

*Mission analyse et réduction de l'empreinte
environnementale de l'ENSA Paris-Belleville
Bilan 2022-2023*



Rapport final et propositions au 25/09/2023

DOCUMENT DE TRAVAIL

Gaëlle Breton – David Albrecht

Table des matières

INTRODUCTION	4
PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS ET PISTES D'ACTION À L'ISSUE DE LA PREMIÈRE ANNÉE	5
A. ETAT DES LIEUX DE L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DE L'ÉCOLE	10
I. Un premier bilan qualitatif et quantitatif	10
II. Des objectifs ambitieux	12
III. Gouvernance et pilotage	15
1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre	15
2. Préconisations	16
IV. Investissements : propositions d'une méthodologie et d'outils pour la définition et la mise en œuvre des investissements à venir à l'ENSA PB	18
1. Une nouvelle phase très volontariste dans la politique d'investissement de l'école sur son patrimoine	18
2. Une nouvelle approche intégrée de l'investissement, digne d'une école d'architecture préoccupée par les enjeux environnementaux	19
B. GROUPES DE TRAVAIL	21
I. CVC	21
1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre	21
2. Préconisations	24
II. Electricité	27
1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre	27
2. Préconisations	29
III. Eau	31
1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre	31
2. Préconisations	31
IV. Matières / déchets	33
1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre	33
2. Préconisations	33
V. Mobilités	37
1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre	37
2. Préconisations	38
VI. Numérique	40
1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre	40
2. Préconisations	40
C. ANNEXES	43
Annexe 1: Méthode et ambitions	44
Annexe 2: Tableau de suivi des actions	46

Annexe 3: Tableau de suivi hebdomadaire des consommations énergétiques	47
Annexe 4: Fonctionnement du système CVC	48
Annexe 5: Feuille de relevé d'observations sur le confort thermique et d'éclairage des espaces de l'ENSA – PB	52
Annexe 6: Fonctionnement électricité	53
Annexe 7: Fonctionnement eau	58
Annexe 8: Matières / déchets	60
Annexe 9: Mobilités	65
ANNEXE 10: Diagnostic numérique / informatique	70
ANNEXE 11: Cahier des charges en vue d'une consultation pour sélectionner un BET en charge d'effectuer un audit énergétique partiel de l'École nationale supérieure d'architecture de Paris-Belleville	74
Annexe 12: Liste des personnes rencontrées	84

Introduction

Le présent document est une synthèse des travaux d'analyse et d'expérimentation menés collectivement au sein de l'ENSA Paris – Belleville dans le cadre de la mission « Analyse et de réduction de l'empreinte environnementale de l'Ensa-pb¹ » initiée le 6 septembre 2022 et pilotée par Gaëlle Breton et David Albrecht. Ce travail a été effectué avec la participation et l'implication active à divers degrés de plusieurs enseignants, étudiants et membres de l'administration².

Il capitalise les enseignements de cette année de travail, détaille les potentiels mais aussi les freins en limites à l'amélioration de l'empreinte environnementale de l'école et, au-delà, à une évolution structurelle pour que cet enjeu majeur soit mis au centre de son fonctionnement. Il émet des propositions et préconisations aussi précises que possible, dont le calage et la mise en œuvre nécessite un arbitrage fort de la part de la direction et des instances de gouvernance de l'école, faute de quoi le changement systémique espéré n'aura pas lieu.

C'est en ce sens que nous considérons ce rapport comme la finalisation de cette phase exploratoire et expérimentale et, nous l'espérons, le début d'une mise en œuvre structurelle d'une politique globale de prise en compte par l'école de son impact environnemental, dans son fonctionnement et ses investissements comme dans son enseignement.

Ce rapport présente le bilan des actions proposées / mises en œuvre, et effectue des préconisations à la lumière des enseignements de ces actions et analyses. Cette présentation est thématifiée selon plusieurs grands chapitres correspondant aux groupes de travail ou aux thèmes qui ont été explorés :

- Gouvernance générale
- Investissements.
- CVC
- Electricité
- Eau
- Matières / déchets
- Mobilité
- Numérique

Dans un objectif de capitalisation, l'essentiel des éléments de méthode, outils et diagnostics développés dans le cadre de cette étude (et pour une grande partie exposés dans les cinq états d'avancement précédents) sont annexés au présent document.

¹ Voir annexe 1 : méthode et ambitions

² Voir annexe 12 : liste des personnes rencontrées

Principaux enseignements et pistes d'action à l'issue de la première année

Les enseignements de la mission

De nombreuses volontés individuelles existent pour agir sur l'empreinte environnementale de l'école, tant au sein des personnels administratifs que des étudiants et des enseignants. Elles ont déjà donné lieu à plusieurs actions (par exemple au service informatique ou dans les ateliers bois et maquette). Elles se sont traduites dans le cadre de cette mission par une mobilisation et disponibilité de plusieurs personnes, tant au sein des groupes de travail qu'au cours des entretiens, de la collecte de données et de la mise en place des expérimentations.

Cette dynamique a permis de démontrer que de nombreux leviers existaient pour réduire l'empreinte de l'école, souvent immédiats ou de court terme et assez économes car reposant d'abord sur la gestion et les usages, et qu'il était fondamental que les investissements prévus ou à venir soient mis en cohérence avec les enjeux environnementaux. Elle a également permis de commencer à explorer les nombreuses passerelles possibles avec l'enseignement et la recherche.

Ces tous derniers mois ont permis de continuer avancer sur le diagnostic la définition d'actions (notamment pour les thèmes de l'eau et des déchets, mais aussi du CVC avec la finalisation du travail étudiant et le démarrage de celui du BET Eléments). Cependant, ils ont aussi permis de constater des carences importantes dans le suivi et la continuité des actions mises en œuvre, l'ajournement d'un certain nombre de propositions (comme le relevé des dysfonctionnements ou la mise à jour d'un tableau de suivi global), et plus globalement dans le pilotage de la démarche dans ses aspects concrets et matériels par les acteurs qui en ont la légitimité, à savoir l'administration.

Il n'est pas anormal selon nous que les perspectives et pratiques que nous expérimentons, qui sont nouvelles pour ces acteurs, peinent de prime abord à prendre leur place dans un emploi du temps déjà chargé et au sein de préoccupations déjà multiples. Cependant, si le travail que nous menons collectivement depuis un an est considéré convainquant et prometteur, la condition sine qua non de sa poursuite et de sa systématisation, qui permettrait d'en déployer tout le potentiel à peine exploré, est d'en faire une réelle priorité pour la direction, l'administration et les instances. Le contexte, l'ambition des tutelles et un certain nombre de circulaires et textes législatifs³ les y encouragent largement.

En effet, une impulsion par des enseignants volontaires n'est ni pérenne ni pleinement efficace, car d'une part ils n'ont pas de légitimité ni de prise directe sur les leviers d'action, et d'autre part et surtout la mission avait vocation à expérimenter pour tester la pertinence d'une démarche dont seuls les aspects pédagogiques resteraient du ressort du corps enseignant. Il n'est ni faisable ni souhaitable que des enseignants – dont la vocation première est d'enseigner – se substituent à l'administration.

De ce fait, une mobilisation structurelle de l'administration est nécessaire, en termes de motivation, de temps dédié et de compétence / formation. Cela nécessite d'abord un engagement explicite, fort et durable de la part de la direction et des instances. Cela implique également une capacité interne à proposer, quantifier, hiérarchiser, mettre en œuvre, suivre et évaluer. D'où l'importance également

³ Circulaire du premier ministre du 13 avril 2022, Note du secrétaire général du ministère de la Culture du 12 août 2022, Décret tertiaire (2019)

d'utiliser des outils de suivi des actions et de leur résultat, qui identifie les responsabilités, évalue les impacts, et serve aussi pour la sensibilisation / communication.

Dans ce cadre, la mise en place d'une logique d'analyse et de conception globale pour les investissements, qui prenne systématiquement en compte l'impact environnemental, financier et en termes d'usage sur la durée, est à nos yeux essentielle.

Pour la mise en œuvre et le suivi des actions menées dans le cadre de la réduction de l'empreinte environnementale de l'école, qu'il s'agisse des investissements ou de la gestion (notamment énergétique), le poste de responsable immobilier est à la croisée des chemins, et nous ne saurions trop insister sur l'importance d'adapter le profil du poste et de la personne recrutée pour succéder à Arnault Labiche par rapport à ces enjeux. Il serait probablement judicieux qu'il ne s'agisse pas d'un architecte, afin de clarifier les rôles entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, à condition bien entendu que les investissements soient étudiés et encadrés par une maîtrise d'œuvre externe, comme nous le préconisons (voir « investissements »).

Pistes d'action

Nous proposons de nous donner collectivement des objectifs quantifiés et circonscrits dans le temps, en lien avec et ambitieux par rapport aux objectifs nationaux, et notamment :

- Atteindre dès l'année 2023-2024 les objectifs de 2030 de la Stratégie Nationale Bas Carbone - SNBC pour l'énergie (qui représentent une baisse de -35% des émissions de GES par rapport à 2022), ce qui paraît possible avec une évolution de la gestion CVC proposée par le BET Eléments et un dispositif sérieux d'information/sensibilisation des usagers.
- Devenir à court terme un établissement exemplaire en matière de gestion des matières et des déchets, en mettant en œuvre dès l'année 2023-2024 l'ensemble des propositions concernant la gestion des déchets émises par le Groupe de Travail correspondant et une politique généralisée d'achats responsables.
- Devenir un établissement pilote dans la gestion de l'eau (eau potable, eau pluviale et eau usée) et de la promotion de la biodiversité en ville d'ici 2025 (investissements réalisés).
- Dépasser les objectifs SNBC pour le périmètre « empreinte de consommation »⁴ (-45%) pour l'ensemble des postes d'émissions de CO₂e (y compris les voyages) à moyen terme (par exemple 2026, pour laisser le temps de mettre en œuvre les investissements qui y participeraient, comme notamment la GTC). Des péréquations pourraient être trouvées entre postes, l'impact de l'énergie semblant par exemple être moins difficile à réduire que celui des mobilités. Sur le poste énergie, nous proposons l'objectif d'atteindre pour la fin de cette période le seuil du Décret tertiaire pour 2050 (-60% de consommation par rapport à 2010-2019).
- Mettre en place une stratégie de plus long terme pour atteindre la neutralité carbone⁵ avant 2030.
- Voir A.II. Des objectifs ambitieux, pour plus de détails.

⁴ Tous les calculs de la SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) sont basés sur les « émissions territoriales », qui ne prennent pas en compte les émissions « importées » (réalisées hors de France pour des biens consommés en France), ce qui revient à externaliser notre impact (en réintégrant cette empreinte, nos émissions sont plus élevées de plus de 50%). Or ces émissions importées ont baissé beaucoup plus lentement depuis 1990, ce qui entraîne que l'objectif de la SNBC de réduire de 50% les émissions à 2030 par rapport à 1990 signifie -35% par rapport à 2022 pour les émissions territoriales, et -45% pour l'empreinte de consommation nationale, que nous proposons de prendre comme référence.

⁵ Telle que définie par la SNBC, ce qui signifie une réduction des émissions de 81% par rapport à 2022.

a. Gouvernance

- Priorisation claire et durable d'une politique de réduction de l'empreinte environnementale de l'école et de son enseignement par les instances et la direction : immédiat.
- Pilotage et suivi régulier avec des outils et indicateurs tenus à jour (tableau de suivi des actions, relevés compteurs hebdomadaires, bilans carbone annuels mobilité et autres,...) : mise en œuvre pour début novembre 2023.
- Sensibilisation et formation des agents aux enjeux environnementaux au sein de l'école et à leur rôle dans ce cadre d'ici début 2024.
- Voir A. III. Gouvernance pour plus de détails.

b. Investissements

- Analyse multi-thématique (architecturale, technique, fonctionnelle et en termes d'usage, environnementale et économique) pour évaluer et prioriser les investissements prévus tout au long de leur conception, de leur mise en œuvre et ex post. Cette analyse devrait permettre d'estimer les impacts de chaque projet dans ses diverses options et configurations possibles tout au long de la conception, de garantir leur prise en compte effective lors de la réalisation, et de vérifier la réalité de ces impacts après la livraison, dans une perspective de capitalisation et d'amélioration en continu.
- Ces enjeux doivent être traités de manière intégrée (sous l'égide d'une coordination unique) dans l'espace (a minima par projet) et dans le temps, depuis la définition du projet jusqu'à son évaluation ex post, en passant par sa conception détaillée et le suivi de sa réalisation.
- Nécessité de recourir à une équipe externe, qui réunisse l'ensemble des compétences requises, probablement sous la houlette d'un architecte. Cela nécessite au préalable la rédaction par un groupe de travail interne d'un cahier des charges (avant fin 2023 ?) qui pourrait être testé sur un investissement pilote dès début 2024.
- Chantiers identifiés : 1/Accueil, 2/Médiathèque (+ cafétéria ?), 3/Imprimerie-annexe, 4/Gestion Technique Centralisée GTC pour les CTA (potentiel de réduction de jusqu'à 62% des consommations CPCU et 32% pour l'électricité si couplé avec un usage raisonné), 5/Dispositifs passifs d'amélioration du confort d'été, 6/Dispositifs de gestion des eaux pluviales et usées. A noter que l'intérêt économique comme énergétique d'un relamping global n'a pas été confirmé (retour sur investissement de 40 à 80 ans selon les hypothèses, potentiel significatif des évolutions d'usage et de gestion).
- Voir A.VI. Investissements pour plus de détails.

c. Usage et sensibilisation

- Objets : chauffage (radiateurs, fenêtres, portes), électricité (éclairage, matériel informatique,...), déchets (tri sélectif, maquettes), matières (notamment papier et emballages cafétéria ?), eau, mobilités.
- Moyens : compréhension du fonctionnement de l'école (et plus largement des cycles des flux concernés), de ses impacts quantitatifs et des enjeux environnementaux associés (+ intérêt pédagogique) + rôle de chacun.
- Médiums : (demi)-journée de présentation du bâtiment aux nouveaux étudiants, enseignants et administratifs (rentrée 2024 ?) ; séminaire enseignant (janvier 2024) ; signalétique (déchets, chauffage, éclairage) avant fin 2023 ; mise en place de thermomètres dans tous les espaces avant fin 2023 ; livret séparé ou intégré au livret de l'école avant fin 2023 ; fresques du climat avec focus architecte / études d'architecture / école ; intégration aux

enseignements (studios, séminaires, cours) ; communications spécifiques (mails, au cours de réunions thématiques comme pour les mobilités, etc.) : cycles de conférences ou de cinéma assortis de présentations d'ouvrages ou de matériaux à la médiathèque.

- Relevé des dysfonctionnements de gestion et d'usage par les enseignants (mise en place début 2024) et communication des évolutions de l'empreinte (à partir de début 2024 ?).
- Voir A.III. Gouvernance pour plus de détails.

d. Gestion

- Optimisation du pilotage CVC :
 - Avec les moyens actuels (mise en place possible dès la rentrée 2023) : réduction de jusqu'à 1/3 des consommations CPCU et électriques des CTA (la ventilation pourrait représenter autour de 45% des consommations électriques) = arrêt des systèmes durant les vacances et week ends.
 - Avec un investissement en GTC : réduction jusqu'à 62% : étude complémentaire lancée en octobre ou novembre 2023, pour un investissement avant la campagne de chauffe 2024.
- Arrêt du chauffage (CTA et planchers chauffants / plafonds rayonnants) de la rue intérieure (impact à quantifier par Eléments), les ateliers bois-maquette-sculpture-gravure, les sous-sols des bâtiments B et C. Si les ateliers doivent être ventilés, dans les autres espaces (rue intérieure et espaces de circulation et d'exposition du bâtiment A une fois l'accueil restructuré) les CTA pourraient être totalement arrêtées de manière permanente. Mise en place dès le début de la campagne de chauffe 2023.
- Interrupteurs généraux dans les salles informatiques (avant fin 2023).
- Favoriser l'utilisation d'ordinateurs portables par les étudiants plutôt que des postes fixes : installer des prises en quantité suffisante dans les salles (fin 2023 ?) et mise en place d'une politique financière incitative pour les étudiants boursiers (budget 2024 ?).
- Mise en place de compteurs intelligents pour l'électricité et si possible le chauffage (rentrée 2023)
- Utilisation du relevé des dysfonctionnements (à partir de début 2024).
- Optimisation de l'éclairage piloté depuis l'accueil (rentrée 2023).
- Mise en place du tri sélectif systématique (équipements et procédures) : en général, au niveau des studios, des ateliers et de la cafétéria, incluant une optimisation du réemploi des matériaux des maquettes : avant fin 2023.
- Mise en place d'une politique d'achats responsables, concernant le matériel (reconditionné, occasion, écoconception,...), les consommables (produits d'entretien ecolabellisés ou écologiques, papier recyclé,...) et l'alimentation : avant fin 2023 ?
- Priorisation systématique des modes de transport terrestres (train voire bus) quand cela est possible, meilleure justification et valorisation collective des voyages pédagogiques et mobilités notamment par avion. Pour début 2024 (voyages du second semestre) ?
- Voir B. Groupes de Travail pour plus de détails.

e. Pédagogie

Soutenir en priorité tous les projets pédagogiques qui œuvrent explicitement à intégrer cette dynamique, ou à sensibiliser sur ces questions (monitorat, partenariat, support logistique, expositions, publications, etc.).

f. Communication

- Plan de sobriété énergétique, plan de transition écologique, ou plan de réduction de l’empreinte environnementale, avec des états d’avancements actualisés au fil de l’eau, et rendus publics sur le site internet avec une page dédiée (type Ensad).
- Intégration des modes d’emploi, bonnes pratiques et usages de l’école dans les livrets ou dans une publication dédiée. Volet spécifique (visite école et expo "Architecture des réseaux ») et sensibilisation sur ces question lors de l’accueil des nouveaux entrants (étudiants, enseignants, administratifs)/.

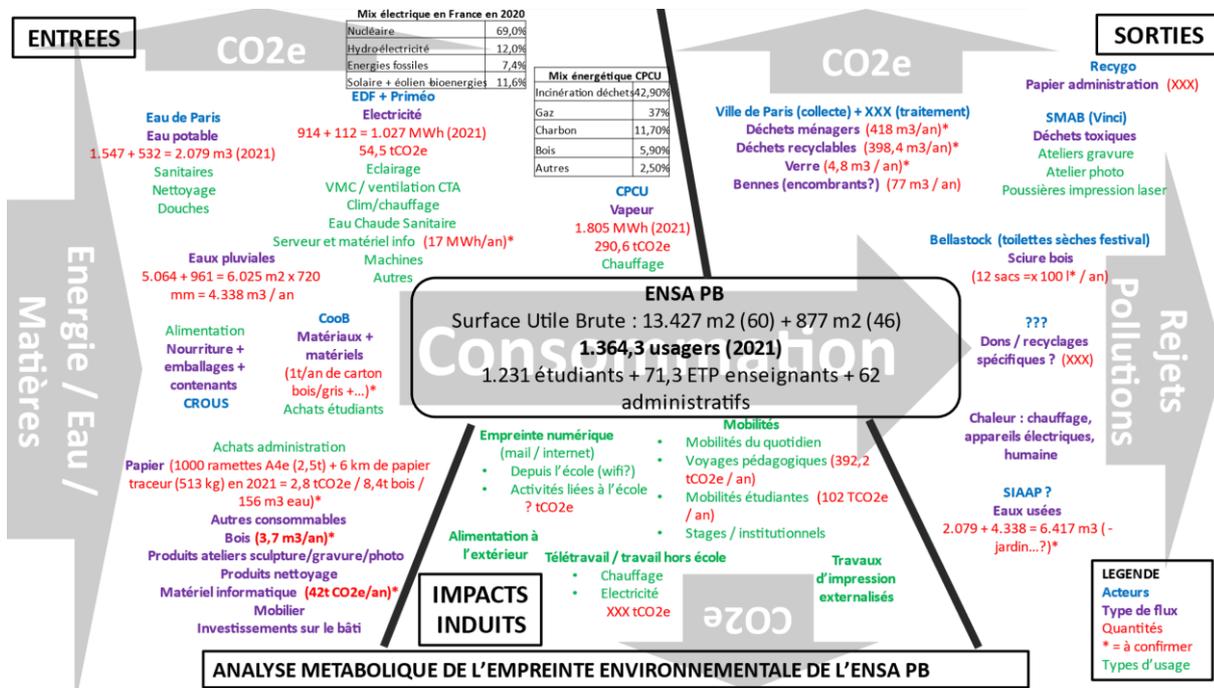
<https://www.ensad.fr/lecole/ecole-transition>

<https://www.ensad.fr/sites/default/files/plan-transition-ecologique-maj-10-2021.pdf>

A. Etat des lieux de l’empreinte environnementale de l’école

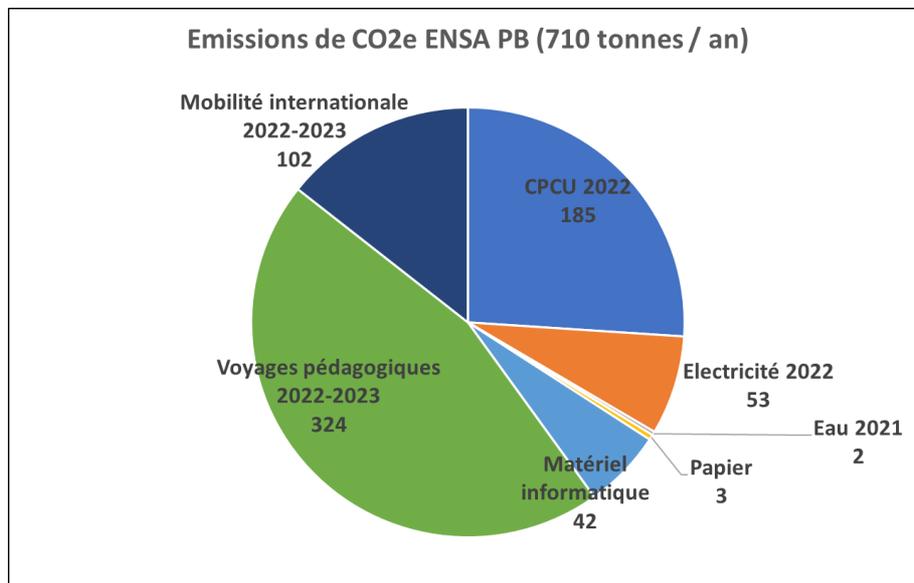
I. Un premier bilan qualitatif et quantitatif

Dans le cadre de la mission a été élaboré un état des lieux « métabolique » du fonctionnement et de l’empreinte de l’école, pour comprendre d’où on partait, en termes de volumes / quantités mais aussi du fonctionnement qui produit ces quantités. Les flux sont schématisés dans la représentation suivante :



Ce schéma synthétise le périmètre que nous pensons pertinent d’explorer à terme. Nous nous sommes concentrés sur certains thèmes considérés comme plus prioritaires. Les analyses fonctionnelles sur ces thèmes sont détaillées dans les annexes correspondantes.

Concernant plus spécifiquement les émissions de CO2e, l’impact probablement le plus facile à quantifier globalement, le bilan partiel établi est présenté ci-dessous :



A partir des données disponibles, ne prend pas en compte l'impact des consommables non cités et des investissements

Cela représente environ 521 kg de CO₂e/usager/an, dont 312 kg pour l'avion. A titre de comparaison, l'empreinte moyenne par français liée à l'enseignement est de 300 kg/an et celle liée à l'avion de 430 kg/an en 2019 (ADEME)⁶.

⁶ Certains postes peuvent varier significativement d'une année sur l'autre. Par exemple en 2019 (dernière année avant pandémie), les voyages pédagogiques de licence et master représentaient plus de 314 t contre moins de 139 en 2022. Autre poste relativement fluctuant, le chauffage CPCU, avec une consommation au plus bas en 2022 (1149 MWh / 185 tCO₂e) du fait d'une température clémente et des premières mesures de gestion prises dans le cadre de la mission (voir partie suivante), et au plus haut en 2021 (1791 MWh / 288,4 tCO₂e), contre autour de 1500 MWh / 240 tCO₂e en 2018 et 2019.

II. Des objectifs ambitieux

Nous proposons d'adopter et de diffuser des objectifs quantitatifs ambitieux qui seront à la fois un vecteur d'engagement collectif de l'ensemble de la communauté de l'école et de communication vis-à-vis de l'extérieur. Ils pourraient se concrétiser dans un premier temps en priorité sur les enjeux en matière d'émissions de gaz à effet de serre, les plus médiatisés et facilement quantifiables, même si comme évoqué plus haut d'autres enjeux comme l'eau (et la biodiversité) et la gestion des déchets doivent à notre sens aussi figurer dans cette stratégie globale.

Nous suggérons de prendre comme référence les objectifs de la SNBC pour 2030 et 2050, en les anticipant et en élargissant le périmètre (cf. note de bas de page 1).

Objectifs de réduction des émissions de CO₂e au niveau national

Périmètre	Unité	1990 = année de référence	2021	-50%/1990 (obj. SNBC)	Neutralité
				2030	2050
Emissions territoriales France	tCO ₂ e/an	547	418	273	80
	% de réduction / 2021		0%	35%	81%
Empreinte de consommation France	tCO ₂ e/an	659	604	330	80
	% de réduction / 2021		0%	45%	87%

Au niveau des émissions de l'école, cela se décline de la manière suivante :

	Référence	Obj. 2030 SNBC	Obj 2030 empreinte	Obj. 2050 SNBC
CPCU	185	121	101	35
Electricité	53	35	29	10
Mobilités internationale	102	67	55	20
Voyages pédagogiques	324	211	177	62
Matériel informatique	42	27	23	8
Total	706	461	386	135

Nous pourrions nous fixer les objectifs suivants :

- dépasser l'objectif SNBC 2030 pour le périmètre « émissions territoriales » (-35% des émissions de CO₂e) pour les postes énergie (CPCU + électricité) dès l'année 2023-2024
- dépasser l'objectif SNBC sur le périmètre « empreinte de consommation » (-45% des émissions de CO₂e) pour l'ensemble de l'école et celui du décret tertiaire pour l'énergie pour 2050 (-60% des consommations) d'ici 2026
- atteindre l'objectif de neutralité carbone (-81%) pour 2030.

Nous sommes convaincus que ces objectifs sont atteignables s'il y a un réel engagement et une mobilisation de toute la communauté de l'école (gestion, usages et investissements), et les premiers résultats de l'étude du BET Eléments nous ont conforté dans ce sens.

Les premières conclusions du BET Eléments sur la CVC suggèrent un potentiel d'économies de chauffage jusqu'à plus de 60% et d'électricité d'un tiers avec des investissements limités (et une évolution des usages !), indépendamment d'autres mesures déjà mises en œuvre ou pouvant l'être dans le futur (sur l'éclairage ou la climatisation par exemple).

Pour les mobilités étudiantes et voyages pédagogiques, premier poste d'émissions de GES, cela demanderait une réflexion plus approfondie, et peut-être des arbitrages (entre mobilités et voyages, au sein des voyages pédagogiques, mais aussi entre mobilités/voyages et énergie si ce dernier poste est réduit au-delà des objectifs globaux).

Evolution des mobilités étudiantes en fonction des objectifs de réduction des émissions de CO2e

	Référence (2022-2023)	Erasmus train < 2000 km	Erasmus 100% train	+ Voyages hors Europe			
				-20%	-30%	-75%	-85%
Mobilités internationales (50% du total entrants + sortants) / tCO2e par an	102	83,8	80,5	64,5	56,7	20,8	12,7
% réduction / référence	0%	-18%	-21%	-37%	-44%	-80%	-88%
Nb. voyages étudiants ((entrants + sortants)/2)	89,5	89,5	89,5	84,3	81,7	70	67
% des voyages	100%	100%	100%	94%	91%	78%	75%
Voyages hors Europe ((entrants + sortants)/2)	26	26	26	20,8	18,2	6,5	3,9

Le fait d'effectuer toutes les mobilités européennes en train permettrait sans pénaliser les étudiants de réduire l'empreinte globale des mobilités de 18%. C'est un objectif qui demande des changements culturels au niveau des étudiants (envisager le trajet comme un voyage), mais aussi une réflexion financière, car les voyages en train coûtent souvent plus cher que l'avion (selon un [récent rapport de Greenpeace](#), le train au départ de France pour les destinations européennes coûte en moyenne 2,6 fois plus cher que l'avion !).

Atteindre l'objectif proposé pour 2026 signifierait en plus une baisse de 9% du nombre d'étudiants en mobilité (-7,8 étudiants), tous sur des destinations hors Europe⁷.

Evolution des voyages pédagogiques en fonction des objectifs de réduction des émissions de CO2e

	Référence	Europe 100% train	+ Voyages avion hors Europe			
			-27%	-39%	-80%	-86%
Tous voyages pédagogiques / tCO2e par an	323,6	288,5	210,9	178,3	61,6	41,6
% réduction / référence	0%	-11%	-35%	-45%	-81%	-87%
Nb. voyages étudiants	661	661	637,6	627,8	592,72	586,7
% des voyages	100%	100%	96%	95%	90%	89%
Dont avion Europe	57	0	0	0	0	0
Dont avion hors Europe	91	91	67,6	57,8	22,72	16,7

Systématiser les voyages en train pour l'Europe permettrait de réduire l'empreinte de 11%. L'objectif de réduction des émissions de 45% signifie une baisse de 5% du nombre d'étudiants qui voyagent, soit 33,2 étudiants en moins sur 661. Il faut noter que cette réduction est beaucoup plus impactante pour les DSA (-19% des étudiants, soit 20 étudiants) que pour les voyages de Licence – Master (-2% des étudiants, soit 13 étudiants).

On peut également noter que dans la perspective de la neutralité carbone (réduction de 81% de l'empreinte des mobilités étudiantes et voyages pédagogiques), il y aurait encore 29 étudiants par an qui pourraient faire un voyage longue distance en avion, ce qui permettrait avec une bonne organisation de garantir que tous les étudiants qui le souhaitent puissent faire un voyage de ce type au cours de leur scolarité (en plus des voyages européens bien sûr).

⁷ Concernant les voyages extra-européens en avion, pour les mobilités étudiantes comme pour les voyages pédagogiques, la diminution du nombre de voyages pourrait être atténuée par une diminution des distances des voyages, ce qui implique une réflexion sur les destinations et le nombre d'étudiants par destination. Un aller : retour pour le Québec représente par exemple 1,7 tonnes de CO2e, contre 2,8 pour Rio de Janeiro ou Bangkok et 5,2 pour Sidney.

Il nous semble fondamental de ne pas réduire la question environnementale aux enjeux énergétiques, et de se fixer également des objectifs ambitieux en matière de gestion des eaux, de gestion des déchets et de confort d'été, d'autant plus que les Groupes de Travail ont fait émerger des propositions très précises dans ces domaines (et que le BET Eléments traitera du confort d'été dans la deuxième partie de son étude).

III. Gouvernance et pilotage

1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre

Le premier état des lieux que nous avons effectué collectivement et les premières actions impulsées ont permis de mettre à jour à la fois les enjeux liés à l’empreinte environnementale de l’école et un certain nombre de leviers qui permettraient de la réduire significativement, et d’utiliser ce processus d’analyse et d’action comme instrument pédagogique.

Ce processus d’analyse – amélioration en continu que nous proposons doit, pour être pérennisé, être intégré dans le fonctionnement quotidien de ses protagonistes, et notamment de l’administration. La démarche doit aller vers une autonomisation des actions, de leur pilotage, de leur mise en œuvre et de leur évaluation.

C’est dans cette perspective que nous avons commencé à élaborer un certain nombre d’outils qui faciliteraient cette autonomisation, condition sine qua non selon nous de la pérennité et de l’efficacité de la démarche. Celle-ci pourrait, voire devrait, s’intégrer dans une vision globale de l’évolution du fonctionnement de l’école qui mettrait les enjeux environnementaux au centre de ses préoccupations, ou a minima considérerait et prendrait systématiquement en compte les aspects environnementaux de chacune de ses actions.

Trois types d’outils ont été proposés dans ce but:

- Un drive qui permet de mutualiser et de capitaliser les documents et informations collectées à l’attention des enseignants, étudiants et personnels administratifs impliqués dans des actions ou groupes de travail. Ce drive est aujourd’hui fonctionnel.
- Un tableau de suivi des actions qui donne en continu une vision globale pour en faciliter le pilotage, l’évaluation et la communication : fin de faciliter une vision globale des actions développées dans le cadre de l’analyse et de la réduction de l’empreinte environnementale de l’école, mais aussi afin d’en identifier clairement les responsabilités, le calendrier de mise en œuvre et l’état d’avancement, il est proposé d’utiliser un tableau unique, qui pourra également être la source principale pour effectuer des synthèses périodiques à vocation interne ou externe.⁸
- Des tableaux permettant de mesurer dans le temps l’impact des actions (pour l’instant uniquement sur les consommations d’énergie)⁹. Afin de suivre l’impact des actions mises en œuvre, dans un but à la fois d’évaluation et de communication, deux types d’outils sont proposés. Des tableaux de relevé mensuel des consommations (CPCU et électricité 60 et 46 bd de la Villette), qui permettent à partir des factures mensuelles de construire facilement une vision chronologique et comparative des consommations. L’inconvénient de cet outil est qu’il ne permet qu’une évaluation mensuelle, avec des résultats disponibles souvent jusqu’à un mois après la fin de la période considérée (le temps que les factures soient émises et enregistrées par la comptabilité de l’école). C’est pourquoi a été mis en place depuis fin novembre 2022 un relevé hebdomadaire des compteurs, qui permet une évaluation plus fine (hebdomadaire, voire d’un jour sur l’autre si nécessaire) et plus immédiate des impacts des actions menées. Malheureusement ils n’ont pas été tenus au-delà de janvier 2023. La tenue de cet indicateur serait grandement facilitée par la mise en place de “compteurs intelligents” permettant un relevé en temps réel à partir d’un ordinateur ou d’un smartphone, mais nécessite avant tout une volonté.

⁸ Voir annexe 2 pour un illustration de ce tableau de suivi unique

⁹ Voir annexe 3 pour une illustration de ces tableaux mensuels et hebdomadaires

Ces outils ont été pensés pour en faciliter l'usage par ses utilisateurs, mais n'étaient que de premières propositions.

Force a été de constater que ces outils n'ont pas été appropriés (à part le drive par certains enseignants), et que plus largement la mise en œuvre et le suivi des actions par l'administration a été et demeure très ponctuelle. La continuité des actions repose sur le volontarisme d'enseignants qui ne peuvent porter la démarche au-delà de la mission initiale d'identification, et qui la portent par ailleurs très imparfaitement et sans légitimité. De ce fait et faute d'une stratégie lisible et suivie, de nombreuses actions de sensibilisation et de communication en direction des communautés de l'école qui permettraient de démultiplier l'impact de cette stratégie n'ont pu être menées.

Le contexte du mouvement de mobilisation des Ensa à partir de février et les sollicitations qu'il a entraîné pour les étudiants, enseignants et personnels administratifs n'a certes pas été propice à cette appropriation, mais les groupes de travail ont continué à produire (notamment eau et matières / déchets) malgré ce contexte et même en en tirant partie.

2. Préconisations

Nous pensons que la condition d'une évolution réelle du fonctionnement de l'école vers une meilleure prise en compte de ses multiples impacts environnementaux est le positionnement fort et continu de l'administration et des instances pour une intégration structurelle de ces préoccupations, qui se traduise dans la priorisation de ces tâches, dans leur prise en compte dans les fiches de poste pour les recrutements (notamment pour le futur responsable immobilier), et par l'organisation d'un pilotage et d'un suivi réguliers.

L'aspect collaboratif de la démarche engagée est essentiel à sa pérennité. Elle doit impliquer l'ensemble de la communauté de l'école, et s'appuyer sur des échanges d'expérience au-delà.

Si les outils de suivi sont des instruments importants de communication, ils doivent selon nous être utilisés dans un cadre plus large.

Sensibilisation et information de la communauté de l'école

Les étudiants, enseignants et personnels administratifs, mais aussi les prestataires extérieurs (ménage, chauffagiste etc.) devraient pouvoir être sensibilisés aux enjeux environnementaux et à leur traduction concrète dans l'école d'une part, et en être acteurs d'autre part. Pour cela, plusieurs leviers complémentaires sont possibles. On peut citer :

- Une information générale régulière sur les enjeux, les leviers et les résultats, diffusable par divers canaux
- Une sensibilisation / formation des personnels administratifs, des enseignants et des étudiants, avec par exemple :
 - Une formation spécifique des personnels administratifs sur leur temps de travail et décomptée comme formation officielle (automne 2023 ?), et peut-être aussi des enseignants ?
 - Une sensibilisation des prestataires (ménage notamment).
 - Un temps de visite / sensibilisation pour les nouveaux entrants qu'ils soient étudiants, enseignants ou administratifs (demi-journée ? 1h30 à 2h en amphitheâtre avec visite de l'exposition « Architecture des réseaux » ?...).
 - L'intégration des informations concernant le fonctionnement de l'école en rapport avec les enjeux écologiques et le rôle des usagers dans ce cadre dans le livret d'accueil, ou un livret dédié (l'école mode d'emploi, guide de l'utilisateur...).

- La mise en place dans tous les espaces d'une signalétique rappelant les gestes basiques (fermer les radiateurs, les fenêtres, les lumières, les ordinateurs, trier correctement les déchets et produits des maquettes) et leur impact, et de thermomètres. L'usage des radiateurs/fenêtres par exemple est extrêmement impactant, avec des variations autour de +67% de consommation énergétique pour une température de consigne de 19°C et de 23°C (= radiateurs sursollicités)¹⁰.
- Des formations spécifiques proposées de manière volontaire, comme la Fresque du Climat : un atelier a été organisé début février 2023, et a rassemblé 8 personnes (enseignants, étudiants et administratifs). La participation simultanée des trois communautés de l'école à cet évènement et le partage des points de vue et des connaissances a été appréciée par l'ensemble des participants et apparaît comme une condition essentielle à son succès.
- Echanges d'expérience avec les étudiants en mobilité entrants et sortants,
- L'organisation d'une remontée d'information structurée concernant les dysfonctionnements de l'école et suggestions d'amélioration, avec un suivi précis et des retours individuels et/ou collectifs.

Echange d'expérience avec l'extérieur

L'état d'avancement de la mission, la mise en place des premières actions et les premiers retours rendent maintenant pertinent l'organisation d'échanges d'expériences concrètes avec d'autres institutions, à commencer par les écoles d'architectures et celles qui dépendent du Ministère de la Culture (comme la présentation au CNECERAC du 15/02/2023).

Un échange avec l'Ecole d'Architecture, de la Ville et des Territoires de Paris – Est notamment, qui semble être parmi les plus avancées, serait potentiellement très enrichissante.

¹⁰ cf rapport intermédiaire Eléments p.12 « chauffage sans régulation » x « ventilation ON 24/24 ». Si le chauffage et la ventilation sont régulés, l'écart est d'environ 70%.

IV. Investissements : propositions d'une méthodologie et d'outils pour la définition et la mise en œuvre des investissements à venir à l'ENSA PB

1. Une nouvelle phase très volontariste dans la politique d'investissement de l'école sur son patrimoine

L'ENSA PB s'apprête à entrer dans une phase d'investissements sur son patrimoine immobilier sans précédent depuis son déménagement en 2009.

Parmi les investissements prévus ou envisagés à court ou moyen terme, on peut citer :

1/ La restructuration de l'accès principal et de l'accueil (150.000 euros TTC provisionnés pour l'accueil + 250.000 euros TTC pour la rénovation du système de sécurité intrusion, dont une partie concerne l'accueil).

2/ La restructuration de la médiathèque (non chiffré).

3/ Le réaménagement fonctionnel de l'annexe (250 000 euros TTC provisionnés) et l'amélioration de son isolation thermique (estimée à 501 600 euros TTC lors de l'appel à projet DIE fin 2022), qui ont probablement vocation à ne former qu'un seul projet.

4/ et 5/ Les interventions pour améliorer le confort thermique d'hiver et d'été et réduire les consommations énergétiques de certains des bâtiments, issues des préconisations de l'étude qui vient d'être lancée (BET Eléments ingénierie)¹¹. Il semble déjà se dessiner le potentiel de l'installation d'une GTC qui permettrait de programmer l'extinction et l'allumage du chauffage et de la ventilation par les CTA, ainsi que la température de consigne. Son coût précis et ses modalités restent à définir, mais cet investissement pourrait avoir un retour sur investissement en quelques années.

6/ Les investissements qui seront définis dans le cadre du Groupe de Travail sur l'eau, afin d'améliorer la gestion du cycle de l'eau pluviale de l'école, avec de multiples impacts possibles, comme la gestion de l'eau à la parcelle, l'amélioration du confort d'été, la promotion de la biodiversité ou encore le recyclage des urines. Ces investissements pourraient bénéficier de cofinancements (études, travaux, communication), notamment de l'Agence de l'Eau Seine Normandie.

7/ Autres ?

Ils représentent une opportunité unique pour mieux prendre en compte les enjeux environnementaux associés.

A titre d'exemple, dans le projet d'investissement le plus avancé, qui concerne la restructuration de l'accueil de l'école, plusieurs alternatives mériteraient d'être étudiées des points de vue architectural, technique, fonctionnel, environnemental et financier concernant un certain nombre d'aspects du projet, comme par exemple :

1. Les modalités de restructuration de l'entrée pour combiner contrôle des flux, sas thermique, facilité d'évacuation incendie et accès à l'espace d'exposition situé sur l'aile (portes coulissantes, portes tambour, tourniquets,...).

¹¹ Un des projets présentés à la DIE fin 2022 concernait également cette question, au travers uniquement d'interventions sur le système CVC, pour une enveloppe totale demandée de 975 000 euros, sur la base d'un diagnostic indiquant une réduction des consommations de 30% sur la base d'une consommation actuelle estimée de 7 100 MWh / an de chauffage et de 1 800 MWh / an d'électricité uniquement pour la climatisation et les CTA, alors que les consommations réelles oscillent respectivement entre 1100 et 1500 MWh/an pour le chauffage et autour de 1000 MWh / an pour l'électricité tous usages confondus !

2. Les modalités de chauffage de l'accueil et notamment la possibilité d'utiliser la chaleur fatale issue de la chaufferie CPCU située sous l'aile est du bâtiment A (qui pourrait également chauffer une partie des espaces de circulations et d'exposition situés à proximité).
3. Le principe d'isoler thermiquement l'accueil pour permettre de ne pas chauffer les espaces d'exposition et de circulation des bâtiments A et B semble acquis, mais il faudrait en étudier les impacts sur le système CVC dans son ensemble, puisque ces espaces sont desservis par plusieurs CTA, des plafonds rayonnants et planchers chauffants qui peuvent aussi chauffer d'autres espaces.

2. Une nouvelle approche intégrée de l'investissement, digne d'une école d'architecture préoccupée par les enjeux environnementaux

Toutes ces interventions présentent des enjeux thermiques et énergétiques, et posent des questions d'empreinte environnementale. De manière très liée, elles sont également des enjeux financiers et budgétaires.

Dans la perspective d'une école « du monde d'après » telle que les contours ont été définis dans l'état d'avancement 4, il apparaît fondamental que nous nous dotions d'outils méthodologiques qui permettent de mesurer et de prendre en compte cet impact, dans la priorisation des investissements comme dans la définition de leur contenu et de leurs modalités de mise en œuvre. Le diagnostic énergétique qui vient d'être lancé apportera bien sûr des éléments pour certaines parties de l'école, mais ceux – ci devront être complétés et croisés avec d'autres aspects (architecturaux, fonctionnels, économiques,...).

Dans cette perspective, nous proposons que les investissements prévus soient systématiquement objets d'une analyse multi-thématique tout au long de leur conception, de leur mise en œuvre et ex post¹².

Cette analyse devrait permettre d'estimer les impacts architecturaux, techniques, fonctionnels et en termes d'usage, environnementaux et économiques de chaque projet dans ses diverses options et configurations possibles tout au long de la conception, de garantir leur prise en compte effective lors de la réalisation, et de vérifier la réalité de ces impacts après la livraison, dans une perspective de capitalisation et d'amélioration en continu.

Pour une vision réellement globale de l'empreinte de l'école, les enjeux environnementaux devraient concerner non seulement l'impact sur le fonctionnement (consommation énergétique, émissions de GES, pollution de l'air notamment intérieur, impact sur la consommation de matière / d'eau et la production de déchets,...), mais également l'empreinte de l'investissement lui-même (ressources mobilisées / consommation de matières / production de déchets / réemploi / recyclage, énergie grise et émissions de GES associées) et son impact sur le confort d'usage dans une perspective d'adaptation aux évolutions environnementales. Il est fondamental plus largement que les enjeux et pratiques fonctionnelles et d'usage soient prises en compte de manière continue.

Les enjeux économiques et financiers sont à notre sens à lier étroitement aux précédents. Ils concernent non seulement le montant des investissements, mais aussi leur impact sur le budget de

¹² C'est-à-dire un temps après la livraison et la mise en service, afin de vérifier si les résultats effectifs correspondent aux résultats attendus (en termes de coûts, d'usage, d'impact environnemental, de gestion) et dans le cas contraire d'identifier les causes des différences et si possible y remédier quand elles sont négatives.

fonctionnement, leur durée de vie, les conditions et moyens de leur entretien / maintenance / réparation et les enjeux de leur gestion¹³).

Ces enjeux doivent être traités de manière intégrée (sous l'égide d'une coordination unique) dans l'espace (a minima par projet) et dans le temps, depuis la définition du projet jusqu'à son évaluation ex post¹⁴, en passant par sa conception détaillée et le suivi de sa réalisation.

Le volume des investissements à venir et la complexité de cette approche intégrée rendent selon nous nécessaire le recours à une équipe externe, qui réunisse l'ensemble des compétences requises, probablement sous la houlette d'un architecte. On peut envisager le recours à une équipe spécifique pour chaque projet ou à une seule équipe pour une période donnée (avec un marché à bons de commande par exemple). La première option a le mérite de permettre un ajustement et une sélection du prestataire spécifiques aux caractéristiques de chaque projet. La deuxième est plus économe en temps (et probablement en moyens financiers ?) pour la maîtrise d'ouvrage, et permet de construire une relation avec un prestataire qui se familiarise progressivement avec l'école, ses bâtiments et ses besoins. Il resterait à définir précisément la répartition des rôles entre acteurs internes et externes à l'école (maîtrise d'ouvrage, AMO, maîtrise d'œuvre, conseil,...).

A l'instar de l'étude récemment lancée concernant le diagnostic énergétique de l'école, cette démarche présente un fort caractère expérimental. A ce titre, elle doit d'une part pouvoir être ajustée en continu, d'autre part bénéficier des expériences éventuelles apparentées d'autres maîtres d'ouvrage publics (au sein du Ministère de la Culture pour commencer ?), et enfin être diffusée dans sa méthode comme dans ses résultats auprès des écoles et autres maîtres d'ouvrage susceptibles d'être intéressés.

¹³ Simplicité et autonomie de gestion avec un enjeu de minimiser le recours à des prestataires externes très spécialisés, y compris évaluation des modalités et de la facilité d'intervention en cas de dysfonctionnement.

¹⁴ L'évaluation ex post est à la fois essentielle pour vérifier que le projet a bien tenu ses promesses (et rectifier ce qui peut l'être et en tirer les enseignements pour les prochains sinon) et très rarement effectuée dans les projets d'investissement immobilier publics. La pertinence de la confier à l'acteur qui a conduit le projet (qui est ainsi juge et partie, mais connaît bien le projet) ou à un tiers peut être discutée...

B. Groupes de Travail

I. CVC

1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre

Du fait de l'envolée des prix de l'énergie à l'automne 2022 et des directives gouvernementales, le chauffage (et l'électricité) a été un champ d'action prioritaire de la mission, et le premier groupe de travail mis en place.

Un premier diagnostic rapide a été effectué à partir d'entretiens et d'analyse des factures et données disponibles¹⁵, complété par un travail de représentation mené par 3 étudiantes (Marie Brethous, Garance Jacqmin et Estelle Oswald), et encadré par Emilien Robin, Jean Souviron et David Albrecht, avec l'appui de Roberta Morelli et de Christine Simonin. A partir des résultats du studio « RT2021 » mené en 2020 et encadré par Françoise Fromonot et Emilien Robin, les étudiantes ont produit :

- Une synthèse à l'échelle de l'école, schématisant le périmètre des divers réseaux de CTA, de chauffage statique (radiateurs, plafonds rayonnants et planchers chauffants) et de chauffage/clim électrique.
- Une axonométrie éclatée par bâtiment (dont l'assemblage permettra de reconstituer l'école), faisant apparaître les réseaux/flux et la relation des systèmes avec l'enveloppe. Ces documents ont pour but une compréhension plus localisée du fonctionnement thermique des divers espaces, préalable à une analyse spatialisée du confort d'hiver et de printemps/été qui aide à proposer des aménagements physiques (investissements fixes ou mobiles) ou organisationnels (occupation) permettant d'améliorer le confort et/ou de réduire la consommation énergétique (actuelle ou potentielle, notamment en climatisation avec le réchauffement climatique).
- Des représentations de l'occupation des salles et des bâtiments, qui permettront à court terme d'affiner la programmation des températures de consigne des CTA dans le temps en fonction de l'occupation (voire d'aménager l'occupation en fonction d'une optimisation du confort et des consommations énergétiques des espaces), et qui à plus long terme pourront être croisées avec les représentations précédentes pour prioriser les actions et investissements.

Ce travail a fait l'objet d'une exposition qui s'est tenue du 17 avril au 8 juin dans la grande galerie, et a été pérennisée sous forme d'exposition permanente, qui servira aussi de support à l'information et à la sensibilisation des nouveaux arrivants à l'école. Il a également alimenté les travaux en cours du bureau d'études engagé pour faire le diagnostic thermique partiel de l'école.

Il est disponible sous le lien suivant :

https://drive.google.com/drive/folders/1kNt1St9pXkz_pL07selWXCRUbvGcXgq1?usp=sharing

Sur la base de la production du groupe CVC et avec les autres documents disponibles (DOE, DCE, archives, etc.), le groupe de travail en lien avec l'administration a lancé en février 2023 après consultation¹⁶ **une mission d'audit thermique et énergétique avec le BET Eléments Ingénierie, qui dialogue avec des modalités pédagogiques**, de manière à d'une part intégrer des éléments d'usage spatialisés dans la simulation et d'autre part d'initier les étudiants au dialogue avec et à une

¹⁵ Voir annexe 4

¹⁶ Voir cahier des charges en annexe 10

approche critique des Simulations Thermiques Dynamiques (STD). Ce dialogue s'appuie sur l'**option « l'Ensa PB et son empreinte énergétique »** (responsable Jean Souviron), proposée au 2e semestre 2022-2023 et au 1^{er} semestre 2023-2024 aux L3 et master, qui aura pour triple objectif d'approfondir les connaissances relatives à la conception bioclimatique, de développer une meilleure compréhension des enjeux relatifs à la rénovation énergétique et de contribuer à la transition écologique de l'Ensa Paris-Belleville. Un lien a également été établi avec le cours de Roberta Morelli en L2.

La mission du BET et l'enseignement de l'option s'étendent sur une durée d'un an, mais certaines des conclusions intermédiaires du BET sont prises en compte pour les préconisations du présent rapport.

En parallèle à ce processus d'analyse, plusieurs actions immédiates ont été proposées dès l'automne. Pour en mesurer l'impact ont été mis en place un suivi mensuel rétrospectif depuis 2018 à partir des factures, et un suivi hebdomadaire issu de relevés manuels à partir de décembre 2022.

Les actions mises en œuvre ont été (au 60 Bd de la villette) :

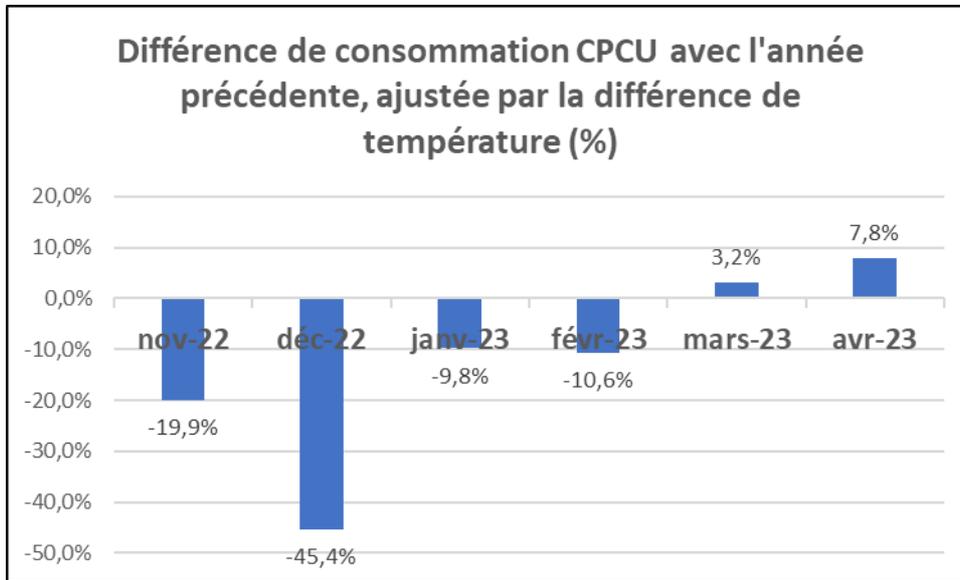
- Allumage tardif du chauffage (7 novembre 2022 contre-courant octobre en 2021)
- Température de consigne 19°C pour les CTA + 60°C au lieu de 70°C pour le statique (radiateurs, plafonds rayonnants et planchers chauffants) (depuis le 22/11/22)
- Mise hors gel des CTA des ateliers (bâtiment C) et de la rue intérieure¹⁷ (bâtiment B) (depuis le 24/11/2022)
- Mise hors gel des CTA et diminution de la température des radiateurs à 40°C lors des vacances de Noël (2 semaines du 16 au 30/12/22)

Si la forte différence de consommation CPCU entre 2021 et 2022 (1149 contre 1791 MWh soit -36%) est largement attribuable à un climat plus clément, avec notamment l'absence de chauffage en mai et octobre 2022 (-325 MWh), une analyse des mois de novembre 2022 à avril 2023, corrigée approximativement par la différence de température moyenne mensuelle¹⁸ donne les résultats suivants¹⁹ :

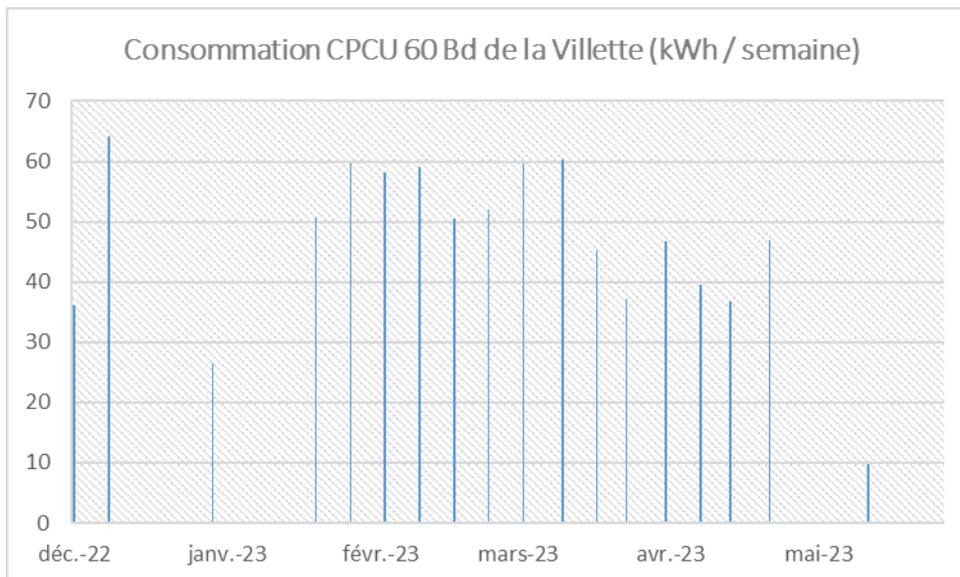
¹⁷ Cette mesure ne pourrait dans un premier temps être étendue aux espaces d'exposition et au hall d'entrée du fait de la présence des agents d'accueil, mais pourrait l'être à terme si cet élément est pris en compte dans le projet de restructuration de l'accueil (voir plus loin)

¹⁸ -7% de consommation par degré en plus, conformément aux chiffres de l'ADEME

¹⁹ Voir annexe 4 pour les chiffres détaillés



On remarque l'impact majeur de la mise en route tardive du chauffage et de la mise en veille durant les vacances de Noël, la réduction des températures de consigne et l'arrêt du chauffage dans certaines parties permettant a priori d'économiser autour de 10% de la consommation (cf janvier et février). On remarque également la « contre-performance » des mois de mars et d'avril, qui pourraient être dus à un relâchement dans l'application des consignes ou un relèvement de la température de consigne. Il est à noter que dès janvier, des températures inconfortablement élevées ont été relevées par les étudiants et enseignants dans de nombreux espaces (studios, cafétéria,...), ouvrant des perspectives d'optimisation. Le rapport intermédiaire du BET Eléments montre que la consommation augmente de 70% entre une température de consigne de 19°C et de 23°C...



Moyenne 3 semaines pour 12/12 au 2/1 et 2/1 au 23/1

Une analyse des consommations hebdomadaires permet de confirmer la consommation très faible durant les vacances de Noël ($3 \times 27 = 81$ MWh sur 3 semaines dont une de cours), et donc l'importance potentielle de la mise hors gel du système lors de toutes les périodes où les locaux sont vacants (vacances et intersemestres notamment), le cas échéant en maintenant le chauffage pour les locaux qui restent occupés (administration, DSA,...). L'arrêt total permettrait d'économiser également les consommations électriques au moins des ventilateurs des CTA (qui pourraient représenter presque la

moitié des consommations totales d'électricité). Il faudrait cependant tester l'efficacité réelle de ces mesures sur une semaine ou quelques jours, du fait du surcroît de consommation nécessaire au retour à la température d'usage à la fin de la période. (a priori les simulations d'Eléments montrent que c'est largement une source potentielle d'économies).

L'augmentation des consommations en mars et avril par rapport à l'année précédente, même corrigé en fonction des variations de température, pose question : y a-t-il réellement eu continuité dans les mesures prises ? Le manque d'un suivi rapproché ne permet pas d'identifier plus précisément les causes de cette contre-performance, d'autant plus que le relevé hebdomadaire, bien qu'effectué de manière suivie jusqu'à fin mai 2023, n'a été fourni que par à-coups, en février puis en juin.

Concernant l'imprimerie, le fait que le chauffage soit intégré dans les consommations électriques, et surtout les dysfonctionnements du système de pompe à chaleur installé début 2022 et qui a nécessité la remise en service régulière de l'ancien système ne permettent pas de tirer des résultats conclusifs.

2. Préconisations

Plusieurs pistes ont été évoquées mais pas mises en place :

- Mise en veille ou baisse durant les vacances hors Noël, nuits et week ends : le BET Eléments préconise une extinction et rallumage manuels des principales CTA (2 armoires principales) y compris la ventilation durant les week ends et les vacances, qui pourrait permettre d'économiser jusqu'à un tiers de consommations.
- Installer des thermomètres
- **l'arrêt du chauffage dans la passerelle entre les bâtiments E et F** (demande une décision de la direction pour verrouiller les radiateurs concernés),
- Sensibilisation des usagers sur l'utilisation des radiateurs (voir demi-journée d'intro en début d'année, livret étudiant ou séparé + quantifications avec Eléments)
- La mise en place au niveau de l'accueil d'une **collecte normalisée des dysfonctionnements thermiques et d'éclairage** via une fiche spécifique²⁰

Plusieurs actions pourraient permettre de diminuer encore la consommation d'énergie de l'école, indépendamment des investissements probablement nécessaires mais plus onéreux et plus longs à mettre en œuvre :

- Sensibiliser aux usages (fermer éclairage, radiateurs, portes, fenêtres, ordinateurs,...) : enseignants, étudiants, administratifs, personnel ménage.
 - Les radiateurs sont aujourd'hui pilotés individuellement et manuellement (la température est réglée de manière autonome sur chaque radiateur au moyen des têtes thermostatiques). Une sensibilisation des étudiants, des enseignants (fortement prescripteurs des étudiants) et des personnels administratifs (et aussi des personnels de nettoyage) à la **fermeture systématique (ou baisse) des radiateurs à la fin de l'utilisation des espaces** permettrait probablement de diminuer significativement la consommation énergétique associée durant les nuits, les week-ends et les vacances. Une « tournée » du gardiennage est également envisageable (à l'instar de ce qui est déjà fait pour l'éclairage), mais laborieuse pour les personnels concernés et peu pédagogique. A noter que selon Eléments la consommation d'énergie augmente d'environ 70% entre une température de 19°C et de 23°C.

²⁰ Voir annexe 5 : Exemple de feuille de relevé d'observations sur le confort thermique et d'éclairage des espaces de l'ENSA – PB

- Le réflexe de **fermer les fenêtres et les portes pour conserver la chaleur** est également à rappeler, et de fermer les radiateurs avant d'ouvrir les fenêtres.
- (Demi)Journée de sensibilisation en début de L1 (et autres années ?), manuel dans le livret étudiant ou séparé, sensibilisation lors des séminaires enseignants, par des affichettes et messages,...
- Mettre en place un reporting périodique à l'attention de la communauté de l'école et des gestionnaires (évaluation / amélioration en continu), si possible compatible avec les reportings demandés par le Ministère (OPERAT,...) :
 - Le relevé de consommation hebdomadaire, effectué de manière rigoureuse, permet une **évaluation assez précise et rapide de l'impact des actions sur les consommations**, et constitue un outil important d'aide à la décision. Il serait facilité par la **mise en place de compteurs dits "intelligents"** pour l'électricité et si possible pour la CPCU.
 - Installer un système de remontée d'information de la part des usagers qui permette des ajustements plus réactifs : un système de relevé des dysfonctionnements pourrait améliorer à la fois la gestion et la sensibilisation s'il est suivi d'actions et de retour à la personne qui a signalé
- Mettre en place le hors gel pour les intersemestres et vacances dans les CTA concernés (impact réel à tester), voire baisse nuits et week ends. cf ci-dessus
- Etudier les possibilités et conditions d'ajustement des CTA de manière spécifique (à titre d'illustration la cafétéria est presque systématiquement surchauffée alors qu'il s'agit d'un des espaces les plus déperditifs de l'école) + lié au système de reporting (monter ou baisser la température de manière localisée)
- Fermer les planchers chauffants liés aux espaces non chauffés (rue intérieure) ; Eléments doit produire une simulation de l'impact de l'arrêt du chauffage et de la ventilation dans la rue intérieure et l'accueil/espace d'exposition du bâtiment A.

De manière générale, intégrer le pilotage de la consommation énergétique et la recherche de sa diminution dans les préoccupations quotidiennes de l'école. Cela inclue un suivi sérieux avec indicateurs/relevés compteurs + relevés dysfonctionnements (cf ci-dessus).

Par ailleurs, il est fondamental que les investissements déjà programmés ou projetés incluent cet enjeu énergétique, et notamment :

- La restructuration de l'accueil de l'école, qui doit permettre de ne pas chauffer (hors gel) les espaces liés à l'entrée et à la rue intérieure tout en améliorant le confort thermique des personnels de l'accueil. Les espaces associés à l'accueil représentent environ 7,3% des surfaces chauffées, et probablement beaucoup plus des consommations associées, étant donné le nombre d'ouvertures et la proportion des surfaces vitrées.
- Le réaménagement de l'annexe / imprimerie, objet d'un groupe de travail piloté par Jean-François Renaud pour une mise en œuvre courant 2023, et qui devrait dans la mesure du possible intégrer les enjeux de confort d'hiver et d'été.
- Les interventions en gestation sur la médiathèque (élargies à la cafeteria ?), qui doivent intégrer les préconisations d'Eléments (sur le confort d'hiver comme d'été). Il nous semble que la médiathèque (et peut-être la cafétéria), pour l'instant sans définition précise ni financement, pourrait constituer un objet d'analyse et d'action prioritaire ou pilotes, car :
 - Ces espaces constituent des lieux de rencontre utilisés par l'ensemble de la communauté de l'école, la médiathèque restant ouverte même pendant les vacances.

- Ils ont des systèmes CVC multiples et complexes, qui ne répondent pas aux besoins (de nombreux dysfonctionnements sont signalés, tant pour le confort d’hiver (surchauffe ou sensation de froid) que d’été, une enveloppe également questionnée et beaucoup de circulation).

D’autres investissements pourraient être issus de l’étude d’Eléments:

- La mise en place de **systèmes passifs de régulation thermique** (chaud comme froid) aux endroits appropriés : rideaux thermiques, occultations solaires, ouvrants de ventilation naturelle (éventuellement avec fermeture automatique à une certaine heure),...
- Une **gestion technique centralisée** du système de chauffage qui permette de le piloter plus facilement et précisément, sans l’aide de prestataires (par exemple pour adapter le chauffage à l’utilisation des salles jour par jour), semble d’ores et déjà être une préconisation à creuser (étude complémentaire de définition lancée dès 2023 ?).
- La pose de **capteurs** (température et CO2), connectés ou non (dont l’intérêt est de notre point de vue à confirmer).
- Le changement des compteurs (compteurs intelligents ?) mais ce n’est pas éléments qui le préconise, donc pas dans cette liste ?
- La mise en place de régulateurs/vannes intermédiaires permettant d’adapter plus finement le chauffage salle par salle (intérêt également à confirmer selon nous...).
- Le **remplacement des moteurs des CTA** (moteurs électriques pour la ventilation qui datent de 2009) **et des pompes du système statiques** par des équipements plus performants. A priori cet investissement est extrêmement coûteux pour un retour limité (surtout si des mesures de gestion et d’usage sont mises en place), et loin d’être prioritaire sauf en cas de défaillance des équipements existants bien sûr.
- **L’utilisation de la chaleur fatale** de certains équipements et espaces fortement producteurs de chaleur, notamment les serveurs informatiques et la salle CPCU. Ce point n’a pour l’instant pas été exploré en détail.

De manière générale, tous les investissements de l’école devraient faire l’objet d’une analyse coût – bénéfice globale (financière, environnementale et en termes d’usage notamment) au travers d’un dispositif spécifique (voir partie A.IV. investissements)

II. Electricité

1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre

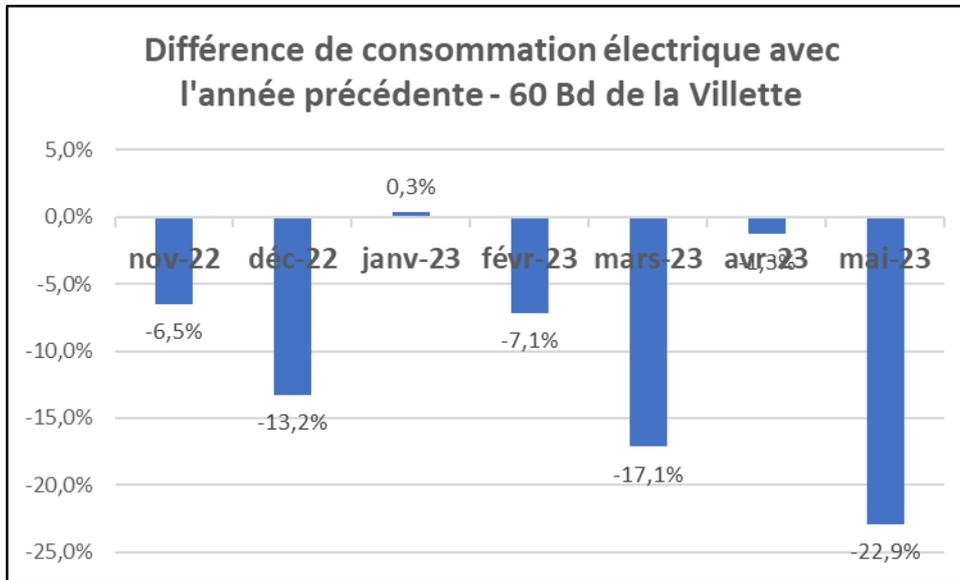
Comme pour le CVC, un premier diagnostic rapide a été effectué à partir d'entretiens et d'analyse des factures et données disponibles²¹. La consommation électrique totale de l'école est de 998.6 MWh et 53t CO2e émises en 2022, contre respectivement 1010 MWh pour 53.6t en 2021.

Plusieurs actions ont été mises en œuvre à partir de novembre 2022 :

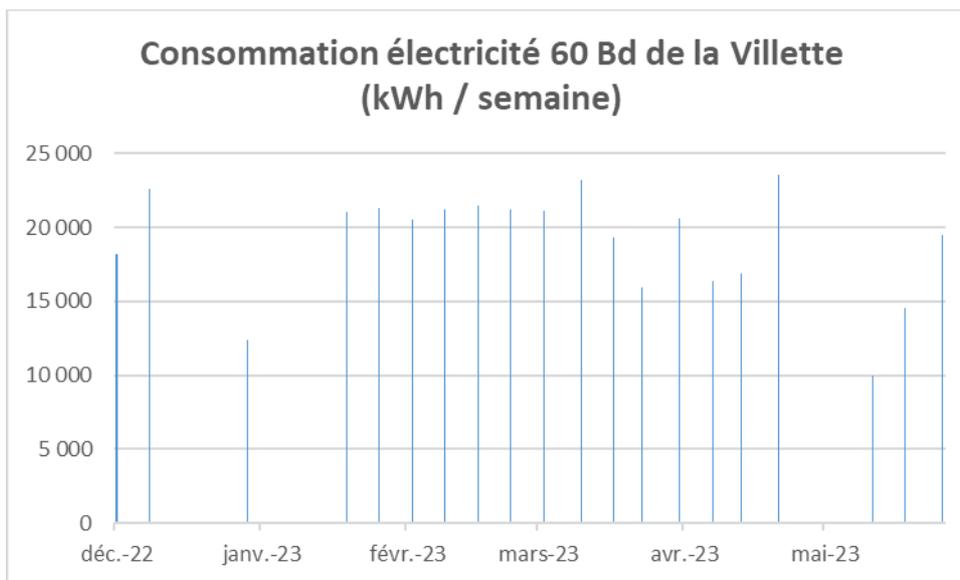
- Eclairage : était prévue la **programmation de l'allumage et de l'extinction de l'éclairage piloté depuis l'accueil en fonction de l'occupation des salles et de la lumière extérieure**, avec par défaut un allumage à la tombée du jour des circulations (à ajuster en fonction des saisons) et non allumage dans les salles et studios (éclairés uniquement à partir des interrupteurs locaux), et information aux étudiants et enseignants qu'ils ont la possibilité de demander à l'accueil d'allumer l'éclairage piloté depuis l'accueil de leur salle s'ils en ressentent le besoin. Cette action a été mise en œuvre de manière sporadique, notamment du fait de difficultés d'information et de coordination avec les agents d'accueil du matin et du soir, et sans communication aux usagers de l'école. Elle a été **formalisée dans une note de « procédure et consigne pour l'éclairage des locaux » en date du 20/5/2023. Il nous semble important d'effectuer une communication aux usagers de l'école de cette action, de former/informer régulièrement les agents d'accueil pour sa mise en place et d'avoir un suivi en continu de son application effective** (qui pourrait être facilitée si tous les usagers sont au courant de ce qui devrait être).
- Eau chaude sanitaire : **extinction des ballons d'eau chaude** sauf nécessités (douche, cafétéria, enseignements spécifiques) : EFFECTIF DEPUIS LE 2/11/22
- Matériel informatique : **programmation de l'allumage des ordinateurs non pédagogiques** à 8h15 uniquement en semaine (en cours) **et de leur extinction** à 22h30. Cette programmation ne peut concerner ni les écrans ni les périphériques, et doit être précédée d'une information aux personnels concernés (notamment pour l'extinction). **Effectif pour l'allumage, quid de l'extinction ?**
- Serveurs : **augmentation de 5 °C la température de consigne des climatiseurs des serveurs** (mise en route à 29°C), suite à l'étude effectuée par l'ENSAD qui démontrerait cette possibilité (information du Service Informatique). EFFECTIF DEPUIS LE 1/12/2022.

L'évolution de la consommation électrique mensuelle entre novembre 2022 et mai 2023 par rapport à l'année précédente s'établit comme suit :

²¹ Voir annexe 6



On remarque une baisse régulière (sauf en janvier) mais très fluctuante de la consommation, probablement en partie liée à l'inégale mise en œuvre de l'optimisation de l'allumage des éclairages pilotés par l'accueil. Les baisses significatives en mars et mai montrent qu'une analyse plus précise du lien entre actions et consommations (notamment au moyen de relevés hebdomadaires et d'un registre précis des actions engagées) permettrait sûrement de mieux identifier les leviers de réduction des consommations.



Moyenne 3 semaines pour 12/12 au 2/1 et 2/1 au 23/1

La consommation hebdomadaire en régime normal oscille entre 20 et 22 MWh / semaine environ. On remarque une forte baisse en décembre (relevé de début janvier) due aux vacances de Noël. En revanche, l'intersemestre et les vacances de février n'entraînent pas de baisse de la consommation. Par contre les semaines de vacances de fin mars et de début mai font diminuer la consommation, baisse qu'on retrouve sur la deuxième semaine de mai avant une augmentation des consommations en fin du mois (qui remonte légèrement en dessous de 20 MWh. Ici aussi un suivi précis permettrait sûrement de tirer des enseignements (il faut rappeler en outre que les factures mensuelles ne parviennent à l'école que plusieurs semaines après la fin de la période considérée, alors que les relevés hebdomadaires pourraient être transmis immédiatement).

2. Préconisations

Parmi les préconisations, plusieurs actions proposées mais non mises en œuvre :

Gestion :

- **Ventilation : extinction des ventilations (VMC et CTA hors périodes de chauffe) la nuit, les week ends et durant les vacances**, voire plus spécifiquement dans certains espaces non utilisés (par exemple les salles de cours, studios et amphis dès fin mai) : aujourd'hui seulement possible durant les vacances (cf. mise en veille des CTA). L'étude d'Eléments confirme le poids très important de la ventilation dans les consommations électriques (possiblement autour de 45% du total), et donc l'enjeu qu'il y a à éteindre complètement les CTA (ventilation comprise) y compris hors période de chauffe.
- **Climatisation** : du fait de la fin des cours en mai avec le nouveau calendrier (quasi-absence d'étudiants et d'enseignants à partir de début juin), **reconsidération l'usage du groupe froid** (groupe électrique très énergivore généralement utilisé en juin-juillet) = s'en servir moins longtemps, uniquement en fonction de l'occupation réelle des espaces, avec des températures de consigne plus élevées, en différenciant selon les espaces. L'étude d'Eléments, qui doit se pencher sur le confort d'été dans sa seconde phase, devrait apporter plus de données sur la consommation de climatisation et les moyens de la diminuer.
- **Extinction des imprimantes A4/A3 la nuit, les week ends et les vacances** : nécessite une discussion avec le prestataire, qui « dialogue » avec les imprimantes 24h/24 (vérifier si cet échange d'information ne peut pas se concentrer sur la journée en semaine).
- **Suppression des lampes excédentaires** dans les bureaux notamment.
- **Changement des compteurs électrique et CPCU** (compteurs intelligents) pour faciliter les relevés hebdomadaires

Usage :

- Extinction systématique par les enseignants ou personnels responsables de tous les équipements à la fin de l'utilisation des salles. C'est valable pour les salles informatique, libre-service, traceurs, et déjà effectif en partie (à systématiser ?).
- Communication / sensibilisation des administratifs, enseignants (prescripteurs) et étudiants sur les enjeux **d'éteindre les appareils et l'éclairage** quand ils quittent les locaux. En extrapolant à partir de l'étude d'Eléments, on peut estimer que l'éclairage représente entre 15 et 20% des consommations d'électricité, et une optimisation de son usage aurait donc un impact potentiellement significatif.
- L'extinction des radiateurs a également un impact non négligeable sur les consommations électriques, puisque l'étude d'Eléments montre que les pompes pourraient en représenter autour de 8%, et que leur utilisation est directement fonction de l'eau chaude appelée dans les systèmes... donc en grande partie du réglage manuel des radiateurs.

Investissements :

- **Remplacement des lampes actuelles par des led**, après une priorisation en fonction du gain et de l'intensité d'usage de chaque lampe, mais aussi des carences possibles en confort d'usage (cf studios E0 et E1). A priori un « relamping » généralisé est à écarter, du part du fait de son coût prohibitif (estimé autour de 800.000 euros), et d'autre part du fait des gains énergétiques très modérés comparé aux économies potentielles liées à une gestion et à un usage rationalisés.
- **Pose de compteurs électriques intermédiaires** pour mieux mesurer la part relative de chaque poste de consommation : a priori sans intérêt

- **Remplacement des moteurs de CTA et VMC** par des équipements moins énergivores : selon le BET Eléments, il n'est pas possible de changer les moteurs sans changer l'ensemble du système, pour un coût a priori prohibitif. Par contre une GTC permettant l'extinction des ventilations quand elles sont inutiles permettrait un gain significatif de consommation électrique selon Eléments.
- **Installation d'interrupteurs généraux dans les espaces fortement équipées en appareils électriques**, pour permettre une extinction totale aisée. Pourrait concerner les salles informatiques, des traceurs, voire les bureaux de l'administration et de l'IPRAUS : coût et intérêt à estimer.

III. Eau

1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre

Ce thème plus prospectif a fait l'objet d'une réflexion collective coordonnée par Frédéric Bertrand et Béatrice Jullien, qui a induit notamment :

- Une visite de l'école conduite par Arnault Labiche le 21/11/2022²²
- La confirmation de la collaboration de deux étudiant.e.s du séminaire encadré avec Ph. Simay : Olivia Jacquet sur la collecte sélective des excréta (avec stage possible au sein de l'équipe OCAP), et Marius Imbert sur la gestion locale des eaux pluviales.
- Une conférence de Fabien Esculier sur le recyclage des eaux usées, dans le cadre du cours de Roberta Morelli,
- Une table ronde prospective avec les acteurs majeurs de l'eau en Île de France, qui s'est tenue le 12 mai 2023 avec :
 - Frédéric MÜLLER : AESN, Agence de l'eau Seine Normandie
 - Brigitte DURAND : STEA/DPE, Service technique de l'eau et de l'assainissement de la Ville de Paris (Plan Paripluie)
 - Bilel AFRIT : SIAAP, Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne
 - Nathan PRAT : RAE Réseaux d'Assainissement Ecologique, association d'échelle nationale (ingénieur eau et environnement, BET Okopolis, Marseille)
 - Et une présentation des deux mémoires de master en cours par les étudiants suscités

Une réunion plus opérationnelle avec Frédéric Muller de l'AESN, qui s'est tenue le 19 juillet avec F. Bertrand, B. Jullien et D. Albrecht.

De ces échanges sont issues plusieurs propositions, détaillées ci-dessous.

2. Préconisations

L'ensemble des participants extérieurs s'est montré très intéressé à accompagner l'école dans une démarche d'expérimentation et de site pilote fortement contraint et imperméabilisé, que ce soit sur la gestion des eaux pluviales comme sur la collecte sélective des urines.

Gestion des eaux pluviales :

L'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) dispose de financements pour ces actions, dont le cadre est défini jusqu'à fin 2024, et susceptible d'être modifié ensuite notamment pour les eaux pluviales (importance de déposer un dossier avant fin 2024 ?). M. Müller doit communiquer le détail des critères et procédures à F. Bertrand.

Le plan Paris Pluie (plan de zonage pluvial de Paris) a fixé des objectifs de gestion à la parcelle (de 4 à 16 mm selon les secteurs hors bois) afin de gérer les pluies courantes (de 8 à 10 mm) et de réduire leur impact sur le réseau d'assainissement unitaire (saturation, débordement, rejets en Seine...). Ces objectifs pourraient être atteints voire dépassés au moyen de :

²² Dont les résultats sont détaillés en annexe 7

- Toitures végétalisées (subventions de l'AESN à partir de 8 mm d'épaisseur, maximum à partir de 25 mm)
- Réservoirs de récupération/utilisation d'eau de pluie (plusieurs emplacements possibles ont été identifiés : jardins, terrasses, arrière du bâtiment C)
- Désimperméabilisation : c'est un critère déterminant pour la subvention de l'AESN (% de pleine terre) et pour la biodiversité. Du fait des possibilités limitées de l'école (cour avant ?), une mutualisation avec l'espace public et les voisins pourrait être envisagée, (mais hors subvention AESN). Les liens avec la Ville de Paris (STEA/DPE) pourraient permettre d'y réfléchir..

L'AESN subventionne :

- Les études de conception à hauteur de 50% du coût TTC. Les études de conception doivent être effectuées par un prestataire externe spécialisé, mais peuvent être démarrées avant la demande de subvention (rétroactivité).
- Les travaux (sur TTC) au m² en fonction de l'amélioration apportée sur le coefficient de pleine terre (très important, idéalement la surface perméable doit être augmentée de 30%), la gestion des pluies courantes voire au-delà (rétention), et l'amélioration de la biodiversité
- La communication pour la mise en valeur du projet (supports, évènements, panneaux pédagogiques, maquettes, etc.)

Collecte sélective des urines : l'aide de l'AESN peut couvrir jusqu'à 80% des coûts TTC. Une des questions importantes est de trouver un débouché aval stable pour les urines (stockage, traitement, distribution et utilisation comme fertilisant) qui ne sont plus rejetées dans le réseau d'assainissement. Les expériences de la Ville de Paris (ZAC Saint-Vincent-de-Paul), du réseau d'assainissement écologique (RAE) et de l'équipe OCAPI pourront être mises à contribution.

A titre d'exemple, l'AESN a engagé une étude avec OCAPI pour élaborer un schéma régional de valorisation, qui pourrait optimiser la mise en relation entre offre et demande.

Une perspective d'investissement dans ce cadre pourrait être des urinoirs secs dégenrés.

Béatrice Jullien et Frédéric Bertrand réfléchissent à l'intégration pédagogique de cette démarche, au-delà des étudiants mobilisés dans le cadre de l'enseignement de séminaire en master et de projet (licence et master). Ils pourraient proposer une option au deuxième semestre 2023-2024 en lien avec le travail d'analyse – conception de prestataires externes (BET en hydrologie urbaine et en assainissement conditionnant la subvention de l'AESN pour étude et travaux), sur le principe de l'option développée par Jean Souviron pour le Groupe de Travail Energie.

Des éléments pour un cahier des charges pour une étude de définition – conception pourraient être soumis à l'administration et au Conseil d'Administration en septembre – octobre 2023, ce qui permettrait d'envisager une étude au premier semestre 2024 (en lien avec l'option) et le dépôt d'un projet pour financement AESN avant fin 2024. Plusieurs bureaux d'étude compétents ont déjà été identifiés et invités à participer à la table ronde de lancement.

IV. Matières / déchets

1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre

De même que pour le thème de l'eau, les questions liées aux flux de matière et de déchets²³ n'ont pas encore généré d'actions, mais des propositions ont été étudiées afin de proposer des actions concrètes dans le cadre du présent rapport.

Suite à la présentation de l'état d'avancement de la mission en décembre 2022, le groupe Matières – Déchets, coordonnée par Noël Dominguez a reçu des manifestations d'intérêt de la part de Stéphanie Guyard, Delphine Bresson, Yvon Plouzenec et Colin Moreteau, ainsi que de l'association BelleEcho alors en cours de structuration.

Plusieurs réunions ont eu lieu depuis janvier 2023 entre enseignants et étudiants, dont une le 31 mars 2023 avec le prestataire de nettoyage en présence de Noël Dominguez, Paule Immath, Jean-Louis Radacal, ainsi que du responsable de site et de la responsable de secteur de l'entreprise.

Cette réunion a permis de confirmer qu'il était possible d'une part d'utiliser des produits de nettoyage plus vertueux au plan environnemental (par exemple vinaigre blanc), peut-être au prix d'une perte d'efficacité, d'autre part de mettre en place un tri sélectif plus systématique, sans surcoût pour l'école. La première action a été testée sur un mois en avril 2022, et conformément aux conditions générales d'exécution, les produits de nettoyage sont maintenant tous écolabellisés.

Trois sous-thèmes se sont détachés comme prioritaires, générant des groupes de travail spécifiques composés d'étudiants, d'enseignants et de personnels administratifs :

- Le tri sélectif (avec le BelleEcho et Colin Moreteau, Paule Immath, Jean Louis Radacal, Isabelle Houeix, Patrick Palamède ; Clémence Lam).
- L'articulation du travail de la mission « analyse et réduction de l'empreinte environnementale de l'ENSA PB » avec les événements existants et meilleure valorisation du travail des studios abordant ces sujets (Stéphanie Guyard).
- Les ressources alimentaires et leurs corollaires : les emballages - Réflexions sur la cafétéria (voir actions et politique environnementale du CROUS) et le jardin central (Delphine Bresson et Yvon Plouzenec).

Ces axes ont été validés par la Commission Vie Etudiante le 1/6/2023 et, concernant l'emplacement du chutier central et des équipements de tri dans les studios plus précisément (voir préconisations), une visite a été organisée avec Noël Dominguez, Paule Immath et Jean-Louis Radacal le 19 juillet 2023 qui a permis de définir les sites précis²⁴.

2. Préconisations

1/ Tri Sélectif

Pour ce qui est des déchets générés à l'échelle de l'école, un tri sélectif peut être généralisé sans surcoût et sans activer de clause spécifique dans le contrat. Il est d'ailleurs déjà effectué quand cela

²³ Pour le détail des analyses fonctionnelle et quantitative sur ce thème voir l'annexe 8.

²⁴ Voir annexe 8

est possible. C'est surtout une question de sensibilisation des usagers, et d'adaptation ciblée des équipements.

Le tri sélectif (Jaune/Bleu) est déjà « activé » à la cafétéria et l'infrastructure est adaptée au plan de l'école au niveau de la zone Burnouf (manutention et containers) pour une généralisation à toute l'institution.

Notons que le tri sélectif était déjà actif avant le CoViD et que les gestes de tri étaient initialement très bien réalisés par les usagers de la cafétéria suite à l'installation de poubelles mixtes différenciées bleu/jaune. Après le CoViD, les équipes observent que les gestes ne sont plus exécutés. Tout est mélangé : « *c'est n'importe quoi maintenant* » témoigne un agent en charge de la collecte. Quand le tri est correctement fait par les usagers, les sacs « recyclable » sont effectivement mis dans les containers jaunes par le personnel de ménage. Dans les studios il y a des poubelles noires et jaunes mais le tri est là aussi peu réalisé. La collecte du papier dans des boîtes spécifiques reste réservée à l'administration. Fréquence d'évacuation : bleu = chaque jour / jaune = 3 x semaine (mardi/jeudi/samedi). Le contenu des bennes de fin de semestre est a priori trié par le prestataire : la société Multiloc, en charge des dépôts et enlèvements des bennes de fin de semestre, a une certification pour le tri de nos déchets.

Deux leviers sont proposés :

Investissement/gestion :

- Supprimer les poubelles bleues (qui créent une confusion) et ne garder que la couleur jaune pour le recyclage et le gris pour les déchets ménager et tout venant.
- Améliorer / unifier le dessin et le graphisme général des équipements pour les rendre plus ergonomiques et en améliorer la communication / pédagogie (+ affiches, signalétique claire et unifiée).
- Trouver - en réemploi si possible - un système universel généralisé pour toute l'école : Ergonomie du tri et de la manutention. Communication. Simplicité d'usages.
- Pour le recyclage un casier « chutier » par studio et/ou centralisation à un lieu identifiable par toutes et tous.
- Pour chaque studio un seul et unique point de tri « Jaune » afin de le rendre plus lisible et plus aisément collectable par l'équipe de ménage (équipements réemployés et équipés de roulettes ?).

Attention au poids pour l'équipe. La possibilité de laisser un container jaune Ville de Paris dans chaque studio a été évoquée, mais les rythme de remplissages inégaux peuvent rendre leur gestion trop complexe. La possibilité de limiter l'emploi de sacs plastiques pour ces bacs doit être étudiée (modalités de collecte).

Quid du tri et évacuation des briques / bois / ... ?

Usages/sensibilisation :

- Formation des usagers de l'école, y compris enseignant.e.s (prescription dans les studios et salles de cours) et personnels administratifs. En équipe mixte étudiant.e.s (dont BelleEcho), équipe en charge du ménage, enseignant.e.s. Pédagogie de proximité pour toucher les usagers qui ne sont pas ou peu atteints par d'autres canaux de communication.

- Conférence aux étudiant.e.s lors de la réunion de rentrée, avec possibilité d'interventions « témoignage » du personnel de ménage. Coupler avec une visite du bâtiment envisagé comme support pédagogique : maintenance, équipes, horaires, logiques de fonctionnement.
- Utiliser les séminaires enseignant.e.s pour communiquer à ce public.
- Cibler les déchets de papiers qui surviennent beaucoup dans les studios à chaque période d'examens. Quand les déchets sont en vrac à terre, la prestation de ménage est faussée : du temps pour déblayer / trier puis faire le ménage > Il faudrait préparer les salles en amont (par les étudiant.e.s encadré.e.s par les enseignant.e.s) en rassemblant les papiers et en libérant le sol (« Remise en état des studios avant nettoyage »).

2/ Articulation du travail de la mission « analyse et réduction de l'empreinte environnementale de l'ENSA PB » avec les événements existants et meilleure valorisation du travail des studios

- Articuler la communication des travaux de de la mission « analyse et réduction de l'empreinte environnementale de l'ENSA PB » avec les événements existants tel que « Le Grand Tri ».
- Organiser un cycle de conférences spécifiques.
- Mettre en place une lettre d'information mensuelle.
- Conserver et exposition en permanence dans l'école des maquettes remarquables d'un point de vue pédagogique.
- Repositionner l'exposition des PFE dans le calendrier notamment pour ceux qui abordent la question du rapport aux ressources.

3/ Ressources et déchets alimentaires et leurs corollaires : emballages et réflexions sur la cafétéria et le jardin central

- Identifier des ressources de la cafétéria : provenance des ingrédients, modes de préparation, transport et stockage.
- Déterminer l'implication en termes d'emballages.
- Etudier le cas autres ENSA / institutions.
- Evaluer les conditions de mise en place d'un compost.
- Créer un groupe « Jardin » : agrément, convivialité, îlot de fraîcheur, plantes aromatiques.
-

4/ Achats, récupération

- Diminution de l'usage de papier : sensibilisation des enseignants et administratifs et mesure plus fine des flux (au travers des factures) ?
- Achats éco-responsables pour le ménage et l'entretien.
- Suppression de toutes les bouteilles d'eau en plastique à l'école (fournies par l'école, comme lors des réunions ou des séminaires) ; augmentation du nombre de fontaines et meilleures répartitions (points d'eau alimentés directement par le réseau ? Eviter les bonbonnes d'eau en plastique ?) ; offrir des gourdes aux étudiants, enseignants et administratifs nouveau arrivants (une nouvelle couleur chaque année ?).
- Valoriser les achats reconditionnés ou seconde main.
- Soutenir et communiquer sur la brocante organisée parfois par les étudiants (vêtements, matériel, livres etc.), voir trouver un emplacement pour une récupérathèque (près de la machine à café et du distributeur de cartes de photocopies) ?
- Soutenir et communiquer sur l'initiative de la boîte à livre installée près de l'amphi central par Martin Monchicourt.

- Soutenir et communiquer sur l'initiative Bellaso de récupérer les invendus du marché du mercredi (glanage), testée lors de la mobilisation

V. Mobilités

1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre

La première action a été d'effectuer un diagnostic des mobilités à l'école et de leur impact²⁵. Il a permis de constater l'impact majeur des mobilités sur les émissions de GES de l'école, et notamment de l'avion, mais aussi les efforts déjà entrepris pour la réduire, en recherchant notamment une alternative à l'avion chaque fois que cela était possible.

L'analyse des mobilités a été complétée depuis l'état d'avancement 4. Les mobilités analysées ici sont celles de longue distance, et excluent les mobilités du quotidien, qui sont vraisemblablement pour la plupart réalisées en transport en commun et/ou en vélo (sondage à réaliser).

Ces mobilités longue distance comprennent :

- Les voyages pédagogiques (licence, master et DSA)
- Les mobilités universitaires étudiantes
- Les stages à l'étranger et mobilités enseignantes

Les voyages non pédagogiques ou institutionnels des enseignants et personnels administratifs n'ont pas été analysés par absence de données consolidées (à réaliser).

L'empreinte carbone totale des voyages pédagogiques (licence, master et DSA) est d'environ 323.6 tonnes de CO₂e en 2022 / 2022-2023, dont 99,4% (321,5t) pour les voyages en avion, qui représentent 36% des jours étudiants voyagés.

552 étudiants ont voyagé durant l'année 2022 en licence et master, dans le cadre de 27 voyages d'une durée moyenne de 6 jours par voyage. Ces voyages ont représenté 1,47 millions de km/personne parcourus, pour une empreinte carbone totale de 138,8 tonnes de CO₂e émises, soit 221 kg par personne et 38 kg par jour étudiant voyagé (voir annexe 1).

De manière assez logique, les voyages en avion constituent l'essentiel (98,8%) de cette empreinte.

Durant l'année 2022-2023, 109 participations d'étudiants de DSA à des voyages ont été recensés, dans le cadre de 8 voyages d'une durée moyenne de 9.75 jours. Ces voyages ont représenté 1,23 millions de km/personne parcourus, pour une empreinte carbone totale de 184.8 tonnes de CO₂e émises, soit 1411 kg par personne et 172 kg par jour étudiant voyagé (voir annexe 1). Les trajets en avion représentent 99,95% de cette empreinte (184.7 t) pour 82% des jours étudiants voyagés.

Les mobilités étudiantes (entrantes et sortantes) représentent 203,7 t de CO₂e en 2022-2023 pour 179 étudiants (86 entrants et 93 sortants). Il serait logique de partager cette empreinte avec les établissements d'origine ou d'accueil des étudiants, soit une empreinte résiduelle de l'ordre de 102 t de CO₂e.

Les échanges hors Europe représentent presque 80% de l'empreinte pour moins de 30% des étudiants, assez logiquement du fait des distances qui rendent systématique le recours à l'avion long-courrier.

Cependant même pour les trajets européens l'avion représenterait une large part des déplacements et 98,1% de l'empreinte carbone (43,7t sur 44,6). Si tous les étudiants partant à moins de 2000 km

²⁵ Détaillé en annexe 6

prenaient le train, l'empreinte carbone pour les destinations européennes pourrait être réduite par plus de 5 (8,1 t de CO₂e au lieu de 44,6). Favoriser ce mode de transport pourrait être une piste pour réduire l'impact carbone des mobilités sans réduire la mobilité étudiante, d'autant plus que l'union européenne propose des aides dans ce sens.

Une réunion avec le service des relations internationales a permis d'identifier des propositions d'actions concrètes, dont certaines ont déjà été mises en œuvre.

- Les étudiants vont mentionner plus systématiquement leur mode de transport à partir de l'année prochaine (2023-2024), et ceux qui prennent le train peuvent bénéficier d'une aide d'Erasmus (50€ par trajet aller – retour effectué autrement qu'en avion).
- Alors que les échanges hors Erasmus²⁶ représentaient 30% des mobilités en 2022-2023, ils devraient en représenter la moitié en 2023-2024.

Concernant les voyages sur d'autres continents, qui nécessitent de prendre l'avion :

- Plusieurs voyages pédagogiques de ce type liés à des studios ont été effectués de manière récurrente ces dernières années : Busan (Ramseyer /Macian), Siem Reap / Chiang Mai (Ros / Pumetkao), La Plata (Pallubicki), Austin (Breton / Renaud), Corée / Japon / Paris (Dervieux). S'y ajoutent les voyages des DSA, notamment patrimoine, risques majeurs et projet urbain.
- Les voyages lointains (sur d'autres continents) peuvent présenter un intérêt considérable aux niveaux pédagogique et humain, pour amener les étudiants à interroger leur propre culture dans le temps et dans l'espace. Ils servent aussi à développer des partenariats institutionnels et en termes de recherche.
- Il ne s'agit donc pas nécessairement de les supprimer ou de les réduire, mais au vu de leur coût environnemental, leur impact pédagogique dans le temps devrait être clairement justifié auprès de tous.tes et optimisé.
- Evolution du questionnaire demandé aux candidats à la mobilité (et aux étudiants de retour) pour mieux prendre en compte ces points : Pour les mobilités 24-25, la fiche de candidature pour la mobilité comprend une mention sur les transports éco responsables envisagés pour Erasmus. Les justificatifs sont déjà demandés pour le dossier de retour de mobilité pour les mobilités effectuées en 22-23.
- Ce compte rendu et l'analyse des mobilités a été présenté en commission internationale le 30 juin 2023.

2. Préconisations

Plusieurs propositions sont issues du dialogue avec le service des Relations Internationales :

- Dès que le nombre d'étudiants par destination et leurs modes de déplacement seront connus, un **bilan carbone actualisé des mobilités** sera effectué pour l'année à venir. Il permettra dès à présent (et potentiellement chaque année) de mesurer l'évolution des choix des modes de transport (pour les destinations qui offrent ce choix).
- Une **sensibilisation renforcée** (au cours de la soirée et dans le guide « Partir en mobilité » notamment) sera mise en œuvre par le service des relations internationales **auprès des étudiants en mobilité sortante en Europe**, pour les inciter à privilégier le train quitte, selon les destinations, à transformer leur déplacement en un voyage de plusieurs jours avec étapes touristico-pédagogiques.

²⁶ Font partie du programme Erasmus les 27 pays membres de l'Union Européenne ainsi que ceux membres de l'Espace économique européen (Islande, Lichtenstein, Norvège) et deux pays en procédure d'adhésion à l'Union européenne (Macédoine du Nord et Turquie). Le Royaume Uni et la Suisse n'en font pas partie.

- **Demander à tous.tes les enseignant.e.s responsables de voyages lointains** (ne pouvant être réalisés qu'en avion), DSA compris, **d'écrire une fiche expliquant la proposition pédagogique, les liens avec les activités avant et après le voyage, et le cas échéant proposant une optimisation des retours pour les étudiants concernés et pour l'école.** Cette fiche pourrait inclure une évaluation des coûts (financiers pour l'école et pour les étudiants, environnementaux,...) et des apports du voyage. Cette présentation pourrait également être faite à l'oral dans un cadre adéquat (CFVE ? Séminaire enseignants ? Autre ?). Cela permettrait d'explicitier et de légitimer ces voyages auprès de la communauté de l'école.
- **Inciter les étudiants** (voyages pédagogiques et surtout mobilité) **à maximiser le profit pédagogique de leurs voyages**, en le préparant en amont, en en profitant pour se cultiver sur place (visites, conférences, etc.) et en capitalisant leurs découvertes, au travers notamment des rapports pré- et post-mobilité, et d'une attention particulière des enseignants sur ces points pour les voyages pédagogiques (attention généralement déjà présente). Il pourrait être réfléchi aux manières de capitaliser ces savoirs d'une année sur l'autre (c'est déjà en partie le cas, par exemple les rapports des étudiants de retour de mobilité sont consultables par ceux qui vont partir).
- **Demander aux étudiants en mobilité de ramener des informations sur la manière dont les questions environnementales sont abordées et enseignées dans les écoles d'accueil** (pour alimenter et inspirer les évolutions de Belleville en la matière), que ce soit sur le plan pédagogique ou dans la vie courante, tant à l'école que dans les modes de vie du pays (mise à jour du questionnaire retour de mobilité).
- **Capitaliser sur les retours effectués par les étudiants étrangers en mobilité à Belleville**, qui ont souvent un regard critique et constructif sur le fonctionnement de notre école (mise à jour et diffusion de la fiche d'évaluation de fin de séjour).
- **Se renseigner / veille** sur les critères d'attribution des subventions, et les systèmes incitatifs (appel à projet internationaux du ministère de la culture, contribution bourse Erasmus pour les voyages en train).
- Abonder, en la doublant, la subvention Erasmus en faveur du train ?
- Réaliser un sondage sur les mobilité du quotidien (trajets habitation/travail).
- Récolter et traiter les données des voyages institutionnels ou non pédagogiques.

Ces pistes seront à adapter en fonction des objectifs adoptés par le Conseil d'Administration et l'administration concernant la réduction des émissions de gaz à effets de serre de l'école (voir A.II).

VI. Numérique

Le diagnostic des équipements numériques et informatiques et de leur fonctionnement est détaillé en annexe 10.

1. Bilan des actions proposées et mises en œuvre

Extinction et allumage des équipements informatiques

Depuis Octobre 2022, les outils informatiques directement sous le contrôle du service informatique (i.e. libre service informatique) sont éteints quotidiennement (ordre logiciel et/ou action humaine) : 30 unités centrales + 30 écrans + 2 imprimantes de groupe + 6 traceurs grand format. L'allumage automatique en semaine des ordinateurs fixes des personnels permanent est déjà en place et réalisé à 95%. Concernant l'extinction à 22h30 (une marge de minutes non annoncée est prévue malgré tout par sécurité, risque de perte de fichiers non enregistrés avec une extinction réelle à 22h35) il n'y a effectivement pas eu le message de communication interne pour le valider, l'activation de la programmation de l'extinction est immédiate.

Action symbolique (inspirée de l'université d'Angers) 55 bornes Wi-Fi ont été éteintes cet été du 21/07 au 27/08 : une borne a une puissance de 21,4W soit en énergie 0,52 kWh pour 24 heures de fonctionnement. Soit pour 55 bornes pendant 30 jours 847 kWh.

La mesure suivante, proposée et acceptée par la direction de l'énsa-pb est en place depuis mi-octobre 2022 : il sera demandé suivant une campagne d'information à chaque personnel en télétravail d'éteindre son ordinateur en fin de service car les postes sont maintenant configurés pour un allumage automatique en semaine à 8h15.

Consommation électrique des serveurs

Depuis le mois de novembre 2022 il a été demandé à la société en charge de la climatisation d'augmenter sensiblement la température de la salle serveurs : passage de 18° à 23°C. Il est admin que les matériels informatiques de dernière génération peuvent supporter jusqu'à 26°C comme environnement de fonctionnement.

Sensibilisation à la sobriété numérique

Yannick Guénel sensibilise depuis déjà plusieurs années les étudiants à un usage numérique et informatique économe (ne pas conserver de mails obsolètes, limiter l'utilisation de logiciels en ligne et le stockage en ligne, réduire la résolution des vidéos,...).

2. Préconisations

Consommation électrique

- **Installer des interrupteurs généraux / disjoncteurs dans les salles informatiques (5 unités) :** même quand les ordinateurs sont éteints, il semble ils consomment encore. Pour être sûrs de stopper la consommation hors des horaires d'utilisation, il faudrait installer (ou utiliser

systématiquement s'ils existent déjà) des interrupteurs généraux / disjoncteurs qui commandent toutes les prises des salles concernées :

- Salle B1 (au-dessus de l'amphi nord, 39 ordinateurs)
 - 3 salles en F1 (2x16 + 13 = 45 ordinateurs)
 - Salles libre-service sous la cafétéria + service informatique (28 ordinateurs)
- 4 des 10 locaux de brassage peuvent être éteints sans perturber le fonctionnement de l'ensa-pb durant les périodes de fermeture
 - Il faudrait supprimer la mention « laisser les ordis allumés » dans les amphi et la salle 12 et partout où c'est le cas (avec formation des utilisateurs qui ne savent pas forcément allumer/éteindre sans demander d'aide).
 - A moyen terme il est possible d'envisager **d'autres solutions d'accès au télétravail** nécessitant un projet de refonte des serveurs car une partie de la charge de calcul se reporterait sur eux. Il est possible de n'utiliser qu'un seul ordinateur portable pour le bureau et la maison moyennant un **investissement financier important** pour acquérir un écran fixe de bureau, un écran fixe au domicile (pb logistique de livraison), un portable et deux raccords de branchement rapide (docks d'accueil) : il s'agit du modèle adopté par le ministère de la Culture pour ses agents.

Sensibilisation

- Message automatique à indiquer en pied de page des mails ensa-pb (cf mails de Charles Andriantahina) : « Le numérique a un impact sur l'environnement. Pour le réduire : trions nos e-mails, réduisons le nombre de destinataires, Privilégions les liens aux pièces jointes... »

Renouvellement des postes informatiques

Il y a une marge de travail et de réflexion concernant le renouvellement des postes des salles de cours : compte tenu des engagements de l'école (5 années d'amortissement + 1 an), il ne devrait avoir lieu que courant 2028 pour la rentrée 2028-29 en effet **les postes sont neufs pour cette rentrée 2022-23** y compris les écrans, alors que précédemment nous avons gardé les écrans pendant plus de 10 ans. (Il faut garder à l'esprit que compte tenu du rythme rapide de renouvellement des logiciels imposé par les éditeurs ayant le monopole Microsoft, Autodesk..., les ordinateurs commencent à peiner au bout de 6 ans mais restent exploitables).

Le parc brut des postes informatiques pour les TD représente 85 machines pour lesquelles nous avons émis l'idée que **13 postes (situés en Bâtiment F Niveau 1 salle 2) uniquement sollicités lors de certains intensifs et des formations internes ou inter-établissements pourraient ne pas être renouvelés.**

Sans le minimiser, l'impact financier (qui n'est pas le but premier de la sobriété numérique) de ces investissements reste relatif compte tenu de leur durée d'immobilisation et d'utilisation.

Il serait facilement possible de **se passer des ordinateurs des 3 salles F** (et se restreindre à 30 au lieu de 39 en salle B1), sous réserve de leur utilisation par le champ VT pour les enseignements de SIG. La restriction du parc est tout à fait possible en veillant à assurer l'ensemble des enseignements informatiques dispensés dans le programme mais le service informatique n'a pas cette visibilité et s'en remettra aux décisions du service des études et de la direction.

A savoir : l'école accueille des formations infra/ inter/extra ENSA dans ses salles informatiques annuellement dont la fréquence n'est pas connue (ArchiRES, Taiga, Service Financier, Cartographie...)

PC fixe ou portable ?

Comme **un ordinateur portable consomme moitié moins d'électricité qu'un fixe**, il faudrait **encourager les étudiants à utiliser leur propre ordinateur** (la plupart des étudiants sont déjà équipés en arrivant en I&E, pour une bonne partie avec des machines suffisamment puissantes pour leur servir jusqu'au PFE et au-delà. Il faudrait pour cela :

- **s'assurer que le nombre de prises est suffisant dans les salles informatiques** pour brancher un portable par étudiant
- **aider financièrement les étudiants les plus modestes** à acquérir un ordinateur portable à moindres frais²⁷.

Acheter des ordinateurs portables à l'école pour les étudiants n'est pas pertinent car ils n'en prennent pas soin (seulement si ce sont les leurs).

A terme au moment du prochain renouvellement (2028), il pourrait être envisagé de **ne pas acheter d'ordinateurs pour les étudiants**, ou un nombre minime, et de ne laisser éventuellement que des écrans à faible consommation pour un meilleur confort d'usage des portables.

Chaleur fatale des serveurs :

L'idée de la réutilisation de la chaleur produite par une salle serveur a été évoqué au cours d'une réunion avec les DSI des établissements public me ministère de la Culture « écoles ». Le seul local informatique climatisé est la salle serveur située au niv.0 du bâtiment D.

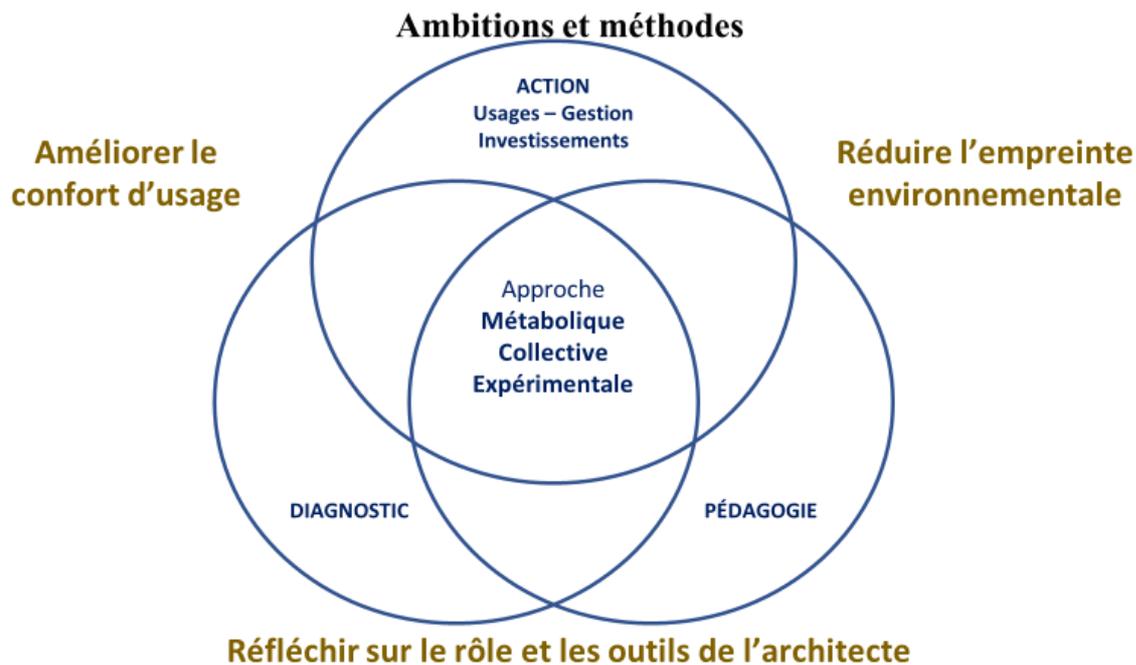
Depuis la rentrée 2021-22, les bornes installées conformes à la norme IEEE 802.11ax dit Wi-Fi 6 au travers de la technologie TWT (Target Wait Time ou durée d'attente cible) permettent aux périphériques connectés de ne plus communiquer en permanence avec la borne (consommateur de ressources) mais uniquement à intervalle prédéfini (négociation automatique) et principalement lorsqu'il y a des données reçues ou à envoyer : la connexion W-Fi est en veille sur le périphérique connecté dès qu'il n'y a plus de transfert.



²⁷ Depuis 3 ans, la Coob a un partenariat avec un vendeur de Montgallet, et obtient des portables à 1000 ou 1500 euros au lieu de 2000. Ils coûtent cher car il faut des cartes graphiques puissantes pour utiliser les logiciels, et cela pourrait être le rôle de l'école d'aider celles et ceux qui n'en ont pas les moyens à en acquérir un.

C. ANNEXES

Annexe 1: Méthode et ambitions



Quelle méthode a été employée ?

La mission a été lancée le 6 septembre 2022 au séminaire enseignants de rentrée, avec quelques orientations méthodologiques structurantes :

Sur le périmètre du travail :

- Utiliser une approche métabolique empirique du fonctionnement de l'école.
- Mener de front analyse/diagnostic, action et pédagogie/impact sur les enseignements.
- Inclure ce travail dans des temporalités multiples (action immédiate, court terme, moyen terme, long terme).
- S'inscrire dans l'actualité, considérée comme une opportunité : directives d'économies d'énergie de la part du Ministère de la culture, appels à projet pour investissements (à commencer par celui lancé en octobre 2022 par la Direction Immobilière de l'Etat et projets d'investissement de l'école,...).

Sur l'organisation du travail :

1. Proposer des groupes de travail thématiques : pour l'instant Énergies (chauffage – ventilation – climatisation : CVC), Usages, Eau, Matières/déchets, Mobilités, Numérique, ... Parmi les autres thématiques identifiées : alimentation, biodiversité,...
2. Mobiliser progressivement les personnes intéressées au sein des enseignants et des étudiants, associés systématiquement à un référent administratif.
3. Collecter immédiatement une première série d'informations permettant d'alimenter les groupes et la réflexion générale, via des entretiens²⁸ et la collecte/traitement de données.

²⁸ annexe 11 : liste des personnes rencontrées

Cette mission n'a de sens qu'en tant que catalyseur, facilitateur et garant de la cohérence d'ensemble d'une action collective impliquant largement et à des degrés divers l'ensemble de la communauté de l'école.

Quelles ambitions et objectifs sont proposés ?

Les premiers résultats nous permettent de **proposer d'utiliser ce travail comme un défi collectif**, qui permettrait d'expérimenter la capacité de la communauté de L'Ensa-pb (étudiants, enseignants et personnels scientifiques, administratifs et techniques) à répondre aux questions suivantes :

- **Sommes-nous capables de réduire drastiquement notre empreinte environnementale²⁹, dans une approche métabolique³⁰, tout en améliorant le confort d'usage de l'école ?**
- **Pouvons-nous faire la preuve notre capacité à le faire d'une manière rapide, efficace, économique et durable (flexible/évolutive), en entraînant toute une communauté, précisément parce que nous sommes une école d'architecture ?**

Nous pensons qu'il est possible de faire cette démonstration, ou en tous cas de la tenter, en utilisant les outils de l'architecte et notamment le processus de projet et les outils de représentation qui lui sont propres, dans une dynamique de construction collective, en écho à la tribune des directeurs d'ENSA, du 12 octobre dernier³¹.

C'est dans cette logique que nous mobilisons en priorité les personnes et les ressources, (savoirs, expériences, moyens pédagogiques) propres à l'Ensa-pb, avant de proposer de consulter d'éventuels bureaux d'études extérieurs en complément.

Pour cela, nous proposons une **méthode itérative entre étude/analyse et expérimentation avec retour d'expérience, qui permet d'agir immédiatement et de construire l'action future, de concert**, tout en s'appuyant sur et en nourrissant la pédagogie. Elle se structure par groupes de travail autour de membres représentant toute la communauté de l'école.

Cette méthode, entre analyse, action et pédagogie avec une vision systémique ou métabolique pourrait **constituer un axe de « recherche action » structurant pour l'école, à développer en lien étroit avec l'Ipraus** (dont de nombreux membres sont déjà associés à la démarche), dont l'école et son fonctionnement constituerait une sorte de « living lab », et qui pourrait à terme se décliner sur plusieurs échelles (architecturale, urbaine, territoriale). Des collaborations pourraient être envisagées avec des chercheurs et institutions extérieures travaillant sur ces sujets, comme par exemple Sabine Barles sur le métabolisme urbain. André Lortie a mis en place suite à la mobilisation étudiante du printemps 2023 un atelier de « R&D » pour réfléchir aux modalités pédagogiques d'enseignement sur les enjeux climatiques, écologiques et sociaux, de précarité et d'exclusion. Cette initiative a été pérennisée en option pour l'année 2023 -2024.

²⁹ Par exemple atteindre certains objectifs du décret tertiaire (40% de réduction des consommations énergétiques totales à 2030, 50% à 2040 et 60% à 2050) dès 2024 ou 2025.

³⁰ Compréhension et maîtrise des flux entrants/sortants en terme de consommation et d'émissions carbone (énergies, eau, matériaux, déchets, mobilités, etc.)

³¹ <https://docs.google.com/forms/d/1MCY4Vz1H5WZyOpRvGkZcHP4NVWSgzQI9ZHq8Ho3exLs/edit>

Annexe 2: Tableau de suivi des actions

Un exemple de contenu est exposé ci-dessous, à titre d'illustration. Ce tableau pourrait intégrer plus largement des actions pédagogiques, et se démembrer en sous tableaux selon la thématique (CVC, électricité, eau,...) et/ou les modalités d'intervention (gestion, investissement, pédagogie,...).

Thématique	Action	Type d'action			Responsable	Date de mise en œuvre		Etat d'avancement			Commentaires
		Diagnostic	Action	Pédagogie		Prévue	Effective	Faites	En cours	Non initiée	
O/C	Température de consigne CTA à 19°C le jour	X			AL	22/11/2022	22/11/2022	X			
O/C	Température de nuit à 16°C	X			AL	22/11/2022				X	Impossibilité technique (à creuser ?)
O/C	Température à 8°C pour week ends et vacances	X			AL	29/11/2022	16/12/2022	X		X	uniquement pour les vacances, impossible techniquement pour les week ends
O/C	Hors gel dans la rue intérieure	X			AL	24/11/2022	24/11/2022	X			
O/C	Hors gel dans les ateliers bât C	X			AL	24/11/2022	24/11/2022	X			
O/C	Baisse de la température des statiques (radiateurs, plafonds rayonnants et planchers chauffants) à 55°C	X			AL	22/11/2022	22/11/2022	X			Augmentation à 60°C suite plaintes pour froid
O/C	Incorporation de l'objectif de ne pas chauffer les circulations dans le projet de restructuration de l'accueil	X			JLR/PDP ?	A partir de décembre 2022				X	
O/C	Etude synthèse CVC	X	X	X	DA/USER	06/01/2023				X	endu prévu pour mi mars 2023
O/C	Fiche pédagogique option "empreinte environnementale ENSA PB"	X	X	X	S	21/11/2022	23/11/2022	X			
O/C	Eléments cahier des charges BET	X	X		JS/GB/DA/RA/PDP/AL		10/01/2023	X			
O/C	Lancement consultation BET	X	X		RA/PDP/AL		10/01/2023	X			
O/C	Date limite réception des candidatures	X	X			10/02/2023	10/02/2023	X			
O/C	Sélection BET	X	X		RA/PDP/AL/JS	17/02/2023	17/02/2023	X			Eléments Ingénierie a été retenu, réunion de lancement prévue semaine du 27/2
Electricité	Extinction des ballons d'eau chaude	X			AL	02/11/2022	02/11/2022	X			Sauf douches et ponctuellement salles arts plastiques
Electricité	Augmentation de 5°C de la température des climatiseurs du serveur	X			AL	01/12/2022	01/12/2022	X			
Electricité	Programmation de l'éclairage centralisé	X			PI	01/12/2022	03/01/2023	?	?		A vérifier et à compléter par une information aux usagers (affichage) ? A priori non totalement effectif (éclairages fonctionnant en journée).
Electricité	Programmation de l'allumage et de l'extinction des ordinateurs non pédagogiques	X			CA	?	?	X			8h15 - 22h30 du lundi au vendredi. Allumage automatique réalisé avant fin décembre 2022, extinction automatique en attente de communication.
Usages	Sensibilisation - formation des personnels administratifs (enjeux environnementaux, éclairage, chauffage, ordinateurs, papier,...)	X			PI ?	?				X	
Pilotage	Mise en place d'un tableau de suivi partagé	X			PDP / DA / GB ?	?					
Pilotage	Mise en place d'un tableau de relevé des consommations partagé	X			AL / DA / GB ?	?					
Pilotage	Etude de la mise en place d'un relevé automatisé des compteurs cpu et élec (compteur intelligent)				AL ?	?					
Pilotage	Mise en place d'un circuit de collecte et remontée d'information				AL / PDP ?	?					
Pilotage	Mise à disposition d'informations sur un drive, pour l'école dans son ensemble, les groupes de travail et le pilotage	X			DA / GB ?	08/02/2023					
Matières / déchets	Diminution du parc d'ordinateurs pédagogiques	X			CA	2028 ?					Non urgent car le prochain renouvellement de parc informatique est prévu pour 2028.
Matières / déchets	Etude des conditions d'un écolabel pour le nettoyage	X	X		PI ?	?					
Matières / déchets	Etude des conditions de mise en place d'un tri sélectif	X	X		PI / ND ?	?					

Annexe 4: Fonctionnement du système CVC

Le chauffage du 60 Bd de la villette est assuré principalement par de la vapeur d'eau fournie par la [Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain \(CPCU\)](#), qui dessert :

1. 14 (?) Centrales de Traitement de l'Air (CTA), qui desservent chacune une partie de l'école, et en assurent également la ventilation. Certaines parties ne sont pas desservies (notamment l'administration et l'Ipraus) et possèdent des dispositifs spécifiques de VMC, ainsi que les sanitaires.
2. Un réseau statique comprenant des radiateurs (dans la plupart des espaces hors amphithéâtres, circulations, cafétéria et médiathèque), des plafonds rayonnants et des planchers chauffants (notamment dans les espaces d'exposition et la rue intérieure), des poutres chaudes (médiathèque), ainsi que certains rideaux d'air chaud aux entrées (des ateliers notamment).

Ce dispositif est complété par des éléments électriques ponctuels – par exemple ventilo-convecteurs dans la salle Bobenriether, rideaux d'air chaud complémentaires à certaines entrées.

Le pilotage de la température de consigne³² est possible de manière individuelle pour chaque CTA, mais demande aujourd'hui l'intervention du mainteneur. Il est néanmoins possible de définir des températures différenciées par CTA et de programmer un mode « veille » (qui arrête la ventilation et le chauffage (et climatisation) mais laisse sous tension l'équipement pour qu'il puisse se relancer tout seul) pour des durées suffisamment longues (vacances, le mainteneur déconseille de l'activer pour les week ends car cela poserait des problèmes pour le remettre en route en si peu de temps). Une adaptation plus fine de la température pour des périodes récurrentes (jour/nuit, week ends) ou en fonction des emplois du temps demanderait une gestion plus centralisée. A noter que les premiers résultats de l'étude d'Eléments tendent à démontrer l'intérêt d'un arrêt durant les week ends et vacances, et avec un pilotage centralisé durant la nuit.

Le réseau statique n'est régulé qu'au départ général de l'eau chaude (dont la température de consigne est modifiable), et ensuite pour les radiateurs par le réglage de chaque appareil par l'utilisateur (têtes thermostatiques pour la plupart des radiateurs, robinets simples pour ceux dont la disposition ne laissait pas la place pour les thermostats). D'où l'enjeu de l'usage, car la consommation énergétique peut selon Eléments augmenter d'environ 70% entre une température de 19°C et de 23°C.

Certains espaces sont également climatisés, soit au moyen d'un « groupe froid » électrique qui alimente certaines CTA (amphis notamment) et les « poutres froides » de la médiathèque, soit au moyen de climatiseurs électriques spécifiques (salle des serveurs, reprographie, salle des traceurs, certains bureaux).

L'imprimerie est chauffée (et refroidie) par une pompe à chaleur très performante (3,6 à 3,8 kWh restitués pour 1kWh consommé) installée début 2022, qui permet un pilotage différencié de la température selon les jours et les horaires.

La consommation énergétique liée à la CPCU en 2021 est de 1805 MWh pour 290,6 t CO2e émises.

Il y a donc plusieurs systèmes (dont certains se superposent) et plusieurs « micro-climats » dans les six corps de bâtiments formant l'école. Une solution globale d'économie et de performance

³² mesurée par la différence entre la température de l'air envoyé dans l'école et de celui qui revient par les extracteurs

énergétique n'existe pas. Il faut adapter et ajuster localement, en finesse. D'où l'importance des travaux des groupes CVC et usages, en préalable à des calculs éventuels de BET.

La climatisation est traitée dans la partie « électricité ».

Consommation CPCU (MWh) et impact (tCO2e)

Consommation CPCU (MWh)														
	2018	2019	2020	2021	Différence 21/20	2022	Différence 22/21	Ajusté par température	2023	Différence 23/22	Ajusté par température			
Janvier	264	306	275	233	18	280	-13	-4%	-1,6%	235	-45	-16%	-9,8%	
Février	292	220	207	268	61	231	-37	-14%	-5,4%	221	-10	-4%	-10,6%	
Mars	242	200	162	227	65	198	-29	-13%	-3,0%	214	16	8%	3,2%	
Avril	118	144	47	229	182	149	-80	-35%	-21,6%	169	20	13%	7,8%	
Mai	10	67	1	183	182	0	-183	-100%		4	4			
Juin	0	0	57	2	-55	0	-2	-100%						
Juillet	0	0	1	0	-1	0	0							
Août	0	0	0	0	0	0	0							
Septembre	1	0	0	1	1	0	-1	-100%						
Octobre	63	61	153	141	-12	0	-141	-100%						
Novembre	230	228	198	210	12	130	-80	-38%	-19,9%					
Décembre	256	281	251	237	-14	161	-76	-32%	-45,4%					
TOTAL	1 476	1 507	1 352	1 791	439	1 149	-642	-36%						
kWh/m2 SUB/an	110	112	101	133		86								
CO2e (t)	237,6	242,6	217,7	288,4	70,7	185,0	-103,4	-36%						
CO2e/usager (kg)	174,2	177,9	159,6	211,4		135,6								

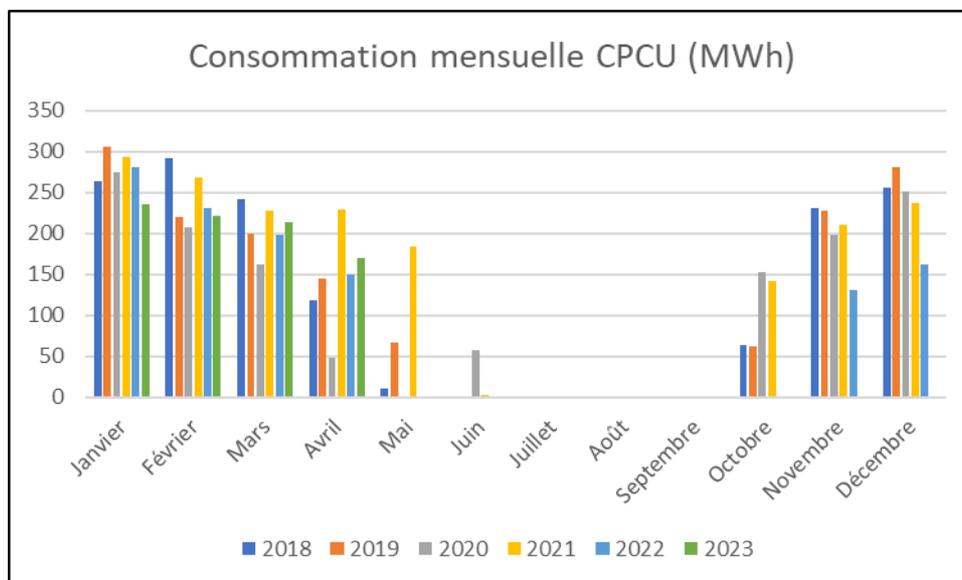
Source : factures

Températures moyennes mensuelles de référence

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	22/21	23/22
Janvier	8,2	4,9	7,1	5,2	5,6	6,5	0,4	0,9
Février	2,6	8,4	9,4	7,2	8,4	7,5	1,2	-0,9
Mars	7,9	10,5	9,3	9,3	10,7	10,0	1,4	-0,7
Avril	14,6	12,6	15,7	10,4	12,3	11,5	1,9	-0,8
Mai	17,6	14,3	16,8	13,7	17,8	16,1	4,1	-1,7
Juin	20,2	20,5	19,2	20,5	20,5	22,4	0,0	1,9
Juillet	24,4	22,9	21,1	20,5	23,0	21,2	2,5	-1,8
Août	22,0	21,7	22,9	19,6	23,3		3,7	
Septembre	18,0	17,9	19,3	19,3	17,5		-1,8	
Octobre	14,6	13,8	12,9	13,2	16,3		3,1	
Novembre	8,7	8,6	10,2	7,6	10,2		2,6	
Décembre	7,5	7,4	7,1	7,6	5,7		-1,9	

Source : <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2022/paris-montsouris/valeurs/07156.html>

Elle se répartit dans le temps de la manière suivante :



A partir des volumes soufflés par les CTA et VMC, on peut estimer la répartition de la consommation énergétique dans l'espace approximativement de la manière suivante :

	Valeur mesurée (m3/h)	%	Contenu	Batterie froide
A1	1 038	1,2%	Salle de conseil / réserve / boutique / boutique	Ventilo convecteur en salle du conseil et bureaux RI
A2 exposition etc.	6 480	7,3%	Exposition R+1/ Exposition R+1/ Salle des soutenances/ Accueil-exposition/ Exposition RDC/ branchement eau/ archives R-1	Ventilo convecteur en salle des soutenances
Rue intérieure	5 508	6,2%		
Salles de cours	9 850	11,1%		
Bâtiment B R+3 / R+4 (IPRAUS)	2 951	3,3%	A vérifier. Pas de CTA	
Amphi 1	10 296	11,6%		Oui
Amphi 2	5 670	6,4%		Oui
Amphi 3	5 670	6,4%		Oui
C maquettes	5 616	6,3%		
C cafet	4 248	4,8%		
C Bibliothèque	6 059	6,8%		Poutres froides
Sous sol B et C	2 324	2,6%		Ventilo convecteurs reprographie
D	3 715	4,2%	4 studios	
E	11 340	12,7%	5 studios	
F	8 259	9,3%		
Total	89 024	100,0%		

Source : schéma aéraulique et hydraulique DOE

Cette estimation est grossière, n'inclut pas les bureaux de l'administration et ne prend pas en compte les enveloppes qui ont un impact majeur à la fois sur la consommation énergétique et sur le confort thermique, mais elle donne néanmoins un ordre de grandeur relatif.

Mix énergétique CPCU (2019?)	
Source: dépliant CPCU septembre 2020	
Valorisation énergétique de	42,90%
Bois	5,90%
Biogaz	1,30%
Géothermie	0,70%
Biocombustibles liquides	0,50%
Gaz	37%
Charbon	11,70%
Total	100,00%
Emissions de CO2e / mode de chauffage (ADEME 2019)	
CPCU	161
Chauffage électrique	180
Chaudière collective au gaz	234
Chaudière collective au fiou	300

Annexe 6: Fonctionnement électricité

Les principaux usages de l'électricité sont :

- L'éclairage, dont une partie est pilotée depuis l'accueil et programmable (toutes les circulations, 50% des studios, ateliers, documentation IPRAUS, salle du Conseil, salle Bobenriether et salle 14). Certains espaces (minoritaires) sont équipés de LED (atelier bois, circulations imprimerie,...)

La puissance installée en éclairage est de 108 807 W, ce qui pour une moyenne d'utilisation de 6h / jour (30h/semaine) sur 41 semaines représente environ 134 MWh soit 15 % de la consommation du 60 Bd de la villette en 2022 (913 MWh). Le BET Eléments arrive à des résultats similaires (170 MWh environ si on extrapole à partir de leurs chiffres). Il est à noter que si le remplacement de l'ensemble des éclairages par des led pourrait faire économiser selon les études de Derichebourg pour l'appel à projet de la DIE environ 53,5 MWh, pour un coût TTC estimé de 755 000 euros, Diminuer en moyenne d'une heure le fonctionnement de l'éclairage permettrait d'économiser 22 MWh pour un coût nul...

- Les consommations liées aux systèmes informatiques : 6 serveurs (dont un à l'imprimerie), 230 ordinateurs dont 160 à vocation pédagogique (+ écrans), 6 traceurs (dont un à l'imprimerie), 7 imprimantes A3/A4 (dont une à l'imprimerie), une imprimante reprographie, une colleuse, des armoires de brassage, bornes wifi.
- Certains équipements de chauffage (pompe à chaleur de l'imprimerie, ventilo-convecteurs, rideaux d'air, radiateurs individuels) + les moteurs de ventilation (CTA et VMC) et pompes pour les radiateurs, les planchers chauffants et plafonds rayonnants. A partir des premiers chiffres du BET Eléments, on peut estimer que la ventilation principalement (CTA) représente autour de 45% des consommations, et les pompes du système de chauffage statique (radiateurs etc.) environ 8%.
- L'eau chaude sanitaire (ballons électriques).
- Les autres usages (vidéoprojecteurs, branchement de portables, la cafétéria, etc.).

- La climatisation (groupe froid, 2 climatiseurs serveurs, 6 climatiseurs individuels, salles traceur et reprographie,...), donc la consommation devrait être estimée par Eléments dans la deuxième partie de leur étude

La climatisation à l'école, qui ne concerne qu'une partie des locaux, est assurée par **deux systèmes** : un groupe froid et plusieurs climatiseurs électriques individuels.

Le **groupe froid électrique** installé sous la cour Burnouf refroidit de l'eau qui alimente les locaux suivants :

- Les **amphithéâtres Nord, central et Bernard Huet** (bâtiment B), au travers de leur CTA respective : l'eau arrive dans les CTA et refroidit l'air qui est envoyé dans les amphis, selon le même principe que pour le chauffage
- La **médiathèque** (bâtiment C), au travers des poutres froides, qui comprennent deux systèmes fonctionnant en même temps : l'envoi d'air froid à partir de la CTA sur le même principe que le chauffage (les poutres froides servent également de bouches d'aération et de chauffage), et des serpentins d'eau froide alimentés directement par le groupe froid. Ce double système génère fréquemment des problèmes de condensation.
- La **salle Bobenriether** (2^e étage aile ouest bâtiment A), au travers de ventilo-convecteurs alimentés soit par l'eau froide en provenance du groupe froid (climatisation), soit par de l'eau chaude en provenance du réseau statique (chauffage)

- La **salle des Relations internationales et le bureau attenant** (2^e étage aile est bâtiment A), au travers de ventilo – convecteurs alimentés par l’eau du groupe froid et qui n’ont que des fonctions de climatisation et de ventilation locale. Le chauffage est assuré par des radiateurs.
- La **salle du Conseil** situé en dessous (1^{er} étage aile ouest bâtiment A), selon les mêmes modalités. Le chauffage et la ventilation de la salle du conseil comme de la salle des enseignants (RDC aile ouest bâtiment A) sont assurés par une petite CTA située sur le toit.
- La **reprographie et la salle des traceurs** (RDC bâtiment D) sont également équipés de ventilo-convecteurs alimentés en eau froide par le groupe froid (et qui n’ont pas de fonction de chauffage), ainsi que la **salle de libre-service informatique et les bureaux attenants** au RDC et sous-sol du bâtiment C (ces derniers sont équipés de radiateurs pour le chauffage et d’une VMC séparée).

Le groupe froid fonctionne entre 1,5 et 2,5 mois par an selon la météo, généralement entre mai et juillet et/ou en septembre. Il est très consommateur en électricité.

Des **climatiseurs électriques** complémentaires sont installés :

- Dans la **médiathèque** (bâtiment C) : 2 blocs extérieurs desservant 3 climatiseurs internes en tout
- Dans la **loge du gardien** cour Burnouf (rez de cour bâtiment F) : 1 climatiseur
- Pour la **salle des serveurs** : deux climatiseurs fonctionnant en alternance pour des raisons de sécurité

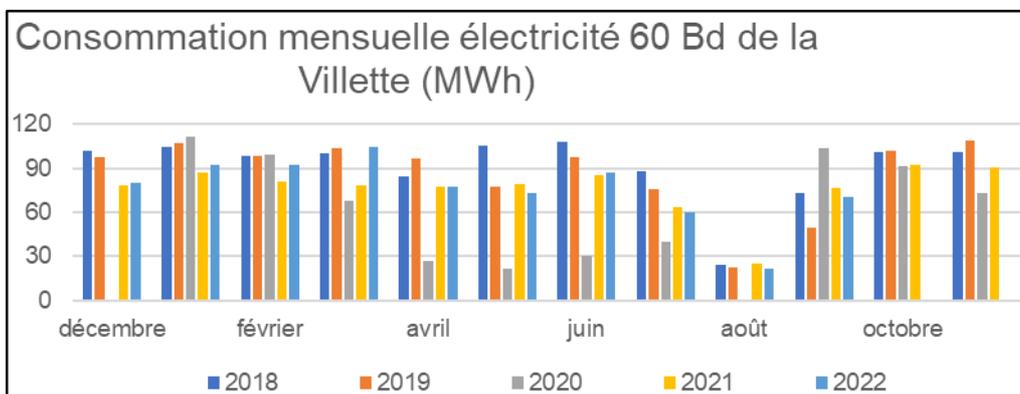
Pour des détails par bâtiment (60 et 46 Bd de la Villette) sur la consommation des années passées, sa répartition par mois et entre jour et nuit, et les modalités de calcul de son empreinte carbone, voir les documents en annexe³³.

Consommation électricité 60 Bd de la villette (MWh)

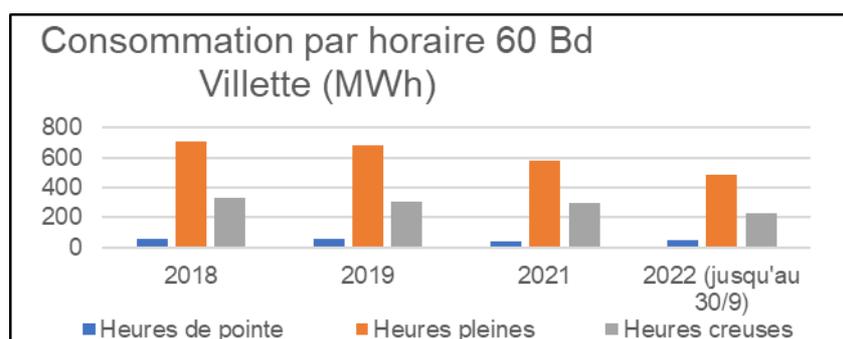
	2018	2019	2020	2021	Différence 21/20	2022	Différence 22/21		2023	Différence 23/22	
janvier	104	107	111	87	-24	92	4,8	5,5%	92,4	0	0,3%
février	98	99	100	81	-19	92	11,5	14,3%	85,5	-7	-7,1%
mars	100	103	68	78	11	105	26,6	33,9%	86,9	-18	-17,1%
avril	85	96	27	77	51	77	-0,1	-0,1%	76,4	-1	-1,3%
mai	106	78	21	79	58	73	-6,0	-7,6%	56,2	-17	-22,9%
juin	108	98	30	86	55	87	1,5	1,7%			
juillet	88	76	40	64	24	60	-4,0	-6,2%			
août	24	23	0	25	25	22	-3,2	-12,8%			
septembre	73	49	103	76	-27	71	-5,5	-7,2%			
octobre	101	102	91	92	1	80	-12,1	-13,2%			
novembre	101	109	73	91	18	85	-5,9	-6,5%			
Décembre	97	0	78	80	2	69	-10,6	-13,2%			
Total	1086	940	742	916	174	913	-3,0	-0,3%			
CO2e (t)	57,6	49,9	39,4	48,6	9,2	48,5	-0,2				

La consommation se répartit comme suit dans le temps :

³³ annexe 8 : détail et analyse de la consommation en électricité, et annexe 9 : mix énergétique et empreinte carbone de l’électricité en France



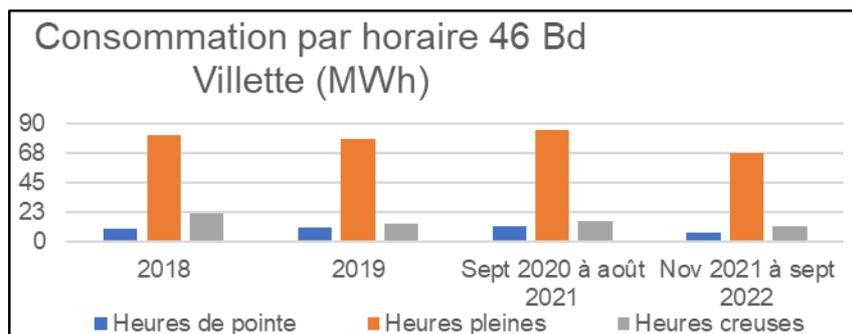
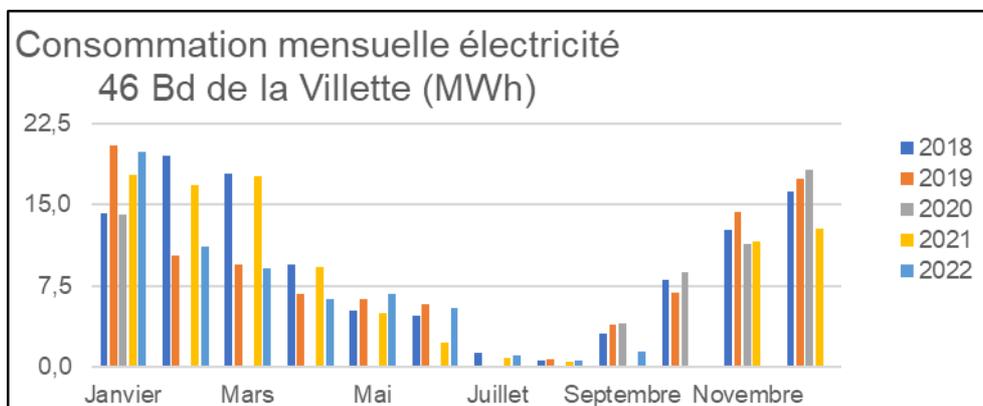
Le pic de consommation en mai, juin et juillet (voire en septembre) selon les années est probablement dû au moins en partie au bloc froid.



La consommation d'électricité en heures creuses (22h à 6h) représente environ 30% de la consommation totale, pour 1/3 du temps, soit presque autant que quand l'école est ouverte. Les heures de pointe sont de 8h à 10h et de 17h à 19h en décembre, janvier et février.

Consommation électricité 46 Bd de la villette (MWh)

	2018	2019	2020	2021	Différence 21/20	2022	Différence 22/21	2023	Différence 23/22
Janvier	14,2	20,5	14,0	17,8	4	19,9	2,1 12%	13,4	-6,5 -33%
Février	19,6	10,3	15,0	16,8	2	11,1	-5,7 -34%	12,3	1,2 11%
Mars	17,9	9,5	10,9	17,6	7	9,1	-8,5 -48%		
Avril	9,5	6,8	3,2	9,3	6	6,3	-3,0 -32%		
Mai	5,3	6,2	2,2	5,0	3	6,8	1,7 34%		
Juin	4,7	5,8	0,8	2,3	2	5,4	3,1 136%		
Juillet	1,2	0,0	0,8	0,8	0	1,1	0,3 34%		
Août	0,5	0,6	0,9	0,4	0	0,6	0,2 53%		
Septembre	3,1	3,9	4,0		-4	1,4			
Octobre	8,1	6,9	8,7		-9	2,2			
Novembre	12,7	14,3	11,3	11,6	0	9,4	-2,1 -18%		
Décembre	16,2	17,5	18,3	12,8	-6	12,4	-0,3 -3%		
Total	112,9	102,4	90,2	94,4	4	85,8	-12,2 -13%		
CO2e (t)	6,0	5,4	4,8	5,0	0,2	4,6	-0,6		



L'étude des factures du 60 Bd de la villette depuis 2018 a permis d'identifier quelques caractéristiques et pistes d'investigation :

- Le fait que la consommation en heures creuses (de 22h à 6h) soit équivalente à celle en heures pleines interroge sur les **appareils électriques qui restent branchés la nuit** (informatique, lumières, ventilations CTA et VMC,...). Il faudrait identifier ceux qui sont réellement indispensables.
- L'analyse des consommations en août (quand l'école est fermée) fait apparaître que 20 à 25 MWh par mois environ constituent aujourd'hui le **socle de consommation**. Cela représente 300 MWh par an, soit un tiers de la consommation d'électricité en 2021. Les serveurs informatiques (y compris leur climatisation) en représentent probablement une part importante, ainsi probablement que la ventilation et l'éclairage résiduels.
- La **centrale froid** est également un poste important quand elle fonctionne (1,5 à 3 mois par an). Une rapide étude complémentaire permettrait de la déterminer avec plus de précision, mais d'après la différence maximum observée entre un mois de mai et juin on peut l'estimer à environ 20 MWh / mois plein. Or elle ne dessert que quelques espaces (principalement les amphithéâtres et la médiathèque), et avec le nouveau calendrier les enseignements s'arrêteront fin mai.

Mix énergétique de la production d'électricité en France en 2020 (source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectr>)

Mode de production	Part	Emissions en t CO2e/MWh (RTE)	Emissions en t CO2e/MWh (wikipedia)
Charbon	0,7%	0,006902	0,00742
Pétrole	0,4%	0,003108	0,00292
Gaz Naturel	6,3%	0,027027	0,026334
Nucléaire	69,0%	0	0,00414
Hydraulique	12,0%	0	0,00072
Eolien	7,0%	0	0,000987
Solaire PV	2,7%	0	0,0011853
Bioénergies	1,9%	0,009386	0,009386
Total	100,0%	0,046423	0,0530923

Emissions CO2 par mode de production (source RTE: <https://www.rte-france.com/eco2mix/les-emissions-de-co2-p>)

tCO ₂ eq /MWh	Mode de production
0,986	charbon
0,777	fioul
0,429	gaz
0,494	bioénergies (déchets)

Tous les autres modes sont réputés émettre 0 (hors impact de production des infras donc)

Source: <https://climate.selectra.com/fr/empreinte-carbone/energie>

Source d'énergie	Énergie	Emissions de CO2	
		(kgCO2e/kWh)	
Énergie nucléaire	Électricité (centrale nucléaire)	0,006	
	Électricité (centrale hydraulique)	0,006	
Énergie renouvelable	Électricité (éolien terrestre)	0,0141	
	Électricité (éolien en mer)	0,0156	
	Bioéthanol	0,144	
	Biométhane	0,0163	
	Bois granulé	0,027	
	Bois bûches	0,032	
	Électricité (photovoltaïque)	0,0439	
	Électricité (géothermie)	0,045	
	Énergie fossile	Gaz naturel	0,243
		Propane	0,27
Butane		0,273	
Fioul domestique		0,314	
Électricité (centrale gaz)		0,418	
Électricité (centrale fioul)		0,73	
Électricité (centrale charbon)		1,06	

Annexe 7: Fonctionnement eau

Etat d'avancement transmis par les membres du groupe de travail Eau³⁴

Une visite thématique de l'école a été organisée par Arnault Labiche le 21/11/2022 avec Béatrice Jullien, Christine Simonin, et Frédéric Bertrand

La visite a permis de repérer un volume libre important sous la terrasse de la cafeteria. Il pourrait être utilisé pour du stockage d'eau pluviale destinée à l'arrosage du jardin, voire au nettoyage des parties communes. Peut-être qu'une partie des eaux de la cafétéria pourrait aussi être réutilisée...

Des fuites (en surface et en sous-sol) et des dysfonctionnements (problème d'évacuation en terrasse du centre de documentation) liées à l'eau pluviale ont pu être observés. Un examen plus complet reste à faire, mais ces points pourraient être examinés en priorité et faire l'objet d'expérimentations en matière de gestion locale (déconnexion, stockage, plantations...).

La diversité de toitures devrait permettre de tester différents types de solutions en matière de gestion locale des eaux pluviales :

- Pour les toitures traditionnelles couvertes en tuile et en zinc un travail sur les descentes d'eau et l'acheminement jusqu'au réseau d'assainissement est le plus probable : récupération, stockage, cheminement à ciel ouvert...
- Pour les toits terrasses, plusieurs configurations existent, des toitures les moins accessibles aux toitures les plus accessibles.

Dans le premier cas, des "isolats" pourraient être expérimentés en remontant les seuils de rejet, en laissant la végétation se développer sur les protections d'étanchéité, en faisant évoluer le substrat du gravillon vers des mélanges favorables au stockage, à l'évaporation de l'eau de pluie. L'école pourrait y trouver des économies d'entretien (désherbage : montant à obtenir auprès d'Arnault Labiche).

Ces "isolats" pourraient aussi contribuer au développement de la biodiversité (faune et flore) et être équipés de nichoirs et autres perchoirs instaurant d'autres proximités et rapports au vivant.

Dans le cas des toitures "accessibles" disposant de caillebotis en métal, leur capacité portante pourrait être mise à profit pour installer des bancs de tests sur les substrats de toitures terrasses plantées (en complément des essais sur les matériaux déjà en place), voire de l'agriculture urbaine... Tout cela pourrait se faire en lien avec un réseau de recherche (ex. MNHN de Paris).

Concernant les sanitaires (wc), un examen plus précis est à prévoir afin d'envisager éventuellement différents niveaux de déconnexion.

³⁴ Groupe EAU composé de Frédéric Bertrand et Béatrice Jullien avec Arnault Labiche et la participation de plusieurs étudiant.e.s

Bâtiment A



Alimentations et évacuations



Compteur général AEP



Répartition AEP et sous compteur logement de fonction



Pompes de redistribution et contrôle de pression associé



Plan de repérage sous-sol (pour info)

Bâtiments C et E



Fuite au fond de la galerie reliant le bâtiment A au bâtiment C



Galeries du bâtiment E



Intermède artistico-archéologique bâtiment E : une histoire à raconter avec le son des sous-sols... Quel devenir pour l'ancienne cheminée ?

Annexe 8: Matières / déchets

Les matières solides importées à l'école sont très hétérogènes. On peut citer (non exhaustif) :

- Le **papier** :
 - environ 1000 ramettes d'équivalent A4 (1 A3 = 2 A4) par an, soit 2,5 t de matière, soit plus de 3.750 feuilles A4 (7,5 ramettes) par enseignant / administratif et par an³⁵. L'approvisionnement est géré par le service reprographie. Un effort de rationalisation a été fait depuis quelques années, avec une réduction drastique des types de papier. Le papier utilisé est écolabel (forêts durables), mais pas recyclé car les enseignants et étudiants se sont plaints du manque de blancheur... A noter que les 2/3 des impressions effectuées par la reprographie (qui représentent une grande partie du total) sont en couleur.
 - environ 6 km de papier pour traceur par an, soit plus de 500 kg de matière et environ 7 ml par étudiant (L2 à master + DSA 1^{re} année) par an³⁶. L'approvisionnement est géré par le service informatique.
 - Au total = 2,8 tCO₂e / 8,4 t de bois / 156 m³ d'eau.
- Les autres consommables de bureau, dont l'encre dont la consommation est étroitement liée à celle du papier
- Le **bois** (atelier bois) : environ 3,7 m³ / an de bois divers, avec un gros effort des responsables (qui gèrent l'approvisionnement) pour se fournir en bois français non traité, pour réutiliser au maximum les chutes (chutiers) et pour recycler les résidus.
- Les **autres matériaux pour les maquettes**, qui sont achetés principalement par les étudiants et presque uniquement via la Coob, qui propose des tarifs très compétitifs. La responsable de l'atelier maquette essaie également d'inciter les étudiants à optimiser l'utilisation de leurs matériaux et de favoriser le réemploi (chutiers). Les volumes de carton bois, gris et contreplaqué ont représenté en moyenne environ 1 tonne de matière par an en 2021 et 2022, soit 1 à 1,2 kg par étudiant de licence et master en moyenne. Le coût moyen par étudiant (licence / master) des matériaux de maquette achetés à la Coob se situe entre 5 et 8 euros / an (sur une moyenne totale d'achat à la Coob de 25 à 38 euros / an / étudiant).
- Les **produits chimiques** liés aux ateliers gravure, sculpture et photo.
- Les **produits de nettoyage**, principalement (mais pas uniquement) achetés par le prestataire de nettoyage, qui ne sont pas écolabellisés (il serait possible de faire évoluer le contrat de prestation pour qu'ils le soient, à un coût qui doit être évalué).
- Le **matériel informatique**, qui représenterait environ 42 tCO₂e / an (empreinte de fabrication et transport, trois fois celle des consommations électriques associées estimées à 14t), dont le service informatique essaie déjà de prolonger la durée de vie au maximum³⁷.
- Le **meublier**, pour lequel aucune politique systématique d'achat responsable n'a encore été définie.
- Les **produits alimentaires** du CROUS et des distributeurs automatiques, y compris les emballages et contenants.

On peut y ajouter l'**impact environnemental des travaux effectués sur le bâti de l'école**, qui n'est à ce jour pas mesuré.

³⁵ Les enseignants et le personnel administratifs sont de très loin les principaux consommateurs de papier hors traceur, la reprographie n'étant pas accessible aux étudiants, qui par ailleurs paient leurs impressions.

³⁶ Les étudiants de L1 et ceux de HMONP n'utilisent pas de traceur, ainsi que les DSA en 2^e année. Pour mémoire, en 2020-2021, les effectifs étaient de 161 L1, 130 L2, 145 L3, 174 M1, 330 M2, 110 HMONP et 152 DSA.

³⁷ voir annexe 10 : Comparaison de la consommation électrique et de l'impact environnemental d'un PC et d'un ordinateur portable

Les déchets solides jetés dans les poubelles de l'école (ou par terre) sont collectés par le prestataire de nettoyage, et versés dans les containers d'ordures ménagères. En l'absence d'une politique de tri sélectif au sein de l'établissement, celui-ci n'est pas effectué, alors que le contrat en prévoit la possibilité. Les ordures ménagères, les déchets recyclables et le verre sont collectés et traités par la [Ville de Paris](#).

Certains services (informatique, reprographie, CROUS ?) amènent généralement eux-mêmes leurs déchets dans les containers de la cour Burnouf, en respectant les consignes de tri. Il existe également un service « Recygo » qui collecte le papier usagé dans les locaux administratifs et le recycle dans un circuit spécifique. Le prestataire en charge des imprimantes récupère et recycle les cartouches d'encre, et le service informatique fait appel à des prestataires écoresponsables et solidaires pour le recyclage de ses déchets spécifiques (DEEE et cartouches usagées).

Les containers entreposés rue Burnouf se répartissent comme suit :

Type de déchets	nb containers	contenance totale	Volume journalier contractuel	fréquence / semaine
Déchets ménagers	2x660L+1x770L + deux petits (240L?) non utilisés et non comptés	2090	2090	5
Tri sélectif	1x240L+4x770L (dans les faits 5 containers de taille variable)	3320	949	3
Verre	1x120L	120	17	1

Cela pourrait représenter un volume total annuel d'environ 823 m³ (à confirmer), soit 602 litres/usager de l'école/an, et un poids maximum de 241 kg/usager de l'école/an, à comparer avec une moyenne de 354 kg d'ordures ménagères / habitant / an en France. 55% de ce volume n'est pas recyclé.

S'y ajoutent les bennes servant à nettoyer l'école à chaque fin de semestre, qui ont représenté en 2022 77 m³, soit presque 20% du total annuel d'ordures ménagères produites par ailleurs par l'école.

Enfin, une entreprise spécialisée (SMAB, filiale de Vinci) collecte les déchets dangereux, dont les produits des ateliers gravure et photo et certains résidus de l'atelier maquette.

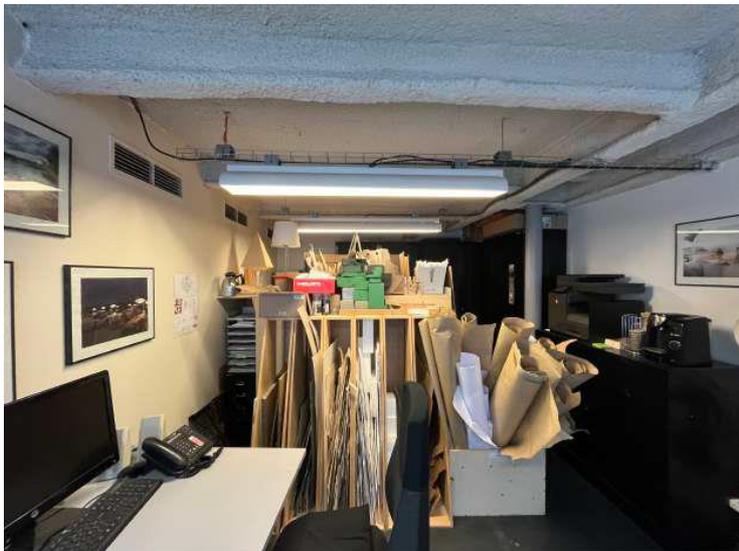
Plusieurs initiatives ont vu le jour au cours des années passées sur le sujet très visible des déchets et du recyclage, depuis une association étudiante « Poubelleville » jusqu'à l'organisation de journées de nettoyage/recyclage (avec plus ou moins d'impact selon l'implication des enseignants), en passant par une mobilisation importante de la commission vie étudiante. Aujourd'hui, les actions les plus pérennes concernent certains services (ateliers bois et maquette, atelier photo, informatique, reprographie) et sont portés par des individus motivés.

Compte rendu de la visite du 19 juillet 2023

Dans le prolongement de nos échanges (voir notamment CR du 22/05/23 rappelé ci dessous) Noël Dominguez a, avec Paule Immath, Jean Louis Radacal et Patrick Palamède, organisé une visite de l'école le 19 juillet pour :

- Identifier un lieu éligible à l'installation du « Chutier Central »
- Identifier les lieux de tri unique dans chaque studio, y compris à l'Imprimerie.

Lieu 1 : l'actuelle position provisoire du chutier, dans le bureau de l'Asso B :



Le lieu éligible est situé au droit de l'amphithéâtre Central :





Impliquerait le retrait ou une meilleure mise en valeur des maquettes entreposées, pour certaines, depuis 2014 et la réalisation d'un mobilier ad'hoc type :



Pour mémoire, il existe déjà un chutier géré par l'atelier maquettes



Au droit de chaque studio, le point unique de tri semble faire consensus.
L'évaluation des besoins doit se poursuivre ainsi que son implantation exacte studio par studio.
+ graphisme spécifique.



A l'imprimerie, le chutier pourrait être positionné ici, et le coin détente là :



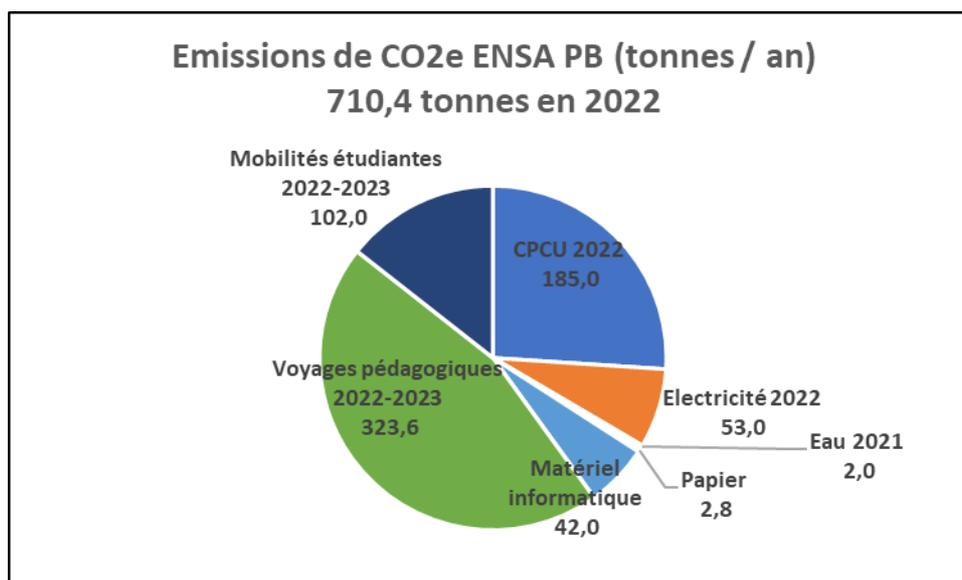
Annexe 9: Mobilités

Les mobilités analysées ici sont celles de longue distance, et excluent les mobilités du quotidien, qui sont vraisemblablement pour la plupart réalisées en transport en commun et en vélo.

Ces mobilités longue distance comprennent :

- Les voyages pédagogiques (licence, master et DSA)
- Les mobilités universitaires étudiantes
- Les stages à l'étranger et mobilités enseignantes

Elles représentent **environ 425 t de CO₂e émises en 2022-2023** (soit autour de 345 kg / étudiant en moyenne) si on divise l'empreinte des mobilités universitaires avec les établissements partenaires, soit presque **1,8 fois l'empreinte énergétique de l'école** (électricité + chauffage) en 2022. **La quasi-totalité (99,4%) de cette empreinte est constituée par les voyages en avion.**



A partir des données disponibles, ne prend pas en compte l'impact des consommables non cités et des investissements

Les données ont été fournies par le Service des études, les responsables administratifs des DSA et le service des relations internationales.

Les voyages non pédagogiques ou institutionnels des enseignants et personnels administratifs n'ont pas été analysés par absence de données consolidées.

Les données exposées ici concernent généralement l'année 2022 ou l'année universitaire 2022-2023, qui peuvent parfois être comparées à des années de référence pré-pandémie (2019 ou 2018-2019), les années 2020 et 2021 étant considérées comme non représentatives.

Les chiffres sont calculés à partir des données suivantes :

Emissions CO2e (kg / personne / km)	
Voiture individuelle therm	0,22
Bus (moteur thermique)	0,11
RER / transilien	0,007
Autocar	0,03
TGV	0,002
Intercité	0,006
TER	0,007
Avion court courrier	0,23
Avion moyen courrier	0,187
Avion long courrier	0,152

Source: <https://datagir.ademe.fr/apps/mon-impact-transport/> et base ADEME

1. Voyages pédagogiques

L'empreinte carbone totale des voyages pédagogiques (licence, master et DSA) est d'environ **323.6 tonnes de CO2e en 2022 / 2022-2023**, dont 99,4% (321,5t) pour les voyages en avion, qui représentent 36% des jours étudiants voyagés.

Licence - master

552 étudiants ont voyagé durant l'année 2022 en licence et master, dans le cadre de 27 voyages d'une durée moyenne de 6 jours par voyage. Ces voyages ont représenté 1,47 millions de km/personne parcourus, pour une empreinte carbone totale de **138,8 tonnes de CO2e émises**, soit 221 kg par personne et 38 kg par jour étudiant voyagé (voir annexe 9.1).

De manière assez logique, **les voyages en avion constituent l'essentiel (98,8%) de cette empreinte.**

Voyages 2022	Nb. étudiants	Nb. jours voyagés étudiants	Empreinte CO2e		
			Totale	Par étudiant	Par jour voyagé étudiant
Avion	61	770	136 789	2 242	178
Total	552	3641	138 765	251	38
Part relative	11,1%	21,1%	98,6%	8,9	4,7

La comparaison avec l'année 2019 permet de constater une **forte baisse de l'empreinte carbone** des voyages pédagogiques de licence et master entre les deux années.

Voyages pédagogiques de licence et master en 2019 et 2022

Année		2019	2022	Différence
Nb. de voyages		25	27	8,0%
Nb. voyageurs	Etudiants	606	552	-8,9%
	Enseignants	71	76	7,0%
	Total	677	628	-7,2%
	Nb. moy d'étudiants par enseignant	8,5	7,3	-14,9%
	Moyenne étudiants / voyage	24,2	20,4	-15,7%
Nb. km	Total	2 347 005	1 471 393	-37,3%
	Par personne	3 467	2 343	-32,4%
Nb. jours	Total	204	163	-20,1%
	Moyenne/ voyage	8,2	6,0	-26,0%
	Nb. de jours étudiants voyagés	4 321	3 641	-15,7%
Impact CO2e (kg)	Total	314 145	138 765	-55,8%
	Par personne	464	221	-52,4%
	Par jour étudiant voyagé	73	38	-47,6%

On remarque une baisse légère du nombre d'étudiants qui voyagent (-8,9%) malgré une légère augmentation du nombre de voyages, se traduisant par une baisse d'étudiants par voyage (-15,7%). Les destinations sont moins lointaines (-32,4% de km / voyageur), et le nombre de jours sur place est également en baisse, pour passer de 8,2 à 6 en moyenne. Globalement, le nombre de jours étudiants voyagés baisse de 15,7%.

L'impact CO2 est en forte baisse (-55,8%), passant de 314 à 139 t CO2e émises pour l'ensemble des voyages, du fait de la baisse du volume des voyages mais aussi de la teneur en carbone des voyages, puisqu'il passe de 73 à 38 kg de CO2e émis par jour étudiant voyagé (-47,6%). Cette diminution largement plus que proportionnelle de l'impact carbone des voyages est probablement due aux destinations plus proches qui permettent plus souvent les alternatives à l'avion, mais aussi à des choix de l'école, comme pour le voyage de promotion à Turin, où le choix du TGV par rapport au car, en plus d'être plus économique, a permis de réduire l'impact carbone du voyage par 15 !

	nb. km A/R	Impact par personne (kg CO2e)			Nb de personnes	Impact total (t CO2e)		
		Autocar	TGV	Avion		Autocar	TGV	Avion
Paris - Turin	1 554	46,6	3,1	357,4	173	8,07	0,54	61,83

DSA

Durant l'année 2022-2023, 109 participations d'étudiants de DSA à des voyages ont été recensés, dans le cadre de 8 voyages d'une durée moyenne de 9.75 jours. Ces voyages ont représenté 1,23 millions de km/personne parcourus, pour une empreinte carbone totale de 184.8 tonnes de CO2e émises, soit 1411 kg par personne et 172 kg par jour étudiant voyagé (voir annexe 1). Les trajets en avion représentent 99,95% de cette empreinte (184.7 t) pour 82% des jours étudiants voyagés.

Le DSA Architecture et patrimoine représente plus du tiers (37%) de cette empreinte, contre environ 28% pour les DSA Projet Urbain et Risques majeurs, et 6.5% pour le DSA Maîtrise d’ouvrage. Tous les DSA se situent entre 161 et 189 kg / jour étudiant voyagé.

Alors que l’empreinte par étudiant des DSA RM et PU est relativement stable dans le temps (hormis lors des années de pandémie), celle du DSA MOA a fortement augmenté en 2022-2023 à partir d’une empreinte quasi nulle, du fait du choix du terrain de l’atelier opérationnel (Beyrouth au lieu de la région parisienne ou Lille la première année). L’empreinte du DSA AP a augmenté de 46% entre 2018-2019 (46,7 tonnes de CO₂e pour 5 voyages et 589 jours étudiants voyagés) et 2022-2023 (68.2 tonnes pour 3 voyages et 423 jours étudiants voyagés).

Voir annexe 9.2 pour les détails.

2. Mobilités universitaires étudiantes

Les mobilités étudiantes (entrantes et sortantes) représentent **203,7 t de CO₂e en 2022-2023 pour 179 étudiants (86 entrants et 93 sortants)**. Il serait logique de partager cette empreinte avec les établissements d’origine ou d’accueil des étudiants, soit une empreinte résiduelle de l’ordre de 102 t de CO₂e. Les modes de transport utilisés (train ou avion notamment) ont été déduits de la distance avec la destination et d’échanges avec le service des relations internationales.

	2022-2023						
	Etudiants			CO ₂ e (kg)			
	Entrants	Sortants	Total	Total	Par étudiant	Par jour étudiant sur 1 an (10 mois)	Par jour étudiant sur 1 semestre (5 mois)
Erasmus + suisse actuel présumé	65	62	127	44 560	351	1,17	2,34
Erasmus + Suisse train si < 2000 km	65	62	127	8 136	64	0,21	0,43
Hors Erasmus	21	31	52	159 184	3 061	10,20	20,41
Total actuel	86	93	179	203 743	1 138	3,79	7,59

Les échanges hors Europe représentent presque 80% de l’empreinte pour moins de 30% des étudiants, assez logiquement du fait des distances qui rendent systématique le recours à l’avion long-courrier.

Cependant même pour les trajets européens l’avion représenterait une large part des déplacements et 98,1% de l’empreinte carbone (43,7t sur 44,6). **Si tous les étudiants partant à moins de 2000 km prenaient le train, l’empreinte carbone pour les destinations européennes pourrait être réduite par plus de 5** (8,1 t de CO₂e au lieu de 44,6). Favoriser ce mode de transport pourrait être une piste pour réduire l’impact carbone des mobilités sans réduire la mobilité étudiante, d’autant plus que l’union européenne propose des aides dans ce sens.

Rapportée au nombre de jours voyagés, cette empreinte se situe entre 3,79 et 7,59 kg/jour, selon que les étudiants partent un an ou un semestre, avec là aussi une différence significative entre destinations européennes et extra-européennes (sur 96 étudiants, 27 seulement ne partent qu'un semestre, dont 6 pour des destinations extra-européennes).

3. Stages à l'étranger et mobilités enseignantes

Ces mobilités sont relativement peu nombreuses (7 stages en 2022-2023 et une mobilité enseignante par an depuis 2019), et concernent principalement des destinations européennes. L'incitation du recours systématique au train pourrait ainsi également être envisagée dans ce cas.

Annexe 9.1 Empreinte des voyages pédagogiques

Année	Cycle	Nb. de voyages	Nb. voyageurs			Nb. km		Nb. jours			Impact CO2e (kg)				
			Etudiants	Enseignants	Total	Nb. my d'étudiants par enseignant	Moyenne / voyage	Total	Par personne	Total	Moyenne / voyage	Nb. de jours étudiants voyagés	Total	Par personne	Par jour étudiant voyagé
2019	Licence - Master	25	606	71	677	8,5	27,1	2 347 005	3 467	204	8,2	4321	314 145	464	73
2022	Licence - Master	28	705	95	800	7,4	28,6	1 896 061	2 370	173	6,2	5171	151 505	189	29
2022 hors Urbino	Licence - Master	27	592	76	668	7,3	23,3	1 471 393	2 343	163	6,0	3641	138 765	221	38
2022-2023	DSA	8	109	22	131	5,0	16,4	1 233 162	9 413	78	9,75	1 075	184 825	1 411	172

Annexe 9.2 Empreinte des DSA

Cycle	Nb. de voyages	Nb. voyageurs			Nb. my d'étudiants par enseignant	Moyenne de personnes / voyage	Nb. km		Nb. jours			Impact CO2e (kg)			
		Etudiants	Enseignants	Total			Total	Par personne	Total	Moyenne / voyage	Nb. de jours étudiants voyagés	Total	%	Par voyageur	Par jour étudiant voyagé
DSA AP	3	46	12	58	3,8	19,3	472 204	8 141	28	9,3	423	68 211	37%	1 176	161
DSA FM	3	40	6	46	6,7	15,3	359 402	7 813	22	7,3	236	53 345	29%	1 160	181
DSA PU	1	14	3	17	4,7	17,0	337 756	19 868	21	21	294	51 339	28%	3 020	175
DSA MOA	1	9	1	10	9,0	10,0	63 800	6 380	7	7	63	11 931	6%	1 193	189
TOTAL DSA	8	109	22	131	5,0	16,4	1 233 162	9 413	78	9,75	1 075	184 825	100%	1 411	172
DSA AP	5	84	16	100	5,3	20,0	324 208	3 242	35	7	589	46 747,5		467	79
AVION	6	82	15	97	5,5	16,2	1 186 176	12 229	64	10,7	886	184 732		1 904	209

ANNEXE 10: Diagnostic numérique / informatique

Recensement des postes d'ordinateurs³⁸ :

- Parcs ordinateurs 230 = 160 pour la pédagogie + 70 pour les personnels ATS, dont 60 postes fixes pour l'administration et l'IPRAUS, et 26 postes (depuis juillet 2023) pour les salles informatiques en libre-service du bâtiment C et le service informatique.
- Parc imprimantes < 50
- 15 ordinateurs à la médiathèque
- 10 ordinateurs labo photo + labo vidéo
- Site « IMPRIMERIE » : 1 serveur, 4 ordinateurs, 1 imprimante A3/A4, 1 traceur

Dans la salle serveurs (climatisée), seulement 2 machines font office de serveurs matériels pour environ 16 serveurs virtuels utilisés à l'ensa-pb. La puissance de calcul allouée aux serveurs étudiants est négligeable, Leur deux destinations principales sont la gestion des impressions sur traceur et le stockage temporaire de fichiers lors des ouvertures de session Windows.

Il existe 10 locaux (armoires) de brassage.

Les impacts informatiques peuvent se détailler en (au moins) 4 champs :

1. L'électricité consommée par les machines liées à son usage dans l'école (serveurs, armoires de brassage, ordinateurs, climatisation associée).
2. Les achats associés (matériel, consommables).
3. Les déchets issus de l'activité informatique et du renouvellement du parc.
4. L'empreinte numérique liée aux usages internet.

Consommation électrique

230 ordinateurs x 300 W x 8h x 5 jours x 35 semaines = 96,6 MWh. Il devrait être acquis que tous les postes des salles de cours et/ou en libre - service soient éteints aux heures de fermeture.

Il n'y a pas de contraintes particulières pour débrancher le matériel informatique quand il n'est pas utilisé (salles non utilisées, soirées, week-ends, vacances) sur les postes de travail et imprimantes s'ils sont éteints normalement. Les conditions d'extinctions nous renvoient à des problématiques RH et techniques (qui, comment et quand).

En revanche, l'extinction et le rallumage des serveurs (même de dernière génération) n'est pas prévu par conception : par le choix des composants matériels utilisés(ex : disques durs), les solutions techniques (ex : redondance des données permettant une haute disponibilité) ; et plus généralement la complexité de tout écosystème serveur faisant intervenir (un réseau spécifique aux données, un réseau d'accès aux données, un système de virtualisation et la gestion des systèmes d'exploitation hébergés) rend les opérations d'arrêt et remise en route difficile à réaliser. Cela reste envisageable durant les longues périodes de fermeture mais nous renvoient à des problématiques RH et techniques

³⁸ Le recensement exhaustif des postes fixes et portables et des principaux matériels associés de l'école (et de leur consommation / puissance) est un travail d'inventaire physique à effectuer tous les semestres, permettra de consolider le suivi des immobilisations par le service financier. (cf. Rapport d'audit de contrôle interne effectué par l'agence comptable)

(qui, comment et quand : prévoir des heures HNO y compris pour l'assistance des prestataires informatique). Compter une demi-journée de remise en route des serveurs lorsqu'il n'y a aucun imprévu technique.

Accès des administratifs à leur data, en télétravail :

Fin janvier 2021, le service informatique venait de réaliser avec le prestataire NOMIOS, la refonte des pare-feux réseau NexGen PaloAlto. A l'époque, sauf erreur, seuls quatre personnels ATS prétendaient à télétravailler sur une journée hebdomadaire avec un accès réduit à leur ressources réseau.

Dès mars 2020 lors du premier confinement, le plan de continuité d'activité de l'énsa-pb mis à jour, a permis à la majorité des personnels ATS de télétravailler sans investissement financier supplémentaire grâce à la solution de réseau privé virtuel (VPN) intégrée aux pare-feux nouvellement installés.

La solution actuelle de télétravail offre notamment les avantages suivants :

- ergonomie : courbe d'apprentissage nulle pour les personnels, il s'agit de leur environnement de travail habituel.
- gestion simplifiée pour le service informatique, les portables ont une configuration allégée dont le but est de venir piloter le poste fixe.
- économie de licence des logiciels
- sécurité : aucun transit des données serveurs sur internet, si le lien réseau est coupé lors de l'accès au télétravail les données ne sont pas corrompues.

Consommation PC fixe vs. portable :

La consommation électrique d'un PC et d'un ordinateur portable ne sera pas la même en fonction du modèle utilisé. Les consommateurs peuvent en premier lieu se référer aux informations communiquées sur l'étiquette énergie. La consommation électrique d'un ordinateur PC portable reste inférieure à la consommation d'énergie d'un ordinateur fixe. Pour un ordinateur portable allumé pendant 8 heures par jour, la consommation est évaluée à 300 kWh/an, pour une puissance de 100 watts tandis que dans les mêmes conditions, un PC fixe a besoin du double de puissance, soit 200 watts et consomme alors en moyenne 600 kWh/an.

<i>Machines utilisées</i>	<i>Puissance nécessaire en Watts par an</i>
<i>Pc de gamer type Dual Core i5 possédant une carte graphique de dernière génération</i>	<i>De 300 à 1400 W</i>
<i>PC de bureautique pour un usage professionnel</i>	<i>De 130 à 250 W</i>
<i>Portable de gamme moyenne pour un usage personnel</i>	<i>Moins de 100 W</i>

Source : <https://www.fournisseurs-electricite.com/guides/consommation/ordinateur>

Fréquences de renouvellement des achats associés (matériel, consommables) :

- Les ordinateurs pour les étudiants sont changés tous les 5 ans, ce qui est la durée d'amortissement (et correspond bien à l'usure). L'énsa-pb est exemplaire sur la fréquence de renouvellement des matériels informatiques : respect de la durée d'amortissement longue de 5 ans.
- Tous les matériels (lorsqu'ils ne tombent pas en panne avant) jouissent d'une durée d'utilisation réelle variable entre 6 et 10 ans y compris certains serveurs, postes clients finaux, imprimantes et les équipements d'infrastructure réseau.
- Un exemple de cycle de vie qui a été adopté : au bout de 5 ou 6 années lorsque les unités centrales des salles de cours dédiées CAO-DAO ne permettent plus d'assurer les cours, les machines sont reconfigurées (logiciel) pour une utilisation de type bureautique allégée (ex: poste de consultation à la médiathèque).

Traceurs :

Propriété de l'école, 5 traceurs sont en fonction sur le site principal et 1 à l' « imprimerie ». Les traceurs sont exploités bien au-delà des 5 ans d'immobilisation comptable et jusqu'à ce que ceux-ci ne soient plus réparables. (Notre marché traceurs actuel incluant une prestation de réparation sur devis).

Consommables :

- L'estimation annuelle de consommation de papier en rouleau d'une largeur de 0,914 m est de 6 km de long.
- Etude basée sur une année universitaire avec environ 70 cartouches commandées toutes couleurs confondues et de contenance 775 mL soit 54,25L d'encre.

Déchets issus de l'activité informatique et du renouvellement du parc :

Enlèvement de matériels informatiques réformés :

Il est confié aux deux sociétés citées plus bas (solidaires, écoresponsables et/ou agréés pour le recyclage des DEEE)

<https://www.ecodair.org/>

<https://www.iff-recyclage.fr/>

<https://www.ecologie.gouv.fr/equipements-electriques-et-electroniques-deee>

Collecte et le recyclage/valorisation des cartouches d'impressions usagées :

Elle est effectuée par la société CONIBI depuis 2015 : la société met à disposition deux cartons vides « Ecobox », lorsqu'elles sont pleines, elles sont collectées sur demande et remplacées par deux autres cartons vides.

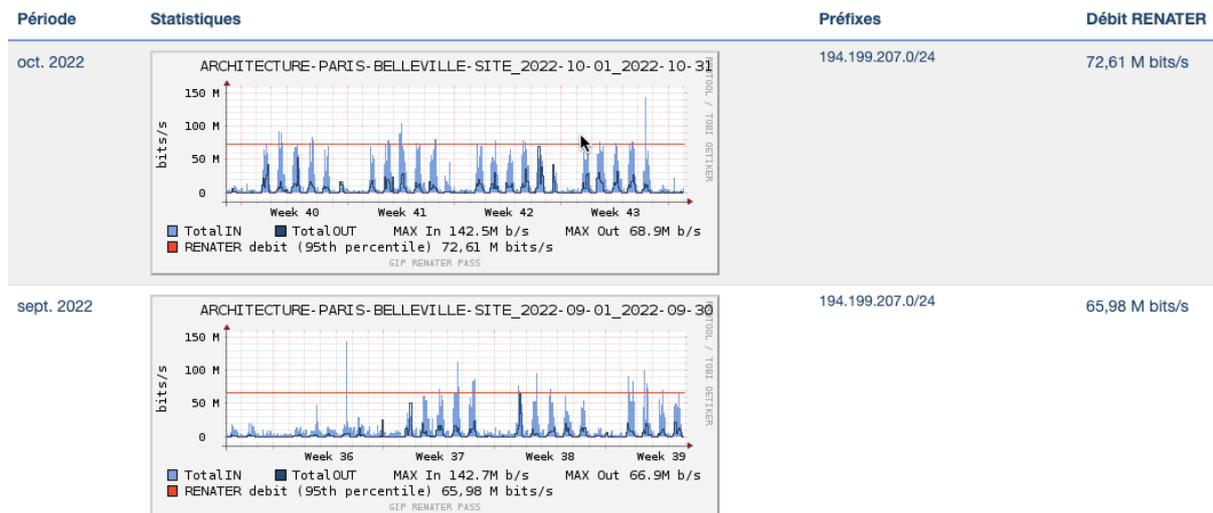
Les cartons et emballages recyclables vont dans les bennes jaunes de la cour Burnouf.

<https://www.conibi.fr>

L'empreinte numérique de l'école peut être mesurée via la bande passante :

Le biais est que comme l'internet de l'école était de mauvaise qualité (c'est mieux depuis un an), et qu'aujourd'hui il faut s'identifier par une procédure un peu laborieuse pour se connecter, beaucoup d'étudiants utilisent le partage de connexion de leur smartphone (qui consomme « x plus d'énergie que le wifi cf. afficheur à l'imprimerie).

La liaison internet filaire est de type fibre 1 Gbit/s. Les graphiques fournis par RENATER montrent que les débits réels varient entre 70 et 140 Mbit/s soit entre 9 et 18 Mégaoctets/s.



Le logiciel de gestion des bornes Wi-Fi de dernière génération (Cisco C9115AXI-E) répondant à la norme WIFI6 dont les standards 802.11a/n/ac/ax, nous rapporte des débits compris entre 2,5 et 15 Mégaoctets/s.

ANNEXE 11: Cahier des charges en vue d'une consultation pour sélectionner un BET en charge d'effectuer un audit énergétique partiel de l'École nationale supérieure d'architecture de Paris-Belleville

L'Énsa Paris-Belleville a décidé d'expérimenter un processus d'analyse énergétique et thermique de ses bâtiments qui s'inscrit tout à la fois dans un projet pédagogique et une démarche de maîtrise de ses dépenses d'énergie et de connaissance de son patrimoine immobilier. Les outils de cette analyse nourriront le travail des architectes et futurs architectes au sein de l'école et intégreront pour cela les dimensions spatiales, physiques et d'usage des bâtiments. Ainsi, l'école entend se doter d'outils lui conférant une certaine autonomie dans la définition, la programmation et l'évaluation de ses choix stratégiques d'action en faveur de la transition et de la sobriété énergétique. Le présent cahier des charges est le résultat de cette réflexion, qui s'insère dans une démarche plus large d'analyse et de réduction de l'impact environnemental de l'école, lancée par son directeur, François Brouat, en septembre 2022 (mission pilotée par David Albrecht et Gaëlle Breton, enseignants).

I - Objectifs de la prestation

La prestation objet du présent cahier des charges a pour objectifs :

- de **constituer un éventail d'outils** numériques (STD, SED, feuilles de calcul, etc.) rendant compte du comportement thermique d'une partie des bâtiments de l'Énsa de Paris-Belleville (60 boulevard de la Villette, 75019 Paris), intégrant les pratiques de leurs usagers et les consommations énergétiques qui en résultent à partir des données fournies par l'école, et pouvant être utilisés au sein de l'établissement en s'appuyant sur les ressources et compétences qui y sont présentes (notamment ses enseignants architectes et ingénieurs) ;
- de **définir des scénarios** de transformation des bâtiments et de leurs usages (enveloppes, systèmes CVC, températures de consigne, calendriers, etc.) visant une réduction des usages d'énergie dans l'école en tenant compte des enjeux de confort et de **quantifier à l'aide des outils qui auront été mis en place, l'impact potentiel de ces scénarios** en termes d'empreinte énergétique, d'émissions de gaz à effet de serre et d'investissement ;
- **d'intervenir au sein de l'Énsa de Paris-Belleville et de collaborer avec une équipe enseignante afin d'intégrer ce processus dans un projet pédagogique** qui vise à sensibiliser et former les étudiants aux enjeux relatifs à la rénovation énergétique, à travers l'analyse des bâtiments de l'école et la définition de scénarios venant compléter ceux élaborés par le prestataire.

II - Périmètre spatial de la prestation

La prestation concerne une partie seulement des six bâtiments de l'Énsa de Paris-Belleville située au 60 boulevard de la Villette, 75019 Paris.

Le premier est le **bâtiment A**, d'une surface hors œuvre nette (SHON) totale d'environ 2 784 m². En seront exclus les espaces d'entrée, d'exposition et de circulation qui lient le niveau jardin et le parvis d'entrée de l'école³⁹ pour une surface objet du présent cahier des charges d'environ **900 m²**.

Le second est le **bâtiment B**, d'une SHON totale d'environ 4 106 m². En seront exclus les espaces de circulation, la grande galerie et les amphithéâtres⁴⁰ pour une surface objet du présent cahier des charges d'environ **1 132 m²**.

Le troisième est le **bâtiment C**, d'une SHON totale d'environ 2 647 m². En seront exclus les ateliers de fabrication (maquette, bois, sculpture et gravure) et les espaces de stockage et de circulation associés⁴¹, pour une surface objet du présent cahier des charges d'environ **1 273 m²**.

Concernant les plateaux des studios d'architecture du **bâtiment D** (3 plateaux superposés de 140 à 150 m² chacun en R+2) et du **bâtiment E** (5 plateaux superposés d'environ 320 m² chacun en R+4), le prestataire doit formuler son offre sous forme de deux **options**, qui seront chacune confirmées ou non en cours d'exécution du marché.

Quant au **bâtiment F**, plus autonome thermiquement que les autres, il fera l'objet d'une proposition pédagogique postérieure interne à l'école, qui utilisera les outils produits dans le cadre de la présente prestation. Il ne fait donc pas l'objet de la présente consultation.

III - Description détaillée de la prestation

La prestation a pour **premier objet la constitution et mise en application d'outils numériques qui rendent compte du comportement thermique des bâtiments de l'Énsa de Paris-Belleville** (60 boulevard de la Villette, 75019 Paris) inclus dans le périmètre défini précédemment. Selon les espaces analysés et les enjeux énergétiques qui leur sont associés, les outils numériques consisteront en des simulations thermiques dynamiques (STD), des simulations énergétiques dynamiques (SED), des études de mécanique des fluides numériques (*computational fluid dynamics*, CFD) ou des feuilles de calcul. Le prestataire retenu à l'issue de la consultation pourra également proposer d'autres types d'outils qui lui sembleraient plus appropriés à condition qu'ils s'inscrivent dans le projet de modélisation du comportement thermique des bâtiments de l'Énsa de Paris-Belleville et qu'ils puissent être utilisés au sein de l'établissement en s'appuyant uniquement sur les ressources et compétences qui y sont présentes (notamment ses enseignants architectes et ingénieurs). Suivant les espaces et enjeux considérés, les modèles intègrent les paramètres physiques des enveloppes, les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC), les calendriers et taux d'occupation des espaces et les pratiques énergétiques à travers notamment les températures de consigne et les vêtements.

³⁹ Seront inclus des bureaux, des salles de réunion et des salles de cours, dont :

- les bureaux du service des études, de la direction, de la direction des ressources humaines (R+2/3/4 du corps central) et de la direction des relations internationales et des HMONP (R+2 de l'aile nord) pour un total d'environ 500 m² ;
- la salle des enseignants et la salle du conseil (RDC et R+1 de l'aile nord) pour 123 m² ;
- les salles Bobenriether et Diderot (R+1/2) de l'aile sud pour un total de 267 m².

⁴⁰ Seront inclus les salles de cours et bureaux (R+3) situés au-dessus des auditoriums (environ 537 m²), ainsi que les locaux du laboratoire IPRAUS et du centre de documentation associé, regroupés dans les deux derniers niveaux (R+3/4) sur environ 600 m².

⁴¹ Seront inclus la médiathèque (R+2/3/4) pour 960 m², la cafétéria (R+1) et la « rue intérieure » ouverte sur celle-ci (RDC) pour environ 313 m².

Sur la base de ces informations, **les modèles permettront de simuler par espace l'impact de diverses mesures prises pour réduire les besoins énergétiques**, que ces mesures soient techniques, architecturales ou d'usage. La modélisation des bâtiments se construit à partir des observations propres du prestataire, des informations communiquées lors de visites de site et sur la base des documents fournis par l'Énsa de Paris-Belleville, en particulier le dossier des ouvrages exécutés (DOE), les factures d'énergie, les calendriers d'occupation des salles et bureaux, les documents de relevé et d'analyse réalisés par les étudiants de l'école, ainsi que sur les mesures issues d'une campagne qui sera lancée en parallèle de la prestation objet du présent cahier des charges (premier semestre 2023) et d'enquêtes d'usage qui seront menées durant la même période⁴². Ces mesures et les relevés qui leur seront associés s'organiseront en partie suivant les besoins exprimés par le prestataire pour affiner ses modélisations.

Le **second objet** de cette prestation porte sur la **définition de scénarios de transformation des bâtiments et de leurs usages (enveloppes, systèmes CVC, températures de consigne, calendriers, etc.) dans le but de réduire l'empreinte énergétique de l'école en prenant en compte son confort thermique d'hiver et d'été**. Cette réduction est quantifiée selon trois indicateurs : énergétique, carbone et économique. L'indicateur énergétique rend compte du potentiel de diminution de la consommation d'énergie suivant les postes concernés (chauffage, climatisation, ventilation) et les sources primaires et secondaires mobilisées (CPCU, électricité). L'éclairage n'est pas inclus dans la prestation. L'indicateur carbone se base sur les facteurs d'émission associés à l'usage de ces énergies pour donner une estimation du potentiel de réduction des quantités de gaz à effet de serre émises directement ou indirectement par l'école. Enfin, l'indicateur économique rend compte des investissements nécessaires pour mettre en œuvre ces scénarios, des économies réalisées et du temps de retour sur investissement approximatif. Suivant ces trois indicateurs, le prestataire analyse les scénarios qu'il a définis et les compare à un scénario dit « initial », qui représente le comportement du bâtiment dans sa forme et ses usages actuels. Dans ce scénario initial, l'empreinte énergétique est quantifiée sur la base des données météorologiques moyennes disponibles pour le climat parisien. L'analyse comparative s'appuie donc sur l'empreinte énergétique de ce scénario initial pour estimer la réduction des flux d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre qu'il serait possible d'atteindre en mettant en œuvre les mesures et pratiques définies dans les scénarios de transformation des bâtiments et de leurs usages.

Cette analyse tient compte :

- des enjeux relatifs au confort thermique, en particulier durant les périodes de canicules et hivernales ;
- du changement climatique en cours et à venir en intégrant des données météorologiques basées sur les scénarios d'évolution du climat tels que définis notamment par le GIEC, avec une projection jusqu'en 2050 ;
- des incertitudes liées notamment aux modèles et à la sensibilité des résultats (paramètres d'usage et de performance des bâtiments).

Enfin, le **troisième objet** du présent cahier des charges concerne le **volet pédagogique** de l'engagement de l'Énsa de Paris-Belleville dans la réduction de son empreinte énergétique. Le prestataire collabore avec les enseignants du cours optionnel « l'Énsa de Paris-Belleville et son empreinte énergétique ». Cette option vise à sensibiliser les étudiants aux enjeux relatifs à la rénovation énergétique, à leur permettre d'appréhender les outils d'analyse du comportement thermique des bâtiments, leurs limites et potentiels, et à les placer dans une situation de collaboration avec un bureau d'études de manière comparable aux collaborations qu'ils rencontreront dans leur vie

⁴² Respectivement dans le cadre des options pédagogiques « l'Énsa de Paris-Belleville et son empreinte énergétique » et « Pensées vertes ».

professionnelle. Durant le semestre, les étudiants se concentrent sur l'analyse des bâtiments de l'école et l'élaboration de scénarios de rénovation et de sobriété énergétique venant compléter ceux définis par le prestataire. Ce dernier intervient au sein de cet enseignement optionnel pour présenter l'avancée de ses travaux et échanger avec les enseignants et les étudiants dans un volume horaire d'au moins trois séances de trois heures par semestre (dont trois mercredis matin entre le 8 février et le 9 mai pour le premier semestre 2023). Durant ces séances, le prestataire explique sa démarche aux étudiants, qu'il conseille dans l'élaboration des scénarios de transformation des bâtiments et de leurs usages, en apportant un point de vue critique et un appui méthodologique. En retour, les scénarios élaborés dans le cadre de cette option d'enseignement sont modélisés à l'aide des outils préalablement définis par le prestataire afin d'en estimer le potentiel de réduction des empreintes énergétique et carbone de l'école.

Dans ce souci d'échange et de collaboration, le prestataire devra régulièrement communiquer sur son état d'avancement en partageant des notes et documents où l'illustration des modèles, des simulations et des résultats joue un rôle primordial. En effet, ces représentations seront essentielles à la bonne communication des résultats à la direction de l'école ainsi qu'aux étudiants et enseignants en charge du suivi de cette mission, notamment au sein du cours optionnel « l'Énsa de Paris-Belleville et son empreinte énergétique ». Cela participe de l'objectif d'intégration de cette étude thermique et énergétique au sein du projet pédagogique de l'école.

IV - Calendrier

Le calendrier de la mise en concurrence est le suivant :

- 24 janvier 2023 après-midi : visite facultative des locaux concernés,
- **10 février 2023 *avant midi*** : date limite de **remise des offres par les candidats**. Les offres seront à envoyer sous format PDF aux adresses mails suivantes : pascal.dal-pont@paris-belleville.archi.fr ; ronald.ametis@paris-belleville.archi.fr .
- Deuxième quinzaine de février : notification du résultat de l'appel d'offre aux soumissionnaires.
- Fin février/début mars : démarrage de la prestation

La prestation se déroulera sur une durée de onze mois, avec un rendu intermédiaire en juin 2023 et un rendu final en janvier 2024 comme indiqué ci-dessus. La mobilisation demandée au bureau d'études implique une montée en charge progressive, divisée en quatre phases.

La **première phase** (février-mars 2023) de la prestation concerne une modélisation du comportement thermique des seuls bâtiments A et B de l'école suivant le périmètre défini précédemment. Cette modélisation se fera à l'aide d'outils numériques tels que la STD et la SED. Elle intègrera les informations communiquées lors de visites du site et celles contenues dans la documentation fournie par l'Énsa de Paris-Belleville et listée ci-dessous (« Documents mis à disposition du prestataire au début de la prestation »). À l'issue de cette phase, le prestataire interviendra au sein de l'option « l'Énsa de Paris-Belleville et son empreinte énergétique » pour présenter ce travail, délivrer un premier diagnostic sur les enjeux énergétiques de l'école et initier la phase suivante.

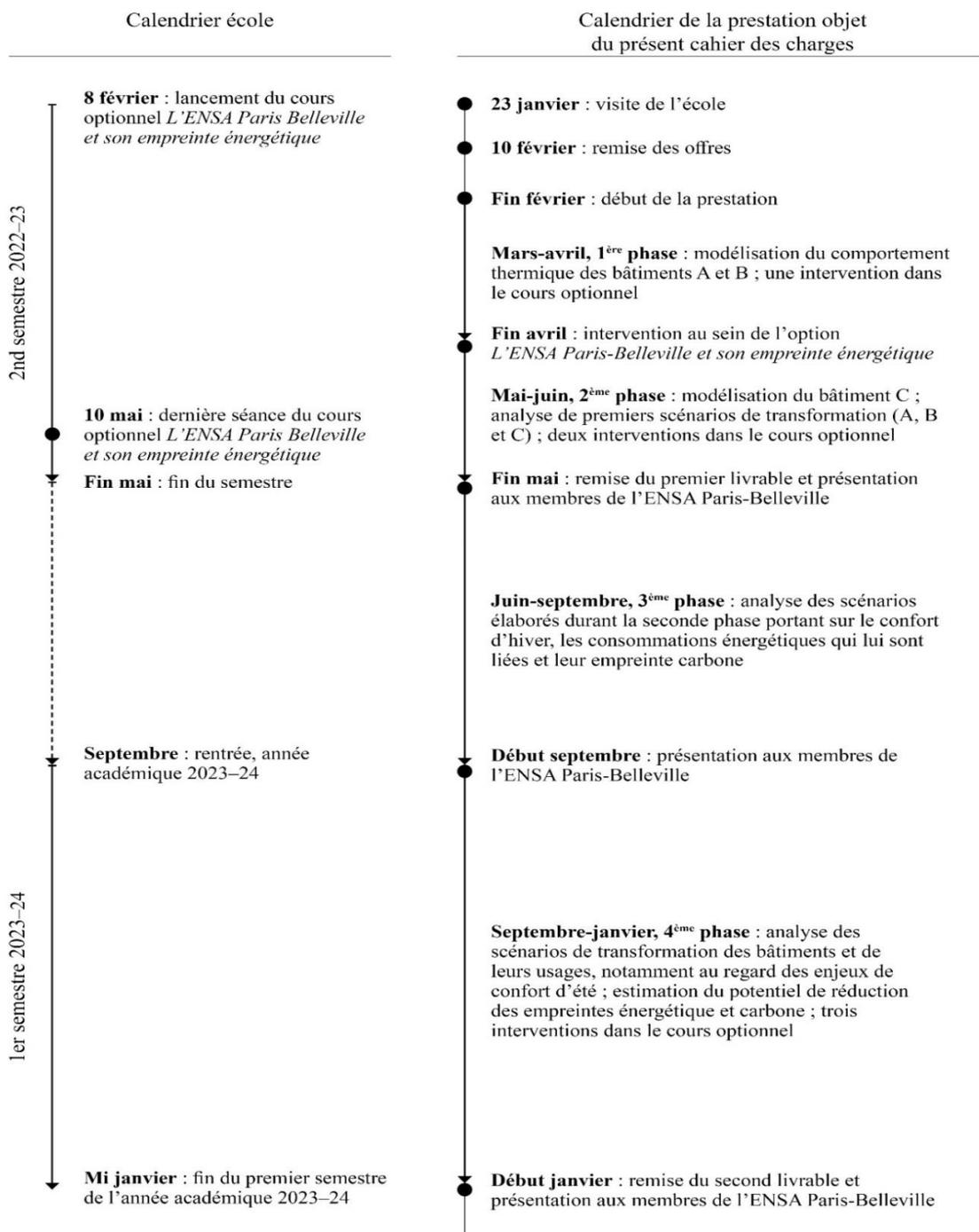
Durant la **seconde phase** (mars à mai 2023), le prestataire élargira la modélisation au bâtiment C, (avec en option éventuelle, les bâtiments D et E) suivant le périmètre défini précédemment. Il pourra s'appuyer sur la campagne de relevés et de mesures effectuées par les étudiants du cours optionnel « l'Énsa de Paris-Belleville et son empreinte énergétique ». Le prestataire devra échanger avec l'équipe enseignante de l'option pour expliquer les informations qu'il souhaite recueillir. Cette

campagne de mesures aura lieu tout au long du second semestre (février – mai 2023) avec pour objectif d'affiner la compréhension de la physique des bâtiments de l'école. En parallèle, le prestataire définira une série de scénarios de transformation des bâtiments et de leurs usages visant spécifiquement le confort d'hiver et les consommations énergétiques qui lui sont liées. Il échangera à ce sujet avec les étudiants et l'équipe enseignante de l'option susnommée. Pour ce faire, il interviendra au minimum à trois reprises au sein de l'enseignement optionnel entre le 15 mars et le 17 mai 2023. À l'issue de cette seconde phase, le prestataire remettra le premier livrable qu'il viendra présenter aux membres de l'établissement.

Au cours de la **troisième phase** (juin à septembre 2023), le prestataire affinera les scénarios élaborés dans la seconde phase portant sur le confort d'hiver, les consommations énergétiques qui lui sont liées et leur empreinte carbone, pour une présentation en septembre 2023.

La **quatrième phase** (septembre 2023 à janvier 2024) concerne les scénarios de transformation des bâtiments et de leurs usages, et l'estimation du potentiel de réduction des empreintes énergétique et carbone de l'école. Elle porte notamment sur le confort d'été et les consommations énergétiques qui lui sont liées et sera également menée en collaboration avec les étudiants, comme au premier semestre (3 interventions de 3 heures chacune minimum entre septembre et décembre), avec une quantification des scénarios (consommations énergétiques, émissions de GES, économies et coût des investissements). À l'issue de cette dernière phase, le prestataire remettra le second livrable qu'il viendra présenter aux membres de l'établissement.

Synthèse du phasage (mission et livrables) en correspondance avec le calendrier pédagogique



V - Livrables

La prestation objet du présent cahier des charges et ses résultats seront détaillés dans **deux livrables qui seront remis en juin 2023 et janvier 2024**, à l'issue des semestres académiques respectifs. Chacun des deux livrables présentera les outils utilisés par le prestataire ainsi que les modélisations qu'il aura développées et leurs résultats.

Le **premier livrable** s'attardera tout particulièrement sur la **modélisation du scénario initial et ses principales hypothèses**. Il détaillera le comportement thermique des bâtiments, présentera leurs points faibles sur le plan thermique et discutera des contraintes et potentiels pour réduire l'empreinte énergétique de l'Énsa de Paris-Belleville tout en maintenant un confort raisonnable, en particulier durant la **période d'hiver**. Ce premier livrable intégrera également une **première analyse d'une série de scénarios de transformation** des bâtiments et de leurs usages en présentant pour chacun d'eux une estimation de leur potentiel de réduction de l'empreinte énergétique de l'école, en particulier concernant le confort d'hiver. Il émettra des orientations sur les actions qui semblent prioritaires à ce stade de l'étude, en particulier en relation avec le confort d'hiver et le chauffage.

Le **second livrable** présentera en détail les scénarios étudiés par le prestataire durant l'année écoulée, en complétant notamment l'analyse concernant le **confort d'été**, et en précisant **l'ensemble des scénarios** de transformation de l'école suivant les **trois indicateurs précédemment définis : énergie, carbone, investissement**. Les scénarios seront décrits suivant leurs modalités de mise en œuvre, le degré d'intervention qu'ils impliquent et l'horizon temporel dans lequel ils s'inscrivent suivant l'urgence et la complexité des mesures à prendre. Ce second livrable synthétisera les résultats relatifs au potentiel de réduction de l'empreinte énergétique et des émissions de gaz à effet de serre pour l'Énsa de Paris-Belleville, en les mettant en perspective des scénarios d'évolution du climat.

Ces livrables devront témoigner d'une attention particulière portée à la diffusion des travaux menés par le prestataire et à la compréhension par les étudiants architectes de sa démarche, via des textes et illustrations didactiques (graphiques, plans, coupes, schémas, tableaux...). Chacun de ces livrables fera l'objet **d'une à trois présentations devant les membres de l'Énsa de Paris-Belleville**, selon des modalités à définir par la direction (présentations à la direction, au Conseil d'Administration, au Conseil Social d'Administration, à tout ou partie de la communauté de l'école...). Une présentation intermédiaire en septembre 2023 est également prévue.

Sont également demandés au titre des livrables de la présente prestation trois interventions par semestre (6 au total), de deux heures minimum chacune, dans le cadre d'enseignements, notamment l'option "L'Énsa de Paris-Belleville et son empreinte énergétique".

VI - Pilotage

Le pilotage de la prestation sera assuré par la direction de l'Énsa de Paris-Belleville, représentée par le directeur adjoint, Pascal Dal Pont (pascal.dal-pont@paris-belleville.archi.fr, 01 53 38 50 02) et le responsable du patrimoine et des installations, Arnault Labiche (arnault.labiche@paris-belleville.archi.fr – 01 53 38 50 06). Ce dernier sera le référent technique du prestataire.

Étant donné l'importance du volet pédagogique de la prestation, l'enseignant responsable du cours optionnel « L'Énsa de Paris-Belleville et son empreinte énergétique », Jean Souviron (jean.souviron@paris-belleville.archi.fr) sera étroitement associé à ce pilotage et assurera la coordination pédagogique.

Y participeront également les enseignants pilotes de la mission « analyse et réduction de l'empreinte environnementale de l'Énsa-PB ».

D'autres acteurs internes à l'école (enseignants, administratifs) pourront être mobilisés en tant que de besoin.

VII - Décomposition financière de l'offre et critères d'attribution

L'offre financière du prestataire devra indiquer obligatoirement :

- un prix total HT et TTC de la prestation pour la tranche ferme,
- un prix total HT et TTC de la prestation pour la tranche optionnelle n°1 (bâtiment D)
- un prix total HT et TTC de la prestation pour la tranche optionnelle n°2 (bâtiment E)

L'attribution du marché se fera sur un total de 100 points selon les critères suivants :

- Qualité et pertinence de la note méthodologique : 40 points.
- Insertion pédagogique : 20 points
- Prix : 40 points.

La note méthodologique sera structurée suivant les trois objectifs définis précédemment (« Objectifs de la prestation ») et pourra intégrer des pièces graphiques (schémas, références...). Le prestataire y discutera de sa vision des enjeux relatifs à la prestation, du phasage et des outils, ainsi que des stratégies de collaboration avec l'équipe enseignante et les étudiants de l'Énsa de Paris-Belleville. Enfin, il devra démontrer la pertinence de la composition de l'équipe.

VIII - Confidentialité

Les documents fournis par l'Énsa de Paris-Belleville au prestataire sont confidentiels et ne pourront faire l'objet d'une utilisation par le prestataire, hors du cadre de la présente mission, sauf autorisation expresse de l'ensa-pb.

IX - Propriété intellectuelle et droits associés :

- **Propriété des documents :**

Les données, documents et informations transmis par l'Énsa de Paris-Belleville au prestataire restent la propriété entière et exclusive de l'Énsa de Paris-Belleville.

- **Propriété des résultats :**
 - Les résultats de toute nature issus de l'exécution du marché, notamment les analyses, traitements et informations retraitées, appartiendront à titre exclusif, sans exception ni

réserve, à l'Énsa de Paris-Belleville qui sera autorisée à les exploiter, comme elle l'entend, et notamment à les utiliser, reproduire, adapter, modifier ou intégrer, pour son propre compte ou pour le compte d'autrui, dans le cadre de ses activités actuelles ou futures.

- l'Énsa de Paris-Belleville est, de même, libre de rendre public ou de communiquer tout ou partie des résultats, à titre onéreux ou gratuit, pour quelque usage et à quelque destination que ce soit conformément à ses dispositions statutaires.
- En conséquence, le prestataire doit solliciter l'autorisation préalable et expresse de l'Énsa de Paris-Belleville pour :
 - ✓ utiliser pour son propre compte ou pour le compte d'autrui les résultats, pour quelque usage que ce soit, à titre onéreux ou gratuit ;
 - ✓ communiquer à qui que ce soit, en tout ou en partie, les résultats, que ce soit à titre onéreux ou gratuit, pour quelque usage que ce soit et à quelque destination que ce soit ;
 - ✓ publier tout ou partie des résultats.

- **Propriété intellectuelle :**

- Dans la mesure où les livrables fournis par le prestataire à l'Énsa de Paris-Belleville, dans le cadre du présent marché, en ce compris les outils d'analyse, d'interprétation ou de traitement, sont susceptibles de correspondre à des créations engendrant des droits de propriété intellectuelle dont le prestataire pourrait être l'auteur ou le producteur, il est entendu que l'ensemble des droits que le prestataire détiendrait sur les livrables est cédé à l'Énsa de Paris-Belleville.
- En conséquence, le prestataire cède à l'Énsa de Paris-Belleville, à titre exclusif et de manière définitive, et conformément à l'article L.131-3 du code de la Propriété Intellectuelle, l'intégralité des droits d'auteurs sur les livrables, objet du marché.
- Le prestataire cède à l'Énsa de Paris-Belleville les droits d'exploitation afférents aux livrables, à titre exclusif et pour le monde entier pour la durée légale des droits d'auteur, telle que cette durée est fixée d'après les législations tant française qu'étrangères et d'après les conventions internationales actuelles ou futures, y compris les prolongations qui pourraient être apportées à cette durée.
- Le prestataire cède à l'Énsa de Paris-Belleville le droit de reproduire, représenter, communiquer, adapter, modifier, arranger et exploiter en interne ou en externe notamment par voie de sous cession à titre onéreux ou gratuit les livrables, ensemble ou séparément, en tout ou en partie, à titre accessoire ou principal.
- Le droit d'adaptation, de modification et d'arrangement s'entend notamment du droit d'adapter ou de faire adapter tout ou partie des livrables, de les corriger, compiler, mixer, assembler, arranger, numériser, interpréter avec tout logiciel, base de données, produit informatique, de les traduire en tout ou partie, sous toute forme, d'en intégrer tout ou partie vers ou dans des œuvres ou bases de données, d'en extraire des objets et des couches, de créer des œuvres dérivées à partir des livrables ;
- Au terme de cette cession, le prestataire cède également à l'Énsa de Paris-Belleville l'ensemble des droits du producteur qu'il serait susceptible de détenir sur les livrables, notamment l'ensemble des droits de réutilisation et d'extraction de tout ou partie des livrables, à titre exclusif.
- La cession est faite pour toute la durée légale de protection des œuvres par le droit du producteur et couvre le monde entier.

X - Documents mis à disposition du prestataire au début de la prestation

- Les éléments techniques disponibles sur les bâtiments concernés (DOE, DCE, archives...)
- Les résultats sur Studio « RE2020 » mené en 2020 et qui a analysé le fonctionnement de l'école (travaux d'étudiants mis à disposition à titre indicatif non contractuel)
- Les résultats d'un travail en cours mené par trois étudiantes encadrées par des enseignants, qui inclue :
 - Un ou des dessins de synthèse à l'échelle de l'école, schématisant le périmètre des divers réseaux de CTA, de chauffage statique (radiateurs, plafonds rayonnants et planchers chauffants) et de chauffage/climatisation électrique (ventilo-convecteurs, climatisations localisées...). Ces documents ont pour but d'identifier la segmentation du système, les nœuds actuels de régulation thermique (où peut-on régler la température et pour quelles zones d'impact/systèmes ?) et potentiellement d'aider à identifier les nœuds complémentaires les plus pertinents en cas d'investissement.
 - Une axonométrie éclatée par bâtiment (dont l'assemblage permettra de reconstituer l'école) faisant apparaître les réseaux/flux et la relation des systèmes avec l'enveloppe (à partir des éléments déjà produits lors du studio RT2020). Ces documents ont pour but une compréhension plus localisée du fonctionnement thermique des divers espaces, préalable à une analyse spatialisée du confort d'hiver et de printemps/été qui aide à proposer des aménagements physiques (investissements fixes ou mobiles) ou organisationnels (occupation) permettant d'améliorer le confort ou de réduire la consommation énergétique (actuelle ou potentielle, notamment en climatisation avec le réchauffement climatique)
 - Des représentations de l'occupation des salles et des bâtiments, qui permettront à court terme d'affiner la programmation des températures de consigne des CTA dans le temps en fonction de l'occupation (voire d'aménager l'occupation en fonction d'une optimisation du confort et des consommations énergétiques des espaces) et qui à plus long terme pourront être croisées avec les représentations précédentes pour prioriser les actions et investissements.

Ce travail, produit par des étudiants et non des professionnels, constituera une aide à la compréhension du fonctionnement de l'école pour le prestataire, qui pourra également utiliser les supports de représentation produits en tant que de besoin.

- Les comptes rendus des entretiens mentionnant des questions d'usage liées aux espaces analysés (médiathèque par exemple)
- Fiches pédagogiques, plans de l'école, PDF de présentation.

Annexe 12: Liste des personnes rencontrées

Une soixantaine de rencontres, réunions et présentations ont été organisées en 2022-23.

Rencontres ou échanges téléphoniques

Enseignants

- Enseignants du champ STA (David Chambolle, Roberta Morelli, Christine Simonin, Jean Souviron et Teïva Bodereau) le 27/9/22
- Nicolas André (enseignant TPCAU) le 7/11/22
- Frédéric Bertrand (enseignant VT) le 10/10/22
- Jean-Luc Bichaud (enseignant ATR) le 26/10/22
- Ludovik Bost (enseignant ATR) le 6/10/22
- Anne Chatelut (enseignante ATR) le 26/10/22
- Noël Dominguez (enseignant TPCAU) le 14/10/22 et le 11/11/22
- Valérie Dufoux (enseignante SHS et commission vie de l'école) le 6/10/22 et le 8/11/22
- Vanessa Fernandez (enseignante TPCAU) le 6/10/22
- Yannick Guénel (enseignant STA-OMI) le 24/10/22 et le 8/11/22
- Solenn Guével (enseignante TPCAU et présidente de la CFVE) le 6/10/22
- Marie-Ange Jambu (enseignante VT) le 17/10/22
- Béatrice Jullien (enseignante TPCAU) le 7/10/22
- André Lortie (directeur de l'IPRAUS) le 15/11/2022
- Sébastien Ramseyer (enseignant TPCAU)
- Emilien Robin (enseignant TPCAU responsable du studio RT2020) le 23/9/22
- Kerim Salom (enseignant TPCAU, réaménagement de la médiathèque)
- Simon Vignaud (enseignant ATR) le 26/10/22
- Philippe Villien (Pilote ENSA Eco) : 9/12/22
-

Administratifs

- Ronald Amétis (directeur financier de l'ENSA – PB) les 19/9/22 et 10/10/22
- Charles Andriantahina (responsable informatique à l'ENSA PB) les 22/9/22 et 8/11/22
- Catherine Blain (ingénieure de recherche IPRAUS) le 15/11/22
- François Brouat (directeur de l'ENSA PB) le 18/10/22
- Pascal Dal Pont (directeur adjoint de l'ENSA PB) le 23/9/22 (+ réunions hebdomadaires)
- Roberto Eliezer (Service informatique) le 8/11/22
- Karine Fournier (responsable de la médiathèque de l'ENSA PB) le 22/9/22
- Murièle Fréchède (directrice des études) le 13/10/22
- Emmanuelle Henry (responsable du site) le 20/10/22
- Paule Immath (directrice des RH et moyens de fonctionnement) le 30/9/22
- Arnault Labiche (responsable du service immobilier) le 26/9/22 (et tous les mardis)
- Clémence Lam et Martin Monchicourt (ateliers maquette et bois) le 30/9/22
- Jimmy Lancreot (reprographie) le 26/10/22
- Jean-Paul Philippon (architecte de la transformation des bâtiments de l'ensapb), Catherine Blain, Pascal Dal Pont, Paule Immath, Jean-Louis Radacal, Arnault Labiche le 25/11/22
- David Tracllet (gestion des containers cour Burnouf) le 7/10/22
- Visite de sites avec les groupes (46 et 60 Bd de la Villette) Arnault Labiche le 6/10/22 (Energie), le 21/11/22 (Eau), Paul Immath et Jean-Louis Radacal le 19/7/2023 (Déchets).

- Odile Canale et Annabel Mousset (Relations internationales) le 23/2/2023

Etudiants

- Représentantes de la Coob : 22/9/22
- Présidentes et responsables des différents pôles du Bellasso (dont la Coob) : 27/10/22

Autres institutions hors école

- Geoffrey Van Moeseke (LOCI, Université Catholique de Louvain) : 26/7/2022
- Jean François Blassel (directeur du DPEA PoCa de l'EAVT Paris-Est) : 22/9/22
- Amina Sellali (directrice de l'EAVP – Paris Est) et Romain Mandavit (AMO travaux) : 22/9/22

Réunions avec les groupes de travail :

MATIERES/DECHETS

- Tri sélectif : BelleEcho (Colin Moreteau), Atelier maquette (Sylvain Soto), Noël Dominguez, Delphine Bresson, Yvon Plouzennec, Stéphanie Guyard : 14/4/2023
- Ménage : Isabelle Houex et Omar Zahiri (référente du prestataire et responsable de l'équipe de nettoyage), avec Noël Dominguez, Paul Immath, Jean-Louis Radacal : 31/3/2023

ENERGIES/CVC

- Jean Souviron, Pierre Gelinotte (avec ou sans Thomas Metge) (BET Eléments) : 2/3/2023, 11/4/2023
- Jean Souviron, Emilien Robin, Roberta Morelli, Christine Simonin, Marie Brethous, Garance Jacqmin et Estelle Oswald (hebdomadaire)
- Kerim Salom (avec Karine Fournier, Pascal Dal Pont, Arnault Labiche, Jean Souviron et Pierre Gelinotte) : 2/6/2023 (sur la médiathèque)

EAU

- Frédéric Bertrand, Beatrice Jullien et Frédéric Müller de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) : 7/7/2023

NUMERIQUE

- Charles Andriantahina, Yannick Guénel : 8/11/2022

Présentations formelles et institutionnelles :

- CFVE (états d'avancements vus à l'ordre du jour) : 21/11/2022 et 13/3/2023
- CA : 24/11/2022 et 2/10/2023
- Enseignants, administratifs et élus étudiants (amphi Huet) : 8/12/2022 et 19/10/2023
- CNECERAC : 15/2/2023
- Séminaire enseignants : 7/7/2023 et 5/9/2023

Présentation aux Commissions thématiques

- Vie de l'école : 1/6/2023 (au sujet de la gestion des déchets et du recyclage)
- International : 30/6/2023 (au sujet des voyages et mobilités)
- Valorisation des ressources documentaires : 2/06/2023 (au sujet des travaux médiathèque)

Évènements, sensibilisation et communication :

- Fresques du climat : 9/2/2023 (réunissant autour d'une même table administratifs, enseignants et étudiants volontaires).
- Table ronde EAU : 16/5/2023 (dans le cadre de la mobilisation du printemps).
- Exposition « Architecture des réseaux » (travaux groupe CVC) : 27/4/2023 pour l'installation temporaire et 5/6/2023 pour l'installation permanente.
- Article « L'ENSA Paris Belleville peut-elle être le laboratoire vivant d'un tournant écologique concret ? », Annuel 2021-22-23.