



ANNEXE 10

Consommation d'eau et efficacité énergétique

1. RECUPERATION DES EAUX PLUVIALES ET PRELEVEMENTS D'EAU

1.1. Besoins de refroidissement du projet

1.1.1. Principe des tours adiabatiques

Le fonctionnement de l'IA Factory nécessite un refroidissement des installations pour compenser l'échauffement induit par les équipements électriques.

Le refroidissement sera assuré par des **tours adiabatiques**. Il s'agit d'un système de refroidissement utilisé dans les datacenters, qui fonctionne selon un principe simple : refroidir l'air en utilisant l'évaporation de l'eau, sans compresseur ni fluide frigorigène comme dans un groupe froid classique.

Les refroidisseurs adiabatiques sont des échangeurs de chaleur. Les calories sont rejetées en sec à l'atmosphère. Dès que les conditions climatiques augmentent, cet échangeur utilise l'évaporation de l'eau. Ainsi, en toute sécurité et sans traitement d'eau, il dissipe les calories en maintenant une température d'eau froide inférieure à celle de l'air ambiant.

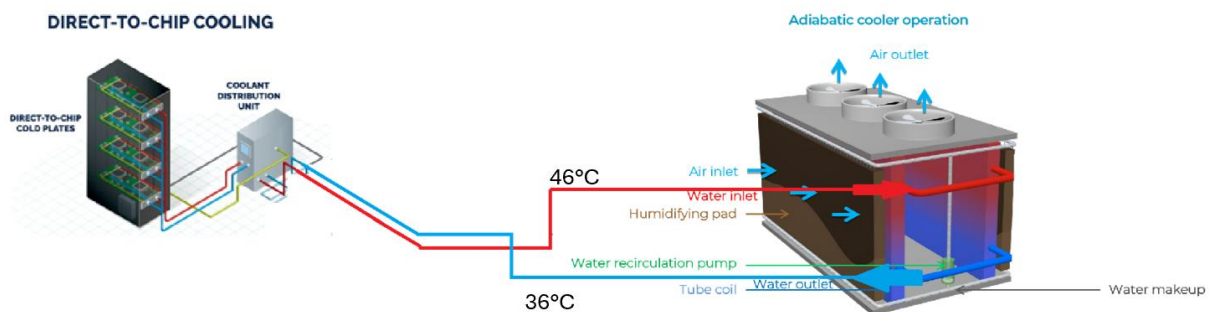


Figure 1 : Schéma de principe du fonctionnement d'une tour adiabatique

Deux Modes de fonctionnement sont possibles en fonction de la température extérieure :

- Dry mode : la température de l'air est suffisante pour que le flux d'air assure le refroidissement des installations, sans consommation d'eau complémentaire.
- Adiabatique : quand la température de l'air est élevée ($> 23^{\circ}\text{C}$), le refroidissement induit une consommation d'eau complémentaire, dont 80% est émise à l'atmosphère. Les 20% restant sont récupérés et réutilisés dans le circuit de refroidissement fermé.

Selon l'analyse réalisée par le fournisseur des tours, le mode adiabatique sera nécessaire 5% du temps de fonctionnement des tours, contre 95% en mode « dry », et concentré sur la période d'été de juin à septembre.

1.1.2. Consommation d'eau pour le refroidissement

Le parc de refroidissement retenu est composé de 46 tours Baltimore modèle TRF-1038N-C80FD77E, réparties comme suit :

- 33 tours affectées à la boucle DLC (Direct Liquid Cooling) ;
- 13 tours affectées à la boucle AC (Air Cooling).

Les caractéristiques **unitaires** transmises par le bureau d'études hydraulique sont résumées ci-après.

Caractéristique unitaire	
Modèle	Baltimore TRF-1038N-C80FD77E
Débit d'air maximal	452 800 m ³ /h
Pic de consommation d'eau (déconcentration incluse)	142 m ³ /h
Volume d'eau en fonctionnement	2 380 L
Puissance électrique ventilateurs / pompe	68 kW / 0,7 kW
Encombrement (L × l × H)	12 421 × 2 997 × 2 972 mm

Tableau 1 — Caractéristiques unitaires des tours Baltimore

Deux scénarios climatiques ont été simulés pour l'estimation des consommations d'eaux des tours :

- Scénario ASHRAE 2025 : référence climatique nominale, représentative d'une année-type ;
- Scénario canicule : épisode caniculaire intégrant 38 heures à 45 °C de température ambiante en juillet, correspondant à une année climatiquement défavorable.

Scénario	DLC (m ³ /an)	AC (m ³ /an)	Total (m ³ /an)
ASHRAE 2025 (référence nominale)	17 440	2 366	19 806
Canicule +45 °C / 38 h juillet (scénario retenu)	21 433	3 562	24 995

Tableau 2 — Consommations annuelles d'eau du site (source : BE hydraulique)

La consommation d'eau présente un profil strictement saisonnier : elle est nulle d'octobre à avril, et concentrée sur la période mai–septembre. Cette caractéristique est importante pour la déclaration des prélèvements, les pics de demande étant sans recouvrement avec les périodes hivernales.

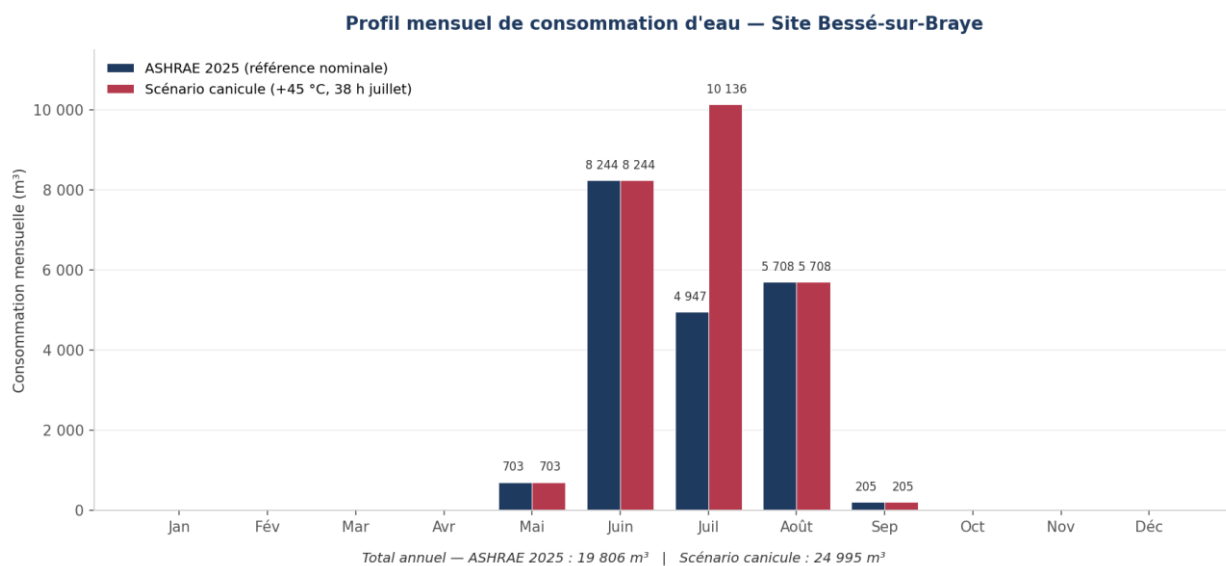


Figure 2 : Profil mensuel de consommation d'eau (source : BE hydraulique)

Mois	ASHRAE 2025 (m³)	Canicule (m³)
Janvier à Avril	0	0
Mai	703	703
Juin	8 244	8 244
Juillet	4 947	10 136
Août	5 708	5 708
Septembre	205	205
Octobre à Décembre	0	0
Total annuel	19 806	24 995

Tableau 3 — Répartition mensuelle des consommations (source : BE hydraulique)

1.1.3. Ressources

Pour assurer ces besoins en eau, le site ECLAIRION disposera des ressources suivantes par ordre de priorité :

- La valorisation prioritaire des eaux pluviales du site
- L'utilisation complémentaire de l'eau de la rivière La Braye
- L'utilisation ponctuelle d'un puits artésien

L'objectif principal est :

- De limiter fortement les prélèvements dans le milieu naturel
- De garantir la continuité d'exploitation même en période de restriction d'eau
- De fonctionner en circuit quasi fermé sans rejet direct dans le milieu naturel

1.2. Récupération des eaux pluviales

1.1.1. Principe

Le projet intègre une démarche d'optimisation de la gestion des eaux pluviales, notamment au niveau de la zone DATA FACTORY.

Un dispositif de récupération, stockage et réutilisation des eaux pluviales est prévu pour alimenter le système de refroidissement du data center. Ce réseau spécifique permettra de :

- Capturer une partie des eaux de ruissellement issues des toitures et surfaces imperméabilisées ;
- Stocker ces volumes dans des ouvrages dédiés ;
- Valoriser ces eaux dans le process industriel de refroidissement des équipements informatiques.

Cette réutilisation des eaux pluviales en circuit fermé conduira à une diminution effective du volume ruisselé rejeté au milieu naturel. En conséquence, le débit de pointe de ruissellement généré par le projet sera non seulement maintenu, mais potentiellement **réduit par rapport à la situation existante**, grâce à l'écêtement induit par le stockage et la consommation des eaux pluviales dans le process.

Cette approche s'inscrit pleinement dans les objectifs de gestion durable des eaux pluviales et de limitation des rejets vers l'aval.

1.1.2. Zones collectées

➤ Zone ouest – PM2

Au droit de la zone ouest du projet, correspondant au secteur des bâtiments existants PM1-PM2, le principe de gestion des eaux pluviales repose sur la conservation du réseau de gestion des eaux pluviales (GEP) actuellement en place. Les aménagements projetés ne modifient pas le fonctionnement hydraulique de ce secteur et n'entraînent pas de modification des modalités de rejet.

Ainsi, les eaux pluviales collectées continueront d'être dirigées vers le réseau existant, avec un rejet vers le cours d'eau de la Braye dans des conditions similaires à la situation actuelle.

Toutefois, un séparateur d'hydrocarbures sera mis en place au niveau du bâtiment PM2, au droit des postes de dépotage des cuves de HVO dédiés à l'alimentation des groupes électrogènes. Cet équipement permettra de traiter les eaux de ruissellement issues des surfaces susceptibles de générer des pollutions d'origine hydrocarbonée avant leur rejet dans le réseau d'eaux pluviales.

➤ Zone centrale - IA FACTORY

Le système de gestion de la ressource en eau pour le refroidissement du Data center repose sur :

- La valorisation prioritaire des eaux pluviales du site
- L'utilisation complémentaire de l'eau de la rivière La Braye
- L'utilisation ponctuelle d'un puits artésien
- Un stockage tampon dans les bassins existants de l'ancienne station d'épuration du site

L'objectif principal est :

- De limiter fortement les prélèvements dans le milieu naturel
- De garantir la continuité d'exploitation même en période de restriction d'eau
- De fonctionner en circuit quasi fermé sans rejet direct dans le milieu naturel

➤ **Zone est**

La zone située à l'est du projet (à l'est du cours d'eau de la Brayé) correspond actuellement à un secteur peu aménagé, occupé par des espaces en friche ainsi que par les bassins de l'ancienne STEP. Sur cette partie du site (espace non aménagé), les eaux pluviales sont gérées de manière naturelle, avec une infiltration directe dans le sol complétée, en cas de saturation, par un écoulement de surface s'orientant naturellement vers le cours d'eau de la Brayé.

Le projet ne prévoit pas d'aménagement significatif sur ce secteur hormis l'implantation d'un nouveau bassin tampon. En conséquence, le fonctionnement hydrologique de cette zone restera inchangé par rapport à la situation actuelle. Les eaux pluviales continueront ainsi à être gérées selon les mêmes modalités naturelles d'infiltration et d'écoulement superficiel vers la Brayé.

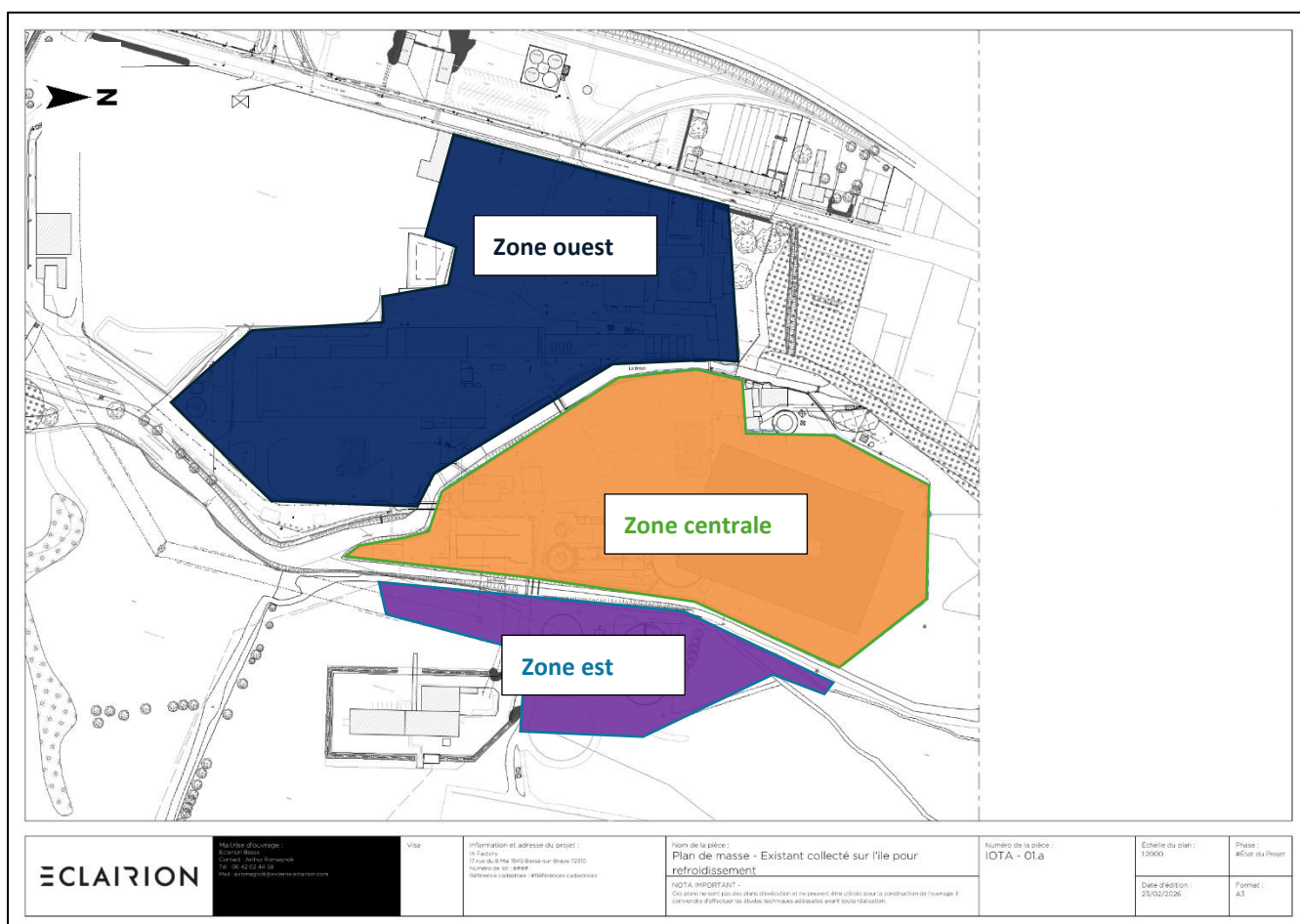
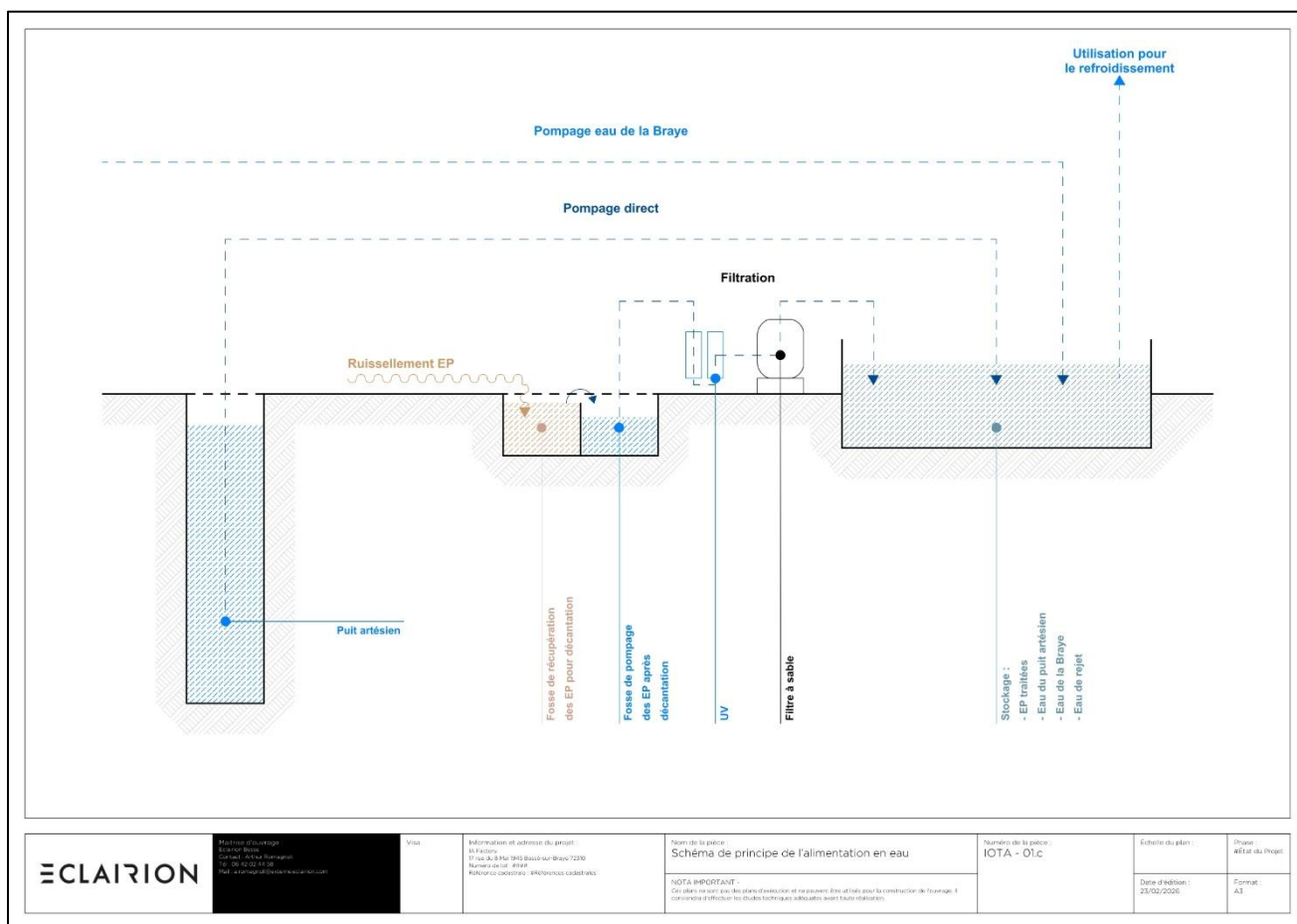


Figure 3 : Surface du projet concernée pour la récupération et valorisation des eaux pluviales (source : ECLAIRION)

1.1.3. Stockage et utilisation



2. Figure 4 : Schéma de principe de l'alimentation en eau (source : ECLAIRION)

➤ Prétraitement

Avant utilisation dans les tours de refroidissement, l'eau stockée est traitée :

- Filtration sur filtre à sable
- Séparateur hydrocarbure avec déboureur équipé d'un by-pass
- Élimination des matières en suspension
- Désinfection
- Traitement UV

Ces ouvrages permettent :

- L'élimination des matières en suspension
- La séparation des pollutions accidentelles potentielles

Le principe est représenté dans le schéma d'alimentation en eau suivant.

➤ Stockage

Après prétraitement, les eaux sont dirigées vers les bassin existants de l'ancienne station d'épuration qui seront réutilisés comme ouvrage de stockage hydraulique.

Ces bassins permettent :

- Une régulation des volumes
- Un stockage stratégique pour l'exploitation du data center
- Evacuer les eaux en surplus par un système de trop plein vers le cours d'eau de la Braye

Ce stockage constitue un réservoir stratégique permettant d'assurer l'alimentation du système sur une longue période, notamment en cas :

- De sécheresse
- De restrictions administratives de prélèvement.

Le volume disponible (**environ 14 250 m³**) permet de constituer une réserve d'eau importante destinée à sécuriser l'exploitation du data center.

➤ **Utilisation dans les tours adiabatiques**

L'eau traitée est envoyée vers la plateforme de refroidissement du data center comprenant des tours adiabatiques.

Le fonctionnement des tours entraîne :

- Une évaporation partielle de l'eau
- Une concentration progressive des sels

Les purges nécessaires au bon fonctionnement des tours sont récupérées dans un bac de récupération des eaux de rejet.

➤ **Traitement après utilisation**

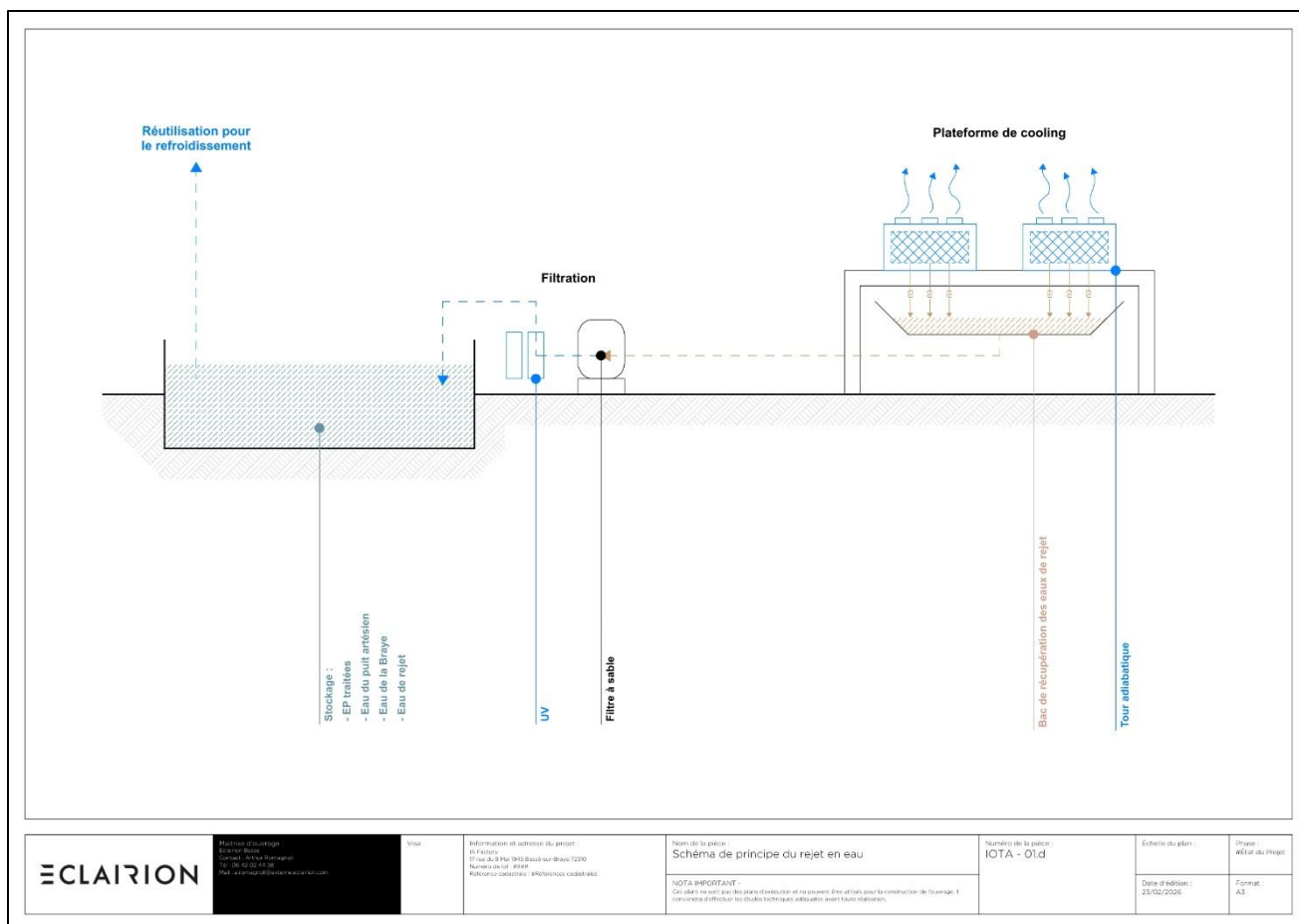
Après utilisation des eaux pluviales dans le système de refroidissement des tours adiabatiques, celles-ci sont renvoyées vers les bassins de stockage, après avoir subi un traitement par **filtration sur sable** suivi d'un **traitement UV**.

➤ **Gestion des eaux de rejet**

Les eaux issues des purges des tours et du fonctionnement du système sont récupérées dans un bac de collecte des eaux de rejet.

Ces eaux sont ensuite renvoyées vers les bassins de stockage, mélangées aux autres volumes d'eau et retraitées avant réutilisation.

Ainsi, aucun rejet direct vers le milieu naturel n'est prévu dans le fonctionnement normal de l'installation.



1.2.4. Corrélation volumes d'eaux pluviales et besoins en refroidissement

Le volume moyen mensuel minimum est de 1 568 m³ (mois d'aout) et le volume moyen mensuel maximum est de 2 400 m³ (mois de décembre). Le volume d'eau de pluie récupérable annuellement de 22 188,8 m³.

Une analyse détaillée des volumes d’eaux pluviales récupérés et des besoins en eau pour le refroidissement a été réalisée dans le cadre du dossier IOTA pour différents scénarios de canicule et de pluviométrie (voir annexe 12.2).

L'analyse met en évidence que la totalité de la **consommation annuelle (100 %)** est concentrée **entre le début du mois de juin et la fin du mois de septembre**, avec un **pic de consommation** durant

les mois de juillet et août, période correspondant aux températures extérieures les plus élevées et donc aux besoins maximaux de refroidissement des installations du data center. Cette estimation est cohérente avec le principe de fonctionnement des tours adiabatiques, dont la consommation en eau est directement liée aux conditions climatiques et au recours au refroidissement adiabatique lors des périodes chaudes.

L'analyse du bilan mensuel entre les volumes d'eaux pluviales récupérables et les besoins en eau des tours adiabatiques met en évidence la constitution progressive d'un stock d'eau en fin et début d'année. Entre les mois d'octobre et de mai, l'absence de consommation des tours permet d'accumuler un volume de **14 250 m³** d'eaux pluviales dans les ouvrages de stockage (capacité maximale).

Ce volume est ensuite mobilisé à partir du mois de juin, lors de la mise en fonctionnement des installations de refroidissement. Les estimations montrent que la consommation estivale est couverte par ce stock initial, complété par les apports issus des précipitations durant les mois de juin à septembre.

L'analyse du volume disponible en fin de mois montre toutefois **que sur les mois d'août et de septembre, ce volume passe en deçà de 10% de la capacité des stockages.**

Afin de pallier une pluviométrie réduite sur la période hivernale, et de sécuriser les volumes disponibles en période estivale, il semble donc nécessaire de prévoir un complément de remplissage des stockages en plus de la simple récupération des eaux pluviales, notamment en amont de la période de basses eaux (mars). Ce complément est estimé à environ 3500 m³ pour ce scénario.

Avec une pluviométrie réduite de 30% par rapport à la moyenne, même un rechargement anticipé d'environ 6000 m³ en fin de période de basses eaux n'est pas suffisant pour garantir les besoins tout au long de la période estivale.

Ces scénarios mettent en évidence :

- Un système fonctionnant en cycle annuel complet, avec remplissage hivernal et vidange estivale
- Un volume de stockage retenu globalement cohérent avec une année chaude de référence et une pluviométrie moyenne
- Une sensibilité notable du système à une réduction des apports hivernaux, affectant directement le niveau de stockage initial ;
- La nécessité d'un appoint ponctuel en sortie d'hiver comme premier levier de sécurisation pertinent pour absorber les variations interannuelles et garantir la continuité d'exploitation.
- Une limite atteinte en fin d'été, même après optimisation, traduisant un besoin ponctuel d'appoint en conditions défavorables.

Dans cette configuration, le volume de stockage retenu apparaît globalement cohérent pour couvrir une année chaude avec déficit modéré, sous réserve de la mise en œuvre d'une stratégie de remplissage anticipé. Toutefois, un apport complémentaire peut s'avérer nécessaire (prélèvement dans la Braye en période de basses eaux ou dans le puits Artésien) pour garantir une continuité d'exploitation sans tension sur la ressource.

➤ **Scénario 3 et 4 : année de canicule et pluviométrie moyenne à réduite (-40 / - 50%)**

Pour prendre en compte le réchauffement climatique, un scénario critique basé sur période de canicule et une pluviométrie réduite à 40% ou 50% a été analysé.

Dans cette configuration, la réduction des précipitations conduit à une diminution progressive des volumes stockés sous l'effet des consommations liées au fonctionnement des tours adiabatiques. Les

besoins importants en eau durant les mois de juillet et d'août entraînent alors une baisse rapide du stock disponible.

La période estivale met en évidence une rupture précoce de l'équilibre entre apports et besoins. traduisant l'impossibilité de couvrir les besoins par la seule ressource pluviale stockée, même avec l'intégration d'un remplissage anticipé en fin de période de hautes eaux (mars).

Le stock reste suffisant jusqu'en juin, mais une situation de déficit apparaît dès le mois de juillet, puis s'accroît en août, confirmant le caractère insuffisant du volume de stockage face à une telle configuration climatique.

Ces scénarios mettent en évidence :

- Une sensibilité notable du système à une réduction des apports hivernaux, affectant directement le niveau de stockage initial ;
- Une consommation estivale largement prépondérante, amplifiée par des conditions climatiques extrêmes ;
- Une limite atteinte sur la période estivale, même après optimisation par remplissage anticipé, traduisant un besoin d'appoint en conditions défavorables sur cette même période.

Dans cette configuration, le recours à une ressource complémentaire devient indispensable et structurant pour garantir la continuité d'exploitation du data center. Ce scénario constitue ainsi le cas le plus défavorable, utilisé pour le dimensionnement des solutions d'appoint et pour l'évaluation de la robustesse globale du système hydraulique face aux situations climatiques extrêmes.

Un complément de prélèvement reste donc nécessaire en période de basses eaux. Ce dernier est estimé à $4 \times 1200 \text{ m}^3$ répartis sur les mois d'utilisation des tours adiabatiques. Avec ce volume complémentaire, le volume de « réserve » de 3000 m^3 peut être garanti.

Ce volume de prélèvement mensuel représente 24% du volume mensuel sollicité pour la recharge des bassins en période de hautes eaux.

Ce scénario constitue toutefois une situation très conservatrice, permettant d'évaluer la robustesse du dispositif de gestion de l'eau. Il montre que le fonctionnement normal du système repose principalement sur la combinaison du stockage hivernal et des apports pluviaux saisonniers, ces derniers contribuant habituellement à maintenir un niveau de stockage suffisant durant la période d'utilisation des installations.

1.2.5. Prélèvements complémentaires nécessaires

Le besoin de prélèvements nécessaires à la sécurisation du refroidissement des installations de l'IA Factory correspond donc :

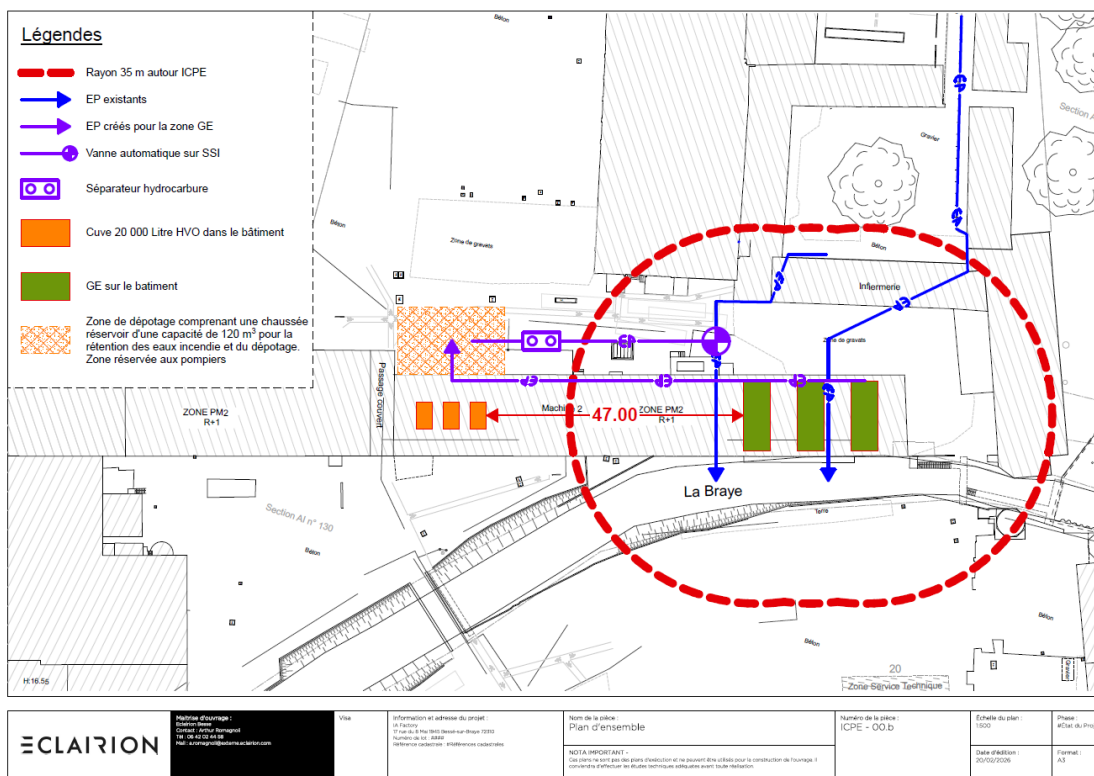
- Au remplissage ponctuel des stockages à hauteur de $14\,250 \text{ m}^3$ en fin de période de hautes eaux (mars)
- A des prélèvements ponctuels en période estivale en fonction de la consommation des tours et de la pluviométrie

Afin de pouvoir assurer la continuité de ses activités quelque soient les conditions météorologiques, le volume de prélèvement annuel sollicité par ECLAIRION dans la Braye correspond aux besoins estimés des tours aéroréfrigérantes, soit $24\,995 \text{ m}^3$.

1.3. Traitement des eaux pluviales sur la zone PM2

Le projet prévoit l'implantation sur le bâtiment PM2 de 3 groupes électrogènes pour assurer la production d'électricité en cas de coupure de l'alimentation principale en électricité (RTE) et de défaillance des onduleurs. D'une puissance unitaire de 6,5 MW, ils seront alimentés à partir de 3 cuves de 20 m3 d'Huile Végétale Hydrotraitee (HVO).

Une gestion des eaux pluviales spécifique sera mise en place sur le secteur PM2 pour la collecte des égouttures de dépotage éventuelles et la prévention des risques de déversement accidentels.



Les cuves seront munies d'une rétention conforme à la réglementation.

En complément, une zone de rétention « chaussée réservoir » de 120 m3 sera aménagée la rétention d'un éventuel déversement lors du dépotage et/ou la collecte d'eau d'incendie.

En fonctionnement normal, cette zone sera reliée à un séparateur à hydrocarbures permettant le traitement d'éventuelles égouttures.

2. CLIMAT, EFFICACITE ENERGETIQUE ET CHALEUR FATALE

2.1. Efficacité énergétique

L'exploitation de l'IA Factory entraine une consommation d'électricité pour leur fonctionnement et le refroidissement des équipements.

➤ Coefficient "PUE" (Power Usage Effectiveness)

Evaluation de l'efficacité énergétique : coefficient "PUE" (Power Usage Effectiveness)

Mis en place en 2007 par le consortium mondial Green Grid, le PUE (Power Usage Effectiveness) est une métrique de mesure de l'efficacité énergétique des centres de données.

Grâce à une méthode simple et standardisée, la PUE est devenu l'un des indicateurs de performance les plus utilisés dans l'industrie des centres de données pour évaluer et comparer l'efficacité énergétique des infrastructures.

Le PUE mesure le rapport entre la puissance électrique totale d'un centre de données et la consommation électrique totale de ses seuls systèmes informatiques. Il est reconnu depuis de nombreuses années comme un indicateur simple et pertinent pour mesurer l'efficacité énergétique d'un centre de données et réduire la consommation. La méthode de calcul du coefficient est définie dans la norme NF EN 50600.

Le PUE est défini comme suit :

$$\text{PUE} = \frac{\text{Consommation électrique annuelle totale du système énergétique du centre de données, en kWh}}{\text{Consommation annuelle d'électricité des équipements informatiques, en kWh}}$$

La valeur idéale (mais actuellement inatteignable) du PUE est de 1.

Une étude de l'Uptime Institute en 2014 a montré que les centres de données en 2019 avaient un PUE moyen de 1,67, contre 1,80 en 2011. Le PUE a donc tendance à diminuer avec le temps, ce qui montre les progrès réalisés en termes d'efficacité énergétique de ces bâtiments.

Un PUE entre 1,1 et 1,4 fait état d'un très haut niveau d'efficacité énergétique, comme c'est le cas dans les data centers modernes et optimisés.

L'optimisation du PUE d'un centre de données sont possibles grâce à une planification et une gestion appropriée, à travers :

- L'utilisation de technologies de refroidissement efficace, comme le freecooling, le refroidissement par évaporation ou encore l'optimisation des allées chaudes/froides pour réduire la consommation d'énergie tout en maintenant une température stable pour les serveurs ;
- L'installation d'onduleurs (UPS) à haute efficacité et des générateurs redondants pour assurer une alimentation continue sans gaspiller de l'énergie ;
- La virtualisation et la répartition dynamique des charges pour réduire le nombre de serveurs nécessaires et leur consommation énergétique ;
- La gestion technique des consommations, à travers la mise en place d'une GTB ;
- La mise en place de programmes de maintenance pour éviter les pannes et garantir que tous les équipements fonctionnent à leur efficacité maximale ;
- L'intégration de sources d'énergie renouvelable, comme le solaire et l'éolien.

Sur la base des hypothèses de refroidissement retenues par l'exploitant, le PUE du projet est estimé $< 1,25$.

➤ En phase exploitation

Pendant l'exploitation, le fonctionnement des installations sera limité au strict nécessaire et des mesures seront prises pour assurer une utilisation rationnelle de l'énergie, notamment

- le suivi de la consommation et la mise en place de mesures correctives rapides en cas de déviation anormale ;
- prévention et réparation des installations techniques ;
- sensibiliser et impliquer le personnel pour limiter les gaspillages d'énergie (éclairage, chauffage, extinction des postes de travail, etc.)

Des mesures seront prises pour améliorer l'efficacité énergétique des installations grâce à l'utilisation d'équipements de distribution et de transformation de l'électricité et d'installations de refroidissement à haut rendement.

En outre, les systèmes de refroidissement seront régulièrement entretenus par des entreprises spécialisées afin de limiter les risques de fuites de réfrigérant et, le cas échéant, de les identifier rapidement. Des systèmes de détection des fuites seront fournis.

2.2. Chaleur fatale

La valorisation de la chaleur fatale rejetée par les centres de données dédiés au calcul IA constitue un levier pertinent d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction de l'empreinte carbone des systèmes de chauffage urbains. La majeure partie de l'énergie électrique consommée par les équipements informatiques et auxiliaires est dissipée sous forme de chaleur, évacuée de manière continue par les systèmes de refroidissement.

Dans le cas du « Direct Liquid Cooling », la boucle chaude fournit typiquement un fluide caloporteur à température modérée ($\approx 40\text{--}46\text{ }^{\circ}\text{C}$). Elle présente un profil de disponibilité stable et prévisible, favorable à son intégration dans des réseaux de chaleur. Son utilisation requiert toutefois, dans la plupart des cas, une élévation de la température par une pompe à chaleur afin d'être compatible des exigences d'un réseau chaleur (notamment pour l'eau chaude sanitaire – ECS).

Dans le cas de la future « IA factory » à Bessé-sur-Braye, la récupération de cette énergie représente un enjeu majeur de valorisation énergétique territoriale. En effet, la montée en puissance du centre de données (jusqu'à 70 MW IT) engendrera un flux thermique conséquent, dont la valorisation permettrait de réduire significativement la consommation d'énergie primaire fossile sur le territoire.

Afin de quantifier le potentiel de récupération et de valorisation de la chaleur fatale associée au data center et à le confronter aux débouchés thermiques identifiables à l'échelle locale (analyse coût-avantages), une étude prospective sur la valorisation de la chaleur fatale a été réalisée en février 2026 par la société GINGER BURGEAP (voir annexe).

Cette étude est notamment basée sur :

- Une analyse des besoins énergétiques des bâtiments du territoire proche du projet (publics et privés)

- La définition de différents scénarios de création et de distribution d'un réseau de chaleur possible, complété d'un scénario d'augmentation de la densité géographique énergétique du réseau
- Enfin, d'une évaluation économique du taux de valorisation de la chaleur, intégrant la phase investissement et la phase exploitation du réseau

La modélisation réalisée indique qu'après rehaussement thermique par pompes à chaleur, l'énergie théoriquement mobilisable atteint environ 328 GWh/an.

À l'échelle du site, cette production constitue un gisement continu et pilotable, dont l'ordre de grandeur est très supérieur à l'enveloppe de demande actuellement observable sur le territoire immédiat.

La caractérisation des besoins a permis d'identifier des consommateurs du secteur public ($\approx 1,5$ GWh/an) et du secteur privé ($\approx 3,2$ GWh/an), soit une demande annuelle cumulée de 4,7 GWh/an (hors besoins process de MANEIKHEIR et PLASTOLOIR). Pour assurer la desserte de ce gisement, un schéma de réseau de chaleur conceptuel a été établi, représentant environ 4 km de canalisations. Dans cette configuration, la densité énergétique linéaire globale atteint 0,9 MWh/m, valeur inférieure au seuil indicatif de 1,5 MWh/m couramment utilisé pour apprécier la faisabilité technico-économique des réseaux (référentiel ADEME).

Ce résultat traduit une insuffisance de densité de charge : la longueur de réseau nécessaire pour capter des volumes de chaleur modestes tend à augmenter les CAPEX (génie civil, canalisations, postes de livraison) et les OPEX (pompage, maintenance), tout en dégradant les performances globales via les pertes thermiques, ce qui pénalise directement le coût complet de la chaleur livrée.

La comparaison entre le gisement mobilisable et la demande agrégée met en évidence un taux d'utilisation de l'ordre de 1 % de l'énergie récupérable disponible dans le périmètre actuel, ce qui limite mécaniquement l'amortissement des infrastructures dédiées (boucle primaire, sous-stations, distribution).

L'évaluation technico-économique aboutit ainsi à un prix de vente de la chaleur d'environ 184 €/MWh (TTC) pour la solution « récupération de chaleur fatale + réseau », contre 108 €/MWh (TTC) pour un scénario de référence gaz (entreprises).

L'écart s'explique principalement par :

la faible densité énergétique (surinvestissement linéaire par MWh livré),
la charge annuelle limitée (faible facteur d'utilisation des actifs),
les coûts additionnels associés au système de valorisation (pompes à chaleur, auxiliaires, raccordements, exploitation).

Dans ce contexte, l'amélioration de la viabilité repose prioritairement sur l'augmentation de la demande raccordable et/ou sur la concentration des débouchés à proximité du site, afin d'accroître la densité linéaire, le volume annuel livré et le facteur de charge du réseau.

L'intégration progressive de consommateurs à besoin thermique significatif et relativement constant (installations industrielles, plateformes agro-industrielles et agricoles, logistique avec besoins de chauffage, serres) constitue un levier structurant.

La concrétisation de ces axes de valorisation n'est cependant pas pleinement maîtrisable par ECLAIRION. Le volet chaleur fatale doit être conduit dans une logique de consolidation des discussions avec les acteurs.

Ainsi au regard des conclusions de l'étude, et à ce stade des débouchés potentiels existant sur le territoire, il ne semble pas faisable de valoriser la chaleur fatale produite par le centre de données dans des conditions techniques mais surtout économiques pour les potentiels abonnés acceptables. Et ainsi dans ces conditions, il semblerait qu'Eclairion puisse déroger à l'obligation de valorisation de sa chaleur fatale selon l'article R237-6 du code l'énergie, cela reste encore à être confirmé par la publication d'un arrêté ministériel qui doit préciser les conditions technico-économiques mentionnées à l'article R. 237-6.

2.3. Emissions de gaz à effet de serre

2.3.1. Installations visées

Le projet prévoit l'implantation sur le bâtiment PM2 de 3 groupes électrogènes pour assurer la production d'électricité en cas de coupure de l'alimentation principale en électricité (RTE) et de défaillance des onduleurs. D'une puissance unitaire de 6,5 MW, ils seront alimentés à partir de 3 cuves de 20 m3 d'Huile Végétale Hydrotraitee (HVO).

Il s'agit d'installations de secours qui n'ont pas pour vocation de fonctionner en continu. Selon les préconisations constructeur, leur mise en route sera limitée en fonctionnement normal aux tests de fonctionnement périodique : 10 min minimum / semaine + 1h /an.

Ces équipements feront l'objet d'une maintenance régulière et d'un suivi du rendement et des paramètres de combustion lors des tests.

En cas d'épisode de coupure électrique, ils pourront se déclencher et fonctionner le temps de la récupération des informations du data center. La durée maximale de fonctionnement par épisode est estimé à quelques minutes mais les groupes sont dimensionnés pour pouvoir fonctionner pendant 72h maximum.

Il s'agira d'installations neuves préconçues pour une utilisation rationnelle du combustibles et une efficacité énergétique conforme aux exigences actuelles.

2.3.2. Bilan des émissions de gaz à effets de serre

Les émissions de gaz à effet de serre associées au fonctionnement des groupes électrogènes dépendront des temps de fonctionnement de ces installations destinées à fonctionner uniquement en secours et donc de la consommation de HVO associée.

Les sources d'émission de gaz à effet de serre sont les émissions liées au fonctionnement des groupes électrogènes. Le combustible utilisé est de l'Huile Végétale Hydrotraitee (HVO). Il s'agit d'un carburant d'origine renouvelable conçu pour les applications non routières. Il est produit à partir d'huiles végétales, de graisses animales ou d'huiles usagées, grâce à un procédé d'hydrotraitement. Ce carburant offre une alternative durable aux carburants fossiles traditionnels utilisés dans des équipements tels que les machines agricoles, les engins de construction, les groupes électrogènes et les équipements industriels.

Les principes de maîtrise des émissions seront axées sur :

- Une maintenance régulière des groupes électrogènes et des réserves associées

- Des tests de fonctionnement périodique selon préconisation constructeurs : 10 min minimum / semaine + 1h /an
- Un suivi du rendement et des paramètres de combustion lors des tests
- Un suivi précis des consommations de HVO

Un plan de surveillance des émissions sera mis basé sur le calcul des émissions de HVO en fonction du temps de fonctionnement et/ou de la consommation réelle des groupes.

Il intégrera les émissions dues aux essais hebdomadaires mais également aux épisodes de secours intervenus dans l'année.

Les émissions annuelles sont estimées de la manière suivante :

Pour le calcul, le HVO sera considéré comme du fioul domestique.

Pour le calcul, on considèrera de façon majorante des tests hebdomadaires de 10min, soit 9,67 h / an / par groupe, et une consommation unitaire de 692 l/h, le volume de combustible consommé est estimé à 20,1 m³/an au total des 3 groupes.

Le facteur d'émission définit par la base OMINEA du CITEPA pour le fioul domestique est de 3,17 tCO₂ / t.

Avec une masse volumique de 0,772 t/m³ définit par la FDS du HVO, les émissions annuelles sont estimés à :

49,1 t CO₂ /an

En cas de coupure électrique, les groupes électrogènes prendront le relai de l'alimentation principale de l'IA factory afin de finaliser les calculs en cours et de procéder à l'arrêt des installations de manière progressive. Cette durée de mise en sécurité est estimée logiquement à environ quelques minutes.

Afin de prendre en compte les aléas de la ressource électrique, les groupes sont cependant dimensionnés pour un fonctionnement sur une période maximale de 72 h en continu.

Chaque épisode pourra donc représenter une émission maximale globale allant de 1 t CO₂ (10min) à 366 t CO₂ (72h).

3. ANNEXES

Etude prospective sur la valorisation de la chaleur fatale a été réalisée (GINGER BURGEAP - février 2026)



ECLAIRION

17 Rue du 8 Mai 1945, 72310 Bessé-sur-Braye

Etude prospective sur la valorisation de la chaleur fatale

Rapport

Réf : EDLB.P0039

AES/LUS/AUM

19/02/2026



GINGER BURGEAP Région Loire-Bretagne (Tours) • 8, 10, 12, rue du docteur Herpin
37000 Tours

Tél : 02 47 75 25 45 • burgeap.tours@groupeginger.com



ECLAIRION

17 Rue du 8 Mai 1945, 72310 Bessé-sur-Braye

Etude prospective sur la valorisation de la chaleur fatale

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	19/02/2026	01	A. EL SAIED	L. SEGUINOT	A. MERCIER

RÉFÉRENCE DU RAPPORT	EDLB.P0039 – R01.v01
DOMAINE TECHNIQUE H4i	ENVT612 – 4/14/LB/05

SOMMAIRE

1.	Contexte général.....	5
2.	Etape 1 : Evaluation réglementaire	6
3.	Etape 2 : Evaluation du potentiel d'énergie récupérable pour valorisation thermique	8
4.	Etape 3 : Analyse des besoins énergétiques locale des bâtiments (publique et privée).....	9
4.1	Zones d'opportunité.....	10
4.2	Analyse des consommateurs publics	11
4.3	Analyse des consommateurs privés	13
5.	Etape 4 : Evaluation technique de la création d'un réseau de chaleur .	15
5.1	Identification de tracé de réseau de chaleur possible	15
5.2	Analyse de densité énergétique du tracé identifié	16
5.3	Synthèse.....	16
5.4	Sélection de 3 scénarios de distribution	17
5.4.1	Scénario 1	18
5.4.2	Scénario 2	19
5.4.3	Scénario 3	20
6.	Etape 5 : Evaluation du taux de valorisation de la chaleur	21
6.1	Définition et cadre méthodologique	21
6.2	Hypothèses et calculs énergétiques	21
7.	Etape 6 : Scénario d'augmentation de la densité énergétique du réseau	22
7.1	Projet des serres agricoles	22
7.2	Potentiels futurs consommateurs	24
7.2.1	ZA de la borde.....	25
7.2.2	ZA des Chapelles.....	26
7.2.3	Secteurs des Varennes	26
8.	Etape 7 : Etude économique	27
8.1	Hypothèses de calcul.....	27
8.2	Subventions : Fond de chaleur ADEME.....	27
8.3	CAPEX réseau (hors datacenter)	28
8.4	CAPEX datacenter (hors réseau)	29
8.5	Coût d'exploitation	29
8.6	Prix de vente de la chaleur	30
9.	Conclusion et recommandations	32

TABLEAUX

Tableau 1 : Energie valorisable sur le site.....	8
Tableau 2 : Potentiels consommateurs publics	11
Tableau 3 : Synthèse des données de consommation des usagers privés identifiés	14
Tableau 4 : densité énergétique du réseau avec un potentiel raccordement des serres agricoles	24
Tableau 5 : CAPEX hors datacenter.	28
Tableau 6 : CAPEX datacenter.	29

Tableau 7 : Coût d'exploitation.	29
Tableau 8 : Prix de vente de la chaleur.	30

FIGURES

Figure 1 : Positionnement du site du projet.	5
Figure 2 : schéma hydraulique simplifié.	8
Figure 3 : Zones d'opportunité à proximité du projet.	10
Figure 4 : Potentiels consommateurs publics.	11
Figure 5 : Potentiels consommateurs privés.	13
Figure 6 : Tracé du réseau de chaleur qui alimente tous les potentiels consommateurs.	15
Figure 7 : Evolution de la densité énergétique (a) et de la consommation énergétique (b) en fonction du nombre de points de raccordement.	16
Figure 8 : Tracé du réseau – Scénario 1.	18
Figure 9 : Tracé du réseau – Scénario 2.	19
Figure 10 : Tracé du réseau – Scénario 3.	20
Figure 11 : Potentiels positionnements des serres agricoles à proximité du site.	23
Figure 12 : Potentiels raccordements des serres agricoles au tracé du réseau.	24
Figure 13 : Positionnement de la ZA de la Borde par rapport au site du projet.	25
Figure 14 : Positionnement de la ZA des Chapelles par rapport au site du projet.	26
Figure 15 : Positionnement du secteur des Varennes par rapport au site du projet.	26
Figure 16 : Périmètre d'éligibilité et taux d'aide maximum.	28

1. Contexte général

La valorisation de la chaleur fatale rejetée par les centres de données dédiés au calcul IA constitue un levier pertinent d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction de l'empreinte carbone des systèmes de chauffage urbains. La majeure partie de l'énergie électrique consommée par les équipements informatiques et auxiliaires est dissipée sous forme de chaleur, évacuée de manière continue par les systèmes de refroidissement. Dans le cas du « Direct Liquid Cooling », la boucle chaude fournit typiquement un fluide caloporteur à température modérée ($\approx 40\text{--}46\text{ }^{\circ}\text{C}$). Elle présente un profil de disponibilité stable et prévisible, favorable à son intégration dans des réseaux de chaleur. Son utilisation requiert toutefois, dans la plupart des cas, une élévation de la température par une pompe à chaleur afin d'être compatible des exigences d'un réseau chaleur (notamment pour l'eau chaude sanitaire – ECS).

Dans le cas de la future « IA factory » à Bessé-sur-Braye, la récupération de cette énergie représente un enjeu majeur de valorisation énergétique territoriale. En effet, la montée en puissance du centre de données (jusqu'à 70 MW IT) engendrera un flux thermique conséquent, dont la valorisation permettrait de réduire significativement la consommation d'énergie primaire fossile sur le territoire.

Ainsi, la valorisation de la chaleur fatale du data center s'inscrit pleinement dans une démarche d'optimisation énergétique systémique, contribuant à la fois à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et à l'amélioration du rendement global du système énergétique local.

La figure ci-dessous illustre l'implantation du datacenter dans la commune de Bessé-sur-Braye.



Figure 1 : Positionnement du site du projet.

L'étude est structurée en sept étapes, détaillées dans les sections suivantes du rapport :

- Etape 1 : Evaluation réglementaire
- Etape 2 : Evaluation du potentiel d'énergie récupérable pour valorisation thermique
- Etape 3 : Analyse des besoins énergétique locale des bâtiments (publique et privée)
- Etape 4 : Evaluation technique du développement d'un réseau de chaleur urbain
- Etape 5 : Scénario d'augmentation de la densité énergétique du réseau
- Etape 6 : Evaluation du taux de valorisation de la chaleur

- Etape 7 : Etude économique

2. Etape 1 : Evaluation réglementaire

Avec la publication récente de la loi DDADUE du 30 avril 2025 et la publication du décret d'application de la loi le 29 décembre 2025, le cadre réglementaire impose plusieurs obligations aux centres de données en fonction de leur puissance énergétique totale installée. Ces exigences concernent principalement la transmission d'informations, la publication de données, ainsi que la valorisation de la chaleur fatale.

Définition d'un centre de données (article L236-1 du code de l'énergie) : un centre de données est « une structure ou un groupe de structures servant à héberger, à connecter et à exploiter des systèmes ou des serveurs informatiques et du matériel connexe ». Ainsi une « IA factory » rentre bien dans la définition d'un centre de données.

I. Obligations pour les centres de données de puissance supérieure (la puissance s'évalue à l'échelle du SIRET) à 500 kW :

Conformément à l'article L236-1 et aux articles R236-1 à R236-7 du code de l'énergie, les centres de données dont la puissance dépasse 500 kW doivent respecter les obligations suivantes :

- Transmission annuelle d'informations : les données relatives à l'année N-1 doivent être transmises au plus tard le 15 mai au ministre chargé de l'énergie.
- Publication au public : ces informations doivent également être rendues publiques.
- Précisions par arrêté ministériel : un arrêté ministériel définit les données à fournir, les modalités de transmission ainsi que les formats attendus.

II. Obligations pour les centres de données de puissance supérieure à 1 MW

Les centres de données dont la puissance dépasse 1 MW doivent valoriser leur chaleur fatale, et cela est réputé vrai dès lors que le **facteur d'efficacité de réutilisation de chaleur fatale (ERF) est supérieur ou égal à 0,2** (article R237-4).

Le facteur ERF est défini au sens de l'annexe III du règlement délégué (UE) 2024/1364 de la Commission du 14 mars 2024 comme :

$$ERF = \frac{E_{REUSE}}{E_{DC}}$$

E_{DC} : énergie totale consommée par le site, incluant électricité, combustibles ou autres sources nécessaires pour le refroidissement.

E_{REUSE} : énergie fatale réutilisée en dehors du périmètre du centre de données.

III. Analyse coûts-avantages en cas de création ou de modification d'ampleur :

En cas de projet de création ou de modification d'ampleur d'un centre de données (dont le coût atteint plus de 50 % de celui d'une installation neuve comparable article R237-3), et lorsque $P > 1$ MW et $ERF < 0,2$, une analyse coûts-avantages doit être réalisée.

Cette analyse a pour objectif d'évaluer l'opportunité de valoriser la chaleur fatale utilisé hors du site.

Transmission : l'analyse doit être transmise avec le dossier de demande de permis de construire.

NOTA : Dans le cas d'installations relevant des installations classées pour la protection de l'environnement, transmission avec le dossier d'autorisation ou d'enregistrement, dans tous les cas l'analyse doit être transmise à l'autorité administrative compétente pour autoriser la mise en service de l'installation ou, à défaut, à l'autorité administrative compétente pour autoriser la construction de l'installation.

Cas d'exemption : « Sont exemptées de l'obligation de réaliser une analyse coûts-avantages les installations répondant à l'une des conditions suivantes : »

- Lorsque le rejet d'énergie fatale non valorisable est inférieure à un seuil fixé par arrêté ministériel.
- Lorsque l'opportunité de valorisation est située à une distance supérieure à un seuil défini par arrêté ministériel.
- Si l'installation ne fonctionne qu'en période de pointe ou de secours, pour une durée < 1500 heures.
- Si le centre valorise déjà sa chaleur fatale ($ERF \geq 0,2$) ou s'engage à le faire dans les meilleurs délais au plus tard dans les cinq ans suivant la mise en service.

IV. Dispositions transitoires :

Pour les projets dont la demande de permis de construire a été déposée avant le 1er janvier 2026, et répondant aux conditions $P > 1$ MW et $ERF < 0,2$, une analyse coûts-avantages doit être réalisée et transmise avant le 1er octobre 2027.

V. Dérogations à l'obligation de valorisation de chaleur fatale

Selon les articles L236-2 et R237-4, une dérogation peut être accordée lorsque :

- Les conditions technico-économiques ne permettent pas d'atteindre la valeur seuil du facteur ERF ;
 - Dans ce l'analyse coûts-avantages doit le démontrer ;
 - Le centre de données reste tenu de valoriser une part de la chaleur fatale dans des conditions technique et économiques acceptables.

Un arrêté ministériel doit préciser les critères technico-économiques permettant d'évaluer ces conditions (arrêté à paraître).

En conclusion, après analyse de la réglementation, et ayant connaissances des données du projet, Eclairion doit valoriser la chaleur fatale qu'il produit par le centre de données, et doit réaliser une analyse couts-avantages qu'il doit transmettre à l'autorité administrative compétente.

Notre étude d'opportunité s'inscrit dans les objectifs visés par l'analyse couts-avantages. Elle pourra être présentée à l'autorité administrative compétente dans ce but sous réserve que la méthodologie de notre étude, les données traitées, les informations fournies, les conclusions tirées par celle-ci restent en accord avec les modalités de l'arrêté ministériel à paraître.

3. Etape 2 : Evaluation du potentiel d'énergie récupérable pour valorisation thermique

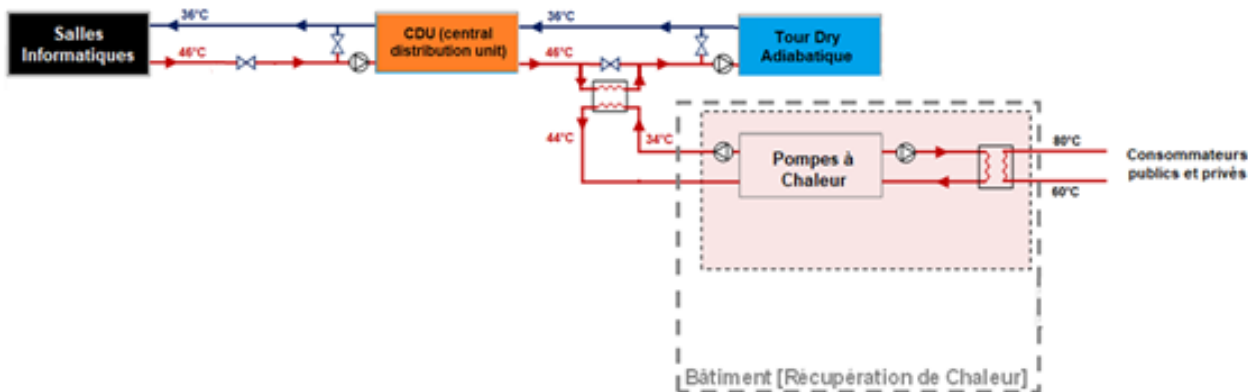


Figure 2 : schéma hydraulique simplifié.

L'architecture de refroidissement se répartit entre une boucle chaude couvrant 70 % des besoins, assurée par Direct Liquid Cooling (DLC) et alimentée en froid par une tour dry adiabatique, et une boucle froide représentant 30 %, basée sur un système de portes froides / rear-door cooling alimenté par des groupes froids. Les régimes de température associés sont les suivants : pour la boucle chaude (DLC), 36 °C en entrée et 46 °C en sortie ; pour la boucle froide (porte froide), 18 °C en entrée et 24 °C en sortie. Le dispositif de récupération de chaleur est conçu pour capter l'énergie thermique résiduelle sur la boucle chaude en sortie des CDU, où la température moyenne du fluide atteint environ 46 °C.

Le site de Bessé-sur-Braye accueillera à terme un centre IA d'une capacité électrique installée de 70 MW IT. En régime nominal, la puissance thermique récupérable est estimée à ≈ 37 MWth pour une température de récupération comprise entre 40 et 46 °C. Cette estimation repose sur les hypothèses suivantes : 70 % de la charge de refroidissement assurée par le DLC (données client), un rendement (effectiveness) d'échange de 80 % au niveau de l'échangeur de récupération (hypothèse volontairement conservatrice, des échangeurs atteignant 90–95 % étant disponibles selon les conditions de dimensionnement), un taux de charge du centre de données de 80% (données client) ainsi qu'une hypothèse de pertes de 5 % au titre des pertes hydrauliques et thermiques (pompage, pertes en ligne).

Le tableau ci-dessous présente la répartition mensuelle de l'énergie thermique récupérable sur l'année en régime nominal.

Tableau 1 : Energie valorisable sur le site.

Année	Mois	Nb de jour du mois	Energie valorisable [MWh]
	1	31	22 165
	2	28	20 020
	3	31	22 165
	4	30	21 450
	5	31	22 165
	6	30	21 450

Année	Mois	Nb de jour du mois	Energie valorisable [MWh]
	7	31	22 165
	8	31	22 165
	9	30	21 450
	10	31	22 165
	11	30	21 450
	12	31	22 165
	Total	365	260 978

La quantité d'énergie thermique récupérable en régime nominal est évaluée à 261 GWh.

Ce calcul a été réalisé au niveau de l'échangeur de chaleur (voir figure ci-dessus), sur la base d'un régime de température de 40 à 46 °C, sans intégration d'un relèvement de température par pompes à chaleur vers des niveaux de 75 à 80 °C.

Après rehausse de température par PAC, en considérant un COP annuel moyen ≈ 4.9 , l'énergie thermique utile théorique disponible aux conditions de livraison est estimée à 328 GWh/an.

NOTA : La récupération de chaleur pourrait être aussi faite sur le retour de la boucle du circuit primaire des groupes froids du système de refroidissement par portes froides. Mais étant donné la température du retour plus faibles ($\sim 26^{\circ}\text{C}$) que le système de refroidissement DLC, la récupération est plus efficace (meilleur COP) sur le DLC, et on le verra par la suite les besoins du territoire sont bien inférieurs à la quantité d'énergie accessible.

4. Etape 3 : Analyse des besoins énergétiques locale des bâtiments (publique et privée)

Dans le cadre du projet de valorisation de la chaleur fatale récupérée au niveau du centre de données, il est essentiel d'analyser les besoins énergétiques du territoire environnant afin d'identifier les débouchés possibles pour cette énergie excédentaire. Cette étude vise à caractériser la demande énergétique des consommateurs situés à proximité du site, qu'il s'agisse **d'acteurs publics ou privés**, en évaluant leurs besoins en énergie thermique, leur profil de consommation et leur compatibilité avec les caractéristiques de la chaleur récupérable.

4.1 Zones d'opportunité



Figure 3 : Zones d'opportunité à proximité du projet.

D'après les données disponibles sur la plateforme ENREZO, , une plateforme cartographique nationale d'aide à la planification des réseaux de chaleur et de froid développée par le Cerema, deux zones d'opportunité sont identifiées dans un rayon de 1,5 km autour du site du projet, sur la commune de Bessé-sur-Braye. Ces zones sont classées comme « zone à potentiel » et « zone à potentiel fort », pour un besoin énergétique global estimé $\leq 1,5$ GWh/an.

En élargissant le périmètre d'analyse à 5 km (et au-delà), aucune zone supplémentaire n'est identifiée sur les communes voisines. Cette absence de nouveaux pôles de demande limite a priori le potentiel de valorisation de l'énergie récupérable sur site via un réseau de chaleur ou une fourniture de chaleur à des tiers.

Afin d'affiner l'identification des débouchés, une analyse à une échelle plus fine sera menée (à l'échelle d'établissements), consistant à recenser les consommateurs potentiels significatifs susceptibles de présenter un besoin de chaleur compatible (industries, tertiaire, logements collectifs, équipements publics et privés), et à qualifier leur niveau de consommation, leur profil de demande, et leur distance au site.

Le paragraphe suivant présente les catégories de consommateurs identifiées et les premiers éléments de caractérisation.

4.2 Analyse des consommateurs publics



Figure 4 : Potentiels consommateurs publics

Les potentiels consommateurs situés à proximité du Data Center ont été identifiés dans un rayon de 1.5 km autour du site, sur la commune de Bessé-sur-Braye. Une liste de 14 consommateurs potentiels a été établie à partir de la base de données ENREZO, un outil cartographique en ligne développé par le Cerema, avec le soutien de la DGECC et de l'ADEME.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des consommations estimées pour chacun de ces consommateurs.

Tableau 2 : Potentiels consommateurs publics

	Site	Consommation chaud (MWh/an)	Adresse
1	Piscine municipale de Bessé-sur-Braye	207	Rue du Val de Braye, 72310 Bessé-sur-Braye
2	Ancien Foyer Culturel	41	3 avenue de la Gare, 72310 Bessé-sur-Braye

	Site	Consommation chaud (MWh/an)	Adresse
3	Ecole primaire groupe 1	68	2 Av. de la Gare, 72310 Bessé-sur-Braye
4	Ecole maternelle bourg joli	56	10 Rue Paul Herbault, 72310 Bessé-sur-Braye
5	Médiathèque	33	
6	Salle de fete Pléiade	51	Les Parcs, 72310 Bessé-sur-Braye
7	Mairie	24	Pl. de L Hôtel de ville, 72310 Bessé-sur-Braye
8	Église Notre-Dame-de-l'Assomption	25	72310 Bessé-sur-Braye
9	Ecole Primaire Groupe 2	57	2 Av. de la Gare, 72310 Bessé-sur-Braye
10	Maison de Retraite Louis Pasteur	267	40 Rue Pasteur, 72310 Bessé-sur-Braye
11	Salle de fete Saint gilles	18	Imp. Saint-Gilles 0, 72310 Bessé-sur-Braye
12	La poste	4	15 Rue Emile Zola, 72310 Bessé-sur-Braye
13	Gymnase Bonneuil - Bessé-Sur-Braye	221	17-27 Av. de Courtanvaux, 72310 Bessé-sur-Braye
14	Collège Courtanvaux	245	Av. de Courtanvaux, 72310 Bessé-sur-Braye
	Total	1 538	

La consommation globale estimée pour l'ensemble de ces consommateurs s'élève à environ 1.5 GWh.

4.3 Analyse des consommateurs privés

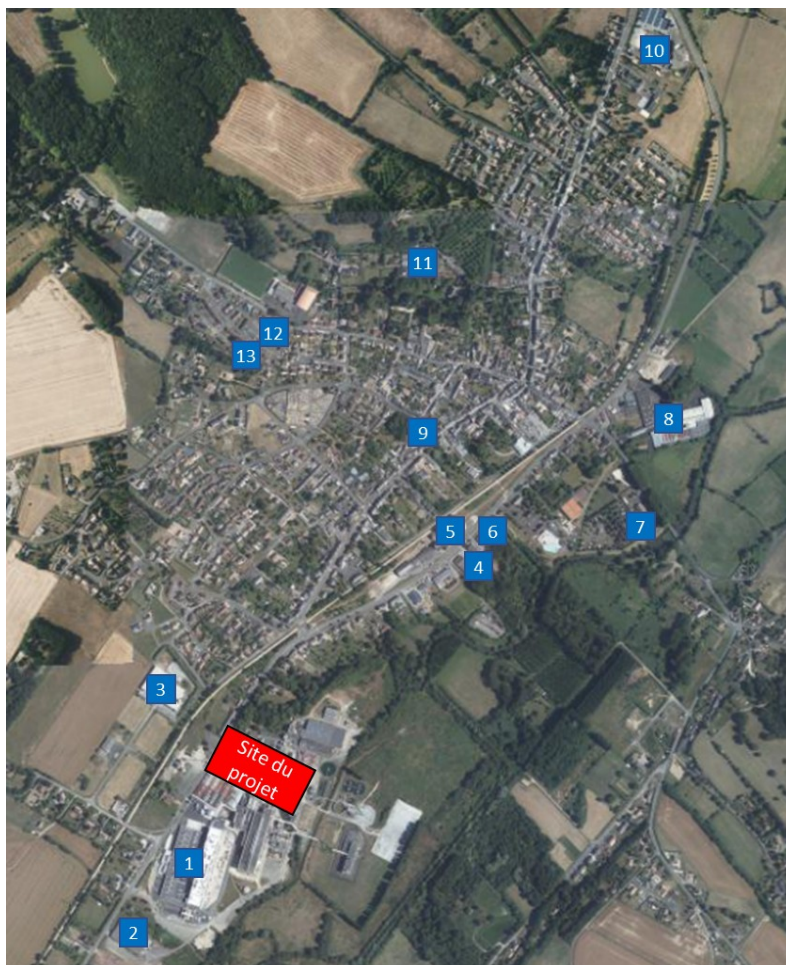


Figure 5 : Potentiels consommateurs privés

De même pour les consommateurs privés potentiels, ils ont été recensés dans un rayon de 1.5 km du datacenter. Une liste de 13 sites a été identifiée à partir de la base de données ENREZO.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des consommations estimées pour chacun de ces consommateurs.

Tableau 3 : Synthèse des données de consommation des usagers privés identifiés

	Site	Consommation chaud (MWh)	Adresse
1	MANIKHEIR	1080	21 Rue du 8 Mai 1945, 72310 Bessé-sur-Braye
2	M.P.M Maintenance Industrielle	395	3c Rte de la Chartre, 72310 Bessé-sur-Braye
3	PLASTOLOIR	346	Les Parcs, 72310 Bessé-sur-Braye
4	Site commercial : Les Charpentes de la Couarde	105	37 Rue du Val de Braye, 72310 Bessé-sur-Braye
5	Agrial	163	Rue du Val de Braye, 72310 Bessé-sur-Braye
6	Entrepot	41	39 Rue du Val de Braye, 72310 Bessé-sur-Braye
7	Site tertiaire et résidentiel	130	36 Rue Gambetta, 72310 Bessé-sur-Braye
8	Zone industrielle	931	6161 Rue du Dr Ferrien, 72310 Bessé-sur-Braye
9	Site résidentiel	49	40 Rue Jean Jaurès, 72310 Bessé-sur-Braye
10	Super U	347	2 Les Sablonnières, 72310 Bessé-sur-Braye
11	Usine Textile	95	2 Ter All. de Courchet, 72310 Bessé-sur-Braye
12	Site résidentiel	91	13 Av. de Courtanvaux, 72310 Bessé-sur-Braye
13	Site résidentiel	95	11 Rue Maman Quiou, 72310 Bessé-sur-Braye
Total		3 868	

La consommation globale estimée pour l'ensemble de ces consommateurs s'élève à environ 3.9 GWh.

La consommation potentielle de chaleur du parc d'établissements privés est estimée à 2,4 GWh/an, hors sites MANIKHEIR et PLASTOLOIR. En l'absence de données mesurées pour ces deux sites, Ginger BURGEAP a procédé à une estimation des besoins en chauffage et ECS à partir de ratios énergétiques de référence, définis selon le type de bâtiment et la nature de l'activité (bâtiment industriel fonctionnant en 3x8) (valeurs indiquées en orange dans le tableau ci-dessus).

Les surfaces chauffées ont été estimées sur la base de l'hypothèse selon laquelle 50 % de la surface totale, déterminée via Géoportail, est chauffée, soit 7 500 m² pour MANIKHEIR et 2 400 m² pour PLASTOLOIR.

En intégrant les consommations de chauffage et d'ECS de MANIKHEIR et PLASTOLOIR, la consommation annuelle totale du secteur privé est évaluée à 3 868 MWh/an (soit 3,868 GWh/an), hors consommations spécifiques liées aux procédés industriels de ces deux sites.

5. Etape 4 : Evaluation technique de la création d'un réseau de chaleur

5.1 Identification de tracé de réseau de chaleur possible

À partir des résultats de l'étape 2 de l'étude, axée sur l'identification des consommateurs potentiels – qu'ils soient publics ou privés – un schéma de principe du réseau de chaleur a été élaboré. Celui-ci permet de desservir l'ensemble des points de consommation identifiés en valorisant la chaleur fatale issue du data center. Le réseau projeté est représenté dans la figure ci-dessous.

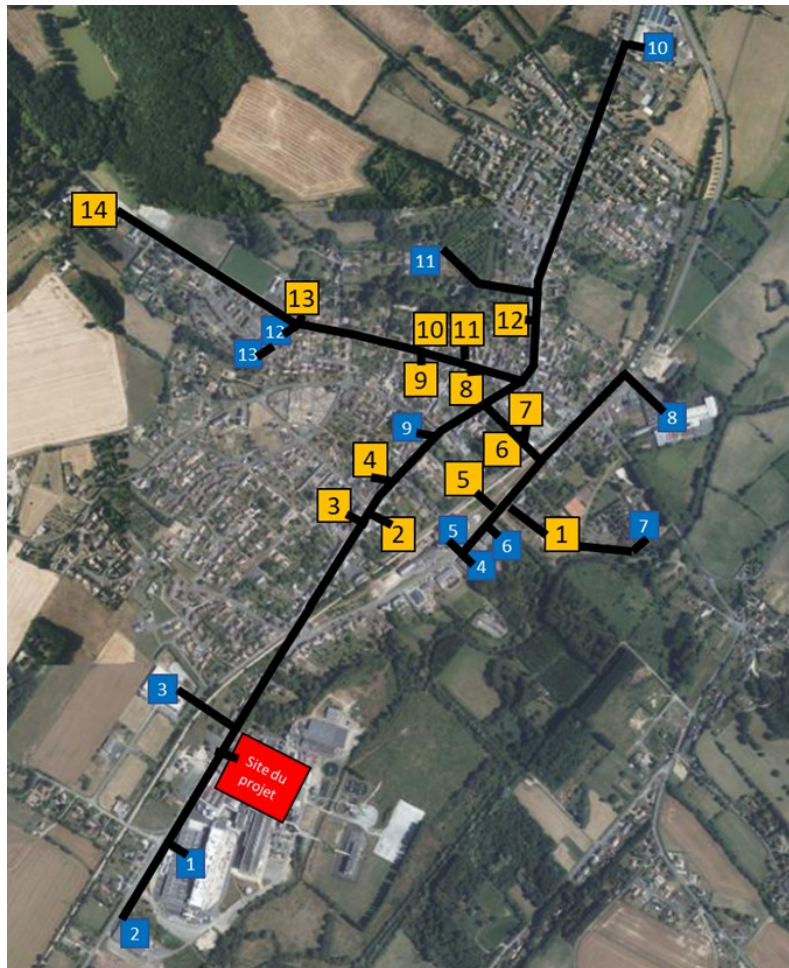


Figure 6 : Tracé du réseau de chaleur qui alimente tous les potentiels consommateurs.

Afin d'évaluer la rentabilité du réseau de chaleur proposé, une densité énergétique linéique, exprimée en MWh/ml, sera calculée. Ce paramètre intègre à la fois les besoins énergétiques totaux des consommateurs identifiés et la longueur totale du tracé du réseau. L'objectif est de quantifier l'intensité de la demande

énergétique le long du réseau afin de juger de sa pertinence technico-économique. Ce calcul sera présenté dans le paragraphe suivant.

5.2 Analyse de densité énergétique du tracé identifié

Afin d'évaluer la pertinence d'un éventuel réseau, une analyse de densité énergétique sera réalisée. Celle-ci repose sur le calcul de la quantité d'énergie thermique distribuée rapportée à la longueur de réseau à déployer (exprimée en MWh/ml). Une densité élevée constitue un indicateur de performance, garantissant une limitation des pertes thermiques linéaires et une rentabilité technico-économique accrue. À l'inverse, une densité faible induit un rapport défavorable entre pertes en ligne et énergie utile, compromettant la viabilité du réseau. L'estimation du linéaire de réseau requis a été réalisée à partir du plan de masse du projet et de la cartographie de la commune de Ballainvilliers, permettant d'obtenir un ordre de grandeur réaliste du déploiement envisagé.

Conformément aux recommandations de l'ADEME, une densité énergétique linéique supérieure à 1,5 MWh/ml est généralement considérée comme un seuil minimal de faisabilité pour un réseau de chaleur urbain. Le respect de ce seuil conditionne également l'éligibilité au Fonds Chaleur de l'ADEME, dispositif de soutien financier visant à favoriser le développement des énergies renouvelables et de récupération dans les réseaux de chaleur. Cette valeur de référence servira donc de critère d'évaluation dans l'analyse qui suit.

Sur la base des estimations précédentes, la consommation énergétique annuelle totale des consommateurs potentiels, publics et privés, est évaluée à **5 154 MWh**, pour un linéaire de réseau d'environ **5 550 mètres**. Il en résulte une densité énergétique linéique moyenne de **0.9 MWh/ml**, valeur inférieure au seuil de 1,5 MWh/ml généralement retenu par l'ADEME comme critère minimal de faisabilité pour l'éligibilité au Fonds Chaleur.

Afin de caractériser plus finement la distribution spatiale de cette densité, une analyse segmentaire a été menée. Celle-ci consiste à rapporter, pour chaque tronçon du réseau, la demande énergétique associée à la longueur de canalisation correspondante. Cette démarche permet d'identifier les portions du réseau où la densité énergétique devient insuffisante et pourrait compromettre la rentabilité ou la recevabilité du projet au regard des exigences technico-économiques.

Les figures ci-après présentent les densités énergétiques linéiques estimées par tronçon, en lien avec les différents pôles de consommation desservis.

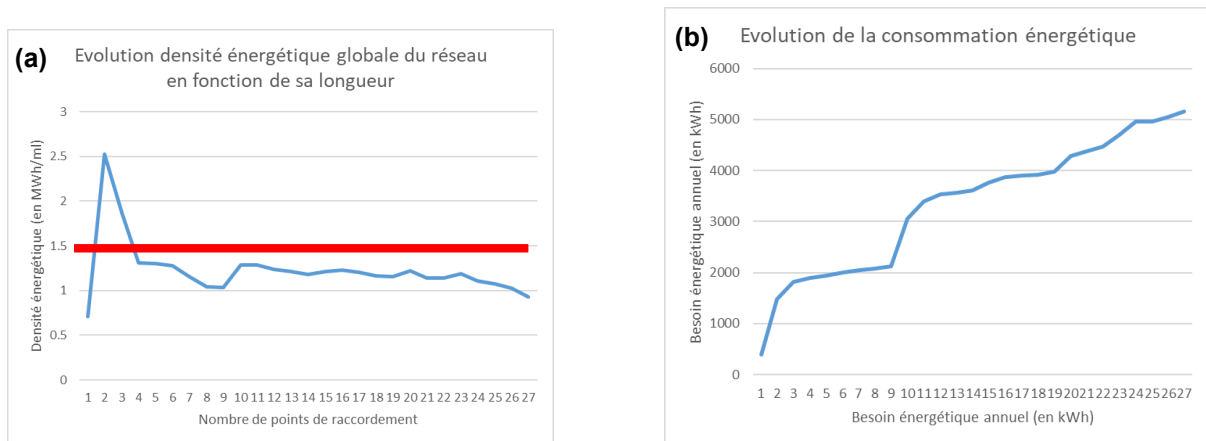


Figure 7 : Evolution de la densité énergétique (a) et de la consommation énergétique (b) en fonction du nombre de points de raccordement.

A l'échelle globale, la densité reste inférieure au seuil de 1,5 MWh/ml (environ 0.9 MWh/ml), ce qui la rend incompatible avec les critères de faisabilité technico-économique définis par l'ADEME.

Synthèse

À l'issue de cette analyse, plusieurs constats et recommandations peuvent être formulés :

- La densité énergétique linéique globale demeure faible, avec une valeur moyenne de 0.9 MWh/ml, inférieure au seuil minimal de 1,5 MWh/ml défini par l'ADEME pour la viabilité technico-économique des réseaux de chaleur. Ce réseau apparaît ainsi non viable sur les plans économique dans son périmètre actuel.

Afin d'améliorer la densité énergétique du périmètre étudié et la pertinence technico-économique du projet de valorisation, il est recommandé d'analyser plusieurs scénarios de valorisation à partir de l'existant, en restreignant progressivement le périmètre de desserte. Cette approche consiste à écarter les consommateurs les plus éloignés, dont l'intégration dégrade la densité énergétique (et donc la performance économique du réseau, via des longueurs de canalisations plus importantes, des pertes accrues et des coûts d'investissement plus élevés).

5.4 Sélection de 3 scénarios de distribution

En se basant sur l'analyse précédente, trois scénarios de tracé du réseau de chaleur peuvent être proposés :

1. **Scénario 1** : Déploiement de l'intégralité du réseau, incluant l'ensemble des consommateurs publics et privés.
2. **Scénario 2** : Le scénario 2 est une variante optimisée du scénario 1, conçue pour augmenter la densité énergétique linéaire du réseau. À partir d'une analyse par tronçons du tracé, les consommateurs 12 (parc public), 10 (parc privé) et 11 (parc privé) sont retirés du périmètre de raccordement dans ce scénario.
3. **Scénario 3** : De même, le scénario 3 constitue une optimisation du scénario 2 visant à accroître la densité énergétique linéaire du réseau. Sur la base d'une analyse par tronçons, le consommateur 14 (parc public) est exclu du périmètre de raccordement dans ce scénario.

5.4.1 Scénario 1

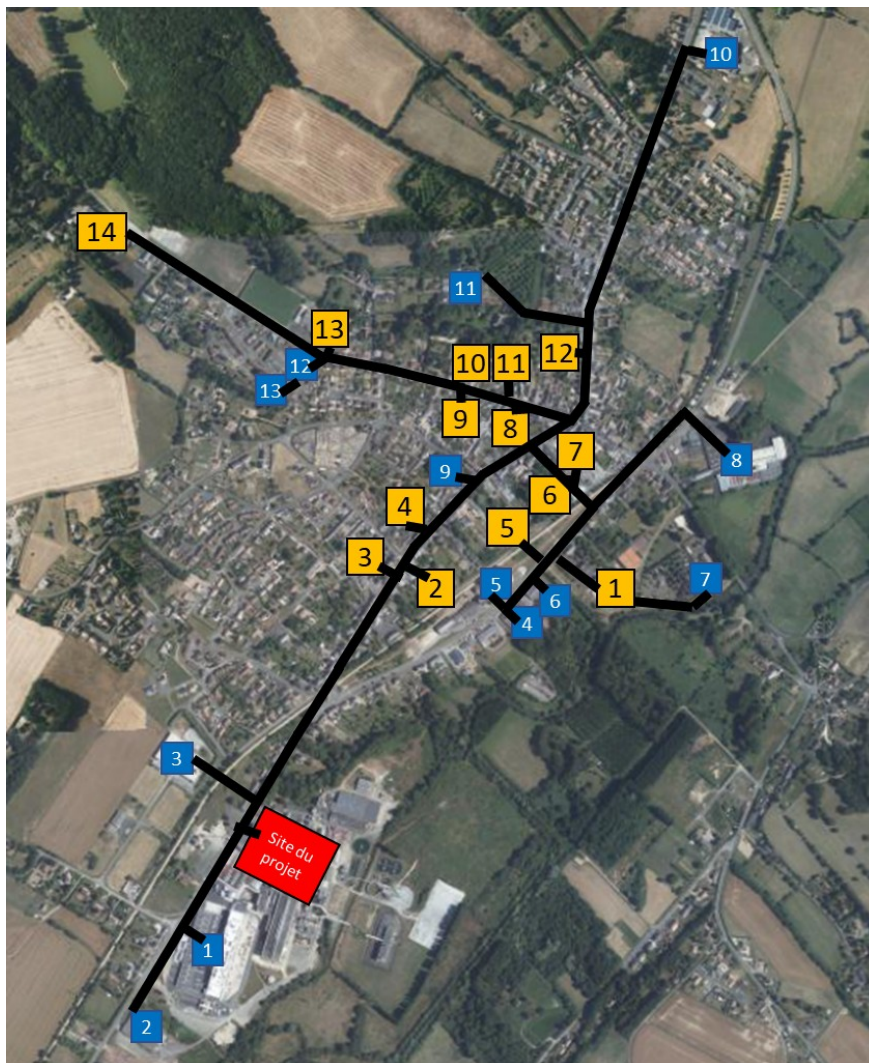


Figure 8 : Tracé du réseau – Scénario 1

Le scénario 1 présente l'intégralité du réseau en incluant tous les consommateurs. Il en résulte une consommation totale de 5 154 MWh (avec une puissance max de 7.3 MW) pour une distance totale de 5 550 mètres. La densité globale du réseau est ainsi évaluée à 0.9 MWh par mètre linéaire.

5.4.2 Scénario 2

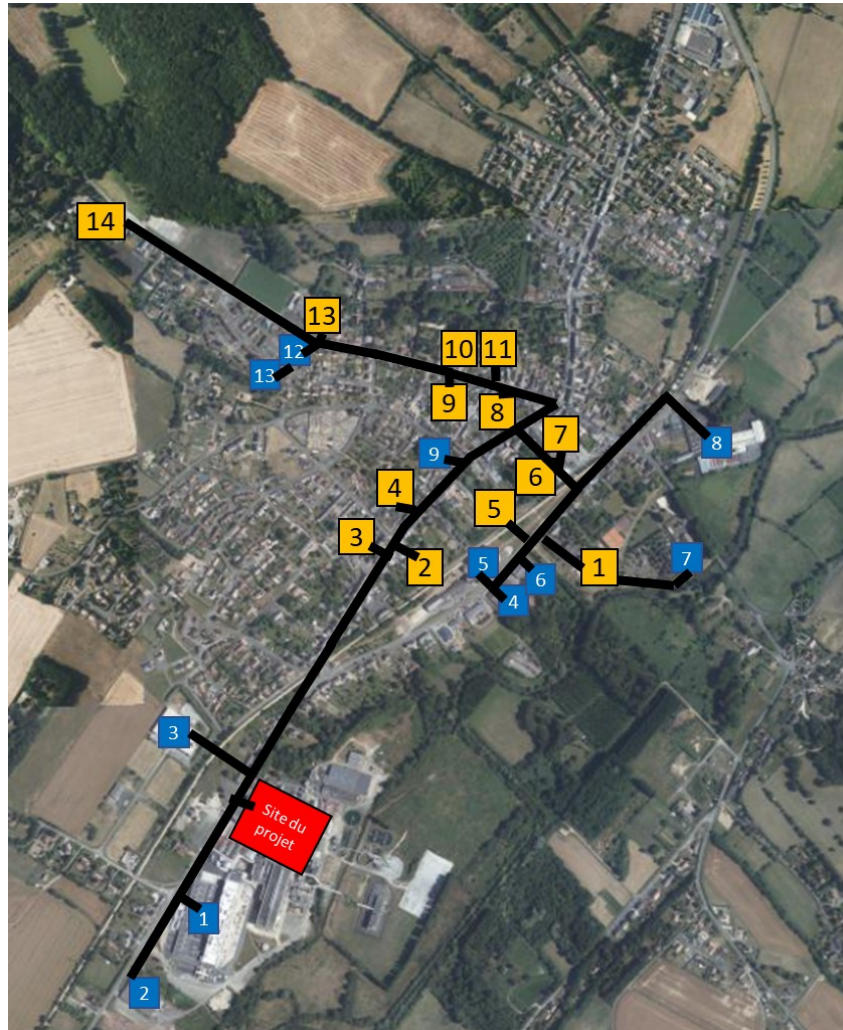


Figure 9 : Tracé du réseau – Scénario 2

Le scénario 2 correspond à une optimisation du scénario 1 visant à augmenter la densité énergétique linéaire du réseau. Sur la base d'une analyse par tronçons, les consommateurs 12 (parc public), 10 (parc privé) et 11 (parc privé) sont exclus du périmètre de raccordement dans ce scénario.

Cette configuration permet de desservir une consommation énergétique annuelle totale de 4 960 MWh (avec une puissance max de 6.8 MW) pour une longueur cumulée de réseau de 4 473 m, soit une densité énergétique moyenne de 1.1 MWh/ml.

5.4.3 Scénario 3

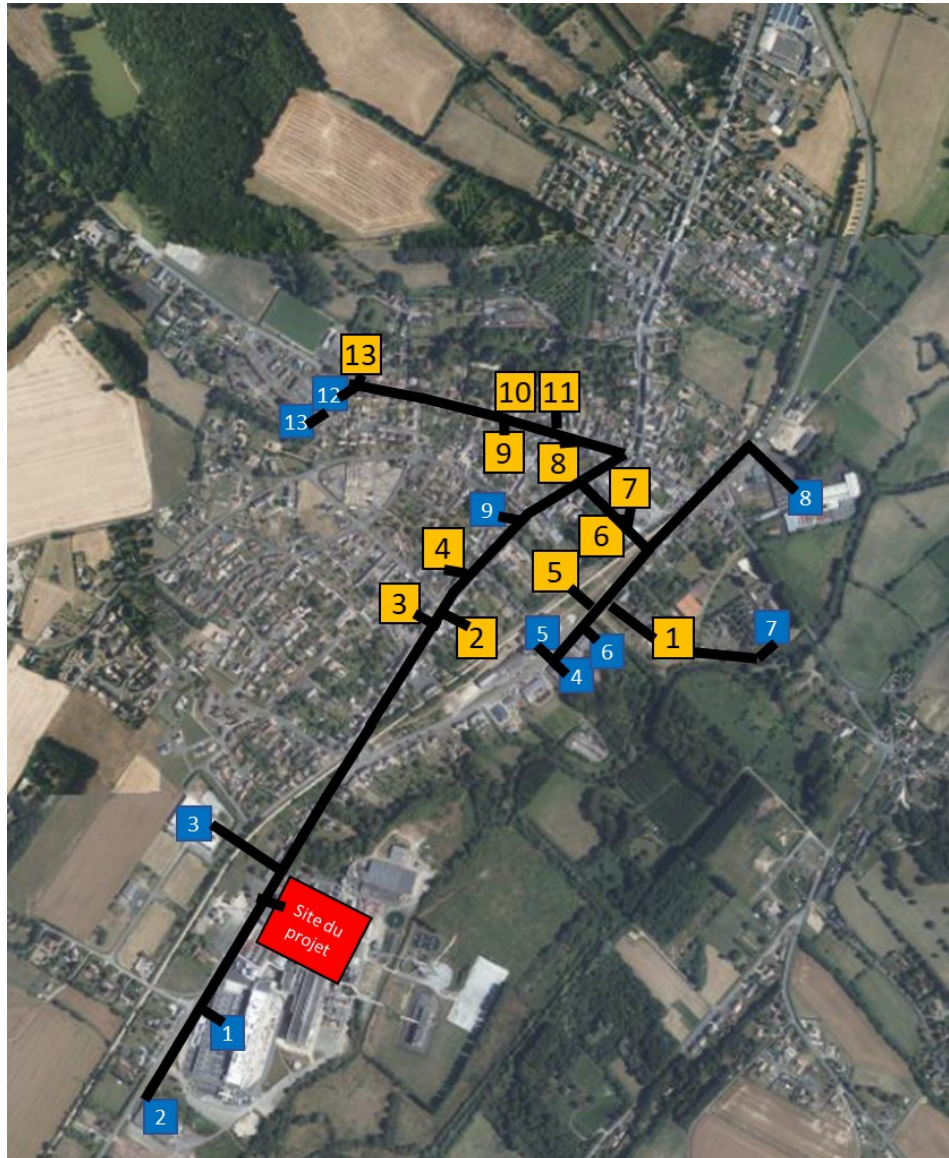


Figure 10 : Tracé du réseau – Scénario 3

De même, Le scénario 3 correspond à une optimisation du scénario 2 visant à augmenter la densité énergétique linéaire du réseau. Sur la base d'une analyse par tronçons, le consommateurs 14 (parc public) est exclu du périmètre de raccordement dans ce scénario.

Cette configuration permet de desservir une consommation énergétique annuelle totale de 4 697 MWh (avec une puissance max de 6.4 MW) pour une longueur cumulée de réseau de 3 953 m, soit une densité énergétique moyenne de 1.2 MWh/ml.

Etant donné que le scénario 3 maximise la valorisation de la chaleur issue du datacenter — en prenant en compte l'ensemble des consommateurs potentiels existants à proximité et en présentant une densité de réseau de chaleur supérieure à celles des scénarios 1 et 2 — il sera retenu pour la suite de l'étude. Il servira au calcul du pourcentage de chaleur valorisée par rapport à l'énergie consommée du datacenter, ainsi qu'à l'analyse économique.

6. Etape 5 : Evaluation du taux de valorisation de la chaleur

Ce paragraphe vise à quantifier l'adéquation entre (i) le gisement de chaleur fatale potentiellement exportable par le data center et (ii) le besoin de chaleur identifié à proximité. L'indicateur retenu (ERF) permet d'apprécier, au niveau macro-énergétique, la part d'énergie effectivement réutilisée hors périmètre du data center, et constitue donc un marqueur de performance environnementale.

6.1 Définition et cadre méthodologique

L'évaluation des performances énergétiques et de la valorisation de chaleur fatale du data center s'appuie sur les indicateurs normalisés PUE et ERF. Les définitions ci-dessous précisent le cadre méthodologique retenu et les conventions de calcul associées.

Le PUE (Power Usage Effectiveness) relie l'énergie totale consommée par l'installation à l'énergie consommée par les équipements IT, selon :

$$PUE = \frac{E_{DC}}{E_{IT}}$$

Dans le cadre de ce projet, un PUE de 1,5 est appliqué pour l'ensemble des calculs (ce chiffre correspond à la valeur cible du PUE dans la zone climatique et altitude du site du projet¹).

Le ERF (Energy Reuse Factor) correspond au rapport entre l'énergie réutilisée (exportée) et l'énergie totale consommée par le data center, et s'exprime par :

$$ERF = \frac{E_{REUSE}}{E_{DC}}$$

À noter : l'ERF ne mesure pas un « potentiel » théorique, mais bien la réutilisation effective, c'est-à-dire l'énergie réellement livrée à un usage externe.

6.2 Hypothèses et calculs énergétiques

En termes de données et d'hypothèses, la puissance IT installée est prise égale à $P_{IT} = 70$ MW. Avec un taux de charge moyen annuel de 80 %, on retient une puissance moyenne $P_{IT, moy} = 56$ MW. L'énergie annuelle IT s'écrit alors :

$$E_{IT} = P_{IT, moyen} \times 8\,760 = 56 \times 8\,760 = 490 \text{ GWh/an}$$

L'énergie annuelle totale du site est estimée à partir du PUE, selon :

$$E_{DC} = PUE \times E_{IT} = 1.5 \times 490 = 735 \text{ GWh/an}$$

Pour le besoin de chaleur local (scénario 3, public + privé), on retient :

$$E_{besoin} = 4.7 \text{ GWh/an}$$

En première approche (hypothèse majorante), on suppose que l'énergie réutilisée est bornée par le besoin local et qu'elle est entièrement satisfaite par la chaleur fatale :

$$E_{réutilisée} = 4.7 \text{ GWh/an}$$

L'ERF estimé vaut donc :

¹ Annexe I de l'arrêté du modifiant l'arrêté du 10 avril 2020 relatif aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire - arrêté du 1^{er} août 2025.

$$ERF = \frac{4.7}{735} = 0.63 \%$$

Soit un ordre de grandeur ~0,6 % (≈ 1 %).

Ce niveau d'ERF est faible au regard du gisement thermique théorique d'un data center. Il s'explique principalement par une contrainte de demande : la zone considérée présente une faible densité énergétique, ce qui limite l'absorption locale (le besoin identifié demeure faible au regard de E_{DC}).

Enfin, ce résultat est fortement conditionné par plusieurs hypothèses structurantes : raccordement effectif des consommateurs, robustesse des besoins projetés, adéquation des régimes de température (source/réseau/usages) et continuité d'exploitation du réseau.

7. Etape 6 : Scénario d'augmentation de la densité énergétique du réseau

Pour augmenter le taux de valorisation de la chaleur récupérable, renforcer la densité énergétique du périmètre de desserte et améliorer la robustesse technico-économique du projet de valorisation de chaleur fatale, plusieurs leviers peuvent être envisagés :

- Développement de débouchés thermiques à proximité immédiate du site, via des projets structurants présentant une demande de chaleur significative et relativement stable (serres agricoles, systèmes d'aquaponie).
- Valorisation complémentaire par anticipation des raccordements futurs, en identifiant et en réservant des capacités pour le raccordement progressif de consommateurs à moyen terme (zones d'activités, nouveaux programmes immobiliers, projets d'écoquartier), afin d'augmenter le volume annuel livré et d'améliorer les indicateurs de performance (densité linéaire, taux d'utilisation du réseau, ERF).

7.1 Projet des serres agricoles

Le projet d'IA factory est localisé au sein d'un territoire à dominante rurale, caractérisé par la présence d'espaces ouverts significatifs situés au sud-ouest du site. Ces surfaces présentent un potentiel de valorisation pour le développement d'activités à vocation agricole ou agro-industrielle. Dans cette optique, il apparaît pertinent d'envisager l'implantation de plusieurs infrastructures complémentaires à proximité immédiate du site (cf. figure ci-dessous).



Figure 11 : Potentiels positionnements des serres agricoles à proximité du site.

L'intégration d'une serre agricole dédiée à la culture de tomates constitue un exemple d'application possible. Le régime de température interne optimal pour ce type de culture est de 20 °C en période diurne et 18 °C en période nocturne, conditions permettant une croissance physiologique optimale des plants.

Le régime de température du circuit d'eau chaude nécessaire au maintien de ces conditions est de 50/35 °C, compatible avec les niveaux de température récupérables sur un datacenter après rehausse thermique, soit d'environ 40°C à 50°C. Ce couplage thermique favorise une synergie énergétique efficace entre la source de chaleur fatale et les besoins de chauffage de la serre.

Une serre de 35 000 m² présente une consommation thermique annuelle estimée à 12,5 GWh, pour une puissance maximale appelée de 3,5 MW, correspondant à une intensité énergétique surfacique moyenne de 357 kWh/m².an.

Dans le scénario étudié, deux serres agricoles sont implantées au sud-ouest du périmètre projet (cf. figure ci-dessous) :

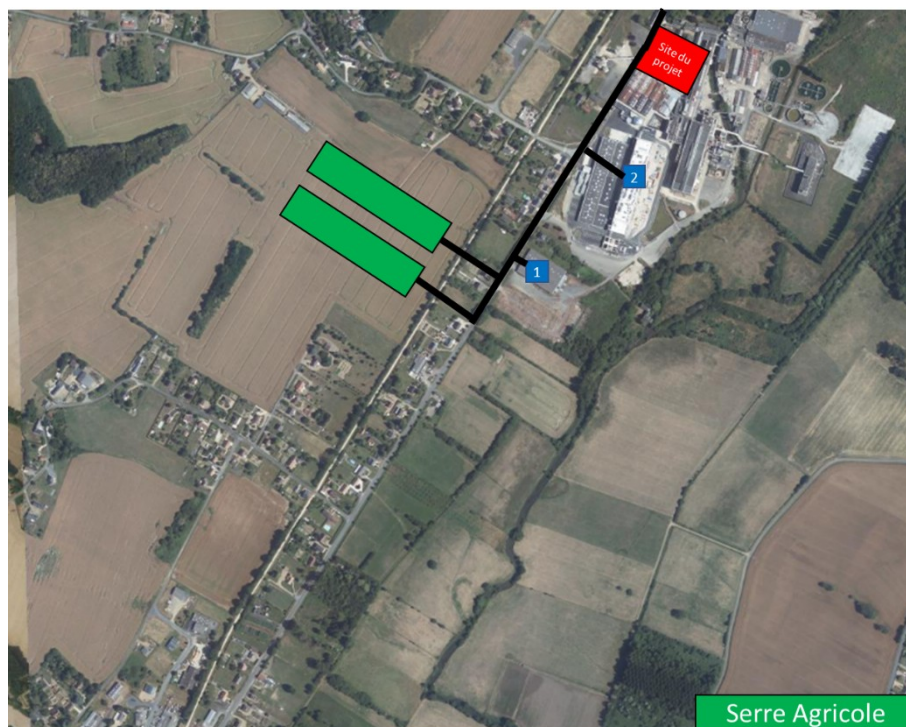


Figure 12 : Potentiels raccordements des serres agricoles au tracé du réseau.

L'ajout de ces consommateurs permet une valorisation annuelle de chaleur fatale d'environ 25 GWh, contribuant significativement à l'augmentation de la densité énergétique du réseau : De 0.9 à 6.4 MWh/ml/an.

Tableau 4 : densité énergétique du réseau avec un potentiel raccordement des serres agricoles

	Scénario 3 +Serres
Longueur totale du réseau [m]	4 653
Consommation Chaud [MWh]	29 700
Densité énergétique [MWh/ml]	6.4

Ces niveaux dépassent les seuils minimaux de densité énergétique définis par l'ADEME pour l'éligibilité au Fonds Chaleur, rendant ainsi le projet conforme aux critères de financement public.

Le taux de valorisation augmente ainsi d'environ 1 % à 4,7 %.

Enfin, le régime de température des serres agricoles (20°C à 50°C selon les usages) est compatible du régime de température du retour du DLC. Ainsi une connexion directe au centre de données sans passer par une réhausse de température est possible. Un autre raccordement est possible sur le retour du réseau de chaleur, dont les températures s'établissent entre 50 et 55 °C, assurant une intégration thermique efficace et limitant les besoins de rehausse énergétique.

7.2 Potentiels futurs consommateurs

Une deuxième possibilité de valorisation de la chaleur fatale est le raccordement potentiel de futures zones d'activités ou de logements sur la commune de Bessé-sur-Braye. Les futurs consommateurs potentiels

présentés ci-dessous représentent un potentiel de demande énergétique pouvant bénéficier de l'intégration d'un approvisionnement à base d'énergies renouvelables et de récupération, notamment via un raccordement à un réseau de chaleur valorisant la chaleur fatale issue du datacenter.

7.2.1 ZA de la borde



Figure 13 : Positionnement de la ZA de la Borde par rapport au site du projet.

ZA de la Borde — Zone d'activités destinée à l'implantation de nouvelles entreprises et/ou à l'extension d'entreprises existantes. Localisée à proximité immédiate du site du projet (≈ 200 m), la ZA constitue un potentiel de demande thermique et pourrait, sous réserve de faisabilité technico-économique, être raccordée au réseau de chaleur afin de contribuer à la valorisation de la production et à l'amélioration du taux de couverture.

7.2.2 ZA des Chapelles



Figure 14 : Positionnement de la ZA des Chapelles par rapport au site du projet.

Zone des Chapelles — Zone d'activités à vocation d'accueil de nouvelles entreprises et/ou d'extension d'activités existantes. Implantée à environ 1,2 km du site du projet, elle représente un potentiel de demande thermique additionnelle. Un raccordement au réseau de chaleur pourrait être envisagé, sous réserve d'une analyse de faisabilité technico-économique (contraintes de tracé, coûts d'extension, densité énergétique attendue et conditions de desserte).

7.2.3 Secteurs des Varennes



Figure 15 : Positionnement du secteur des Varennes par rapport au site du projet.

Secteur des Varennes — Secteur de développement résidentiel prévoyant la création d'au minimum 24 logements. Situé à environ 1,8 km du site du projet, il est plus éloigné que les autres zones identifiées, ce qui implique a priori des contraintes plus marquées pour une éventuelle extension du réseau (distance de tracé,

coûts d'investissement, pertes thermiques et densité énergétique linéaire). Un raccordement au réseau de chaleur pourrait néanmoins être envisagé, sous réserve d'une analyse de faisabilité technico-économique.

Pour les trois zones, à ce stade, les besoins thermiques ne sont pas quantifiés, en l'absence d'un programme d'aménagement consolidé (surfaces développées, typologies d'occupation/activités, éventuels besoins de process, niveaux de performance énergétique et plages horaires d'utilisation). Mais ces programmes restent des pistes de valorisation de la chaleur fatale à suivre à moyen terme car la valorisation sur un programme neuf offre des avantages significatifs (régime de température plus favorable, nécessité d'identifier une source de fourniture de chaleur)

8. Etape 7 : Etude économique

Sur la base des filières de valorisation de la chaleur fatale du datacenter identifiées précédemment, une analyse technico-économique détaillée a été menée pour le scénario 3.

Afin de garantir la viabilité économique et la compétitivité du système de récupération de chaleur fatale, la majeure partie des dépenses d'investissement (CAPEX) liées à la captation de la chaleur, à sa valorisation (via des pompes à chaleur et des échangeurs) ainsi qu'aux infrastructures de distribution est supposée être prise en charge par le développeur du datacenter.

Les coûts d'investissement associés au système de récupération de chaleur fatale sont estimés à environ 10,2 millions d'euros (hors TVA).

Selon l'évaluation technico-économique, le prix global de vente de la chaleur issue du réseau alimenté par le système de récupération de chaleur fatale du datacenter s'élève à 184 €/MWh (TTC). En comparaison, le cas de référence d'une solution gaz (pour les entreprises), est estimé à 108 €/MWh (TTC).

Ainsi, la chaleur issue du datacenter ne démontre pas une compétitivité économique, rendant le réseau de chaleur concurrentiel face à une solution de référence au gaz.

Cependant, pour atteindre ce prix (184 €/MWh (TTC)), ECLAIRION doit supporter 57 % du CAPEX.

Les détails de l'analyse économique sont présentés dans les données et tableaux ci-dessous.

8.1 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calcul suivantes sont prises en compte dans le calcul économique.

- Prix achat énergie électrique (€/MWh HTVA) : 100 €/MWh
- Montant des droits de raccordement (€/kW) : 100 €/kW
- Portage du financement par ECLAIRION :
 - 100% GC du bâtiment de récupération : Terrassements / Gros œuvre / Façade / Second œuvre, Installation ventilation / désenfumage, Installation sécurité incendie, Installation sûreté, Installation BMS, Installation électrique
 - 100% captage : Captage chaleur fatale + tuyauteries
 - 100% production : Pompe à chaleur
 - 0% distribution : Réseau de chaleur, sous-station + échangeur et ingénierie

Dans cette approche, les investissements sur le réseau de distribution sont portés par le futur exploitant du réseau comme c'est classiquement le cas sur le développement de réseau en lien avec des centres de données.

8.2 Subventions : Fond de chaleur ADEME

L'assiette de subvention est considérée sur l'ensemble des investissements du système, incluant les composantes production et distribution. En conséquence, il conviendra de définir avec la commune la clé de répartition du portage financier ainsi que l'allocation des subventions associées entre les parties prenantes.

Par ailleurs, la densité énergétique linéaire du réseau pour le scénario 3 est estimée à 1,2 MWh/ml, valeur inférieure au seuil d'éligibilité ADEME de 1,5 MWh/ml. Dans ces conditions, le projet correspondant au scénario 3, en l'état, est non éligible à un financement ADEME.

	Taux d'aide maximum ¹² fonction de la taille de l'entreprise ¹³	Modalité de calcul de l'aide
Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale (dont système de stockage et système de production de froid) Éventuellement associé à : - Un réseau technique interne au site sans vente de chaleur ou, - Un réseau avec vente de chaleur à un unique consommateur.	30 % pour une grande entreprise 40 % pour une entreprise moyenne 50 % pour une petite entreprise	TRB
Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un système PAC (dont système de stockage) Éventuellement associé à : - Un réseau technique interne au site sans vente de chaleur ou, - Un réseau avec vente de chaleur à un unique consommateur (via un exploitant énergétique par exemple).	40 % pour une grande entreprise 50 % pour une entreprise moyenne 60 % pour une petite entreprise	TRB
Système de récupération et de valorisation de chaleur fatale associé à un réseau de chaleur avec vente à plusieurs consommateurs à l'extérieur du site	Se référer aux conditions d'éligibilité et de financement des réseaux de chaleur et de froid	

Figure 16 : Périmètre d'éligibilité et taux d'aide maximum.

8.3 CAPEX réseau (hors datacenter)

Ces coûts se décomposent en :

- Coût total des réseaux de distribution vers les consommateurs,
- Coût total des sous-stations et des échangeurs par consommateur,
- Coûts d'ingénierie et les aléas (réseaux de chaleur et sous stations).

Ces coûts ne seront pas pris en charge par ECLAIRION. Ils sont à porter par le développeur et exploitant du réseau de chaleur comme c'est classiquement le cas.

Financement hors datacenter : Coût total réseau de distribution + Coût total (sous-station + échangeur) + Coût ingénierie et aléas

Tableau 5 : CAPEX hors datacenter.

Investissements	Scénario 3
Coût total réseau de distribution [€ HT]	3 866 000
Coût total sous-station + échangeur [€ HT]	156 000
Total coût ingénierie et aléas RC [€ HT]	321 726
TOTAL investissements hors datacenter (avant aide) [€ HT]	4 343 760
Aides [€ HT]	0
TOTAL investissements hors datacenter (après aide) [€ HT]	4 343 760

8.4 CAPEX datacenter (hors réseau)

Ces coûts se décomposent en :

- Coût total bâtiment récupération C.F.
- Coût total équipement de production chaleur (Captage chaleur fatale + tuyauteries+ PAC) [€ HT]

Ces coûts seront pris en charge par ECLAIRION.

L'amortissement de ces investissements n'ont pas été pris en compte dans l'analyse.

Financement par ECLAIRION : Coût total du bâtiment récupération C.F. + Coût total captage chaleur fatale et tuyauteries + Coût des PAC

Tableau 6 : CAPEX datacenter.

Investissements	Scénario 3
Coût total bâtiment récupération C.F. [€ HT]	1 823 000
Coût total équipement de production chaleur (Captage chaleur fatale + tuyauteries+ PAC) [€ HT]	4 053 300
Captage chaleur fatale + tuyauteries	1 030 500
PAC	3 022 800
TOTAL investissements dans le datacenter (avant aide) [€ HT]	5 876 300
Aides [€ HT]	0
TOTAL investissements dans le datacenter (après aide) [€ HT]	5 876 300

8.5 Coût d'exploitation

Les coûts d'exploitations considérés dans le calcul du prix de revient de la chaleur sont les couts fixes (maintenance des installations de production de chaleur et de sa distribution, charge d'amortissement des investissements de la distribution de chaleur) et les couts variables (consommations électriques des équipements de production et de distribution de la chaleur).

Tableau 7 : Coût d'exploitation.

Coûts d'exploitation	Producteur chaleur	Distributeur / opérateur RCU	Commentaire
P1	102 920 €		Coût d'exploitation correspondant à la consommation électrique des PAC haute température dédiées à la rehausse. Le coût est calculé à partir d'un prix d'achat de l'électricité de 100 €/MWh et

			d'un COP moyen de 4,9, permettant de convertir l'énergie thermique produite en énergie électrique consommée.
P1'		35 302 €	Coût d'exploitation associé à la consommation électrique des auxiliaires nécessaires au fonctionnement du système (notamment pompes de circulation et équipements associés). L'estimation repose sur une part forfaitaire de 7 % de la consommation électrique totale attribuée aux auxiliaires, issue de retours d'exploitation du gestionnaire de réseau, valorisée avec un prix d'achat de l'électricité de 100 €/MWh.
P2 + P3 (captage / production)	162 132 €		Coûts de maintenance préventive (P2) et corrective/exceptionnelle (P3) des équipements de captage et de production. Ils sont estimés à 4 % du CAPEX (production + captage), valeur issue de retours d'expérience (Ginger BURGEAP) et de rapports d'exploitation du gestionnaire de réseau.
P2 + P3 (distribution)		72 396 €	Coûts de maintenance préventive (P2) et corrective/exceptionnelle (P3) des équipements de distribution (réseau et sous-stations). Ils sont évalués à 1,8 % du CAPEX (réseau + sous-stations), sur la base de retours d'expérience (Ginger BURGEAP) et de données d'exploitation du gestionnaire de réseau.
P4		323 270 €	Terme représentant la charge annuelle d'amortissement des investissements intégrés au prix de vente de l'énergie (hors investissement financier réalisé par ECLAIRION et hors recettes liées au droit de raccordement), ainsi que le coût du financement porté par le distributeur. Hypothèses : taux de 6 % et amortissement sur 20 ans.

8.6 Prix de vente de la chaleur

Tableau 8 : Prix de vente de la chaleur.

Prix de vente de la chaleur	Producteur chaleur	Distributeur / Opérateur RCU	Commentaire
R1 – P1 (€/MWh)	22		Part variable du prix lié à la production de chaleur (équivalent consommation gaz) - coûts de production (P1) rapportés à l'énergie produite
R2 – P1'+P2+P3+P4 (€/kW)	93		Part fixe du prix lié au captage, distribution et exploitation de la chaleur - coûts P1' à P4 rapportés à la puissance fournie.

TVA réduite - 5.5%	Le taux réduit de TVA à 5,5 % s'applique uniquement à la part R1 correspondant à la production de chaleur d'origine renouvelable et de récupération, conformément à la réglementation en vigueur. Cette éligibilité dépend du taux d'énergie renouvelable et de récupération (taux ENR&R) du réseau, qui doit être supérieur ou égal à 50 %.
TVA - 20%	Le TVA de 20 % s'applique à la part fixe R2 du prix de vente (part liée au captage, distribution et exploitation de la chaleur)
Marge exploitant (%) - 5%	

Prix de revient HT (€/MWh)	149	Ensemble des coûts annuels rapporté à l'énergie fournie annuellement
Prix de revient + TVA (€/MWh) sans marge exploitant	176	Application des taux TVA ci-dessus
Prix de vente TTC (€/MWh) (avec marge exploitant)	184	Dont marge exploitant

Sur la base des étapes de dimensionnement et de calcul exposées ci-avant, le prix de vente global de la chaleur est établi à 184 €/MWh TTC (coût complet livré). Ce prix ne permet pas d'assurer la compétitivité de la solution de valorisation de chaleur fatale du centre de données par rapport à la solution de référence au gaz, dont le coût complet est estimé à environ 108 (€/MWh TTC)² pour les entreprises.

Ce prix constitue un frein important pour les potentiels consommateurs, pour ne pas dire rédhibitoire. Malgré le fait que dans cette estimation ECLAIRION porte environ 57% des investissements sans l'amortir dans le coût de la chaleur.

Au regard du très faible potentiel de valorisation, et des longueurs de réseau importantes pour distribuer tous les potentiels consommateurs, il ne semble que faisable la connexion directe avec quelques acteurs privés et l'IA factory : MANIKHEIR et PLASTOLOIR.

Dans l'hypothèse d'un raccordement unique de ces deux sites, le coût complet de fourniture est estimé à 127 €/MWh TTC. À titre de comparaison, la solution de référence au gaz est évaluée à 108 €/MWh TTC : l'écart se limite ainsi à 19 €/MWh ($\approx +18\%$), traduisant un rapprochement du coût du scénario étudié vers la référence gaz.

NOTA : si une hausse constante de l'électricité et du gaz est appliquée à +4%/an (rythme de la période 2024-2025, avec une baisse depuis mi 2025), la solution deviendra plus compétitive à horizon 7 ans avec un prix de la chaleur fatale à 136.48 €/MWh TTC contre un prix du gaz pour l'abonné de 136.65 €/MWh TTC.

Ce scénario implique, pour ECLAIRION, un investissement de l'ordre de 2,5 M€ portant sur les équipements et infrastructures de récupération, captage et rehausse de température (pompe à chaleur). Il est à noter que, dans cette configuration, l'ERF diminuerait, du fait d'une dégradation du ratio énergie valorisable / énergie totale.

² <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/prix-du-gaz-et-de-lelectricite-au-premier-semestre-2025?dossier=188&rubrique=>

9. Conclusion et recommandations

La présente évaluation vise à quantifier le potentiel de récupération et de valorisation de la chaleur fatale associée au data center et à le confronter aux débouchés thermiques identifiables à l'échelle locale. La modélisation réalisée indique qu'après rehaussement thermique par pompes à chaleur, l'énergie théoriquement mobilisable atteint environ 328 GWh/an. À l'échelle du site, cette production constitue un gisement continu et pilotable, dont l'ordre de grandeur est très supérieur à l'enveloppe de demande actuellement observable sur le territoire immédiat.

La caractérisation des besoins a permis d'identifier des consommateurs du secteur public ($\approx 1,5$ GWh/an) et du secteur privé ($\approx 3,2$ GWh/an), soit une demande annuelle cumulée de 4,7 GWh/an (hors besoins process de MANEIKHEIR et PLASTOLOIR). Pour assurer la desserte de ce gisement, un schéma de réseau de chaleur conceptuel a été établi, représentant environ 4 km de canalisations. Dans cette configuration, la densité énergétique linéaire globale atteint 0,9 MWh/m, valeur inférieure au seuil indicatif de 1,5 MWh/m couramment utilisé pour apprécier la faisabilité technico-économique des réseaux (référentiel ADEME). Ce résultat traduit une insuffisance de densité de charge : la longueur de réseau nécessaire pour capter des volumes de chaleur modestes tend à augmenter les CAPEX (génie civil, canalisations, postes de livraison) et les OPEX (pompage, maintenance), tout en dégradant les performances globales via les pertes thermiques, ce qui pénalise directement le coût complet de la chaleur livrée.

La comparaison entre le gisement mobilisable et la demande agrégée met en évidence un taux d'utilisation de l'ordre de 1 % de l'énergie récupérable disponible dans le périmètre actuel, ce qui limite mécaniquement l'amortissement des infrastructures dédiées (boucle primaire, sous-stations, distribution). L'évaluation technico-économique aboutit ainsi à un prix de vente de la chaleur d'environ 184 €/MWh (TTC) pour la solution « récupération de chaleur fatale + réseau », contre 108 €/MWh (TTC) pour un scénario de référence gaz (entreprises). L'écart s'explique principalement par (i) la faible densité énergétique (surinvestissement linéaire par MWh livré), (ii) la charge annuelle limitée (faible facteur d'utilisation des actifs), et (iii) les coûts additionnels associés au système de valorisation (pompes à chaleur, auxiliaires, raccordements, exploitation).

Dans ce contexte, l'amélioration de la viabilité repose prioritairement sur l'augmentation de la demande raccordable et/ou sur la concentration des débouchés à proximité du site, afin d'accroître la densité linéaire, le volume annuel livré et le facteur de charge du réseau. L'intégration progressive de consommateurs à besoin thermique significatif et relativement constant (installations industrielles, plateformes agro-industrielles et agricoles, logistique avec besoins de chauffage, serres) constitue un levier structurant. À titre illustratif, l'implantation de deux serres sur les terrains agricoles situés au sud du projet permettrait, dans une approche théorique, d'augmenter les besoins d'environ 25 GWh/an ; combinée au réseau envisagé, cette intégration porterait le taux global de valorisation à environ 5 %, améliorant simultanément les indicateurs technico-économiques (densité linéaire, coût complet de la chaleur, compétitivité vis-à-vis des solutions fossiles). Par ailleurs, les projets d'aménagement du territoire via les potentiels ZA sont une vraie opportunité de développer des projets de réseau de chaleur urbain.

La concrétisation de ces axes de valorisation n'est pas pleinement maîtrisable par ECLAIRION. Le volet chaleur fatale doit être conduit dans une logique de consolidation des discussions avec les acteurs. Pour consolider les faisabilités de la valorisation de la chaleur fatale, des prises de contact avec exploitant du plus grands consommateurs identifiés sont nécessaires pour valider leur intérêt pour se raccorder au réseau.

Ainsi au regard des conclusions de l'étude, et à ce stade des débouchés potentiels existant sur le territoire, il ne semble pas faisable de valoriser la chaleur fatale produite par le centre de données dans des conditions techniques mais surtout économiques pour les potentiels abonnés acceptables. **Et ainsi dans ces conditions, il semblerait qu'Eclairion puisse déroger à l'obligation de valorisation de sa chaleur fatale selon l'article R237-6 du code l'énergie, cela reste encore à être confirmé par la publication d'un arrêté ministériel qui doit préciser les conditions technico-économiques mentionnées à l'article R. 237-6.**

FIN DE DOCUMENT