



LA FRANCE RENOUVE EN 2024 AVEC LA PERFORMANCE ÉLECTRIQUE DÉCARBONÉE



**POLARIS, la boussole
by Pôlénergie au
service des industriels**

04

**Tertiaire : la taxonomie
européenne pénalise
la vraie décarbonation**

05

**Datacenters : un
défi énergétique qui
s'intensifie**

09

**NOUVEAUX ADHÉRENTS
LCL - Banque et
assurances**

QUAND JE ME REGARDE, JE ME DÉSOLE ; QUAND JE ME COMPARE, JE ME CONSOLE

Cette phrase, prononcée vers 1960 par un ancien Premier ministre du Québec, colle bien à un certain esprit français, où l'on s'apitoie sur nos dysfonctionnements énergétiques et estime que tout est mieux ailleurs... Mais sur les questions énergétiques, certains pays européens — tenez-vous bien — nous envient !

Le quotidien du soir *Trouw*, de diffusion nationale aux Pays-Bas, titrait un [article](#) ce 11 avril dernier, sous la plume d'Eva Rammeloo : « En France, le courant circule bien dans le réseau, et cela attire les entreprises. » Aux Pays-Bas, 12 000 entreprises attendent d'être raccordées. Le réseau électrique néerlandais est confronté à d'importants problèmes d'approvisionnement. Les gestionnaires de réseau ne parviennent pas à répondre à la demande, par manque de personnel, et aussi parce qu'ils ont du mal à connecter les nouveaux projets d'ENR. Les entreprises s'adaptent difficilement à cette rareté de l'électricité. Et les Pays-Bas de louer la situation française : « Il n'y a pas de pénurie en France et l'électricité circule sans problème dans le réseau électrique. » 88 % de l'électricité y est produite de manière durable. Le gestionnaire de réseau RTE a mis en place une procédure accélérée pour les nouveaux data centers : 4,5 GW attribués pour 40 projets en 2024 et 9 GW de demandes supplémentaires cette année. La France se présente ainsi comme une destination privilégiée pour les investissements dans les industries plus propres et les projets de haute technologie, tels que l'IA, estime *Trouw*. Certes, ce développement des data centers exerce une pression sur le réseau français. Le directeur adjoint de RTE, Jean-Philippe Bonnet, parle d'un « certain sentiment de dissonance » qui pourrait naître entre la consommation d'électricité aujourd'hui attendue et la consommation finale réelle. La règle actuelle est que le premier arrivé est le premier servi, ce qui conduit à de nombreuses demandes fantômes. RTE veut y mettre fin : celui qui n'utilise pas son raccordement le perdra.

Bref, consolons-nous en nous comparant : le prix de l'électricité en France est aussi la conséquence de la garantie d'approvisionnement dont nous disposons largement !





POLARIS, la boussole by Pôlénergie au service des industriels	04
Tertiaire : la taxonomie européenne pénalise la vraie décarbonation	05
Des legos pour décarboner	07
La France renoue en 2024 avec la performance électrique décarbonée	08
Datacenters : un défi énergétique qui s'intensifie	09
Appels à projets et opportunités	11

NOUVEAUX ADHÉRENTS

LCL BANQUE ET ASSURANCES

Banque française proposant des services de financement, d'épargne et d'assurance pour particuliers et professionnels.

AGENDA

MAI

13 SALON AGRO HAUTS-DE-FRANCE

Le Salon Agro Hauts-de-France a pour ambition de mettre en relation les industriels de la filière avec leurs fournisseurs, toutes thématiques confondues (maintenance, équipements, ingénierie, bâtiment, utilités, RH, emploi-formation, QHSE, transport-logistique-stockage, approvisionnement, emballages, énergie, etc).

Retrouvez Pôlénergie à Artois Expo, 50 Av. Roger Salengro, 62223 Saint-Laurent-Blangy.

[> Information](#)

14 SALON JEUNES D'AVENIR

Le Salon Jeunes d'Avenir aide les 16-30 ans à trouver un emploi, une formation ou un accompagnement, avec des recruteurs et ateliers sur place.

Rendez-vous au Stade Pierre-Mauroy à Lille.

[> Information](#)

20 EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : NOUVELLES RÉGLEMENTATIONS ET DIRECTIVE EUROPÉENNE

Évènement organisé par l'ATEE Hauts-de-France, en partenariat avec l'ADEME, la DREAL, l'AFNOR, le CETIM, la CCIR et Pôlénergie. Pourquoi participer : comprendre les nouvelles obligations réglementaires, découvrir les outils disponibles pour optimiser votre efficacité énergétique, échanger avec des experts et acteurs clés de la transition énergétique et agir pour une industrie plus sobre en carbone.

Rendez-vous le mardi 20 mai de 9h00 à 16h30 à Arques.

[> Informations](#)

20 RENCONTRE INDUSTRIELLES RÉGIONALES

Évènement organisé par Cap'Industrie réunit industriels, sous-traitants et partenaires régionaux autour de rendez-vous BtoB, d'ateliers et de projets à venir en Hauts-de-France.

Objectif : créer des synergies industrielles locales.

Rendez-vous le mardi 20 mai de 9h00 à 16h30 à Amiens.

[> Information](#)

POLARIS, LA BOUSSOLE BY PÔLÉNERGIE AU SERVICE DES INDUSTRIELS



Dans les projets et les entreprises accompagnés, Pôlénergie est souvent confronté à un enjeu fort lié à l'arbitrage des actions à mettre en œuvre. D'une part les entreprises cherchent un optimum entre les actions de court, moyen, et long terme et ont un besoin d'aide à la décision pour faire coïncider la stratégie énergie/climat avec l'impératif économique. Pour répondre à ce besoin, l'outil POLARIS a été développé.

En s'appuyant sur nos expertises, les études techniques, les audits et les plans d'actions successifs ayant pu être développés, **POLARIS** intègre les différents procédés, les usages énergétiques, les émissions des GES énergétiques et non énergétiques, la dimension économique de l'énergie et des émissions de GES.

Suite à quoi, il est possible d'appliquer différents niveaux d'actions partant de la sobriété à la gestion des contrats d'approvisionnement et permettant un comparatif des actions et un arbitrage tenant compte de l'ensemble des facteurs d'influence d'un plan d'action.

Le déploiement de l'outil POLARIS peut donc s'illustrer en quatre phases :

- **Dresse un état initial** énergie/climat du site, et de ses priorités/ambitions,
- **Intègre la totalité des actions** prévues, et vérifie les incompatibilités éventuelles,
- **Fournit une vision générale** du plan d'action, et une **pertinence comparée** pour chaque action, sur la base de sa performance technico-économique et des priorités/ambitions du site,

- **Challenge et monitore la stratégie** : on active tout ou partie du plan d'action, change les prix des énergies, l'inflation, le cours de l'EU-ETS, les dates de déploiement, les subventions...

Le résultat passe d'abord par une analyse des impacts de chacune des actions et de leur pertinence vis-à-vis des trois critères clés : l'énergie, les émissions de GES et la rentabilité, en tenant compte du niveau de production de l'entreprise. Puis par une aide à la décision issue d'une compréhension juste des attentes de l'entreprise vis-à-vis des actions à mettre en œuvre (réduction d'énergie, de GES ou de dépenses...).

Cet outil constitue donc une boussole comme l'illustre son logo et articule dans un contexte de production et d'économie, les ambitions énergétiques et carbone par la mise en œuvre d'actions de sobriété, d'efficacité, de substitution et de renouvelables.



POURQUOI L'USAGE DE L'ÉNERGIE PRIMAIRE DANS LA TAXONOMIE EUROPÉENNE PÉNALISE LA VRAIE DÉCARBONATION DES BÂTIMENTS TERTIAIRES ?

La taxonomie européenne et le décret tertiaire français s'inscrivent tous deux dans la dynamique engagée par les Accords de Paris. Ces accords ont fixé l'atteinte d'une neutralité carbone mondiale d'ici 2050. Pour y parvenir, les États se sont engagés à mettre en œuvre des stratégies nationales de réduction des émissions, comme la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) en France, et à orienter les investissements privés à l'échelle européenne.

C'est dans ce cadre qu'a été introduit en France le **décret tertiaire**, dès 2019, imposant une réduction progressive de la consommation énergétique dans les bâtiments du secteur tertiaire. À l'échelle européenne, cette logique a été amplifiée par le lancement du **Green Deal** à la fin de la même année, suivi de la création de la **taxonomie verte** en 2020, destinée à flécher les financements vers les activités compatibles avec l'objectif climatique de l'Union.

Un problème d'indicateurs

Mais si les objectifs sont alignés, les **méthodes d'évaluation divergent**, créant des effets de bord problématiques. La taxonomie repose sur la réduction de la **consommation d'énergie primaire**, c'est-à-dire l'énergie prélevée à la source avant toute transformation. Ce choix, logique pour comparer toutes les formes d'énergie à l'échelle européenne, devient un biais lorsqu'on l'applique au contexte français, où **plus de 90 % de l'électricité est produite à partir de sources peu carbonées**, comme le nucléaire et les énergies renouvelables. En dépit de cela, l'électricité reste pénalisée dans les calculs d'énergie primaire, du fait d'un facteur



de conversion standard (environ 2,3) hérité de systèmes thermiques peu performants, non représentatif de la réalité française.

Exemple de paradoxe dans le tertiaire

Dans le secteur tertiaire, cette distorsion a des conséquences très concrètes. Les bâtiments consomment en moyenne plus de **70% d'énergies fossiles** (principalement pour le chauffage) pour moins de **30 % d'électricité**.

Or, remplacer une chaudière gaz par une pompe à chaleur permettrait de **réduire significativement les émissions de CO₂** (204 gCO₂/kWh pour le gaz contre 21 gCO₂/kWh* pour l'électricité française), mais ce type de projet peut être mal valorisé dans les grilles d'analyse basées sur l'énergie primaire, car il augmente la consommation d'électricité finale.

À l'inverse, des actions comme le remplacement de l'éclairage ou l'optimisation de la ventilation – bien que pertinentes – sont parfois préférées

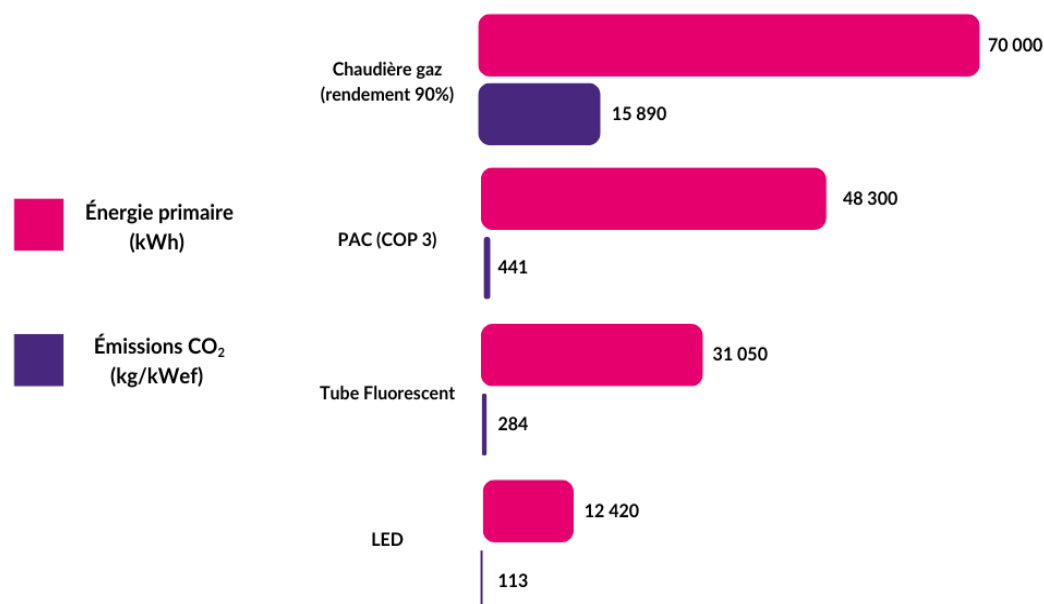
par les financeurs parce qu'elles affichent de bons scores d'énergie primaire, alors qu'elles ont un **impact carbone bien moindre**. On aboutit donc à une situation paradoxale où les **critères réglementaires censés favoriser la transition énergétique peuvent freiner des projets à fort potentiel climatique**.

Prenons le cas d'un bâtiment tertiaire d'enseignement en proposant deux actions de rénovation :

- Action 1 : Le remplacement d'une chaudière gaz (rendement 90%) par une pompe à chaleur avec un COP de 3 (rendement 300%)
- Action 2 : Le remplacement de tubes fluorescents par un éclairage LED.

Prenons les actions séparément :

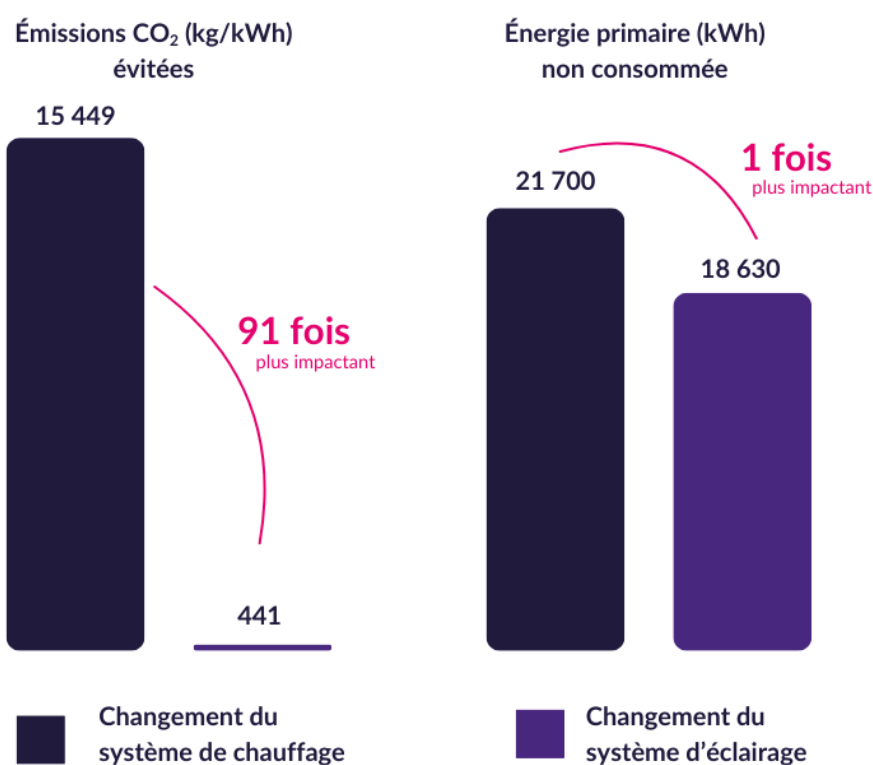
		Equipement	Energie finale nécessaire (kWh)	Energie primaire (kWh)	Émissions de CO ₂ (kg/kWh utile)
Mise en place d'une PAC	Situation initiale	Chaudière gaz (rendement 90%)	70 000	70 000	15 890
	Situation future	PAC (COP 3)	21 000	48 300	441
		Gain / situation initiale	70%	31%	97%
Mise en place de LED	Situation initiale	Tube Florescent	13 500	31 050	284
	Situation future	LED	5 400	12 420	113
		Gain / situation initiale	60%	60%	60%

Émissions CO₂ (kg/kWef) et consommation en énergie primaire de chaque solution

En prenant les deux actions indépendamment et si l'on s'en tient aux **calculs d'énergie primaire et en gain relatif**, le gain en énergie primaire apparaît **modéré pour l'action 1 (31 %)**, alors que le **gain carbone réel est de 97 %**. L'action 2 portant sur 60% d'énergie primaire est alors largement favorisée par le financier soumis à la taxonomie européenne.

Si on regarde maintenant le poids de chaque action dans la consommation globale du site, on s'aperçoit très vite que le gain carbone impacté par l'action 1 en émission CO₂ est 90 fois supérieur à l'action 2, alors que le gain en énergie primaire l'est environ 1 fois.

En continuant à baser les décisions de financement ou les obligations réglementaires sur cette métrique, **on oriente les efforts vers des actions moins pertinentes sur le plan climatique**, tout en freinant celles qui permettraient une réduction massive des émissions. Cela conduit à des arbitrages incohérents, où une rénovation d'éclairage peut être favorisée par rapport à une sortie du gaz.

Impact des actions en terme d'émissions de CO₂ et de consommation d'énergie primaire

L'indicateur énergie primaire, tel qu'il est utilisé aujourd'hui dans la taxonomie européenne, ne nous semble donc pas adapté aux objectifs de neutralité carbone.

Cette incohérence devient d'autant plus problématique dans le contexte énergétique actuel : la France fait face à une **surproduction d'électricité**, liée à la remise en service d'un parc nucléaire quasi complet, au développement des énergies renouvelables, et à une consommation intérieure qui stagne ou baisse. **L'électrification des usages fossiles, notamment dans le bâtiment, est donc un levier stratégique pour valoriser cette électricité bas-carbone**, éviter le gaspillage et décarboner massivement. Or, les critères fondés sur l'énergie primaire freinent

paradoxalement cette dynamique pourtant cohérente avec les engagements climatiques.

Pour que les politiques climatiques européennes et nationales convergent vers une réelle efficacité, il faudrait de manière explicite les **émissions de gaz à effet de serre évitées** comme critère prioritaire et accorder moins d'intérêt à un indicateur qui n'est pas adapté aux enjeux. Sans cela, la taxonomie risque de favoriser l'optimisation réglementaire au détriment de l'efficacité climatique réelle.

Suppression de l'indicateur d'énergie primaire pour les CEE spécifiques

Au moment où nous écrivons cet article, l'arrêté introduisant le nouveau guide des **opérations**

CEE spécifiques dans le calcul du gain énergétique est entré en vigueur le 28 avril 2025. Il fait **évoluer** justement l'indicateur pour calculer le gain d'économies d'énergie entre la situation de référence et la situation après travaux. Auparavant, c'était le gain en énergie primaire qui était utilisé pour calculer les économies d'énergies, **désormais les gains seront calculés en énergie finale**.

**Source : RTE*

DES LEGOS POUR DÉCARBONER



La zone industrialo-portuaire de Dunkerque devait de se doter d'une ligne 400kV pour faire face à la décarbonation de la zone et sa nécessaire électrification. C'est donc à un jeu de lego auquel se sont prêtés les officiels pour inaugurer la première pierre du poste électrique Flandres Maritime. Lego au sens propre du terme, comme en témoigne la photo ci-dessous, mais aussi au sens symbolique puisque cette ligne électrique est bien l'une des briques essentielles de la décarbonation que porte le projet ZIBaC.

D'une superficie de 24 hectares, le poste de Flandre Maritime compte 21 départs 400 000 volts, 14 départs 225 000 volts et 3 départs 90 000 volts. Il viendra remplacer le poste en service de Warande près de Bourbourg qui, lui, sera démantelé en 2031. Le poste de Flandre Maritime constituera le principal nœud de connexion électrique de la zone industrialo-portuaire en raccordant 22 lignes très haute tension et 4 transformateurs, l'un des postes les plus importants en France en termes de capacité et surface. La mise en service partielle du poste

est prévue pour la mi-2026, et la mise en service définitive pour 2030. L'investissement représente 300 M€ et s'intègre dans un programme de modernisation et renforcement du réseau RTE sur le dunkerquois de 1,5 Md€ d'ici 2030.

La première pierre « lego » a été posée par MM Patrice Vergriete, président de la CUD, Xavier Piechaczyk, président du directoire de RTE, Maurice Georges, président du directoire du Port de Dunkerque et en présence de Frédéric Loiseau, sous-préfet de Dunkerque, Laurent Cantat-Lampin, délégué RTE Hauts-de-France, et Eric Bocquillon, maire de St-Georges-sur-l'Aa.



Photos aimablement fournies par Fabienne Manceau d'EcosystèmeD



Le Président de la CUD souligne : « ce projet garantira la sécurisation des approvisionnements électriques indispensables à notre développement industriel et l'ancrage durable de nouvelles filières économiques porteuses d'avenir ».

LA FRANCE RENOUVE EN 2024 AVEC LA PERFORMANCE ÉLECTRIQUE DÉCARBONÉE

RTE publie ce mois-ci le bilan électrique de l'année 2024. L'occasion de voir l'évolution de nos productions et consommations et mesurer l'avancée de la décarbonation de l'économie, tant par l'évolution du mix de production que par l'électrification des consommations. Nous résumons les grands enseignements de ce très intéressant bilan, que le lecteur pourra facilement télécharger sous sa forme synthétique ou complète en cliquant [ici](#).

Regardons les consommations tout d'abord : celles-ci augmentent, à météo constante, par rapport à 2023 de 0,7% pour s'établir à 449,2 TWh. Fait nouveau : l'industrie et le tertiaire tirent la consommation avec une augmentation de 2,4%. Parce que le système électrique dans son ensemble doit faire face à moins de pics de production et partant moins d'appels aux centrales à gaz, voire fioul et charbon, **la consommation est couverte à 99,5% par une production électrique décarbonée**. L'électricité compte pour 27% dans la consommation d'énergie finale ; les combustibles fossiles représentent encore 60% pour une valeur en 2024 de 60Md€. La part de marché des véhicules électriques neufs a atteint 17% en 2024. Le logement, à travers la rénovation thermique et la généralisation des pompes à chaleur se décarbone. L'industrie s'électrifie surtout à la faveur de nouveaux projets : gigafactories, électrolyseurs, data centers.

Côté production, RTE constate un record des volumes produits depuis 5 ans avec un niveau atteint de 539 TWh, signe d'une résolution des problèmes liés à la maintenance du nucléaire et d'une excellente performance des ENR avec un productible de 75 TWh pour l'hydraulique jamais atteint depuis 2013 et un fort développement du solaire et de l'éolien. La production renouvelable atteint un record de 150 TWh, **soit 27,8% de la production totale**.



Nous reportons ici le mix électrique français pour 2024 en puissance installée (GW) et production annuelle (TWh). Il nous a semblé intéressant d'ajouter un rapport TWh/GW, qui donne un nombre moyen de jours mobilisés par les actifs de production :

On constate que les centrales à combustibles carbonés (gaz, charbon, fioul) ont été peu sollicitées en 2024. Sans surprise, le mix électrique français s'appuie sur le nucléaire et l'hydraulique. On note l'excellent temps d'utilisation sur l'année des centrales thermiques à partir de renouvelables et déchets.

L'intensité carbone de la production électrique française en 2024 tombe à 21,7g eqCO₂/kWh, soit un tiers de moins qu'en 2023 ; l'une des plus basses du monde, note RTE. La puissance installée en PV (24,3 GW) surpasse désormais légèrement la puissance des installations éoliennes terrestres (22,9 GW).

Les prix de l'électricité ont retrouvé en 2024 des niveaux d'avant-crise : le prix spot moyen a été

de 58 €/MWh, contre 97 en 2023 et 276 en 2022 ! Les prix à terme français ont également baissé mais restent toutefois plus élevés qu'en 2019 ; ils restent néanmoins inférieurs à ceux de nos pays voisins. Le prix spot français a été 71% du temps en dessous de la somme des coûts variables des centrales thermiques, marquant par là **le développement des ENR**.

Le solde français est donc exportateur et la France a largement exporté en 2024 : 101,3 TWh livrés à l'étranger, pour une valeur de 5Md€ alors qu'en 2022, la France était devenue, on s'en souvient, importatrice d'électricité.

C'est donc un large satisfecit pour la filière électrique française qui permet par-là de jouer un rôle certain dans l'attractivité de projets industriels dans le pays et montre également que **décarbonation et économie peuvent jouer de pair**.

	Puissance installée en GX	%	Productibles en TWh	%	Durée de production en heures	% moyen de mobilisation sur l'année
Nucléaire	61.4	39.5%	361.7	67.1%	5891	67%
Hydraulique	25.7	16.5%	75.1	13.9%	2922	33%
Solaire	24.3	15.6%	24.8	4.6%(*)	1021	12%(*)
Éolien terrestre	22.9	14.7%	42.81	7.9%	1869	21%
Centrales au gaz	12.6	8.1%	17.4	3.2%	1361	16%
Centrales au fioul	3	1.9%	1.8	0.3%	600	7%
Centrales thermiques renouvelable/déchets	2.3	1.5%	10.5	1.9%	4565	25%
Centrales au charbon	1.8	1.2%	0.7	0.1%	389	4%
Éolien en mer	1.2	1.0%	3.99	0.7%(*)	2660	30%(*)
Divers			0.1	0.02%		0%
TOTAL	155.5	100%	539	100%	21 298	

(*) la répartition de la production entre l'éolien terrestre et l'éolien en mer n'est pas proposée par RTE : nous avons dès lors appliqué le ratio fourni par le journal éolien sur le 3 premiers trimestre 2024 sur le productible fourni par RTE à fin 2024.

DATACENTERS : UN DÉFI ÉNERGÉTIQUE QUI S'INTENSIFIE



Derrière chacune de nos actions numériques se cache un datacenter qui nous permet d'effectuer des actions qui aujourd'hui semblent banales. En France, selon le bilan énergétique RTE de 2023, plus de 300 datacenters sont répertoriés avec une consommation électrique estimée à près de 10 TWh et qui pourrait tripler à horizon 2030, soit 23 à 28 TWh. Ces chiffres sont d'autant plus probables que l'accélération récente de l'Intelligence Artificielle joue en faveur d'une forte augmentation des capacités des datacenters. D'après l'AIE (l'Agence Internationale de l'Énergie), une requête sur ChatGPT est dix fois plus consommatrice d'énergie qu'une recherche sur Google. La problématique est au final de voir comment limiter l'impact énergétique du développement de l'IA et du numérique de manière générale.

Un peu de vocabulaire

On fait parfois la confusion entre data center, terme générique et centre de calcul, terme plus spécifique : dans un centre de calcul, les serveurs sont destinés à effectuer des calculs complexes, alors que les datacenters couvrent un spectre d'usage très vaste : du stockage de données, des services cloud, de l'hébergement de site web ou d'autres services. La composition des serveurs diffère dans l'un et l'autre cas, avec pour les centres de calcul des composants très puissants pour générer une grande capacité de calcul et par conséquent une grande consommation électrique et la nécessité de disposer d'un système de refroidissement efficace. Il est pour le moment difficile de comparer en termes de consommation énergétique un centre de calcul à la moyenne des datacenters en France : pour donner un ordre de grandeur, les datacenters consomment en moyenne en France 5,15 MWh/m²/an.

Consommation énergétique d'un datacenter

Quels sont les différents postes de consommation énergétique d'un datacenter ?

Les deux principaux postes de consommation sont l'alimentation électrique des serveurs et leur refroidissement (nous reviendrons plus spécifiquement sur ce point).

La répartition exacte des consommations électriques d'un datacenter varie selon son « PUE ». Le Power Usage Effectiveness (PUE) est l'un des indicateurs les plus importants pour comparer les datacenters entre eux. Il se définit selon la formule suivante :

$$PUE = \frac{\text{Énergie totale consommée par le datacenter}}{\text{Énergie consommée par les serveurs}}$$



Il peut représenter 40% des consommations d'un datacenter si le PUE est élevé. Plus le PUE est proche de 1, plus le datacenter est performant.

Le PUE joue un rôle majeur car il permet non

seulement d'avoir une bonne image auprès des clients, mais il améliore également la rentabilité du datacenter en diminuant le poste de dépense le plus impactant pour un datacenter, à savoir l'achat de l'électricité.

Pour améliorer le PUE il existe plusieurs méthodes, mais celle-ci restent limitées par la technologie de refroidissement utilisée.

Technologie de refroidissement des serveurs

Les différentes technologies de refroidissement des serveurs influencent fortement le potentiel de récupération de la chaleur fatale ; c'est là un enjeu majeur, compte tenu du volume des gisements qu'elle représente. Sans entrer dans le détail de chaque solution existante, voici un aperçu des

principales technologies couramment utilisées :

Le refroidissement par air (air cooling) utilise l'air comme unique vecteur de refroidissement, en projetant l'air via des ventilateurs sur les

serveurs. Cette méthode atteint cependant ses limites sur des serveurs trop puissants, lorsque la densité thermique devient trop importante. L'air utilisé doit conserver une température assez basse pour être capable de refroidir les serveurs, ce qui peut être problématique lors des pics de chaleur notamment. L'air est généralement refroidi par des climatiseurs.

Le refroidissement par liquide sous plusieurs formes différentes (liquid cooling) :

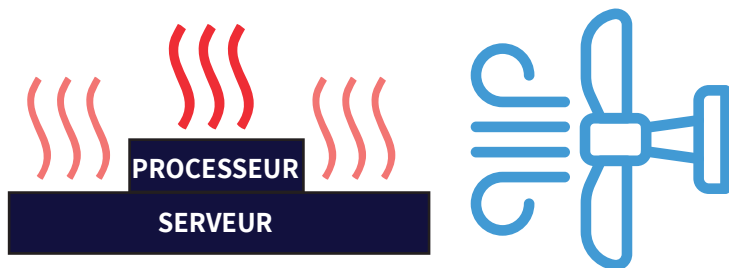
- **Le refroidissement par liquide indirect (Indirect Liquid Cooling)** est proche du refroidissement à air. La différence est que l'air n'est pas le seul vecteur de refroidissement puisqu'il est refroidi par un fluide (souvent de l'eau) en amont via un échangeur avant d'être pulsé sur les serveurs. Concrètement cela permet de centraliser la production de froid mais le principe est le même que le refroidissement à air.

- **Le refroidissement par liquide direct (Direct Liquid Cooling)** utilise un fluide caloporteur directement appliqué sur certains composants du serveur, via un échangeur thermique fixé, par exemple, sur le processeur ou la carte graphique. Ce système permet une **dissipation efficace de la chaleur émise par des éléments à forte densité thermique**. Il cible uniquement ces composants critiques, tandis que **le reste du serveur continue à être refroidi par air**, sans nécessiter une température ambiante particulièrement basse. On parle souvent de cold plate ou de water block pour l'échangeur fixé sur le composant. Le fluide employé est généralement de l'eau traitée, afin de prévenir l'entartrage et la corrosion.
- **Le refroidissement par immersion (Immersion Cooling)** consiste à plonger directement les serveurs dans un fluide diélectrique, c'est-à-dire un liquide qui

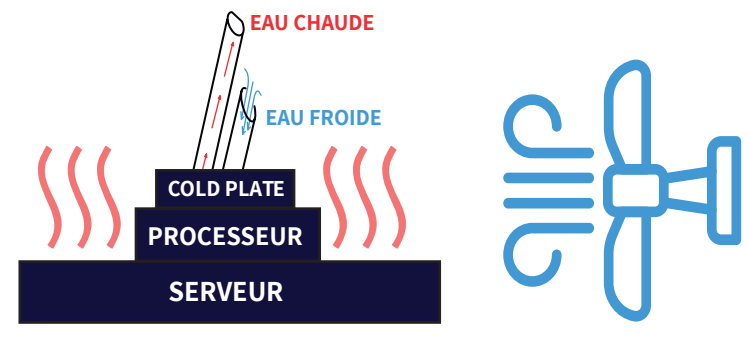
ne conduit pas l'électricité. Ce procédé permet de refroidir tous les composants directement au contact du fluide, **éliminant ainsi le recours au refroidissement par air et supprimant les consommations énergétiques liées à la ventilation**. En soit, on pourrait dire que le refroidissement par immersion est du refroidissement par liquide direct.

Comme explicité précédemment, cette partie n'a pas pour objectif de dresser un panorama complet et détaillé de chaque solution, mais plutôt de donner une vision générale des principales technologies actuellement utilisées dans les datacenters. Pour certains, le refroidissement par fluide via un échangeur est considéré comme du refroidissement indirect, tandis que le refroidissement par immersion est classé comme direct. Dans notre cas, cette distinction n'affecte

AIR COOLING OU INDIRECT LIQUID COOLING



DIRECT LIQUID COOLING



pas l'objectif, qui reste de présenter les différentes approches existantes.

Il existe également d'autres méthodes de refroidissement tel que le refroidissement diphasique mais il n'est pas utilisé à grande échelle en raison de sa complexité pour le moment.

Valorisation de la chaleur fatale

En plus d'être de gros consommateurs d'électricité, les datacenters sont également une source significative de chaleur fatale. Bien qu'ils n'en aient pas besoin pour leur fonctionnement, cette chaleur peut parfois être réutilisée pour chauffer les locaux du site. Toutefois, cela ne suffit pas à valoriser l'ensemble du potentiel thermique disponible. Une solution plus pertinente consisterait à injecter cette chaleur dans un réseau de chauffage urbain, bien que peu de datacenters y soient actuellement connectés — une situation susceptible d'évoluer dans les prochaines années. Le potentiel de valorisation de la chaleur résiduelle est étroitement lié au type de système de refroidissement utilisé.

Dans les systèmes de **refroidissement par air**, l'air extrait n'atteint généralement pas une température suffisante pour être valorisé efficacement. Pour le **refroidissement indirect**, il est plus facile de récupérer la chaleur que le **refroidissement par air** en venant directement récupérer les calories sur le groupe froid qui refroidit le fluide. Cependant, lorsque la demande de chaleur est importante en hiver, le

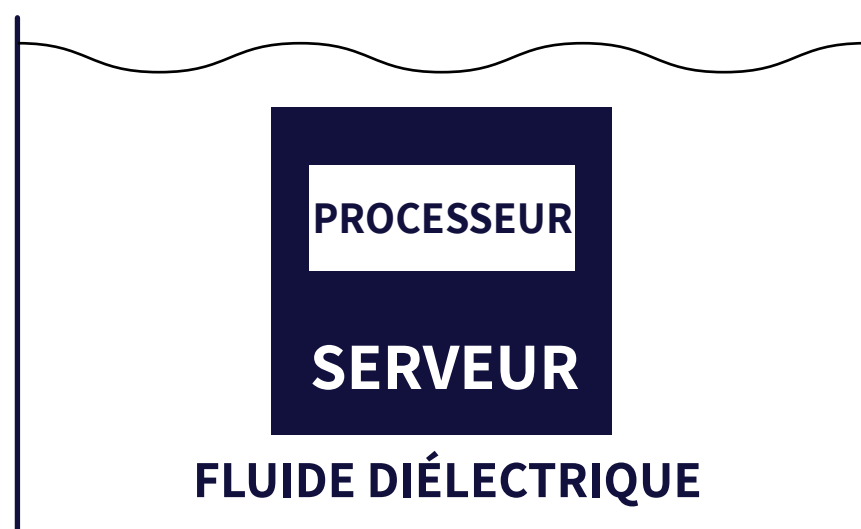
groupe froid ne fonctionne pas à plein régime : on privilégie alors le free chilling, c'est-à-dire le refroidissement de l'eau via l'air extérieur à l'aide d'un échangeur, plutôt que l'utilisation du groupe froid. À l'inverse, en été, lorsque la demande de chaleur est faible, le groupe froid fonctionne à pleine capacité. La récupération de chaleur dans ce type de configuration n'est donc pas en adéquation avec les besoins.

Le refroidissement direct, permet de récupérer la chaleur via une boucle d'eau chaude de manière plus efficace. Néanmoins, la température de cette eau ne dépasse généralement pas 50°C, ce qui reste insuffisant pour une valorisation

directe. L'utilisation d'une pompe à chaleur permettrait d'augmenter cette température, mais le delta thermique étant important, le modèle économique reste difficilement rentable dans le contexte actuel des prix de l'énergie.

Le refroidissement par immersion pourrait cependant changer la donne. En plus d'améliorer l'efficacité énergétique des serveurs en permettant des PUE plus faibles, il pourrait permettre d'atteindre des températures de sortie plus élevées, jusqu'aux alentours de **60 à 65°C**. Cela rend la chaleur récupérable beaucoup plus compatible avec les réseaux de chaleur, rendant son exploitation économiquement plus intéressante.

IMMERSION COOLING



De plus, contrairement à de nombreuses activités industrielles, un datacenter peut facilement être intégré en zone urbaine, facilitant ainsi son raccordement aux réseaux de chaleur. C'est notamment le cas du datacenter de Totalinix, dans les Yvelines, conçu pour alimenter en chaleur un réseau urbain connecté au bâtiment.

Peu de datacenter utilisent le refroidissement par immersion, ce qui explique qu'aujourd'hui il y a peu de datacenters reliés à des réseaux de chaleur. Chaque système a ses avantages et inconvénients que nous n'avons pas détaillés, mais l'objectif était de dresser le panorama des solutions de refroidissement actuelles et de comprendre les freins techniques ou économiques à la valorisation de la chaleur fatale.

Pour limiter l'impact énergétique des datacenters, dont la croissance est forte, il est essentiel de concevoir des infrastructures dotées de systèmes de refroidissement à haute performance. La France a d'ailleurs affirmé ses ambitions en la matière lors du sommet de l'IA

à Paris en février, en identifiant 35 sites « prêts à l'emploi » pour accueillir de futurs datacenters. Ces installations devront être pensées dans leur globalité, en intégrant à la fois l'optimisation du refroidissement des serveurs et la valorisation de la chaleur fatale à proximité des sites.

Développement des data centers

D'après RTE, en septembre 2024, 4,5 GW de demandes de raccordement ont déjà été signées pour des datacenters en France et il reste un volume équivalent en instruction. En comparaison, fin 2023, le parc français de production d'électricité représente 148 GW.

La France possède une électricité décarbonée en grande quantité, ce qui en fait un territoire très intéressant pour le développement de datacenters. La vraie difficulté réside dans le raccordement de ces infrastructures : leur nombre tout d'abord et les travaux de raccordement que cela suscitera, mais également les réelles chances d'aboutissement des projets et les puissances souvent surestimées par rapport au

besoin réel. Ces demandes sont à comptabiliser avec l'électrification des usages en lien avec la décarbonation de l'industrie, la multiplication des infrastructures de recharges pour voitures électriques et les projets d'électrolyses de l'hydrogène.

À partir du 1er août, RTE pourra, sous certaines conditions, diminuer la puissance de raccordement si celle-ci n'est pas pleinement utilisée afin d'éviter d'avoir, comme aujourd'hui une capacité électrique disponible mais non utilisée. Cela permettra d'utiliser pleinement notre réseau actuel et de faciliter le raccordement de nouvelles installations.

C'est ce contexte qui complexifie pour l'heure le développement des datacenters en France malgré la disponibilité de l'électricité. D'où la volonté de l'État de préqualifier des sites « prêts à l'emploi » avec un raccordement électrique échelonné selon différents horizons temporels.

APPELS À PROJETS ET OPPORTUNITÉS

BCIAT 2025 : Biomasse chaleur pour l'industrie, l'agriculture et le tertiaire



L'appel à projets BCIAT 2025 accompagne les installations produisant plus de 12 GWh/an de chaleur à partir de biomasse, pour les secteurs industriel, agricole et tertiaire. Sont également éligibles les projets de pyrolyse, pyrogazéification (CAPEX $\geq$ 3 M€) et de méthanisation ($\geq$ 8 GWh/an de chaleur auto-consommée).

Les projets doivent s'inscrire dans une stratégie de décarbonation globale, démontrer la pertinence de la solution biomasse, et respecter une logique de sobriété et efficacité énergétique.

Pour en savoir plus, cliquez [ici](#).

Clôture : 16/10/2025

Aide : DECARB-FLASH 2025-2027



Le dispositif DECARB-FLASH 2025-2027, opéré par l'ADEME, s'inscrit dans le cadre du plan France 2030, déployé par le gouvernement français, et du paquet « Ajustement à l'objectif 55 » (« Fit for 55 »), porté par la Commission européenne.

DECARB-FLASH vise à financer des actions déployables rapidement, portant principalement sur :

- la récupération de chaleur fatale ;
- l'efficacité énergétique ;
- la modification du Mix énergétique ;
- l'isolation des bâtiments ;
- la réduction de consommation d'énergie fossile par production d'énergie renouvelable.

Pour en savoir plus, cliquez [ici](#).

Clôture : 15/02/2027

APPELS À PROJETS : LIFE 2025



La Commission européenne vient de publier les appels à projets 2025 du programme LIFE, principal instrument de financement de l'UE pour l'environnement et le climat.

Les thématiques couvertes incluent notamment :

- nature et biodiversité ;
- économie circulaire et qualité de vie ;
- atténuation et adaptation au changement climatique ;
- transition énergétique propre.

Pour en savoir plus, cliquez [ici](#).

Clôture : 23/09/2025

INTERNATIONAL WORKSHOP ON IMPEDANCE SPECTROSCOPY

Organisé par Centrale Lille, cet événement scientifique rassemblera chercheurs, doctorants et industriels autour des dernières avancées en caractérisation des céramiques pour l'énergie.

Au programme :

- conférences d'experts internationaux,
- tutoriels, posters et échanges sur des thèmes clés

Rendez-vous les 26-28 mai 2025, à Villeneuve d'Ascq.

