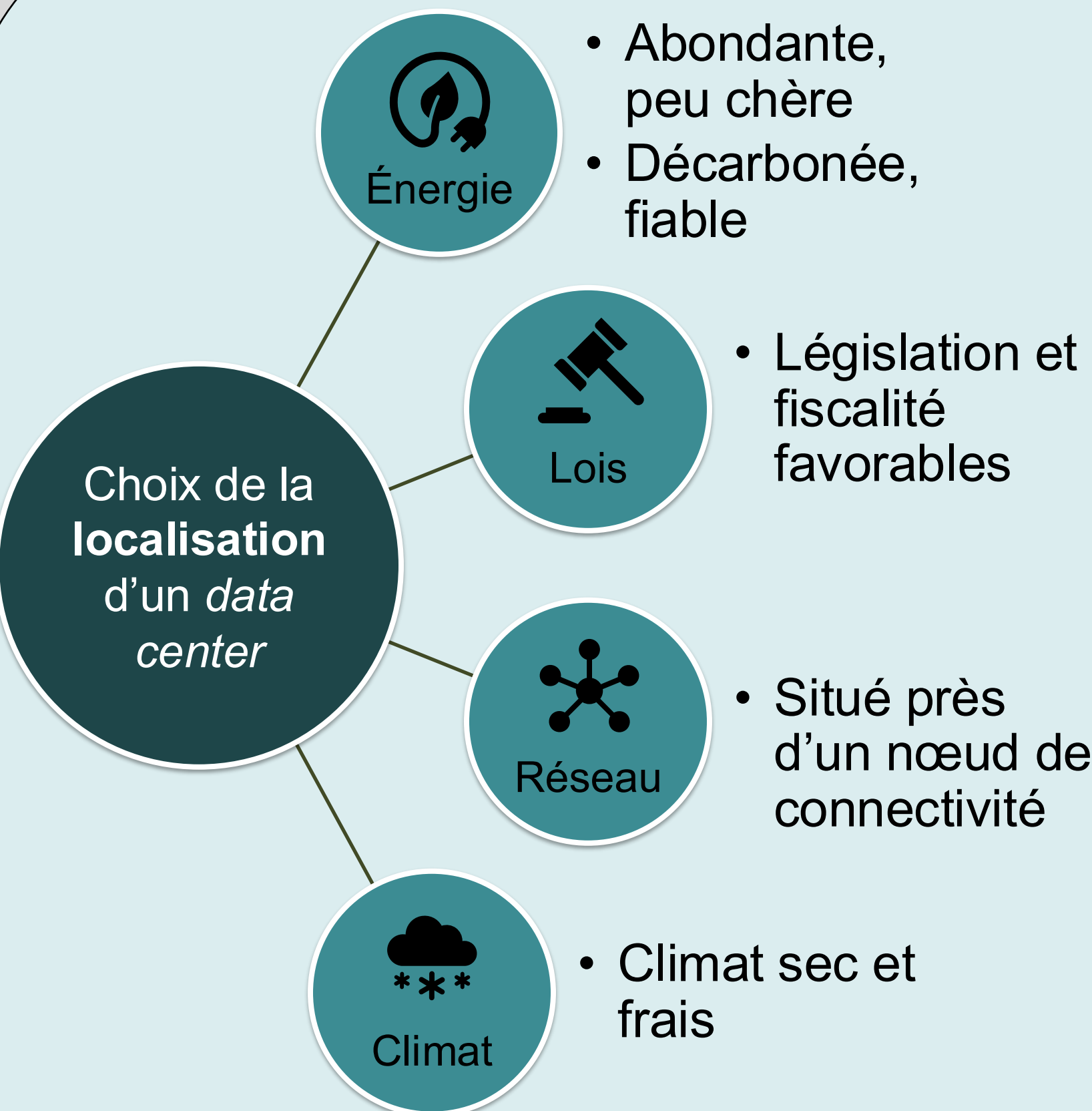


Avec l'avènement de l'IA, les *data centers* deviennent de plus en plus nombreux et de plus en plus grands. Cette course à la *data* se traduit par une augmentation massive de la demande énergétique de ce secteur, qui induit un stress important sur le réseau électrique existant. Il est donc nécessaire d'étudier des moyens d'intégrer les besoins des *data centers* dans le système énergétique tout en réduisant leur impact sur les infrastructures, les localités, et l'environnement.



Somme bloquée par les conflits d'intérêts entre localités et entreprises de la *Big Tech* sur l'utilisation du réseau électrique en Irlande :

6,5 milliards d'euros

L'exemple de l'Irlande

Situation

Volonté d'implanter de nouveaux *data centers* pour garantir une souveraineté numérique

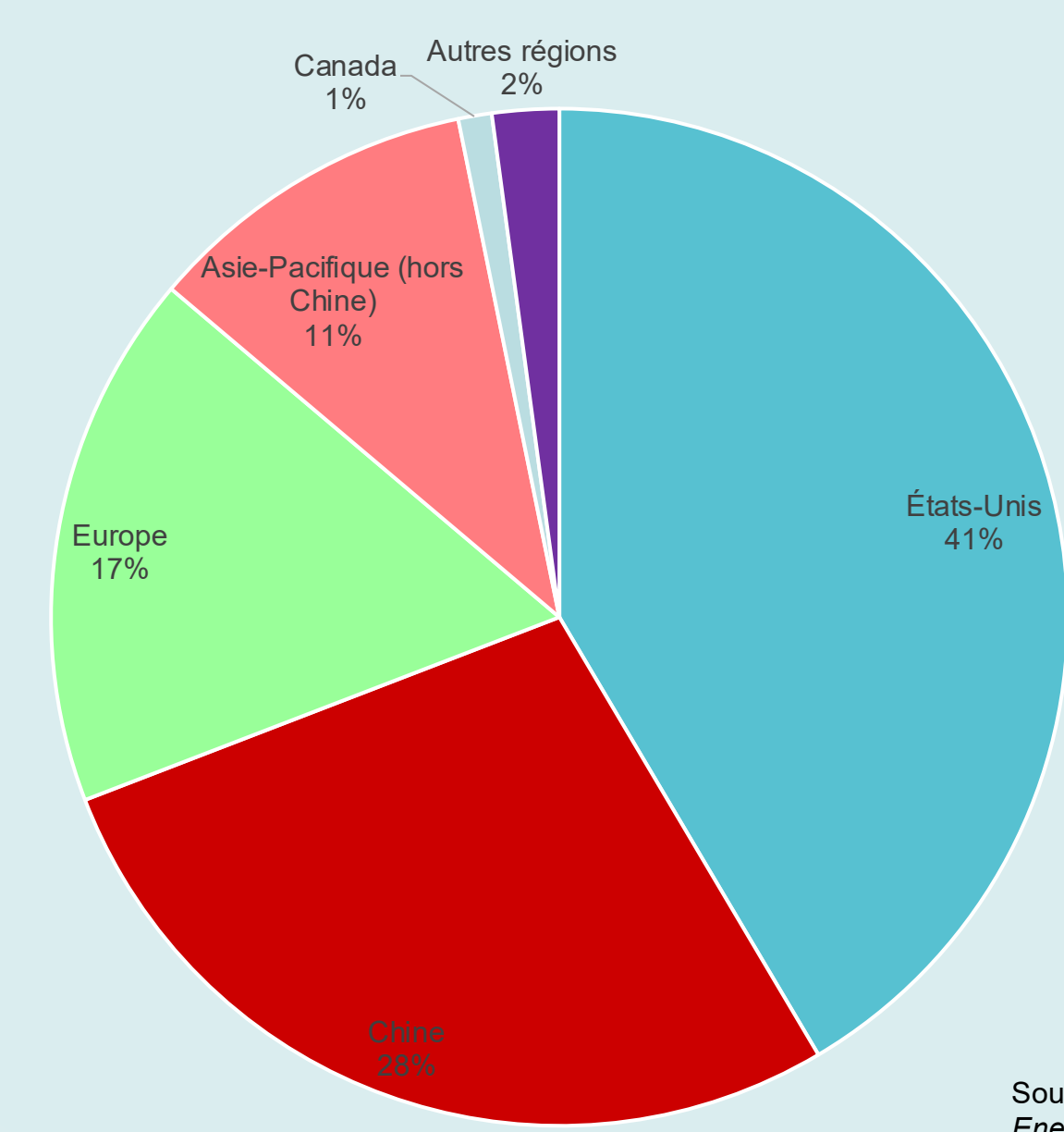
Problème

Saturation du réseau local et lenteur des raccordements menant à des conflits entre entreprises et populations locales

Résultat

Proposition d'un moratoire et gel des raccordements entre 2022 et 2028

Consommation électrique des *data centers* (monde)



La répartition géographique des *data centers* est inégale.

Source : Kamiya, George, et Vlad C. Coroamă. *Data Centre Energy Use: Critical Review of Models and Results*. s. d.

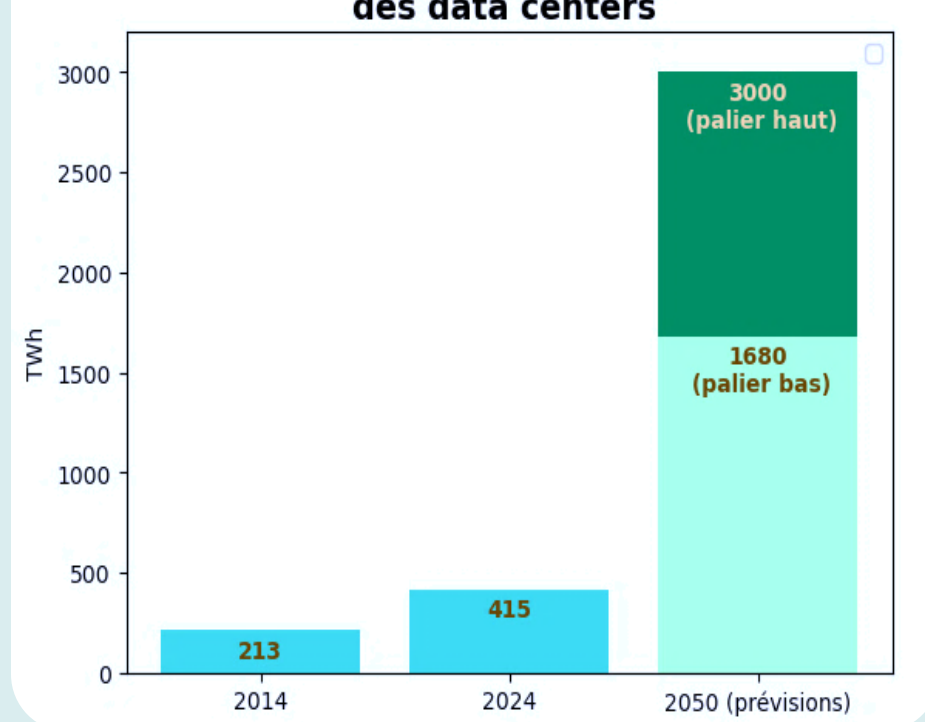
Compromis entre deux enjeux contradictoires :

- Besoin d'être à proximité de centrales électriques capables de délivrer des puissances électriques importantes  
⇒ Localisation à proximité des centres urbains
- Besoin de grandes surfaces pour les infrastructures  
⇒ Localisation dans des lieux où le terrain est abondant et peu cher

Solution : placer les *data centers* à la périphérie de grands centres urbains possédant de puissantes infrastructures électriques, au risque de s'exposer aux critiques des résidents.



Consommation énergétique actuelle et future des *data centers*



Une croissance rapide

1,5%

part des *data centers* dans la consommation énergétique mondiale

12%

croissance annuelle de la demande énergétique des *data centers* (contre une croissance de 3% pour la demande énergétique globale)

Augmentation rapide due à l'émergence des intelligences artificielles : presque 3/4 des *data centers* en construction ou en projet sont orientées vers les IA et le *machine learning*, qui se sont démocratisés.

Part de l'augmentation de la demande électrique des *data centers* liée à l'IA, entre 2022 et 2023, chez Meta et Apple.

	Meta	Apple
	98%	72%

L'impact environnemental

4% des GES mondiaux

189 MtCO<sub>2</sub>eq

- Les *data centers* les plus énergivores sont dédiés aux intelligences artificielles.
- Majorité de l'énergie : dédiée à l'alimentation des serveurs et au système de refroidissement.

Les énergies renouvelables pourraient couvrir jusqu'à 50% de la demande énergétique supplémentaire des *data centers*, ce qui explique le fort investissement des entreprises de la *Big Tech* dans les énergies renouvelables.

Meta	Apple	Microsoft
12 GW	18 GW	34 GW

Puissance électrique provenant de sources vertes en projet ou récemment installées chez Meta, Apple et Microsoft.

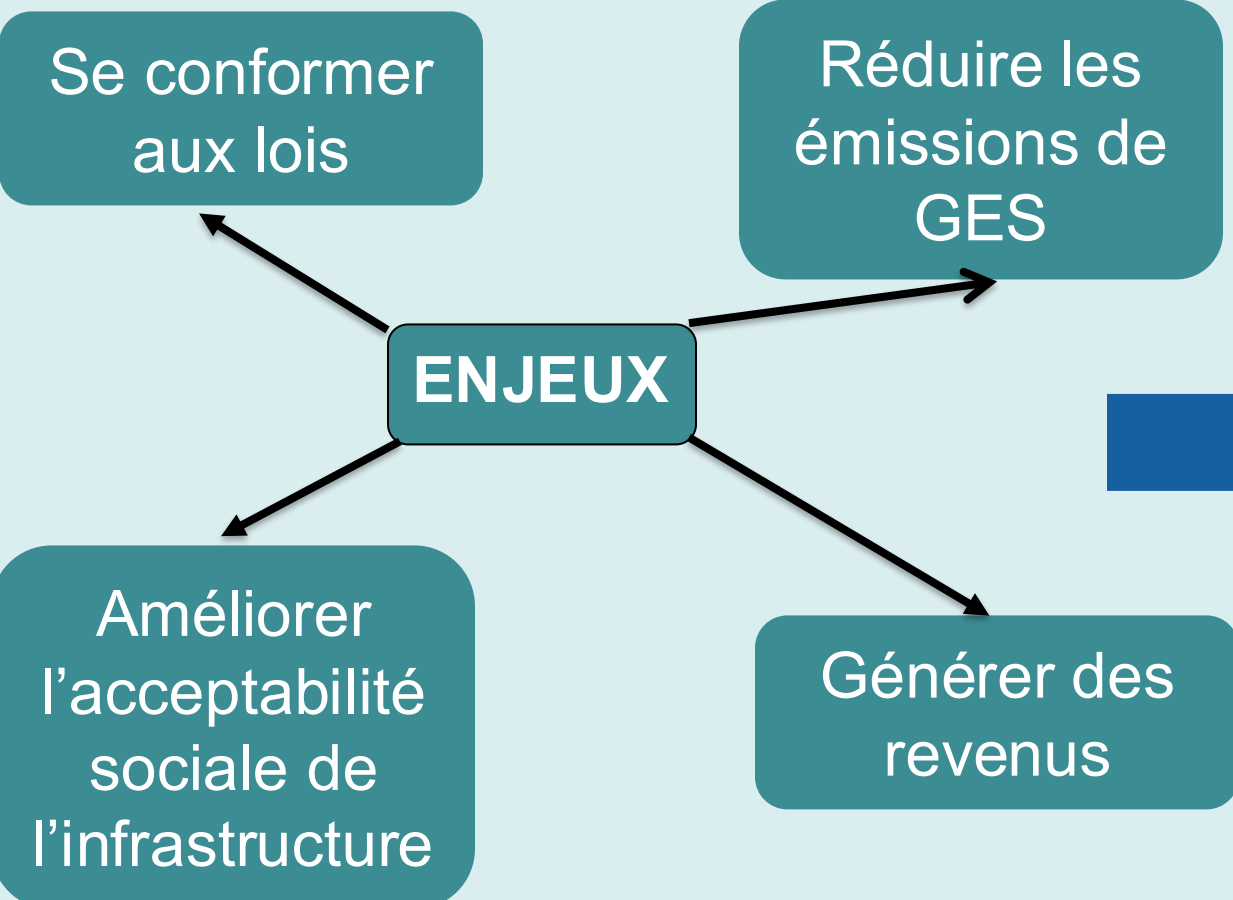
SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE et consommation

ÉQUIPEMENT TECHNIQUE ET INFRASTRUCTURE : flexibilité énergétique

UN DATA CENTER EST COMPOSÉ DE

SYSTÈME DE REFOUILLISSEMENT : récupération énergétique

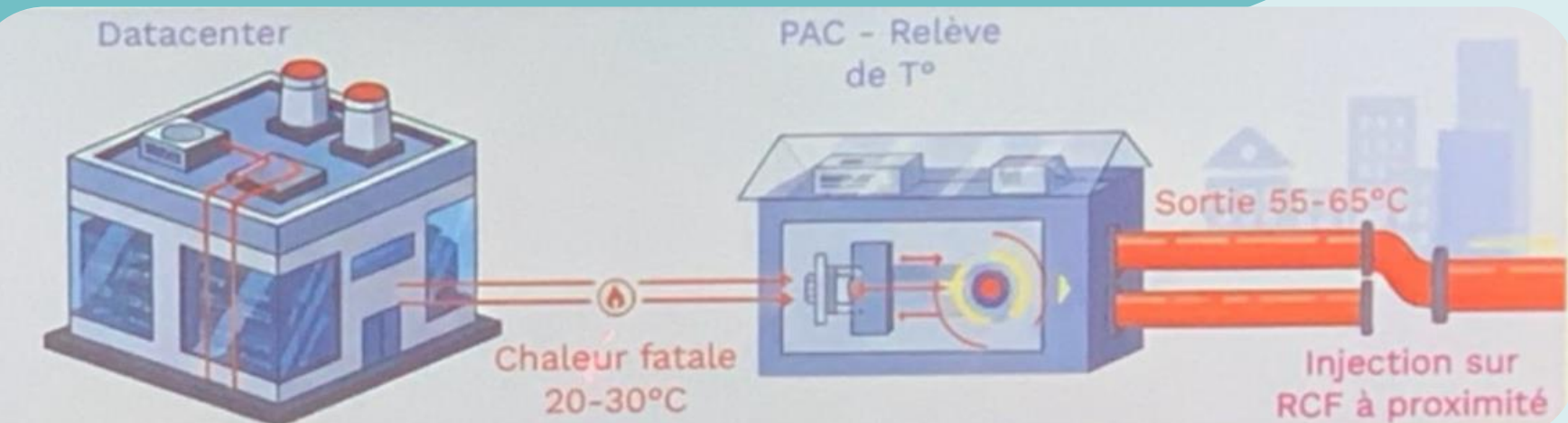
Jusqu'à 1/3 de la consommation énergétique d'un *data center* sert à maintenir une température de fonctionnement acceptable et à évacuer la chaleur



Solutions :

- Alimenter un réseau de chaleur
- Créer des boucles locales d'économie circulaire [synergies avec l'environnement (hôpital, logement...)]

Entre 22 °C et 30 °C de chaleur récupérée



Principe de récupération de la chaleur fatale issue d'un *data center*

But : augmenter le PUE (*power usage effectiveness*)

PUE : indicateur prenant en compte la consommation totale des *data centers* (pompe, serveurs...) qu'on divise par la consommation qui nous intéresse

En France : PUE = 1,6

Facteurs d'influence de la production et de la consommation d'énergie

Sollicitation du réseau

Intensité en CO<sub>2</sub> de l'énergie

Cours de l'énergie et de la monnaie

Flexibilité  
capacité à ajuster la production et/ou la consommation d'énergie en réponse à des signaux du réseau

Stratégies de flexibilisation

Déplacement des charges

Déplacement de la consommation vers d'autres périodes ou lieux (applicable à l'entraînement de l'IA). Arrêt temporaire des serveurs de secours.

Diversification des sources d'énergie

Installation sur site de batteries, groupes électrogènes, onduleurs, centrales pour amortir les variations de consommation.

Organisation en micro-réseaux

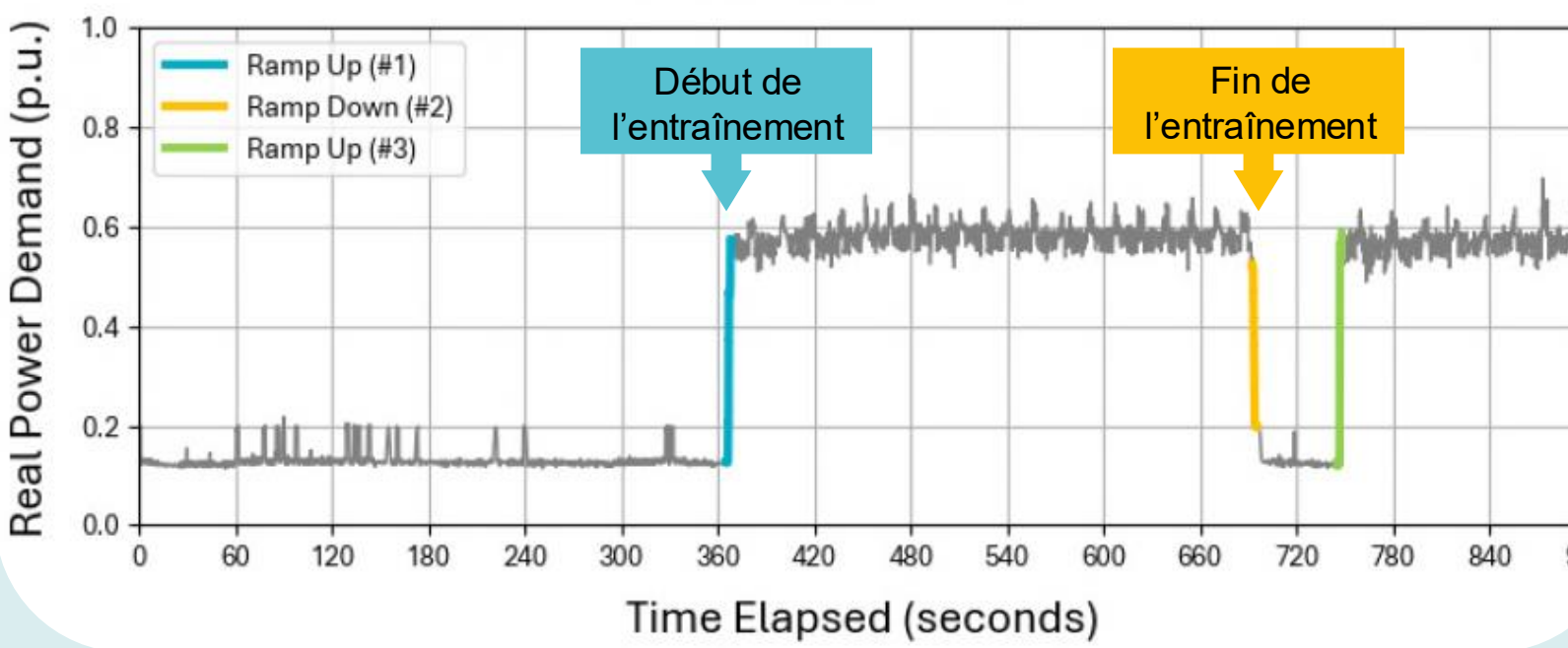
Îlotage (déconnexion du reste du réseau) possible en cas de pression sur le réseau électrique.

Ajustement de la charge de refroidissement

Diminution de la quantité d'énergie thermique à retirer : utilisation de « batteries froides ».

Jusqu'à 150 MW de demande supplémentaire en quelques secondes

AI Training Data Center (50 MW) Demand Curve



Différentes techniques possibles :

- Direct liquid cooling
- Air cooling jusqu'à 50 kW
- Immersion cooling
- Evaporative cooling

Économiquement :

- Retour sur investissement au bout de 5,7 à 11,4 ans

Plusieurs études évaluent les enjeux économiques :

- Au Canada : réduction des coûts de 25%, en fournissant la chaleur récupérée à un immeuble résidentiel
- À Londres : Coupler 3,5 MW de *data centers* avec un système de récupération de chaleur impliquerait une économie de 4 000 tonnes de CO<sub>2</sub> et 1 million de dollars par an

