

# Estimation de l'empreinte carbone d'une heure de calcul

JCAD, David Benaben pour le GT GES de MesoNET, 5 novembre 2024



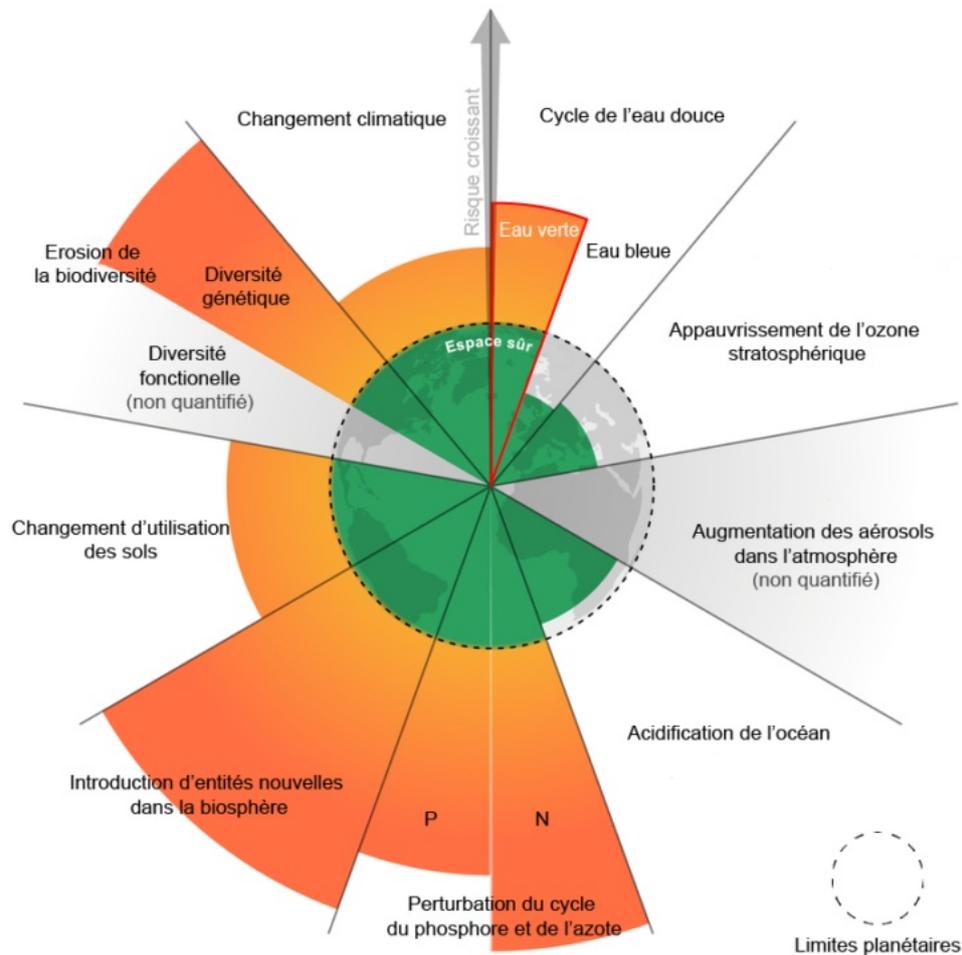
INRAE

MESONET  
le mésocentre des mésocentres

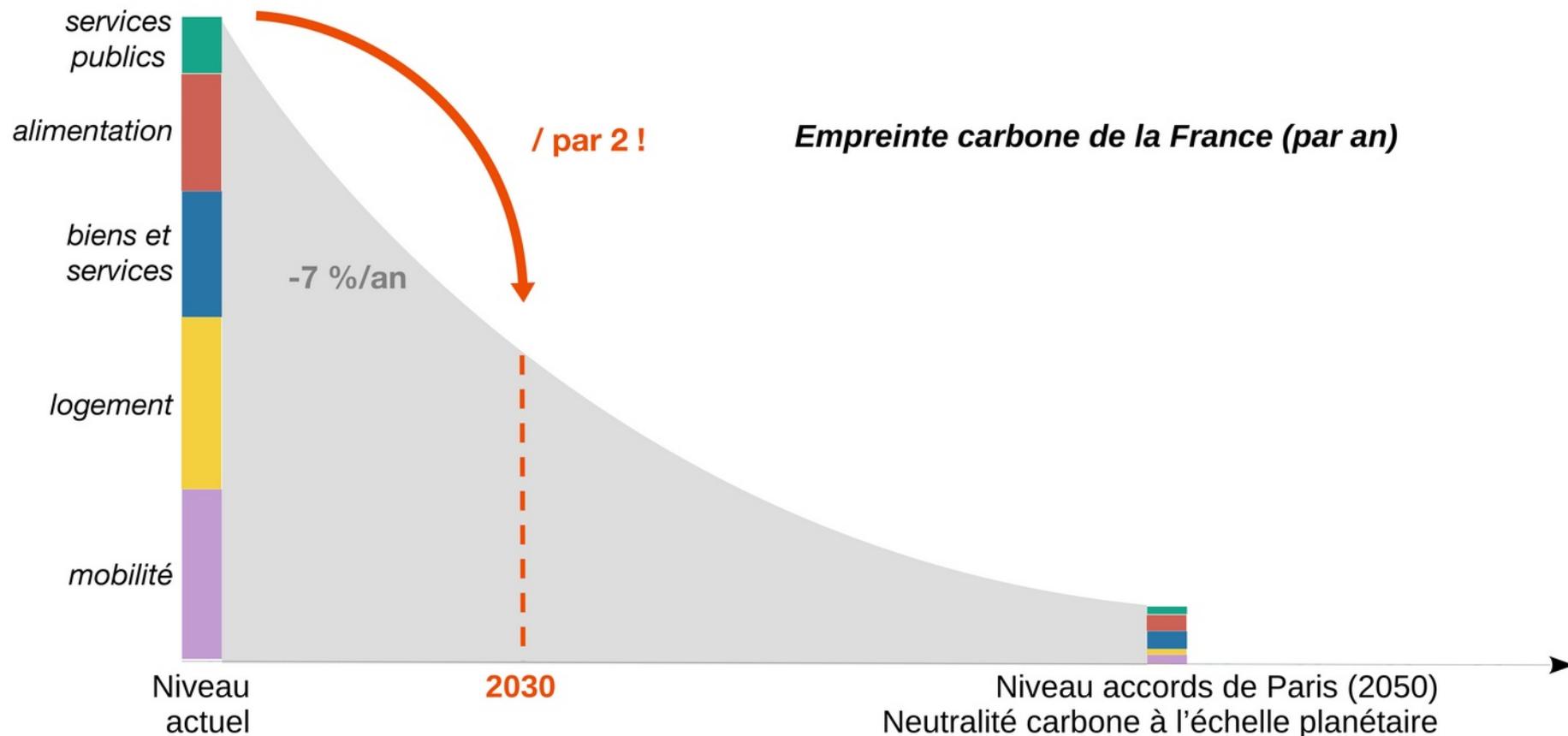


Rappel des enjeux

# Indicateurs dans le rouge



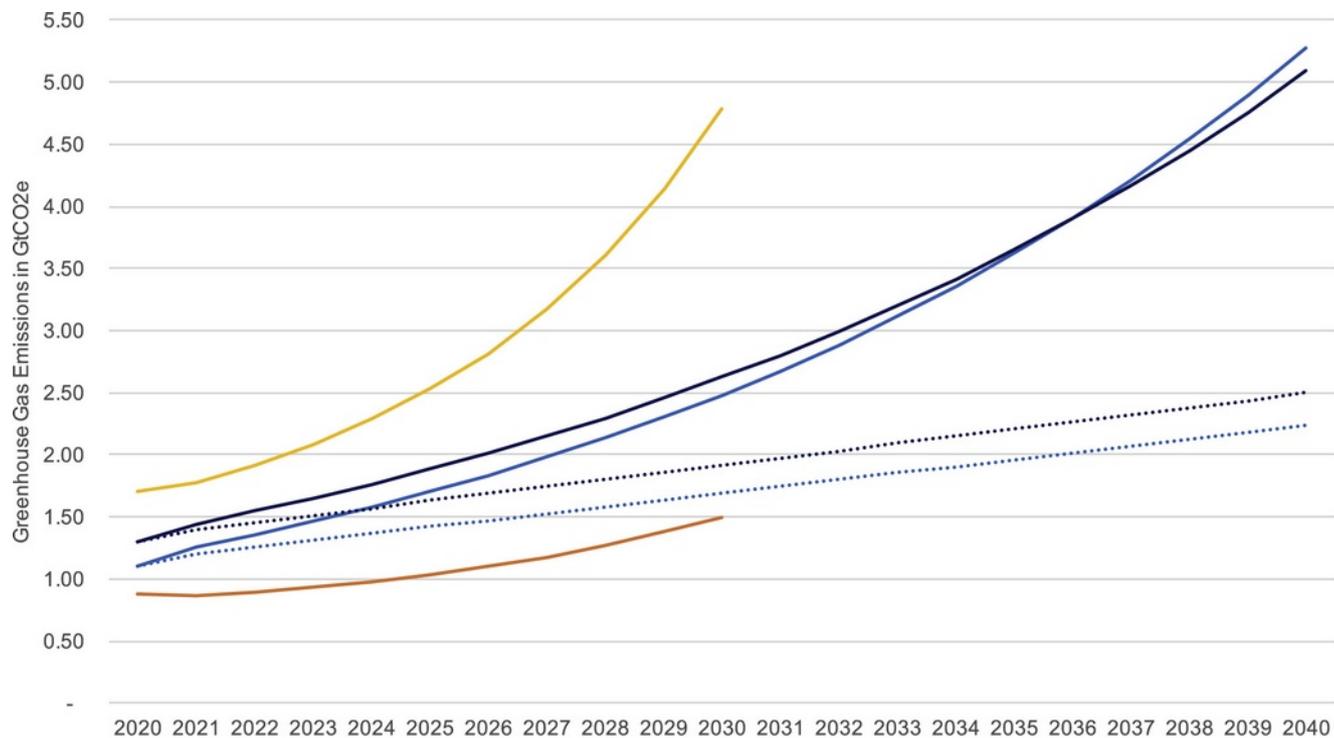
# L'enjeu climatique



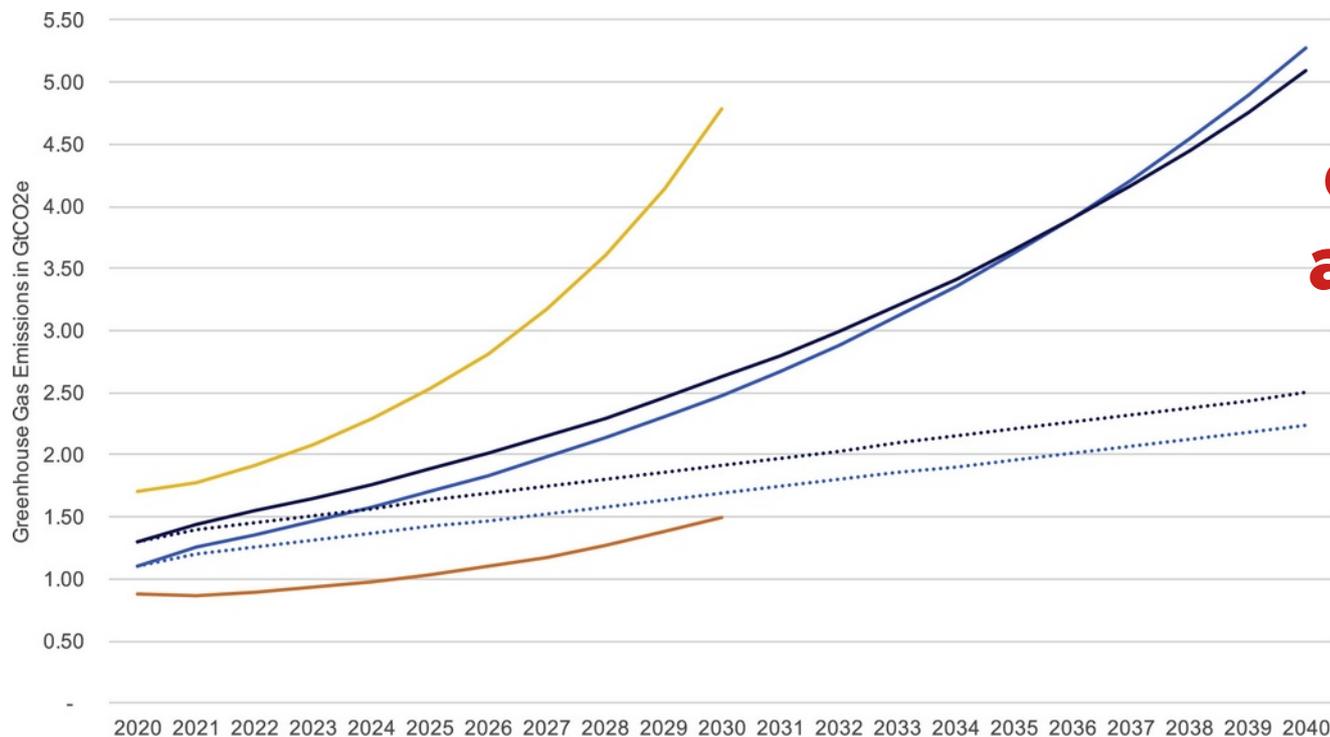
Graphique: Gaël Guennebaud, JS MCIA, 2022; Données: C. Dugast, A. Soyeux, Carbone4, Faire sa part ?, 2019

Voir aussi: La décomposition de l'empreinte carbone de la demande finale de la France par postes de consommation, Manuel Baude, SDES, 2022

# Projections des émissions de GES du numérique



# Projections des émissions de GES du numérique



**en contradiction  
avec les objectifs  
de réduction  
globale**

# GT GES MesoNET

MesoNET regroupe 21 mésocentres régionaux et l'IR\* GENCI

Comment estimer l'empreinte carbone d'une infrastructure de calcul ?

Comment permettre aux utilisateurs d'évaluer l'empreinte de leur activité calculatoire ?

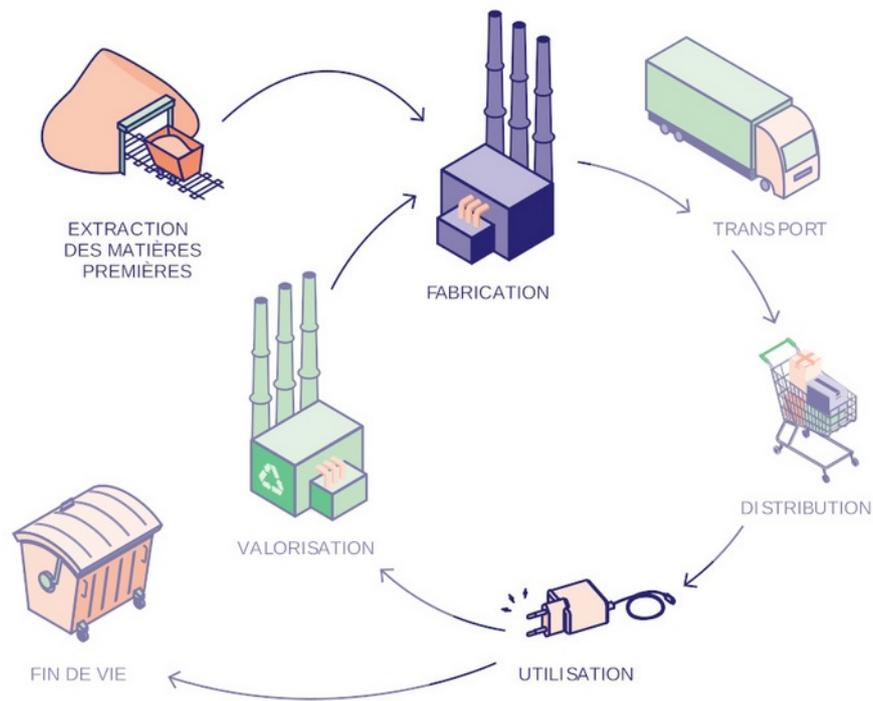
→ GT GES de MesoNET

Réunions bimestriel, initié ~juin 2023

Annie Clement (mésocentre Aix-Marseille Université), David Benaben (pour le MCIA),  
Françoise Berthoud (pour Labos1point5), Gaël Guennebaud (pour Labos1point5),  
Marc Odunlami (UPPA), Marco Leoni (mésocentre Paris Saclay), Pierre-Emmanuel  
Guerin (GLiCID, Ecole Centrale de Nantes)

# Méthodologie

# Méthodologie



Résultant de travaux menés par des membres de Labos 1point5, d'EcoInfo, de GRICAD et de GENCI.

Estimer le coût carbone pour « calculer pendant 1 heure sur 1 cœur CPU »

Analyse simplifiée du cycle de vie d'un service numérique

Focus sur la phase de fabrication et la phase d'usage

# Méthodologie – Périmètre et frontière

## Pris en compte:

- ✓ serveurs de calcul
- ✓ serveurs de stockage (scratch)
- ✓ autres serveurs (frontend, supervision, administration système, etc.),
- ✓ équipements réseaux
- ✓ systèmes d'alimentation (onduleurs, batteries, génératrices de secours avec la consommation de Gasoil Non Routier)
- ✓ systèmes de refroidissement (avec les éventuelles fuites de réfrigérant)

## Non pris en compte:

- ✗ l'activité du personnel impliqué dans l'installation et l'exploitation du service (personnel technique et administratif)
- ✗ la construction et la maintenance du bâtiment hébergeant les équipements
- ✗ les pièces détachées liées à la maintenance des équipements
- ✗ le transfert des données vers ou depuis l'infrastructure
- ✗ les utilisateurs du service (leurs équipements, missions, déplacements domicile-travail, etc.)

# Méthodologie - Données

- Données primaires fournies par les **centres** (équipements, nombre d'heures de calcul réalisées, consommation électrique, etc)
- En cas d'absence d'information sur l'infrastructure matérielle environnante (alimentation, refroidissement), extrapolation à partir des données d'autres centres
- **ADEME** (Base Empreinte, Guide sectoriel 2012)
- Données constructeurs
- Données sur la fabrication des serveurs via **Boavizta** majoré (pour avoir des résultats uniformisés et cohérents entre eux)



# Méthodologie – Allocation

- Les **équipements mutualisés** avec d'autre services sont alloués **proportionnellement**
- Les émissions liées à la fabrication et de transports sont **réparties** de manière uniforme sur la **durée de vie présumée** des équipements



# Méthodologie – Inventaire

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T																																																																																								
1	Nom de la partition																																																																																																										
2	Description synthétique de la partition																																																																																																										
3	Année d'inventaire des données																																																																																																										
4	Nb heures.coeur disponibles sur l'année (hors arrêts)																																																																																																										
5	Taux d'occupation moyen																																																																																																										
6	Nb heures.coeur réalisées sur l'année																																																																																																										
7	Consommation électrique totale																																																																																																										
8	PUE moyen																																																																																																										
9	Autres information et données pertinentes. Par exemple, renseigner ici les constantes facilitant le remplissage des tableaux.																																																																																																										
10	Durée de vie serveur de calcul																																																																																																										
11	Durée de vie disques																																																																																																										
12	Pourcentage consommation informatique infra calcul / I																																																																																																										
13	Consommation électrique informatique (hors onduleur)																																																																																																										
14	Consommation électrique onduleur et refroidissement																																																																																																										
15	Nombre total de nœuds pondéré																																																																																																										
20	Bilan annuel																																																																																																										
21	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>GES fabrication (tCO2e/an)</th><th>GES électrique (tCO2e/an)</th><th>GES autre (tCO2e/an)</th><th>GES Total (tCO2e/an)</th><th>%</th><th>Conso élec (kWh/an)</th><th>GES fabrication (tCO2e/an)</th><th>GES électrique (tCO2e/an)</th><th>GES autre (tCO2e/an)</th><th>GES Total (tCO2e/an)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nœuds de calculs</td><td>8032,6</td><td>404,8</td><td>510,6</td><td>955,0</td><td>73%</td><td>73%</td><td>31,6%</td><td>39,3%</td><td>71,0%</td><td>71,0%</td> </tr> <tr> <td>Stockage</td><td>313,4</td><td>45,8</td><td>13,2</td><td>65,0</td><td>3%</td><td>3%</td><td>1,5%</td><td>1,5%</td><td>5,1%</td><td>5,1%</td> </tr> <tr> <td>Autres serveurs</td><td>63,0</td><td>19,0</td><td>3,8</td><td>22,5</td><td>1%</td><td>1%</td><td>1,5%</td><td>0,3%</td><td>1,8%</td><td>1,8%</td> </tr> <tr> <td>Réseaux</td><td>175,0</td><td>41,6</td><td>10,5</td><td>52,1</td><td>1%</td><td>1%</td><td>3,1%</td><td>0,8%</td><td>4,1%</td><td>4,1%</td> </tr> <tr> <td>Alimentation</td><td>1360,2</td><td>16,7</td><td>81,6</td><td>3,8</td><td>102,1</td><td>12%</td><td>1,3%</td><td>6,4%</td><td>0,3%</td><td>8,0%</td> </tr> <tr> <td>Refroidissement</td><td>1280,0</td><td>29,5</td><td>78,8</td><td>15,3</td><td>121,8</td><td>11%</td><td>2,3%</td><td>6,0%</td><td>1,2%</td><td>9,5%</td> </tr> <tr> <td>Total / an</td><td>11708,2</td><td>557,4</td><td>780,5</td><td>79,3</td><td>1279,2</td><td>100%</td><td>43,8%</td><td>54,4%</td><td>1,5%</td><td>100,0%</td> </tr> </tbody> </table>																				GES fabrication (tCO2e/an)	GES électrique (tCO2e/an)	GES autre (tCO2e/an)	GES Total (tCO2e/an)	%	Conso élec (kWh/an)	GES fabrication (tCO2e/an)	GES électrique (tCO2e/an)	GES autre (tCO2e/an)	GES Total (tCO2e/an)	Nœuds de calculs	8032,6	404,8	510,6	955,0	73%	73%	31,6%	39,3%	71,0%	71,0%	Stockage	313,4	45,8	13,2	65,0	3%	3%	1,5%	1,5%	5,1%	5,1%	Autres serveurs	63,0	19,0	3,8	22,5	1%	1%	1,5%	0,3%	1,8%	1,8%	Réseaux	175,0	41,6	10,5	52,1	1%	1%	3,1%	0,8%	4,1%	4,1%	Alimentation	1360,2	16,7	81,6	3,8	102,1	12%	1,3%	6,4%	0,3%	8,0%	Refroidissement	1280,0	29,5	78,8	15,3	121,8	11%	2,3%	6,0%	1,2%	9,5%	Total / an	11708,2	557,4	780,5	79,3	1279,2	100%	43,8%	54,4%	1,5%	100,0%
	GES fabrication (tCO2e/an)	GES électrique (tCO2e/an)	GES autre (tCO2e/an)	GES Total (tCO2e/an)	%	Conso élec (kWh/an)	GES fabrication (tCO2e/an)	GES électrique (tCO2e/an)	GES autre (tCO2e/an)	GES Total (tCO2e/an)																																																																																																	
Nœuds de calculs	8032,6	404,8	510,6	955,0	73%	73%	31,6%	39,3%	71,0%	71,0%																																																																																																	
Stockage	313,4	45,8	13,2	65,0	3%	3%	1,5%	1,5%	5,1%	5,1%																																																																																																	
Autres serveurs	63,0	19,0	3,8	22,5	1%	1%	1,5%	0,3%	1,8%	1,8%																																																																																																	
Réseaux	175,0	41,6	10,5	52,1	1%	1%	3,1%	0,8%	4,1%	4,1%																																																																																																	
Alimentation	1360,2	16,7	81,6	3,8	102,1	12%	1,3%	6,4%	0,3%	8,0%																																																																																																	
Refroidissement	1280,0	29,5	78,8	15,3	121,8	11%	2,3%	6,0%	1,2%	9,5%																																																																																																	
Total / an	11708,2	557,4	780,5	79,3	1279,2	100%	43,8%	54,4%	1,5%	100,0%																																																																																																	
22	Nœuds de calculs																																																																																																										
23	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type de nœud de calcul</th><th>Quantité</th><th>Durée de vie</th><th>% affectation</th><th>GES fabrication / unité (tCO2e)</th><th>GES fab. Total/an (tCO2e)</th><th>Modèle</th><th>Type (Rack / Blade)</th><th>CPU</th><th>Mémoire</th><th>Stockage</th><th>GPU ou accélérateur</th><th>Autres caractéristiques, sources, etc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Scalaris</td><td>1600</td><td>6</td><td>100%</td><td>1200</td><td>320,0</td><td>Intel 6248</td><td></td><td>2</td><td>20</td><td>6</td><td>32</td><td>https://assets.intel.com/content/dam/.../5000000-5999-100001512-600000-1e-mémoire%20de%20grandeur%20de%201200</td> </tr> <tr> <td>Accéléré</td><td>300</td><td>6</td><td>100%</td><td>1600</td><td>80,0</td><td>Intel 6248</td><td></td><td>2</td><td>20</td><td>6</td><td>32</td><td>https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W</td> </tr> </tbody> </table>																			Type de nœud de calcul	Quantité	Durée de vie	% affectation	GES fabrication / unité (tCO2e)	GES fab. Total/an (tCO2e)	Modèle	Type (Rack / Blade)	CPU	Mémoire	Stockage	GPU ou accélérateur	Autres caractéristiques, sources, etc.	Scalaris	1600	6	100%	1200	320,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://assets.intel.com/content/dam/.../5000000-5999-100001512-600000-1e-mémoire%20de%20grandeur%20de%201200	Accéléré	300	6	100%	1600	80,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W																																																	
Type de nœud de calcul	Quantité	Durée de vie	% affectation	GES fabrication / unité (tCO2e)	GES fab. Total/an (tCO2e)	Modèle	Type (Rack / Blade)	CPU	Mémoire	Stockage	GPU ou accélérateur	Autres caractéristiques, sources, etc.																																																																																															
Scalaris	1600	6	100%	1200	320,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://assets.intel.com/content/dam/.../5000000-5999-100001512-600000-1e-mémoire%20de%20grandeur%20de%201200																																																																																															
Accéléré	300	6	100%	1600	80,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W																																																																																															
37	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type de nœud de calcul</th><th>Quantité</th><th>Durée de vie</th><th>% affectation</th><th>GES fabrication / unité (tCO2e)</th><th>GES fab. Total/an (tCO2e)</th><th>Modèle</th><th>Type (Rack / Blade)</th><th>CPU</th><th>Mémoire</th><th>Stockage</th><th>GPU ou accélérateur</th><th>Autres caractéristiques, sources, etc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Scalaris</td><td>1600</td><td>6</td><td>100%</td><td>1200</td><td>320,0</td><td>Intel 6248</td><td></td><td>2</td><td>20</td><td>6</td><td>32</td><td>https://assets.intel.com/content/dam/.../5000000-5999-100001512-600000-1e-mémoire%20de%20grandeur%20de%201200</td> </tr> <tr> <td>Accéléré</td><td>300</td><td>6</td><td>100%</td><td>1600</td><td>80,0</td><td>Intel 6248</td><td></td><td>2</td><td>20</td><td>6</td><td>32</td><td>https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W</td> </tr> </tbody> </table>																			Type de nœud de calcul	Quantité	Durée de vie	% affectation	GES fabrication / unité (tCO2e)	GES fab. Total/an (tCO2e)	Modèle	Type (Rack / Blade)	CPU	Mémoire	Stockage	GPU ou accélérateur	Autres caractéristiques, sources, etc.	Scalaris	1600	6	100%	1200	320,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://assets.intel.com/content/dam/.../5000000-5999-100001512-600000-1e-mémoire%20de%20grandeur%20de%201200	Accéléré	300	6	100%	1600	80,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W																																																	
Type de nœud de calcul	Quantité	Durée de vie	% affectation	GES fabrication / unité (tCO2e)	GES fab. Total/an (tCO2e)	Modèle	Type (Rack / Blade)	CPU	Mémoire	Stockage	GPU ou accélérateur	Autres caractéristiques, sources, etc.																																																																																															
Scalaris	1600	6	100%	1200	320,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://assets.intel.com/content/dam/.../5000000-5999-100001512-600000-1e-mémoire%20de%20grandeur%20de%201200																																																																																															
Accéléré	300	6	100%	1600	80,0	Intel 6248		2	20	6	32	https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W																																																																																															
38	Consommation électrique : 8,511 MWh/an																																																																																																										
39	Commentaires : extrapolation, + total info - (stockagemetwork+frontends+co.); (pas d'influence sur le résultat final)																																																																																																										
68	Serveurs de stockage (temporaire/longue durée)																																																																																																										
69	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Type de nœud de stockage</th><th>Quantité</th><th>Durée de vie</th><th>% affectation</th><th>GES fabrication / unité (tCO2e)</th><th>GES fab. Total/an (tCO2e)</th><th>Modèle</th><th>Type (Rack/Blade)</th><th>CPU</th><th>Mémoire</th><th>Stockage</th><th>Autres caractéristiques, sources, etc.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1</td><td>24</td><td>6</td><td>100%</td><td>1400</td><td>5,6</td><td>Intel Xeon Gold</td><td></td><td>2</td><td>6</td><td>32</td><td>ecoding</td> </tr> <tr> <td>Type 2</td><td>14</td><td>6</td><td>100%</td><td>1400</td><td>3,4</td><td>Intel Xeon Gold</td><td></td><td>2</td><td>6,0</td><td>6,0</td><td>le même ordre de grandeur de 1200</td> </tr> <tr> <td>Rapide SSD</td><td>864</td><td>6</td><td>100%</td><td>150</td><td>21,6</td><td>HGST S0LL1MR03</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W</td> </tr> <tr> <td>Capacity HDD</td><td>3048</td><td>6</td><td>100%</td><td>30</td><td>15,2</td><td>Lenovo-X1718000NM</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W</td> </tr> </tbody> </table>																			Type de nœud de stockage	Quantité	Durée de vie	% affectation	GES fabrication / unité (tCO2e)	GES fab. Total/an (tCO2e)	Modèle	Type (Rack/Blade)	CPU	Mémoire	Stockage	Autres caractéristiques, sources, etc.	Type 1	24	6	100%	1400	5,6	Intel Xeon Gold		2	6	32	ecoding	Type 2	14	6	100%	1400	3,4	Intel Xeon Gold		2	6,0	6,0	le même ordre de grandeur de 1200	Rapide SSD	864	6	100%	150	21,6	HGST S0LL1MR03					https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W	Capacity HDD	3048	6	100%	30	15,2	Lenovo-X1718000NM					https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W																												
Type de nœud de stockage	Quantité	Durée de vie	% affectation	GES fabrication / unité (tCO2e)	GES fab. Total/an (tCO2e)	Modèle	Type (Rack/Blade)	CPU	Mémoire	Stockage	Autres caractéristiques, sources, etc.																																																																																																
Type 1	24	6	100%	1400	5,6	Intel Xeon Gold		2	6	32	ecoding																																																																																																
Type 2	14	6	100%	1400	3,4	Intel Xeon Gold		2	6,0	6,0	le même ordre de grandeur de 1200																																																																																																
Rapide SSD	864	6	100%	150	21,6	HGST S0LL1MR03					https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W																																																																																																
Capacity HDD	3048	6	100%	30	15,2	Lenovo-X1718000NM					https://dataviz.boavita.org/serveurs/14cm_TDP_150W																																																																																																
74	Consommation électrique : 319,4 MWh/an																																																																																																										
75	Commentaires : extrapolation par rapport au nombre de CPU/GPU, x3 pour les nombreux disques (pas d'influence sur le résultat final)																																																																																																										
88	Other servers : Frontends, Monitoring, Websites, etc.																																																																																																										

Infos générales (taux d'occupation moyen, nb heures.coeur, PUE, ...)

Synthèse

Nœuds de calculs (modèle, quantité, durée de vie, %affectation, CPU, RAM, GPU, GES fabrication, consommation électrique totale)

Serveurs de stockage (...)

Autres serveurs

Équipements réseaux

Systèmes d'alimentation énergétique

Systèmes de refroidissement

# Méthodologie – Bilan

$$\text{calculer pendant une heure sur un CPU (CO2e / heure.coeur)} = \frac{\text{empreinte annuelle}}{\text{nombre heure.coeur réalisé sur l'année}}$$

- facteur en gCO2e/h.coeur utilisable pour calculer l'empreinte du calcul pour les utilisateurs, les projets ou les laboratoires

# Résultats

# Résultat

	Année d'ouverture	Durée de vie	PUE	Taux de charge	gCO2e /h.coeur	% phase fabrication	Wh /h.coeur
<b>GRICAD</b>	2016	7 ans	1.4	72 %	~ <b>2.7</b>	<b>57 %</b>	~ 22.4
<b>MCIA</b>	2019	5 ans	1.53	80 %	~ <b>2.0</b>	<b>58 %</b>	~ 17.4
<b>Pyrenne</b>	2019	5 ans	1.5	74 %	~ <b>3.0</b>	<b>62 %</b>	~ 21.9
<b>GLiCID</b>	2023	6 ans	1.3	52 %	~ <b>1.3</b>	<b>62 %</b>	~ 9.3

# Résultat

Phase de fabrication  
prédominante



	Année d'ouverture	Durée de vie	PUE	Taux de charge	gCO2e /h.coeur	% phase fabrication	Wh /h.coeur
<b>GRICAD</b>	2016	7 ans	1.4	72 %	~ 2.7	57 %	~ 22.4
<b>MCIA</b>	2019	5 ans	1.53	80 %	~ 2.0	58 %	~ 17.4
<b>Pyrenne</b>	2019	5 ans	1.5	74 %	~ 3.0	62 %	~ 21.9
<b>GLiCID</b>	2023	6 ans	1.3	52 %	~ 1.3	62 %	~ 9.3

# Résultat

Phase de fabrication  
prédominante



	Année d'ouverture	Durée de vie	PUE	Taux de charge	gCO2e /h.coeur	% phase fabrication	Wh /h.coeur
<b>GRICAD</b>	2016	7 ans	1.4	72 %	~ 2.7	57 %	~ 22.4
<b>MCIA</b>	2019	5 ans	1.53	80 %	~ 2.0	58 %	~ 17.4
<b>Pyrenne</b>	2019	5 ans	1.5	74 %	~ 3.0	62 %	~ 21.9
<b>GLiCID</b>	2023	6 ans	1.3	52 %	~ 1.3	62 %	~ 9.3



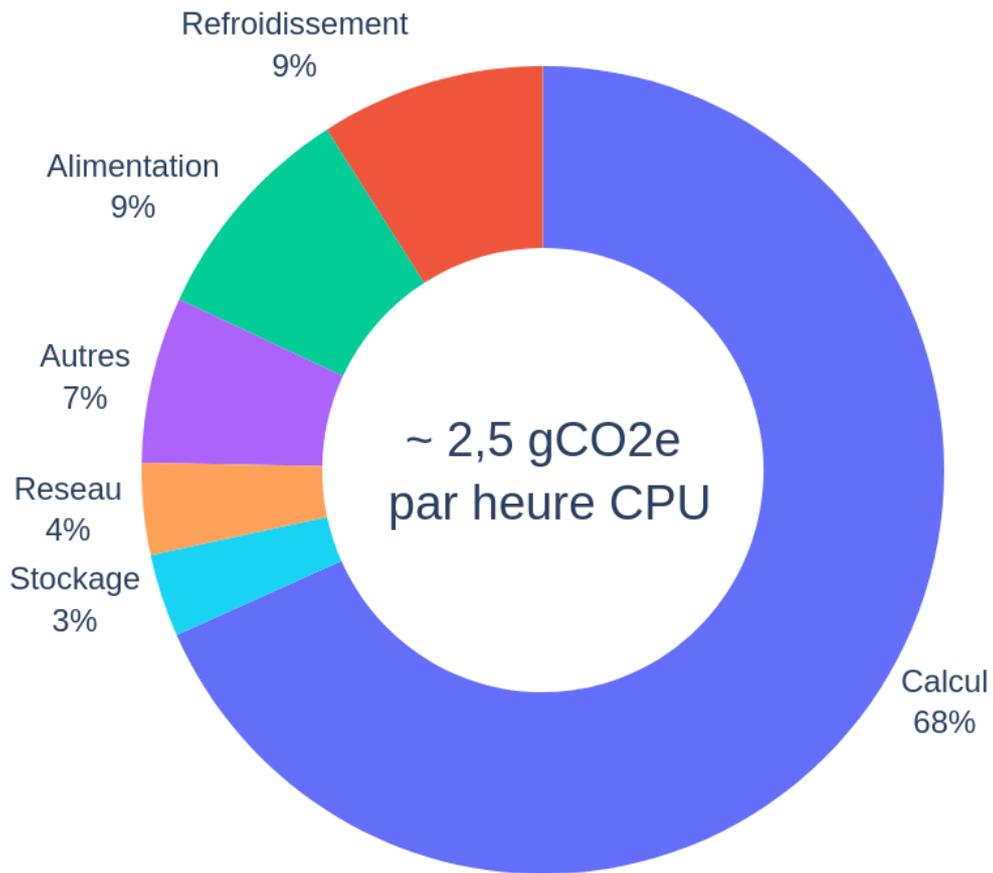
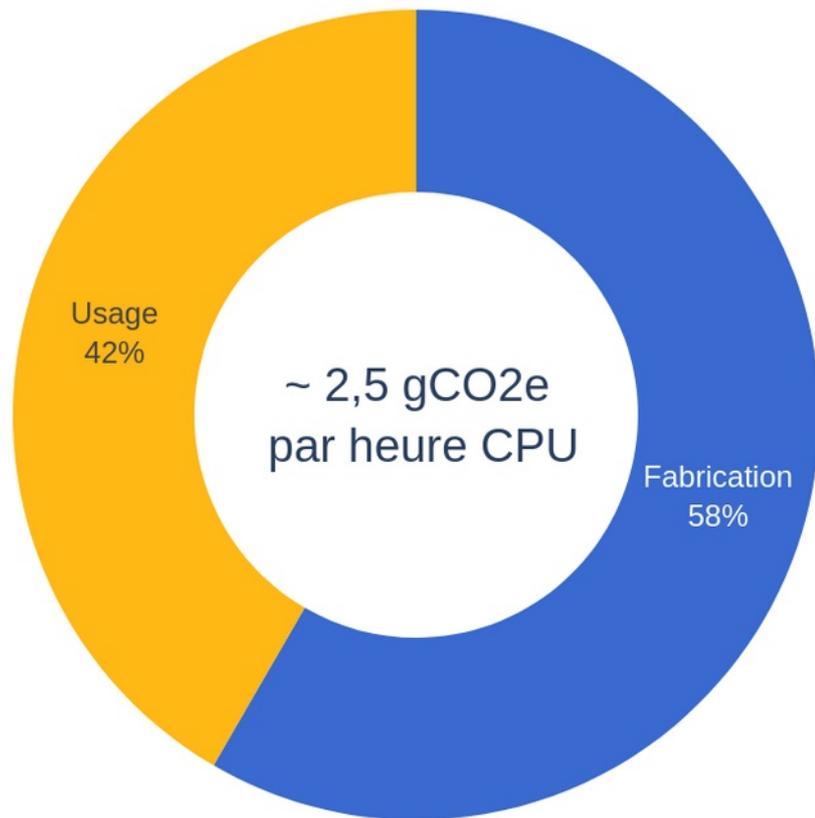
Tendance à la baisse avec  
les nouvelles générations  
mais augmentation du  
volume d'heure



Coût énergétique  
par cœur en baisse



# Résultat (moyenne)



# Bonus – Stockage froid

Le même type de méthode a été appliqué pour évaluer l’empreinte carbone de stockage froid (taux de remplissage moyen utilisé 46%) : « **stocker 1 Go de données / an** »

	Année d'ouverture	Durée de vie	PUE	Taux de réplication	gCO2e /Go.an	% phase fabrication	Wh /Go.an
<b>GRICAD Summer</b>	-	7 ans	1.4	3	~ 41	72 %	~ 216
<b>MCIA iRODS</b>	2021	6 ans	1.53	2	~ 18.5	66 %	~ 122
<b>Saclay</b>	2023	7 ans	1.5	3	~ 11.0	71 %	~ 61.4

Pour conclure

# Limites

- Métrique **mono-critère** (émissions de Gaz à Effet de Serre)  
N'informe pas sur l'épuisement des ressources, les pollutions, la perte de biodiversité ; ni sur les aspects sociaux ou les enjeux du calcul.
- Un **indicateur d'efficacité**  
La diminution de ce type d'indicateur n'atteste pas de réductions globales d'émissions de GES
- **Impacts indirects**, effets rebonds ou connexes non pris en compte
- Comparaison difficile voire contre-productif  
Différences de méthodologies, de périmètres, données sources. Peut pousser au renouvellement de matériel (ce qu'on veut éviter)
- Les données sont incertaines, partielles ou manquantes (données constructeurs, phase de fin de vie, maintenance, données parfois anciennes, etc.)
- Certaines données sont estimées à priori (durée de vie des équipements, taux d'usage, consommation, etc.)

# Leviers (1/2)

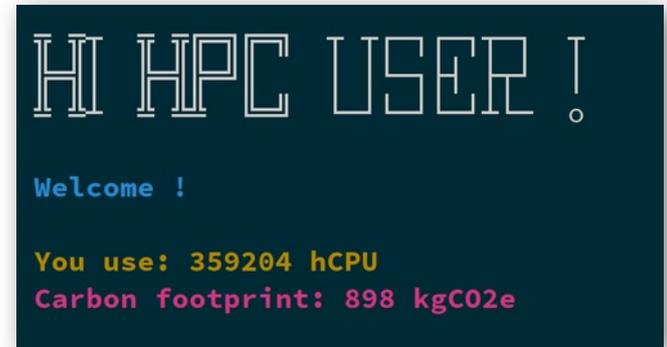
- **Éviter / retarder l'achat**
- Être **au plus près des besoins** utilisateurs
- **Mutualiser** le plus possible pour limiter le gaspillage de ressources (bâtiments, serveurs sous-utilisés, etc.).
- Introduire des **critères environnementaux** dans les achats
- choisir un environnement qui minimise la consommation d'eau et d'électricité
- questionner les besoins (ou non) de redondance
- Voir aussi le [Code de Conduite des Datacentres Européens \(2019\)](#)
- **Maximiser le taux d'occupation** des serveurs
- Penser à **éteindre les nœuds de calcul** non utilisés
- préférer un **reconditionnement** des serveurs plutôt qu'un recyclage matière et **interroger** précisément le prestataire sur le devenir des déchets ultimes



# Leviers (2/2)

En direction des utilisateurs

- sensibiliser aux impacts environnementaux du numérique
- **communiquer** l'ordre de grandeur des impacts liés à leurs propres calculs. À défaut de calcul précis, nous suggérons d'utiliser l'**ordre de grandeur de 2.5 gCO2e/h.coeur**
- questionner leurs réels **besoins**, notamment à l'occasion des renouvellements des plateformes
- promouvoir les bonnes pratiques: tester sur des petits jeux de données, vérifier que les ressources demandées et allouées sont bien utilisées, etc.



# En conclusion

- **Rendre visibles des émissions** (heures de calcul) pour les utilisateurs, les projets, les laboratoires.
  - Les décisions basées uniquement sur ce type d'indicateur (empreinte carbone d'une heure de calcul) peuvent mener à des **paradoxes** où la réduction de l'indicateur **ne mène pas à une réduction globale**
  - Une part très importante des émissions sont issues de la phase de fabrication. Toute **stratégie de réduction** ou de maîtrise des émissions absolues des heures de calcul se joue **au moment des prises de décision** du renouvellement ou d'ajout de nouveaux moyens
- Ces indicateurs doivent être utilisés avec précaution et **en complément d'une réflexion globale et collective** pour réduire les impacts environnementaux et sociaux

# Merci

**Gaël Guennebaud** (INRIA)

**Françoise Berthoud** (GRICAD)

Aux membres du **groupe** de travail,  
au **MCIA, GRICAD, GlicID, Pyrene,**  
**Paris Saclay**

Rapport GT  
GES Mesonet →



← Méthodologie  
Labos1point5

**MESONET**  
le mésocentre des mésocentres

**Labos 1point5**

**EcoInfo**  
Groupement de service