# La recherche en informatique face aux crises environnementales

Anne-Laure Ligozat

Réchauffement climatique, alertes environnementales : va-t-on faire de la recherche autrement ?

Centre d'Alembert – Université Paris-Saclay

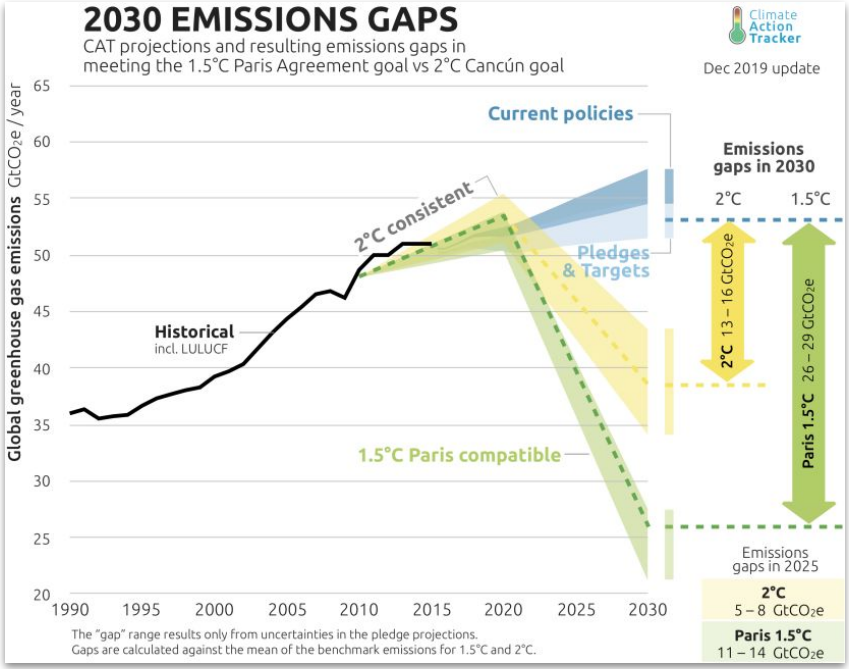
# D’où je parle

Enseignante-chercheuse en informatique

Recherche: impacts environnementaux du numérique

Membre de et

# Crises environnementales




en informatique, beaucoup de recherches déconnectées de ces problèmes

# Une responsabilité de la recherche

« [L]a finalité spécifique [de la recherche], qui est de produire des connaissances au service de la société, lui confère la **responsabilité particulière de s'interroger aussi sur les usages qui pourront être faits de ces connaissances** (notamment leur transformation en innovations) et sur la manière dont ces derniers peuvent **répondre aux problèmes** que rencontre la société ou au contraire les pérenniser voire les **aggraver**. »
Comité d'éthique du CNRS (COMETS)

Labos 1point5, https://tinyurl.com/2bdy7h7d

« Il relève de la responsabilité individuelle et collective des scientifiques d'**évaluer les impacts potentiels sur l'environnement de leurs propres travaux et de placer la limite entre des sujets à traiter et d'autres à laisser de côté en raison de leur impact négatif**.»

# Choix des thématiques

recherche autonome, qui pose ses propres questions ?

financements sur thématiques données, avec objectif comme croissance économique

A. Petit, PDG du CNRS

«Investir aujourd'hui dans la recherche, c'est (...) aider la France et l'Europe à **gagner les guerres** et combats actuels, la lutte contre le changement climatique, une transition énergétique harmonieuse, la **création d'emplois et de valeurs**, le combat contre la radicalisation et les obscurantismes, une **numérisation du monde** au bénéfice du plus grand nombre.» Tribune Les échos 2019

B. Sportisse, PDG de l'Inria
« L'Inria doit accorder la **priorité à son impact économique** sur le tissu industriel français. »
Assemblée nationale 2021

# Thématiques Horizon Europe

## La législation relative au programme Horizon Europe définit trois types d'impact suivis au moyen de **chemins d'impact clés**

**Impact scientifique**

1. Créer de nouvelles connaissances de haute qualité
2. Renforcer le capital humain dans le domaine de la R&I
3. Favoriser la propagation des connaissances et la science ouverte

**Impact sociétal**

4. Répondre aux priorités stratégiques de l'UE et aux problématiques mondiales grâce à la R&I
5. Procurer des avantages et garantir un impact via des missions de R&I
6. Renforcer la pénétration de la R&I dans la société

**Impact économique**

7. Générer une croissance basée sur l'innovation
8. Créer des emplois plus nombreux et de meilleure qualité
9. Susciter des investissements en faveur de la R&I

Commission européenne

Pilier II

## Budget pour les pôles et le JRC

*aux prix courants*

| | | |
|---|---|---|
| Pôle 1 | Santé | 8,246 milliards d'EUR (dont 1,35 milliard provenant de Next Generation EU) |
| Pôle 2 | Culture, créativité et sociétés inclusives | 2,28 milliards d'EUR |
| Pôle 3 | Sécurité civile pour la société | 1,596 milliard d'EUR |
| Pôle 4 | Numérique, industrie et espace | 15,349 milliards d'EUR (dont 1,35 milliard d'EUR provenant de Next Generation EU) |
| Pôle 5 | Climat, énergie et mobilité | 15,123 milliards d'EUR (dont 1,35 milliard d'EUR provenant de Next Generation EU) |
| Pôle 6 | Alimentation, bioéconomie, ressources naturelles, agriculture et environnement | 8,952 milliards d'EUR |
| | JRC (actions directes non nucléaires) | 1,97 milliard d'EUR |

Les pôles comprennent un budget consacré aux partenariats et aux missions.
Next Generation EU est l'instrument de l'Union européenne pour la relance

Commission européenne

Horizon Europe

# Thématiques projets

France
ANR 2023

**Domaine « Sciences du numérique »**

*Axe E.1. Fondements du numérique : informatique, automatique, traitement du signal*

*Axe E.2. Intelligence artificielle et science des données*

*Axe E.3. Sciences et génie du logiciel - Réseaux de communication multi-usages, infrastructures de hautes performances*

*Axe E.4. Interaction – Robotique*

*Axe E.5. Modèles numériques, simulation, applications*

*Axe E.6. Technologies quantiques*

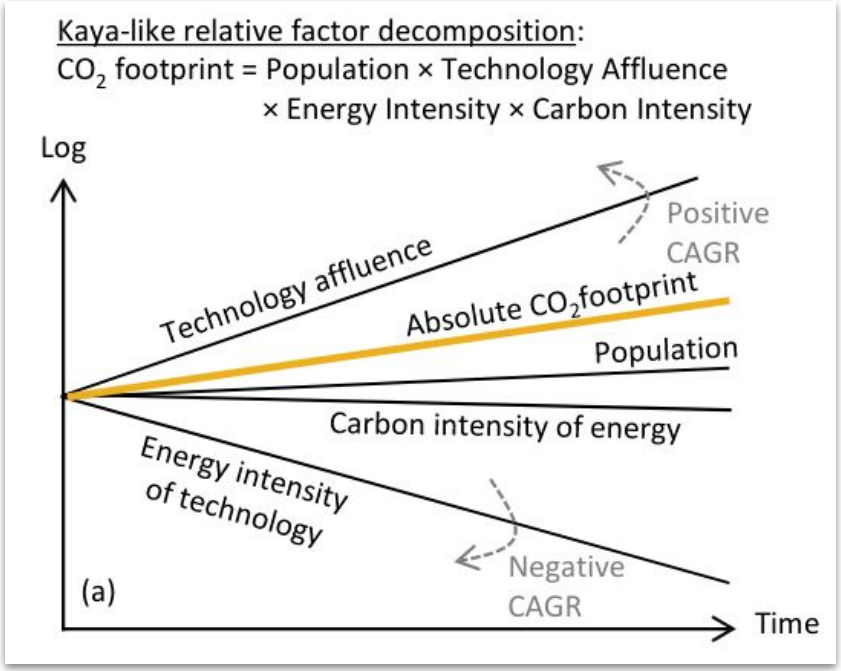
# Questions peu traitées en informatique

- low-technicisation
- informatique résiliente
- impacts environnementaux négatifs du numérique
- …

alors que potentielles sources de bénéfices pour la société

# Quid des recherches sur l’efficacité énergétique ?

effet rebond

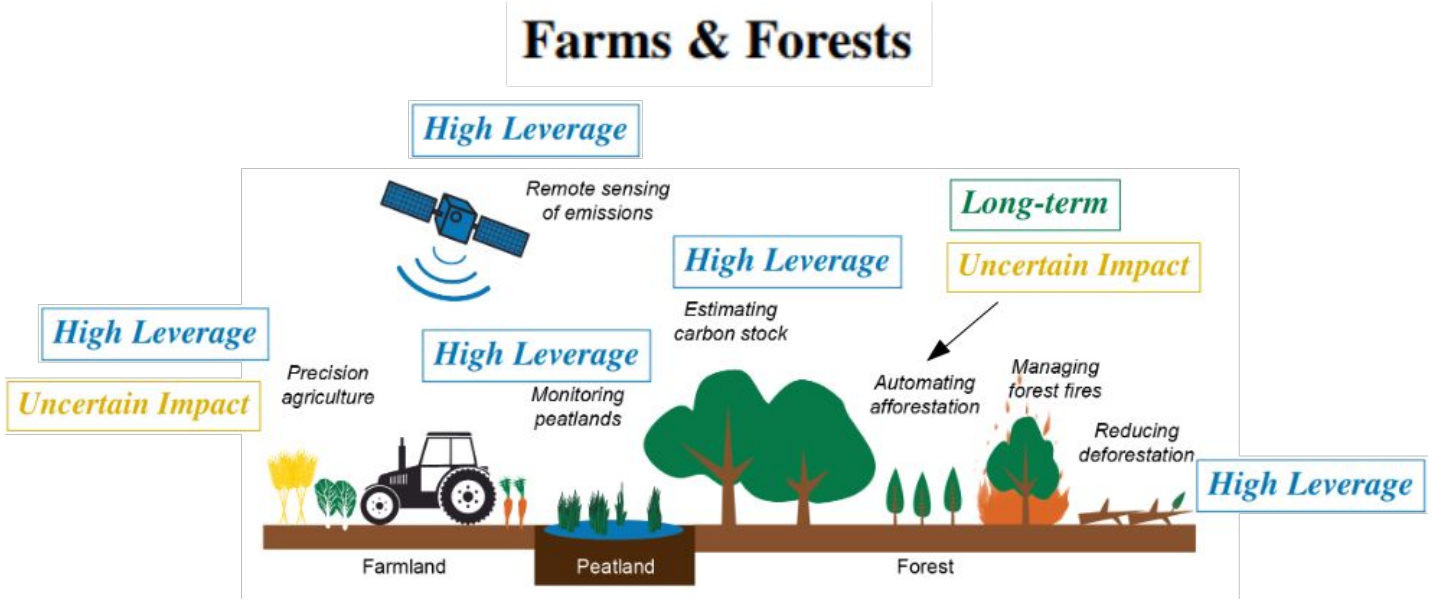



source : Bol, D., Pirson, T., & Dekimpe, R. (2021). *Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene*. In *2021 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)*. IEEE.

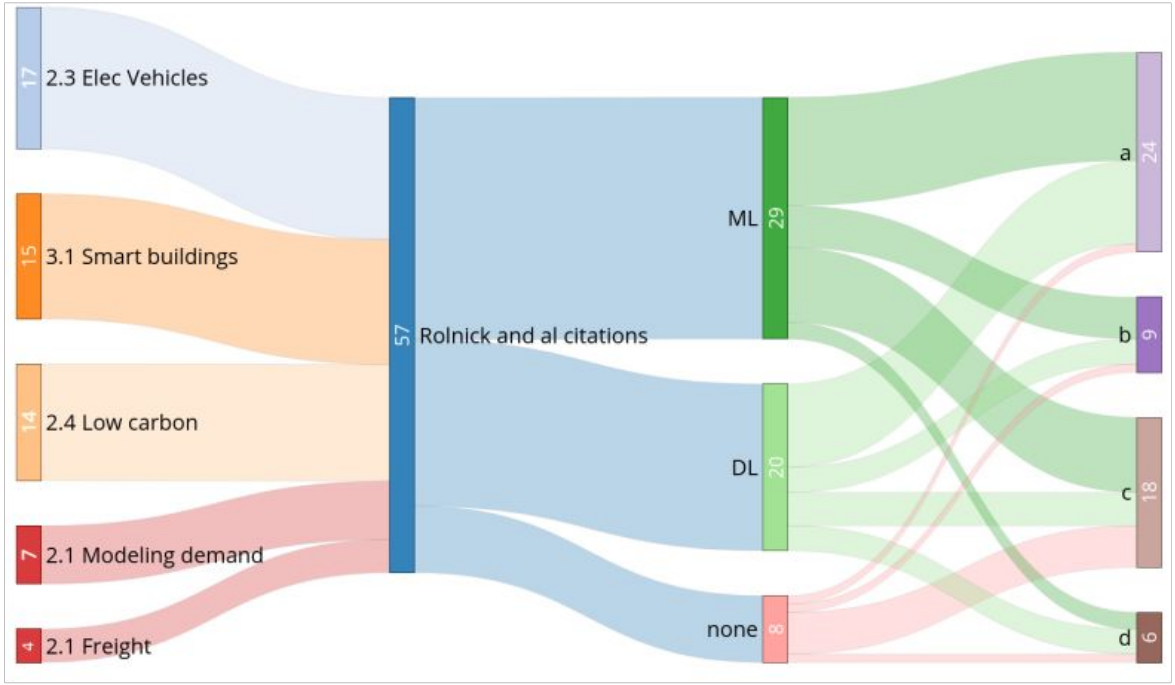
=> sortir de l’optimisation

# Applications à des problèmes environnementaux ?

«Tackling Climate Change with Machine Learning» (Rolnick et al., 2019)



# Evaluations des applications dans (Rolnick et al., 2019)




a. No mention of the environmental gain

b. General mention of the environmental gain

c. A few words about the environmental gain but no quantitative evaluation or only indirect estimation

d. Evaluation of the energy gain without taking the AI program into account

(Ligozat et al., 2021)

# Biais des études d’impact (Rasoldier et al., 2022)

Périmètre

- pas de prise en compte du cycle de vie : (Ligozat et al., 2021) pour l'IA
- pas de prise en compte des effets indirects : 5G

Hypothèses

- comparaison à quel scénario de référence ?

Déconnexion de scénarios globaux

- bénéfices minimes + incertitudes mal gérées
- incompatibilité entre les mesures

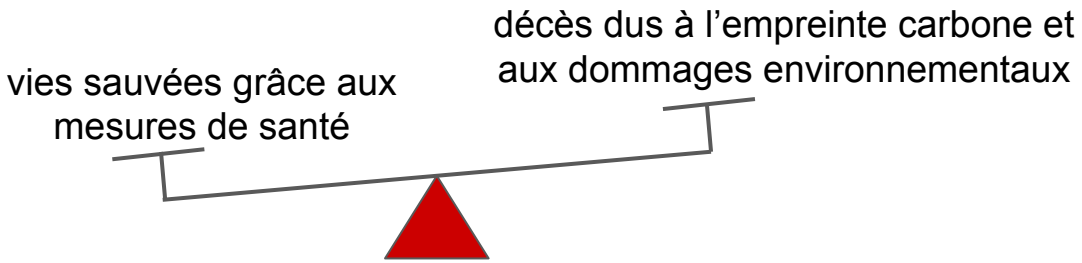
=> estimation des bénéfices difficile

**Proposition de document de cadrage Évaluation environnementale de projets impliquant des méthodes d'IA**

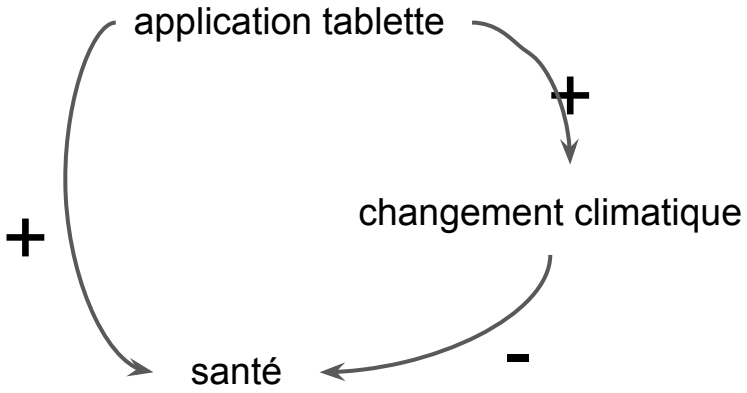
Laurent Lefèvre (1) , Anne-Laure Ligozat (2, 3, 4) , Denis Trystram (5, 6, 7) , Sylvain Bouveret (8) , Aurélie Bugeau (9) , Jacques Combaz (10) , Emmanuelle Frenoux (11) , Gaël Guennebaud (12) , Julien Lefèvre (13) , Jean-Philippe Nicolaï (14)

https://hal.science/hal-03853135

# Applications à la santé ?



[Conférence Comprendre et Agir -- Valérie d'Acremont]



# Changer de thématique de recherche ?

Exemples

- vérification de systèmes temps-réel embarqués

  → analyse du potentiel des technologies "smart"

- langages de programmation et systèmes d'exploitation pour «petites» plates-formes

  → informatique frugale

- bioinformatique

  → transition bas carbone de la recherche

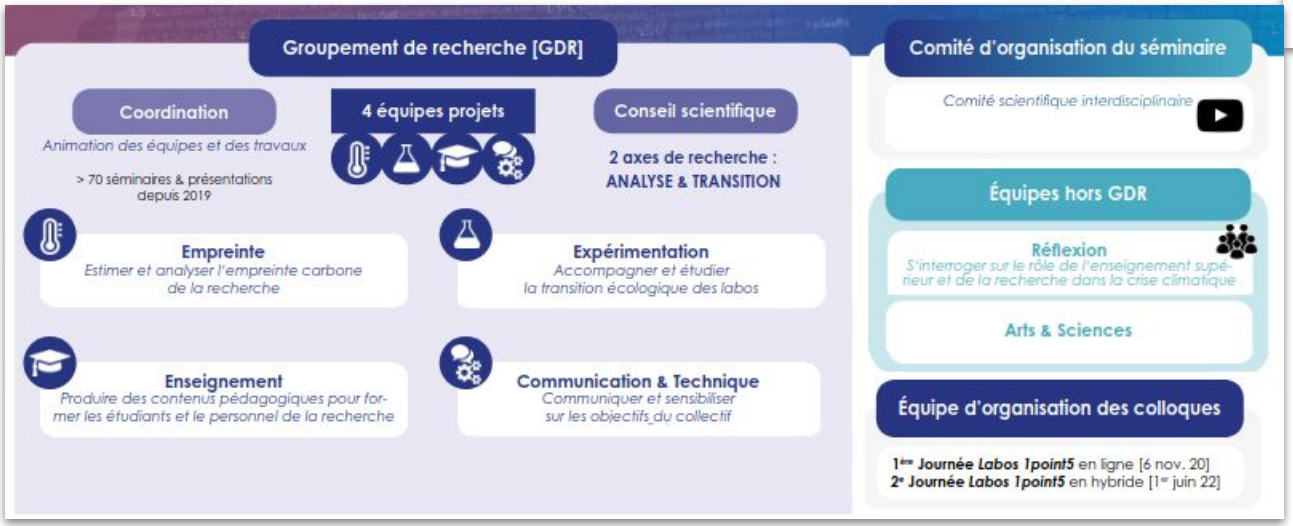
# Une thématique à part : l’empreinte de la recherche

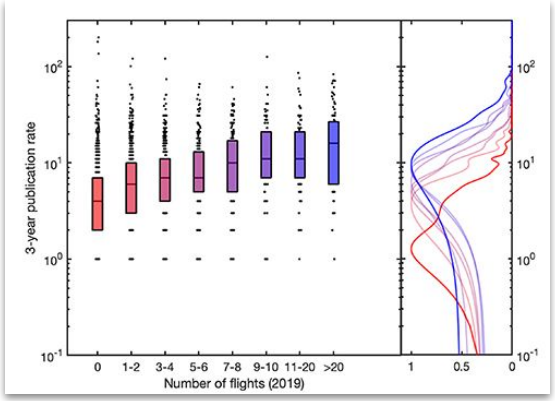
Objectif : Réduire l'empreinte des activités de recherche sur l'environnement, en considérant cette évolution comme une question de recherche

Labos 1point5

PAPER • OPEN ACCESS
An open-source tool to assess the carbon footprint of research

LETTER • OPEN ACCESS
The carbon footprint of scientific visibility



# Empreinte carbone de la recherche

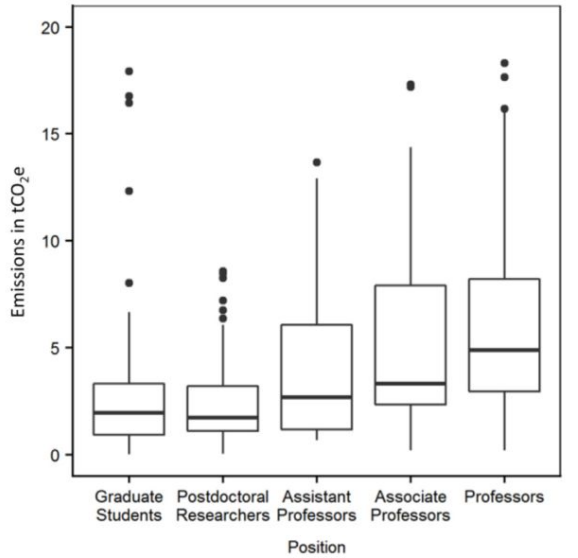
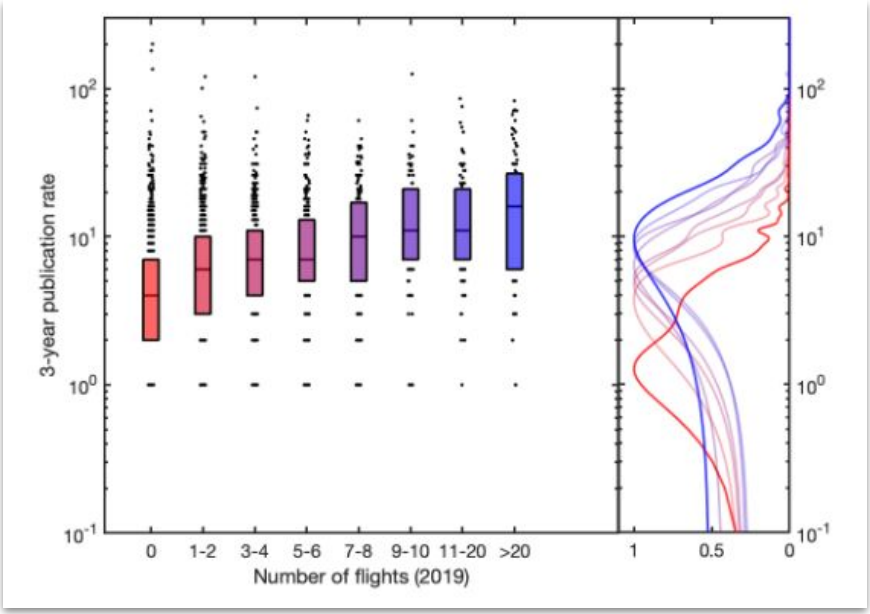



**Fig. 1.** Emissions of individual travellers grouped by career stage, n = 450. Note that some points beyond 20 $tCO_2e$ are not visible here.

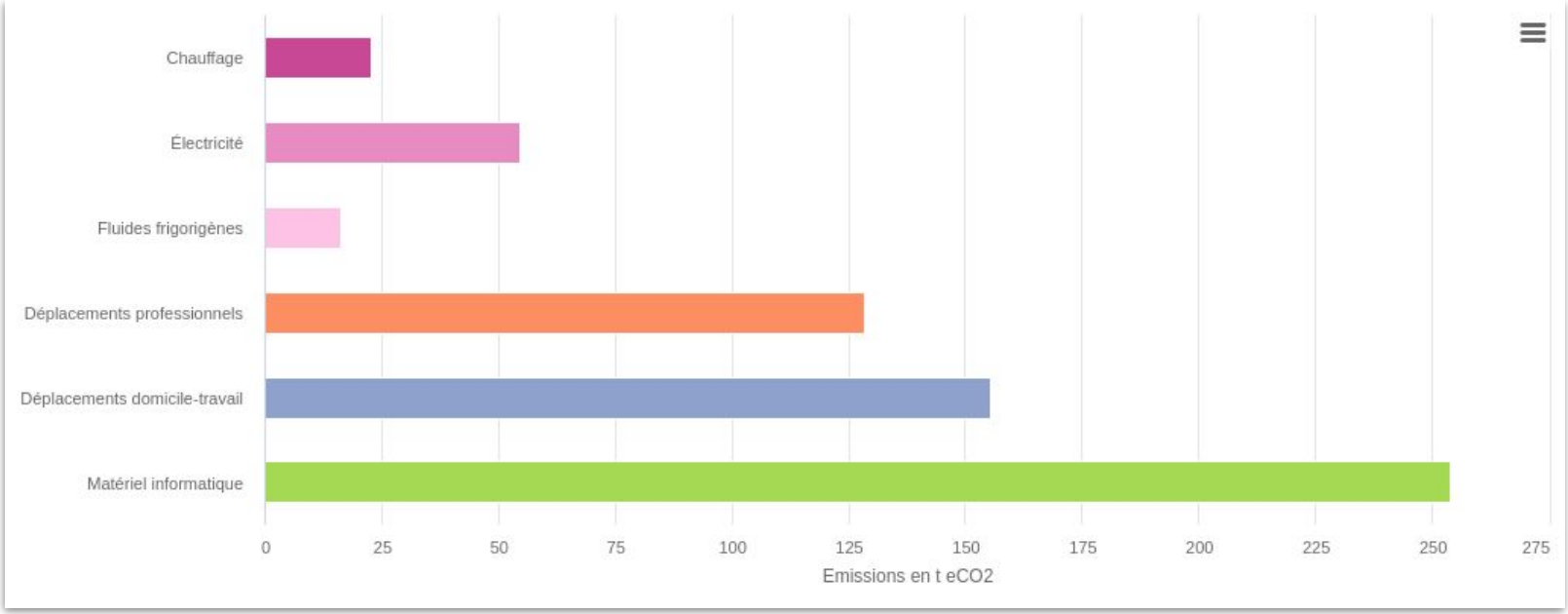
University of British Columbia, Canada (Wynes et al., 2019)



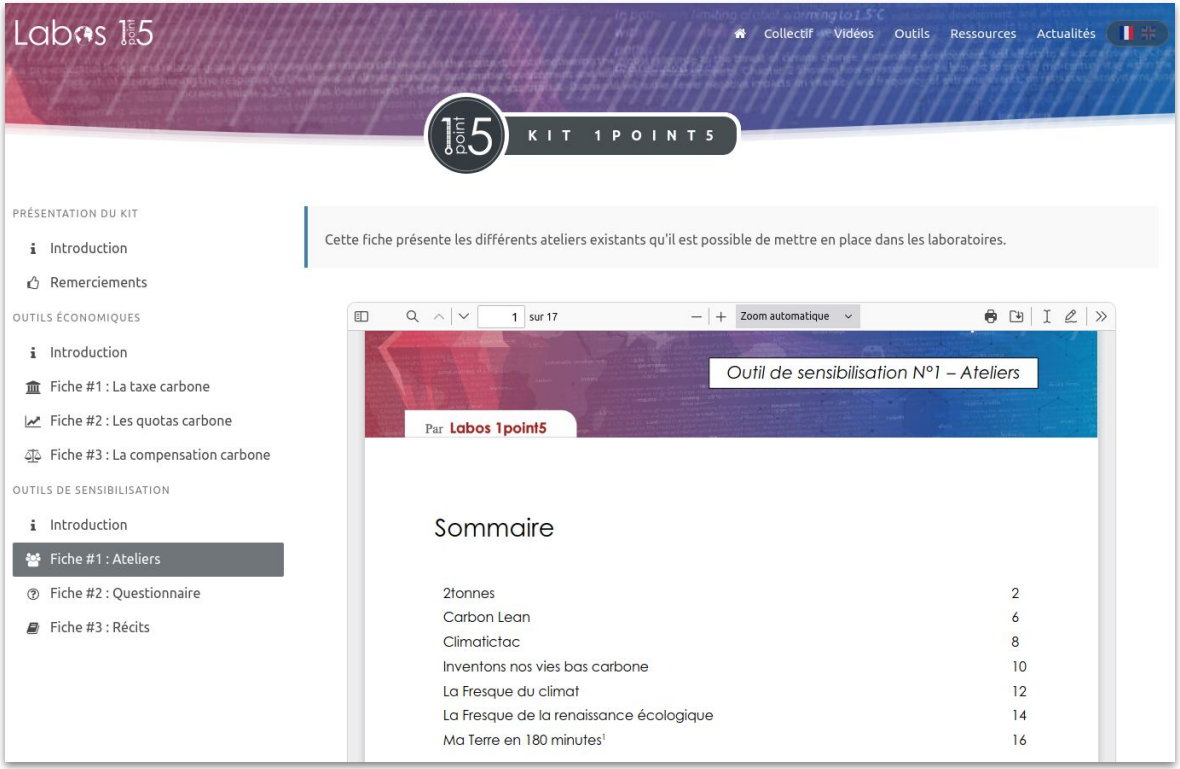

Certains changements de pratiques touchent au coeur des recherches (Berné et al., 2022)

⇒ questionne sur coeur de métier

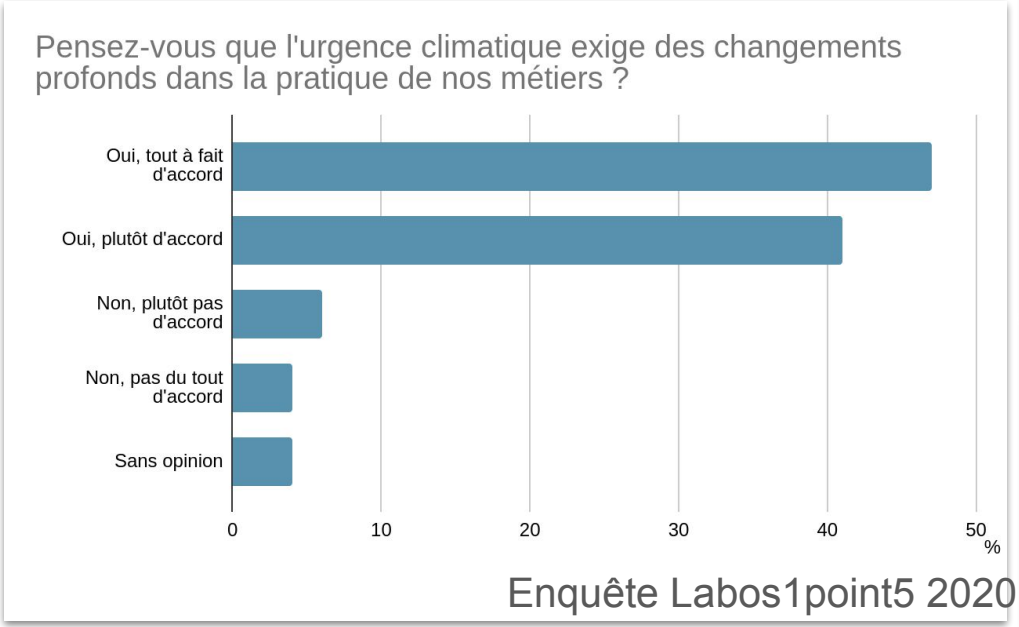
# Bilan GES des laboratoires : l’outil GES 1point5

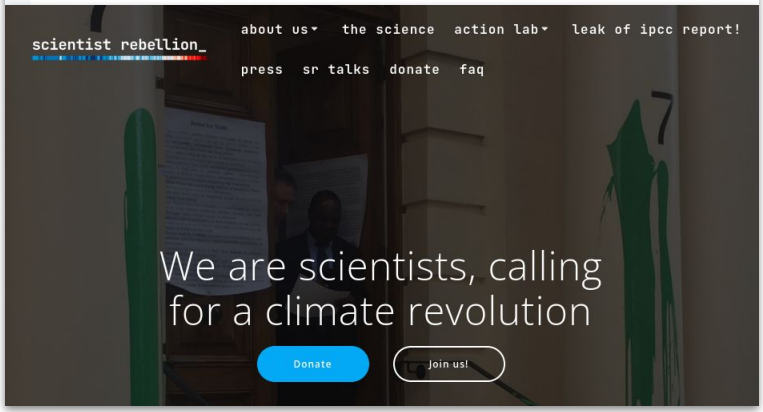


# Transition bas carbone des laboratoires



# Le personnel de la recherche est-il prêt à changer ?





# On s’arrête et on réfléchit ? ou Comment cheminer ?

- se former
  - individuellement et collectivement
- sortir de son champ disciplinaire
  - Groupe de travail Politiques environnementales du numérique du GDR Internet, IA et Société
- accepter que ce soit long…
- et le manque de compétence
  - espaces pour s’exprimer

# Quelle recherche scientifique dans l'anthropocène ?

« Est-ce que les résultats de nos recherches participent à la construction d'un monde qui correspond à nos valeurs ? »

Questions posées :

- Pourquoi travaillez-vous dans la recherche scientifique ?
- Sommes-nous responsables des usages possibles de nos découvertes scientifiques ?
- La recherche devrait-elle se déconnecter de la société pour avancer ?
- Quelles sont les valeurs et les attachements avec lesquels vous travaillez ?

En savoir plus :
https://sens-gra.gitlabpages.inria.fr/atelier-impacts-recherche/

Et notre fonctionnement : suractivité, perte de collectif…

# Parmi les recommandations du COMETS au personnel de recherche

1. Reconnaître que **la prise en compte de l'environnement** fait **partie intégrante de l'éthique de la recherche**
   - **penser notre activité au regard des enjeux environnementaux** : empreinte des **pratiques de recherche** + **impact environnemental** négatif ou positif des **sujets de recherche et méthodes**
2. Multiplier les **espaces de discussion** pour débattre des enjeux et contours de cette responsabilité
   - au niveau des laboratoires, communautés scientifiques, académies…
3. Outiller le débat d'un **cadre méthodologique**
   - mise en balance de l'ensemble des impacts négatifs et positifs d'une recherche

# S’emparer du sujet

10 simple rules to make your research more sustainable
https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008148

1. Cherry-picking is allowed
2. Be informed
3. Prefer train over plane
4. Take advantage of remote participation
5. Work collectively and reproducibly
6. Encourage bottom-up sustainable initiatives
7. Evaluate the impact of your research practices
8. Ask sustainability research questions
9. Transfer ecofriendly gestures from home to the lab
10. Raise awareness

(Ligozat et al, 2020)

# Liens utiles

- Réfléchir à notre coeur de métier, le fonctionnement de la recherche

  → Labos 1point5

- Interroger nos thématiques de recherche

  → atelier SEnS

- Se demander à quel type de société nous contribuons

  → atecopol, ecopolien et autres, conférences de Julian Carrey