

Compte-rendu

Journée Science Bas carbone

Cette première journée « Science Bas Carbone » a été organisée par le groupe de travail Science Bas Carbone issu de la Commission Environnement de l'IRAP.

Elle s'est tenue le 26 mai 2023 de 9h à 17h, en format hybride (présentiel et visio conférence). Sur l'ensemble de la journée, une soixantaine de participant.e.s ont assisté aux présentations et participé aux débats.

Rappel du programme de la journée : <https://www.irap.omp.eu/event/journee-sciences-bas-carbone/>

I] Introduction aux enjeux, rappel des initiatives nationales, locales (9h – 10h30)

Premier constat issu du bilan carbone de l'IRAP : la majeure partie de l'empreinte carbone est liée aux infrastructures et au cœur du métier de recherche.

❖ Présentation des actions et outils développés par Labo 1.5 (Olivier Berné, IRAP, 30 min)

Contexte international : le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a publié depuis sa création en 1988 de nombreux rapports scientifiques qui confirment les causes anthropiques et les effets du changement climatique.

Paysage en France : des scientifiques reconnus.e.s comme Valérie Masson-Delmotte (GIEC) commencent à se positionner en lanceur d'alertes au niveau national. Dès 2018, un consensus a été atteint dans le milieu de la recherche pour alerter sur la question et organise l'action visant à la réduction de l'empreinte environnementale de la recherche. Il n'y a pas que l'empreinte carbone à considérer, d'autres impacts environnementaux sont également fondamentaux (biodiversité).

Dans le monde universitaire, on observe quelques initiatives individuelles, ainsi que des universités motrices sur ces questions (création d'outils) comme l'EPFL. Les ranking d'universités ont commencé à intégrer une dimension environnementale. On voit également l'émergence de collectifs dans les laboratoires et instituts de recherche.

Différents sondages réalisés dans différentes disciplines montrent que 95% des chercheurs pensent qu'il faut changer les pratiques de la science. La création du collectif Labo1.5 s'est faite avec l'appui d'une tribune dans Le Monde. La stratégie politique au moment de la fondation est celle d'un mouvement *bottom up* représentant tous les statuts (chercheurs, ITA...); Pour s'extraire d'une dynamique bureaucratique/institutionnalisée, Labo 1.5 décide de fonder ses travaux sur la méthode scientifique (pas du pur militantisme) et d'avoir une gouvernance à l'échelle des labos et outils applicables dans les labos.

En 4 ans d'existence :

- Création d'un groupement de recherche soutenu par différents organismes (ADEME, CNRS, INRAE) et en parallèle une équipe de réflexion indépendante (réflexion politique).
- Création de l'outil GES1.5 : définition d'un périmètre relativement restreint pour la mesure de l'empreinte carbone des labos. L'outil est open source, gratuit, et sur un périmètre commun à tous les labos tout en garantissant la protection des données (RGPD), voir le papier ici [10.1088/2634-4505/ac84a4](https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac84a4). Il donne la possibilité de faire des scénarios avec des mesures qui permettent d'aboutir à des réductions d'émissions GES. Cet outil est une manière de se réapproprier son labo sur la question de la réduction carbone. L'outil inclut un suivi annuel, permet de faire les bilans en interne des labos et évite l'externalisation qui empêche l'appropriation du problème par les personnels du labo et provoque une externalisation des valeurs.

Une phase d'expérimentation a conduit à la création du réseau des labos en transition : une communauté de labos français qui ont utilisé l'outil et ont engagé une transition avec différents leviers. Mise en réseau, partage d'expérience.

Cet outil de collecte de données permet d'avoir des données à l'échelle nationale (utilisé par 700 UR soit 1/3 des UR en France). 1300 Bilans GES sont ainsi disponibles dans la base de donnée. Les sciences naturelles/techniques sont surreprésentées (seulement 15% de SHS).

Moyenne des données :

- 8t de CO2 par personne sur l'ensemble des labos
- 1% des émissions de la France (2million t) sans compter les infrastructures (téléscopes, accélérateurs de particules...)

On observe cependant une forte hétérogénéité d'un labo à l'autre, il convient donc de faire attention à ces moyennes.

Commune à tous les laboratoires, la question du transport cristallise certaines tensions. La majorité de l’empreinte carbone se fait sur les trajets en avion de longue distance. L’avion représente 96% de l’empreinte carbone des missions. Ce mode de transport est cependant source d’inégalités entre les personnels, 50% des gens ne font aucun vol sur une année, tandis que 54% des vols sont faits par 10% des personnels. Il existe une corrélation entre visibilité scientifique et le nombre de vols, que l’on observe pour les publications et pour le h-index. Il existe également des inégalités entre les disciplines et le genre.

Il est important de se poser la question et de requestionner les pratiques/projets/finalités de recherches, définir des priorités et des axes de recherches moins impactant pour l’environnement. Ceci pose la question de l’éthique et des limites : comment définir une éthique environnementale de la recherche ? Cf. rapport du COMETS (saisi par Antoine Petit) sur cette question.

Différents aspects restent à creuser :

- Évaluation de la recherche et du recrutement
- Financement par les industries fossiles
- Vers une recherche frugale ?

Débat :

L’empreinte carbone de la recherche fait partie de l’empreinte générale du service public / de la collectivité qui impacte toute la population. Il y a donc un devoir d’exemplarité, une responsabilité de la part de la recherche vis à vis de l’impact environnemental de ses activités.

Il faut néanmoins prendre conscience que c’est un privilège de la recherche de pouvoir se questionner sur ses pratiques.

Sur les achats : on peut réfléchir à comment fabriquer des instruments autrement, sans acheter du matériel à profusion et en de multiples exemplaires (instruments de mesures, outils...). Une réflexion peut aussi être menée sur l’incitation à la dépense sur les budgets non reportables = questions de gestion budgétaire.

Ressources :

- Labo1point5 : <https://labos1point5.org/>
- Rapport du COMETS : <https://comite-ethique.cnrs.fr/avis-du-comets-integrer-les-enjeux-environnementaux-a-la-conduite-de-la-recherche-une-responsabilite-ethique/>

❖ Retour sur le bilan GES de l’IRAP et spécificité de la recherche en Astrophysique (Victor Réville, IRAP, 30 min)

La Commission environnement de l’IRAP a réalisé un bilan carbone en 2021-2022 sur les données 2019.

Éléments de contexte sur le changement climatique : l’objectif de limiter la hausse globale des températures en dessous de 1.5°C issu des Accords de Paris semble aujourd’hui inatteignable (d’après les travaux du GIEC) au vu de la non-tenue des engagements pris en 2015. Ces engagements nécessiteraient en effet de réduire les émissions de 7.6%/an. En 2020 lors de la crise du Covid, on a constaté une réduction de 6% suite aux confinements. Cela représente l’effort qui devrait être reproduit chaque année.

Pour son BGES, l’IRAP a fait le choix de d’utiliser la méthode Bilan Carbone avec l’accompagnement de l’ADEME (pas la méthode de GES1.5), qui consiste à identifier tous les postes d’émissions de l’IRAP puis des leviers d’action. Le Bilan Carbone de l’IRAP a donc l’originalité d’avoir pris en compte toutes les infrastructures au sol et dans l’espace. Il est basé sur l’année 2019 (pré-covid donc plus représentative) sur les 3 sites (Belin, Roche, Tarbes), l’ensemble du personnel (263 personnes) et toutes les activités sauf l’enseignement (car double comptage avec université).

Résultats :

- Observatoires (sol + espace) = 55% du bilan de l’IRAP
- Emissions carbone de l’IRAP = 30 t / personne

Des objectifs de réduction ont ensuite été définis suivant la trajectoire nationale recommandée par l’ADEME. L’objectif est de réduire d’un facteur 2 d’ici 2030 et d’atteindre la neutralité carbone d’ici 2050.

Débat :

A l'échelle de l'INSU-AA :

- La prospective intègre-t-elle une réflexion sur la trajectoire bas carbone ?
- Questions sur la fiabilité des indicateurs de calcul de l'empreinte carbone des infrastructures d'observation
- Risque de fort dédouanement de la communauté d'astronomie ?
- Enjeu d'anticiper pour ne pas se retrouver au pied du mur en cas de crise énergétique mais très difficile d'avoir cette discussion à l'échelle des décideurs
- Faire des choix pour favoriser certains instruments pour réduire l'empreinte environnementale ? (éviter les doublons)

Dans le Bilan Carbone, l'empreinte carbone des achats et infrastructures est basée sur une approche coût : questionner pourquoi les projets coûtent cher ? Une grosse partie du coût du projet est constituée par les RH. Donc réduire l'empreinte carbone ne peut pas se résumer à réduire les coûts car cela signifierait réduire la qualité des projets. A cette remarque, il est répondu que l'approche se fait aussi par le poids des instruments et des lanceurs. Ce calcul est alors indépendant du coût et on tombe sur des chiffres similaires (mêmes ordres de grandeur). Par ailleurs, dans l'approche coût on considère le prix de la construction des satellites et des lancements (donc pas les salaires), et au regard des facteurs d'émission utilisés le résultat reste dans une fourchette très basse.

Un des enjeux est de réaliser de plus en plus de cas très concrets détaillés analysés avec la méthode ACV pour avoir des ordres de grandeurs plus précis et des facteurs d'émissions fiables réutilisables pour d'autres instruments similaires.

Sur le cas des fusées réutilisables : pour la même performance elles ont une empreinte carbone plus importante qu'une fusée jetable (car il est nécessaire d'avoir le carburant pour revenir et autres process plus impactant). Les coûts sont également moindres, donc on observe un effet rebond énorme. Par exemple en 2022, 180 lancements ont eu lieu dans l'année, cette trajectoire n'est pas soutenable. Exemple de Starlink : pour 4000 lancements on atteint les 60 millions de tCO₂ uniquement pour la 1^{ère} constellation (renouvelé tous les 6 ans) En comparaison l'ensemble des satellites d'observation scientifique représentent 5 millions tCO₂. Il y a un fort enjeu d'avoir des leviers sur les agences privées (régulation par les agences nationales).

Réduire la voilure sur les projets : les plus grands projets sont décidés à l'extérieur du labo par des comités internationaux. Cela engendre un « choix » à faire pour les labos : y aller et faire les choses bien ou ne pas y aller et laisser quelqu'un d'autre le faire (avec moins d'effort sur l'environnement). Cette approche peut être vue comme « révolutionnaire » auprès des grands décideurs. Aujourd'hui il y a très peu de débat dans la communauté scientifique sur cette question.

Qui va fabriquer et utiliser les instruments si les chercheurs n'ont pas envie de les faire ?

Ressources :

- [A comprehensive assessment of the carbon footprint of an astronomical institute](#), by Pierrick Martin, Sylvie Brau-Nogué, Mickael Coriat, Philippe Garnier, Annie Hughes, Jürgen Knödlseher & Luigi Tibaldo Nature Astronomy, DOI : 10.1038/s41550-022-01771-3
- The carbon footprint of IRAP, by Pierrick Martin, Sylvie Brau-Nogué, Mickael Coriat, Philippe Garnier, Annie Hughes, Jürgen Knödlseher, Luigi Tibaldo, <http://arxiv.org/abs/2204.12362>
- [Estimate of the carbon footprint of astronomical research infrastructures](#). Knödlseher, J., Brau-Nogué, S., Coriat, M. et al. Nat Astron 6, 503–513 (2022).

II] La science dans la société et liens avec l'industrie (11h – 12h30)

❖ La science, supplément d'âme du spatial ? (Arnaud Saint Martin, CESSP, 30 min)

Arnaud Saint-Martin a étudié la politique spatiale américaine et en particulier le *New Space*, qui repose principalement sur de la spéculation financière et des normes de fonctionnement qui ne sont pas sobres en énergie. L'idée de cette présentation est de faire émerger, par contraste, d'autres façons de faire de la recherche spatiale.

Depuis les années 80 des chercheurs constatent une altération des façons de faire la science (« nouveau régime néolibéral du champ astronautique ») qui met l'accent sur l'entreprise, la privatisation, les brevets... pour rendre la

science lucrative, en faire un business. Les jeunes chercheurs par exemple sont largement incités à créer des entreprises, des startups. Cette altération est le fruit d'un processus lent de politiques publiques, de lobbying qui entraîne une altération de l'éthos de la science (cf. R. Merton : le partage de valeurs crée l'unité de la science).

Une autre vision prend forme qui consiste à organiser les programmes avec une répartition du travail qui pourrait changer entre public et privé. Cette transformation de la division du travail dans ce régime néolibéral des sciences et techniques engendrent une réduction du rôle de l'État (qui devient client de prestataires privés). On cherche à maximiser l'héritage technique de la guerre froide. Ceci a des effets sur la façon dont les acteurs font de la science, cf. S. Shapin : transition de la science académique désintéressée à une science capitaliste.

On peut citer par exemple la tentative de privatisation de la NASA en 2004-2005 d'où sont nées beaucoup de startups qui sont devenues des acteurs privés puissants aujourd'hui, avec l'idée d'occuper l'espace, de le rendre attractif. Des financements publics massifs sont créés pour des startups du spatial. L'imaginaire d'une croissance infinie avec le spatial s'impose dans ce nouveau marché.

La science du point de vue du spatial : comment on envisage la science dans les industries . La science est perçue comme une « clientèle », avec l'idée de vendre des systèmes clés en main et que c'est vertueux parce que c'est de la science. Ces nouveaux partenariats sont considérés comme « win-win », source de publicité, de relations publiques.

L'essentiel du business dans le spatial sont les applications militaires, mais on retrouve d'autres marchés spécifiques comme l'agriculture.

La science n'est donc plus le cœur de métier du spatial. Dans l'ingénierie spatiale, on trouve un rapport à la science ambivalent, contrarié. Frustration de certaines tentatives de faire du business sans y parvenir. Moments de désenchantement. La science est un indicateur de la vision qu'ont les gens de leur utilité sociale. La science devient ainsi un « supplément d'âme » pour le business du spatial. qui accompagne aussi la philanthropie capitaliste.

Vue de l'astronautique depuis la science : il n'y a pas de positionnement binaire dans la communauté scientifique. On peut parfois observer un sentiment d'hostilité face à des acteurs privés très puissants, mais aussi de l'embarras, du fatalisme, de l'enthousiasme... Ou encore une forme de solutionnisme « pourquoi pas s'ils le font bien, on peut arriver à réguler... » qui peut aussi être ressenti comme une forme de fuite en avant, avec l'idée que « si ça marche ça pourrait révolutionner l'astronomie ».

Mais la question du coût environnemental demeure, de même que celle du coût politique (laisser au privé la gloire de révolutionner l'astronomie et de faire la conquête spatiale).

Débat :

Sur la question des vols habités : les astronautes ont un rôle d'ambassadeurs du spatial (« usage de Thomas Pesquet » qui sert plein d'objectifs de *soft power*, de plaidoyer, fonction d'enchantement de la conquête spatiale), nécessaire car l'adhésion du public n'est jamais complètement acquise, et les Agences spatiales sont des organismes tellement énormes qu'il leur faut une incarnation (ex : les rover twittent).

Les jeunes chercheurs américains sont poussés à être entrepreneurs, dans les universités les étudiants sont formés à l'entrepreneuriat, incités par des intervenants privés,... Une continuité se crée ainsi entre science et business, on observe une banalisation du rapport science-marché. Mais ce fonctionnement paraît insoutenable sur le long terme au vu des impacts environnementaux du spatial.

Il paraît difficile de voir émerger un SpaceX ou Falcon français, bien que ce soit défendu par E. Macron. C'est un discours qui ne reçoit pas réellement d'écho politique en France. Des politiques publiques se lancent doucement mais pour l'instant ça ne prend pas. Une des raisons à cela est qu'il n'existe pas en France cette « culture du risque » financier (comme il existe aux Etats-Unis), c'est un modèle qui n'est pas soutenable et pas en cohérence avec le système social.

Ressources :

- Publications et travaux d'Arnaud Saint-Martin : <https://cessp.cnrs.fr/-SAINT-MARTIN-Arnaud->
- « [L'histoire longue des promesses du New Space](#) », Arnaud Saint-Martin (CESSP), *Humanités spatiales*, 19 novembre 2019.

❖ Urgence écologique, responsabilité de la communauté scientifique et pertinence de l'engagement des chercheurs (Odin Marc, GET/Atécopol, 30 min)

Pour Naomi Oreskes (Harvard University), le discours sur le changement climatique doit être compréhensible, mais aussi que les gens soient d'accord pour écouter, dans un contexte où des informations contradictoires sont diffusées au grand public (semeurs de doute, lobbies...). Donc le fait que les scientifiques informent la société et apportent la connaissance ne suffit pas.

Ce n'est pas une bataille idéologique/scientifique qui se joue avec le changement climatique mais une question de réorganiser totalement la société pour faire face aux bouleversements qu'il va engendrer.

Face aux enjeux environnementaux est souvent proposée une vision technicienne / gestionnaire qui pense toujours trouver des techno-solutions (avec l'idée que ça marchera plus tard). Cette vision « verrouille les chemins » et empêche de proposer des solutions de modification plus radicale de la société.

Une des barrières à faire sauter est la neutralité de la science. On sait que la science n'est pas neutre et ne devrait pas l'être. Les valeurs individuelles et collectives influencent la science.

Les scientifiques peuvent s'impliquer à différents niveaux :

- Écrire des articles
- Avoir des positionnements assumés
- Participer individuellement aux actions de lutte

The privilege to know, the duty to act

Lorsque les scientifiques sont mobilisés pour faire de la vulgarisation, il est important que celle-ci soit connectée au politique, aux valeurs, notamment lorsqu'on parle de changement climatique et de crise écologique.

Débat :

Quels arguments ont les scientifiques pour asseoir une légitimité ? Le fait de pouvoir utiliser et pouvoir expliquer la méthode scientifique pour présenter des données qui font consensus dans la communauté scientifique, sans que cela fasse office d'arguments d'autorité. Un scientifique a une légitimité particulière à s'appuyer sur les travaux d'autres scientifiques.

Risque de posture technocratique ? Les choix de société doivent être faits de manière collective et démocratique mais informés par les scientifiques.

On peut noter un paradoxe chez certains scientifiques qui utilisent leur légitimité mais en même temps critiquent la science qui a causé plus de dégâts que de bien sur la crise environnementale. Par contre il est important pour garder ce crédit et cette légitimité de garder une objectivité et une rigueur scientifique, et pour ça il faut rester dans le collectif.

Réunion de l'IRD sur comment les chercheurs peuvent communiquer :

- Droits : liberté académique
- Devoirs : devoir de réserve

Devoir de réserve et d'engagement : dans la loi ce devoir est défini très différemment entre un fonctionnaire et un chercheur (plus de liberté pour de chercheur). Il y a également une éthique individuelle à respecter (ne pas faire de la désobéissance civile sur son temps de travail). Un nouveau rapport du COMETS sur l'engagement des scientifiques vient d'être publié.

Ressources :

- Jérôme Baschet, Basculements. Mondes émergents, possibles désirables, Paris, La Découverte, coll. « Petits cahiers libres », 2021, 256 p., ISBN : 9782348066733.
- [Three Decades of Climate Mitigation: Why Haven't We Bent the Global Emissions Curve?](#). Stoddard, Isak ; Anderson, Kevin ; Capstick, Stuart et al. / In: Annual Review of Environment and Resources. 2021 ; Vol. 46, No. 1.
- Rapport du COMETS <https://comite-ethique.cnrs.fr/wp-content/uploads/2023/07/AVIS-2023-44.pdf>

III] Initiatives bas carbone à l'IRAP (13h30 – 15h30)

❖ Réutilisation d'instruments: le cas de l'expérience ballon PILOT (Jean-Philippe Bernard, IRAP, 20 min)

Avec l'astrophysique aéroportée, les télescopes sont mobiles donc réutilisables car ils reviennent sur terre. Par contre leur empreinte carbone est élevée puisqu'ils sont transportés par avions. Ce sont des opérations très coûteuses et complexes techniquement.

Une autre option est d'utiliser des ballons. La force ascensionnelle du ballon est utilisée, on peut ainsi faire monter plusieurs tonnes de matériel jusqu'à 40km d'altitude. Les matériels des ballons sont réutilisables. Cette méthode est peu répandue dans le monde mais est intéressante et assez développée en France (avec la division Ballon au CNES). Cette division a connu plusieurs menaces de fermeture, avec l'idée qu'on peut tout faire en satellite aujourd'hui, mais les enjeux climatiques ont « sauvé » l'activité.

Le CNES a une grande expérience des ballons, on dénombre donc très peu d'incident, ces équipements sont très fiables et réutilisables.

Le coût carbone d'un ballon de ce type est d'environ 1.4 tCO₂ par heure de vol (vol moyen : 20h). En comparaison pour un satellite on est à 4tCO₂ par heure. Les vols sont effectués depuis le Canada, l'Australie, la Suède (zones très peu denses pour ne pas survoler de population). Amener le matériel sur ces sites coûte cher en carbone. Avant ; ces vols se faisaient en France, cependant par mesure de précaution le CNES a fait le choix de les délocaliser vers des zones moins habitées pour limiter au maximum les risques d'accident. Aujourd'hui l'idée serait de les relocaliser en France (avec un impact carbone réduit) car la technologie est encore mieux maîtrisée et donc des risques d'incident minimes.

Rapidement, le constat a été fait qu'avec des modifications simples de l'instrument, on peut changer sa finalité (tout en restant dans l'infrarouge), ce qui permet de multiplier également les usages pour un même appareil et ainsi augmenter encore son taux de réutilisation.

Les décideurs (CNES) ont failli arrêter ce programme car ils n'étaient pas convaincus par les arguments des chercheurs qui estimaient qu'il serait intéressant de refaire voler les instruments pour d'autres objectifs scientifiques. Or s'il n'est pas utilisé, le savoir-faire se perd vite et il y a aussi un risque de désintérêt de la part des chercheurs. Dans le cas où un programme est arrêté et repris plus tard, cela peut impliquer de reprendre quasiment de zéro.

Les ballons sont un moyen d'avoir accès à l'espace à des coûts carbone beaucoup plus faibles, mais cela nécessite de faire sauter des barrières réglementaires, techniques... Qui contribuent à complexifier les projets (parfois inutilement).

Les vols longue durée sont possibles mais imposent de voler dans des zones très peu densément peuplées, donc cela coûte très cher aussi, et il est alors moins facile de récupérer le matériel. Le fait d'étendre la mission (pour un satellite par ex mais aussi pour un ballon) permet d'éviter de multiplier les missions. Et l'avantage avec un ballon est qu'on peut changer les instruments.

Ressources :

— Site projet PILOT : http://pilot.irap.omp.eu/PAGE_PILOT/index.html

❖ The value of exploiting archival data – An example of reducing our dependency on new research infrastructures (Jürgen Knödlseeder, IRAP, 20 min)

L'objectif est de montrer comment on peut répondre à une nouvelle question scientifique sans nouvelles missions (ici, pour le cas de l'observation des rayons gamma dans la nébuleuse du crabe). Pour réduire l'empreinte carbone de la recherche en astrophysique, une des principales pistes est de réduire le rythme de construction de nouveaux instruments, et de construire des infrastructures compatibles avec les limites planétaires.

Exemple du programme Comptel : le système de données créé pour le programme était tellement rigide qu'il n'était plus utilisable après la fin de la mission (données inexploitables). Mais le code et les données ainsi que la documentation associée ont été conservés, ce qui a permis d'exhumer et de retravailler sur ces données deux décennies plus tard.

L'idée à travers ce projet qui a été réalisé entre 2012 et 2022 est de réfléchir à une manière de faire de la science autrement, de la « slow science », en réutilisant les données de Comptel (des années 1990).

En parallèle, un outil « carbon tracker » des activités d'analyse de données a été développé. Il a permis de faire un bilan carbone de l'activité de recherche (par exemple estimer l'empreinte d'un papier scientifique). Cet outil a permis de montrer que pour un papier sur une mission spatiale, l'empreinte carbone est d'en moyenne 23tCO₂, tandis que pour papier utilisant des données d'archive elle s'élève à environ 2tCO₂.

Débat :

L'astronomie va-t-elle manquer d'astronomes, à cause de l'explosion du volume de données?

Dans les commissions de recrutement, il conviendrait de changer les critères pour mieux valoriser des projets basés sur des données d'archives plutôt que valoriser uniquement les nouveaux projets, toujours plus grands, toujours plus loin.

Il est plus facile pour les permanents de prendre le temps de faire de la slow science. Les chercheurs seniors peuvent aussi démontrer par l'exemple qu'il est possible de faire les choses autrement, en ce sens il y a une responsabilité des « anciens » pour mettre en avant d'autres méthodes. Cela peut être aussi une motivation pour les jeunes qui ont une conscience écologique plus forte : il y a un *shift* à opérer dans les mentalités.

Combien de grandes découvertes n'ont pas été faites parce que les données n'ont été que partiellement exploitées ? Et combien de manip de plus en plus coûteuses sont réalisées pour des découvertes mineures ? L'intérêt d'exploiter des données d'archive est également qu'il est plus facile aujourd'hui de ré-analyser d'anciennes données car on dispose d'une plus grande puissance de calcul disponible.

❖ Futurs du calcul numérique (Pierre Marchand, IRAP, 20 min)

En France on compte 3 centres de calcul nationaux ainsi que 40 méso-centres, ce qui correspond au total à 1 million de cœurs de calcul. Chaque année ce sont 2 Mds d'heures CPU qui sont demandées. L'astrophysique à elle seule utilise 300 millions d'heures CPU par an, sans compter le fait que des chercheurs français calculent aussi sur des calculateurs à l'étranger.

Comment estimer le coût carbone d'1h CPU ?

- ACV mésocentre GRICAD (Grenoble) : électricité : 50% / fabrication : 33%
- 1h cpu = 5g eCO₂
- 200 000 hcpu = 1tCO₂
- Ensuite il faut aussi transférer et stocker les données obtenues ce qui a aussi un impact carbone. Le stockage « chaud » consomme beaucoup plus que stockage « froid »
- Au bout de quelques années, il apparaît qu'il est plus économique en CO₂ de refaire le calcul plutôt que de stocker les données.

Entre 2010 et 2018, l'efficacité énergétique des calculateurs a été améliorée d'un facteur 9, cependant on dénombre toujours plus d'installations informatiques (effet rebond) donc la consommation énergétique de l'informatique reste constante.

Débat :

La sobriété passe aussi par arrêter d'avoir systématiquement recours au code, et de plutôt faire de la modélisation physique, et avant tout réfléchir à l'objectif / au besoin avant de lancer des simulations. Arrêter d'être dans le toujours plus. Cela demande toutefois de revoir le profil du physicien numérique (en effet, la formation des numériques s'éloigne aujourd'hui de plus en plus des profils de physiciens plus classiques).

La simulation numérique n'apparaît pas trop dans le bilan carbone de l'IRAP (car pas de données suffisantes cette année-là).

Le Machine learning et l'IA prennent aussi une place de plus en plus conséquente sur la consommation de données liées au calcul.

Ressources :

- *The Ecological Impact of High-performance Computing in Astrophysics* - <https://arxiv.org/pdf/2009.11295.pdf>
- <https://presse.ademe.fr/2023/03/impact-environnemental-du-numerique-en-2030-et-2050-lademe-et-larcep-publient-une-evaluation-prospective.html>
- <https://theshiftproject.org/lean-ict/>

IV] Valoriser et financer la recherche bas carbone (16h00 – 17h30)

– Auto-évaluation des scientifiques sur les bilan GES de leur recherche

❖ Rôle des agences et tutelles : CNES, INSU, CNRS, SNO, écoles doctorales

Comment faire bouger la « tête » des instances à tous les niveaux ?

Les chercheurs seniors sont ceux qui ont le plus grand rôle à jouer et le plus facile car ils sont plus reconnus et participent à des instances de décision. Ils ont donc un devoir de s'impliquer pour convaincre une majorité petit à petit. Mais on manque de temps par rapport à l'inertie du changement de mentalités !

Quelle liberté des écoles doctorales pour privilégier certains positionnements ? Ou dépend du ministère ? Cela revient aussi à la question du recrutement. L'ED a toute liberté concernant l'attribution des bourses, le seul impondérable est l'excellence scientifique. Il faut que les labos poussent aussi dans ce sens. Il semblerait pertinent de flécher quelques bourses sur la science bas carbone, mais cela peut engendrer un risque pour les jeunes chercheurs qui choisissent ces options d'être « bloqués » par la suite ? C'est également aux membres des comités de recrutement de faire changer les critères. Par exemple, ne plus considérer comme critère le nombre de conférences internationales auquel un candidat a participé (donc ne pas les faire figurer dans le dossier pour que ce ne soit pas un sujet). Et se dire qu'un projet scientifique peut être ambitieux même s'il n'est pas basé sur une nouvelle manip. Ce dernier point n'est jamais pris en compte, pourtant il a potentiellement plus d'impact en termes de changement de mentalité vers une science bas carbone.

Concernant les Services d'observation : une centaine de services existent en France ; une évolution pourrait être de considérer un service d'observation comme dans son idée d'origine (avoir des instruments utilisés sur le long terme, avec des données utilisées et mises à disposition longtemps et largement). Cela va à l'encontre de la dynamique prise depuis plusieurs décennies mais c'est un changement nécessaire ? Il ne semble pas réellement utile ou pertinent d'avoir un service d'observation pour chaque instrument.

Concernant la fabrication des instruments : les directions des labos devraient être les premiers impliqués. Dans le cas de l'IRAP, sa raison d'être est de fabriquer des instruments, or les échanges conduisent à dire qu'il faut réduire le nombre d'instruments conçus. Il y aurait donc antinomie entre les deux visions ?

On se retrouve dans une situation de fuite en avant sur l'instrumentation, qui ne laisse plus le temps de faire de la R&D. Or il serait pertinent de valoriser et labelliser plutôt une méthode, une expertise de la R&D, plutôt que des instruments au coup par coup. Ceci permettrait de prolonger l'expertise et d'espacer les missions.

Il y a également un enjeu à convaincre le CNES que le paradigme change et qu'on va leur demander moins d'argent pour construire des instruments mais plus pour analyser des données. Un changement de direction doit être implémenté (au travers d'un lobbying vers le CNES, CNRS...). Pour cela, il est nécessaire de se fédérer en collectif et de dépasser les initiatives individuelles.

Avant les phases de prospectives de l'INSU (tous les 5 ans), une phase de consultation est organisée auprès de tous les labos (tout le monde peut contribuer), et peut constituer un bon canal pour se mobiliser.

Comment financer la recherche bas carbone ? Les crédits sont difficilement alloués à des choses qui existent déjà (prime à l'innovation, à faire toujours du nouveau), et ce même si les manip existantes fonctionnent très bien et donnent encore des résultats intéressants. Ou par exemple, pour exploiter les données d'un satellite en orbite : une fois que le projet est lancé, il n'y a plus de financement.

Question de l'autocensure de chercheurs qui n'osent pas prendre le risque de faire des demandes pour des projets sur des archives ? Dans d'autres pays, contrairement à la France, la recherche sur les archives est assez porteuse et valorisée (aux US par exemple).

On peut établir une opposition entre science disruptive et science de confirmation : plus le temps avance, plus on a de science de confirmation alors que les budgets alloués à la science ne font qu'augmenter.

Les limites planétaires vont imposer de faire des choix sociétaux, il y a donc tout intérêt à se préparer, à anticiper, à construire une nouvelle recherche scientifique plus sobre et plus résiliente (employer un autre chemin pour arriver aux objectifs). Il s'agit de ne pas considérer seulement l'impact carbone mais l'ensemble des impacts sur l'environnement. Quel nouveau rôle de la science dans ce contexte ?

Ce sont les chercheurs qui décident des questions fondamentales qu'ils adressent : il y a là aussi une marge pour choisir collectivement quelles priorités donner à la recherche et à la production de connaissance. Cependant cela est rendu compliqué par le système de compétition pour la reconnaissance autant que pour les crédits.

L'« idéal » du scientifique serait de produire dans sa carrière peu de contributions fondamentales plutôt que de s'impliquer dans beaucoup de projets mais avec peu de résultats scientifiques majeurs. Pourtant, ce fonctionnement

ne rentre pas dans les « clous » des institutions qui ont des exigences en termes de publications et de visibilité (« pas assez de publications par rapport à ce que ça a coûté »).

Conclusions:

- A l'échelle de l'IRAP : les constats sont faits et partagés sur l'empreinte carbone, il faut désormais passer à l'action, réfléchir à comment faire de la science autrement
- Il y a un enjeu à prendre conscience de la *path dependency* qui s'applique à la recherche spatiale (choix faits dans le passés / habitudes de travail qui se sont installées) pour pouvoir s'en extraire.
- De nombreuses initiatives se structurent en France au sein du milieu de la recherche pour améliorer les pratiques sur le plan environnemental (initiatives en grande majorité *bottom-up*).
- La science a devoir d'exemplarité en matière environnementale et climatique en tant qu'institution publique. Le milieu de la recherche a les cartes en main (la connaissance et la technique) pour proposer un autre modèle plus résilient et adapté aux conditions de vie des prochaines décennies.
- Concernant la posture militante en tant que scientifique, il y a plusieurs manières de s'engager, la posture du scientifique est valorisée dans la société/médiatiquement donc permet de porter une parole, mais cela reste un choix individuel et citoyen avant tout.
- Il est important de multiplier les expériences sur des projets plus vertueux tels que ceux présentés, et de communiquer dessus pour montrer que ça fonctionne, que l'on peut faire aussi bien voire mieux avec moins de ressources (et donc moins d'impact environnemental) et porter cette voix auprès des décideurs (tutelles, financeurs...).
- Des initiatives concrètes sont déjà à portée de main, comme par exemple travailler sur les prochaines prospectives INSU et faire remonter le souci de la communauté pour les enjeux environnementaux aux instances. On peut également militer pour une réorganisation des services nationaux d'observations (SNO), pour les rendre plus adaptés à une science bas carbone.

Contacts :

Commission environnement IRAP : comecolo@irap.omp.eu

Victor Réville, animateur groupe Science Bas Carbone : vreville@irap.omp.eu

Angèle Mouinié, chargée de Transition environnementale : angele.mouinie@irap.omp.eu