



**HAL**  
open science

## Les nouveaux fronts du déni­alisme et du climato-scepticisme

David Chavalarias, Paul Bouchaud, Victor Chomel, Maziyar Panahi

► **To cite this version:**

David Chavalarias, Paul Bouchaud, Victor Chomel, Maziyar Panahi. Les nouveaux fronts du déni­alisme et du climato-scepticisme. 2023. hal-03986798v2

**HAL Id: hal-03986798**

**<https://hal.science/hal-03986798v2>**

Preprint submitted on 7 Mar 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License



# Les nouveaux fronts du déni­alisme et du climato-scepticisme

*Deux années d'échanges Twitter passées aux macroscopes  
CNRS, Institut des Systèmes Complexes de Paris Île-de-France*

David Chavalarias, Paul Bouchaud  
Victor Chomel, Mazyar Panahi

13 février 2023

## Mises en garde

Le [Climatoscope](#) analyse automatiquement des millions de tweets. Les opinions exprimées dans ces tweets relèvent de la seule responsabilité des auteurs et n'engagent ni ne reflètent la position du CNRS et les auteurs de la présente étude.

Les utilisateurs de Twitter ne constituent pas un échantillon représentatif des Français, l'importance relative des groupes sociaux mis en évidence dans cette étude ne reflète donc pas nécessairement leur importance au niveau national. Cependant, leurs évolutions, leurs stratégies et les rapports qu'ils entretiennent sur Twitter sont informatifs sur ce qui se passe hors ligne et sur les autres réseaux sociaux.

**CC CNRS/ISC-PIF BY-NC-ND 4.0.** Ce document est distribué sous licence *Creative Commons International Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0*

## À propos de la terminologie

*Les personnes qui rejettent les principales conclusions des rapports du GIEC (reflétant l'état des connaissances issues des sciences du climat et du changement climatique) et de la science du climat - sont communément appelées "**climato-sceptiques**". Dans ce qui suit, nous les appellerons également "**déniistes climatiques**" ou simplement "**déniistes**". Nous voulons par là souligner qu'il ne s'agit pas de dire qu'un fait établi scientifiquement est nécessairement incontestable, mais que les faits les plus légitimes pour prendre les décisions futures sont ceux qui sont rigoureusement établis par les scientifiques sur la base de l'état actuel des connaissances et de la compréhension liées au système terrestre.*

*Nous désignerons par "**pro-sciences du climat**", ou pour faire court "**pro-climat**" les personnes qui acceptent les résultats de la communauté scientifique et les synthèses qu'en fait le GIEC.*

*Enfin, nous utiliserons indifféremment les expressions "**réchauffement climatique**", "**changement climatique**", cette dernière étant néanmoins jugée plus précise quant aux conséquences à attendre des transformations en cours au sein du système terrestre.*

## Auteurs de l'étude

**David Chavalarias** Directeur de recherche CNRS au Centre d'Analyse et de Mathématiques Sociales (CAMS, EHESS), Directeur de l'Institut des Systèmes Complexes de Paris Île-de-France (ISC-PIF, CNRS) et responsable scientifique des plateformes [Politoscope](#) et [Climatoscope](#).

**Paul Bouchaud** Doctorant EHESS au CAMS et à l'ISC-PIF. Thèse : "Structures et dynamiques sociales à l'ère numérique : Reconstruire, modéliser et évaluer l'impact des grandes infrastructures numériques.". Diplômé de Politecnico di Torino et de l'Université Paris-Cité en physique des systèmes complexes.

**Victor Chomel** Chercheur associé à l'ISC-PIF. Docteur de l'EHESS (CAMS & ISC-PIF), thèse (2022) "Beyond Fake News : une approche structurelle et dynamique de l'analyse de la désinformation en ligne et de la manipulation de l'opinion publique.". Polytechnicien, diplômé en mathématiques appliquées et en informatique.

**Mazyar Panahi** Ingénieur CNRS à l'ISC-PIF spécialisé en Intelligence Artificielle et Big Data, Responsable de la plateforme [Multivac](#).

**Auteur contact :** [David Chavalarias](#)

**Pour écrire aux auteurs :** [climatoscope@iscpif.fr](mailto:climatoscope@iscpif.fr)

Cette étude et les recherches associées ont été menées dans le cadre des plateformes [Climatoscope](#) et [Politoscope](#) de l'Institut des Systèmes Complexes de Paris Île-de-France. Elles ont également été soutenues par le projet européen NODES (LC-01967516—CNECT/2022/5162608), la Région Île-de-France, la Ville de Paris et, via une bourse doctorale, par la fondation CFM pour la recherche.

## Résumé Exécutif

Dès 1912, certains ont mis en garde contre les effets d'émissions massive de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère par la nouvelle ère industrielle. Dès la fin des années 1970, les études internes des industries fossiles ont [établi des projections précises liant le réchauffement de la planète aux émissions de CO<sub>2</sub>](#), prédisant à la même occasion des “effets environnementaux dramatiques à venir avant l'année 2050”. Pendant ce temps, ces mêmes entreprises, et en particulier ExxonMobil, ont tenté de convaincre le public qu'il était impossible d'établir un lien de causalité entre l'utilisation de combustibles fossiles et le réchauffement climatique parce que les modèles utilisés pour modéliser la réponse du climat étaient trop incertains [17].

Depuis les années 1970, les avancées des sciences du climat n'ont cessé de dresser un constat de plus en plus clair sur la réalité du réchauffement climatique (voir [le rapport du groupe I du GIEC, chapitre 1](#)), tandis que le [rapport du GIEC de 2021](#) indique qu'“il est sans équivoque que l'influence humaine a réchauffé l'atmosphère, l'océan et les terres”.

Alors que le réchauffement climatique s'intensifie dans chaque région du monde (l'année 2022 étant emblématique) et que ses impacts s'aggravent, cette décennie est critique pour engager résolument une baisse des émissions de gaz à effet de serre. Malgré cela, nous assistons à une intensification de l'activité de groupes déniistes et climato-sceptiques en ligne et à une révision à la hausse des objectifs d'émission de la plupart des majors pétrolières qui viennent pourtant d'annoncer des bénéfiques annuels records (ex. BP).

**En France**, l'intensification du militantisme déniiste a été particulièrement marquée depuis juillet 2022 avec une triple actualité climatique : une série d'événements extrêmes, la tenue de la COP27 avec un poids fort des industries fossiles, et enfin la convergence des enjeux du réchauffement climatique avec ceux de la sécurité d'approvisionnement en pétrole et en gaz du fait de la guerre en Ukraine.

Cette étude décrit certaines des stratégies mises en oeuvre par les militants climatosceptiques et déniistes sur Twitter, quantifie leurs effets et met en avant de potentielles motivations géopolitiques aux côtés des dimensions politiques et économiques déjà présentes. Elle s'appuie sur les méthodologies développées au CNRS au CAMS et à l'Institut des Systèmes Complexes de Paris

Au-delà du “fact-checking”, cette étude vise à une meilleure compréhension de la circulation des différents narratifs liés au changement climatique et en particulier ceux relevant de la désinformation.

En voici les principaux résultats et conclusions :

### Au niveau mondial

- Le débat mondial sur le changement climatique sur Twitter est fortement bipolarisé avec environ **30% de climato-déniistes parmi les comptes Twitter** qui abordent les questions climatiques.
- **La pandémie de COVID-19 a détourné l'opinion publique des questions relatives**

**au changement climatique** pendant plusieurs mois.

- Les experts du GIEC et des communautés pro-climat concentrent leurs prises de parole sur leurs domaines d'expertise alors que la **communauté déniiste présente des formes inauthentiques d'expertises** : un noyau dur de comptes qui s'expriment sur une multitude de sujets, concentrent une présumée expertise et fabriquent la majorité des narratifs en circulation. Certains sujets de prédilection des déniistes révèlent une **planification de mise à l'agenda public décorréée de l'actualité**.
- Les échanges sur les questions liées au le changement climatique sont très largement organisés autours d'interactions entre humains. Cependant la proportion de comptes Twitter aux comportements inauthentiques dans les échanges connaît une forte augmentation depuis 2019 à l'échelle mondiale, pointant vers de **possibles opérations d'astroturfing**.
- La communauté déniiste comporte une **surreprésentation de comptes aux comportements inauthentiques de +71%** par rapport aux communautés pro-climat, avec **6% de comptes "probablement bot"**.

### Pour la France

- **Une importante communauté déniiste française s'est structurée à l'été 2022** sur Twitter.
- **Une plus forte portion de comptes "probablement bots"** : la proportion de comptes inauthentiques au sein de la communauté déniiste française est 2,8 fois supérieure à celle de la communauté française du GIEC. La proportion de comptes suspendus par Twitter est quant à elle dix fois supérieure.
- **La communauté déniiste produit ou relaie 3,5 fois plus de messages toxiques** que la communauté GIEC.
- **Le principal influenceur de la communauté déniiste française est nouvellement acquis à cette cause après avoir été antivax**. La transition s'est faite au moment de l'invasion de l'Ukraine et **il a un temps relayé la propagande pro-Poutine**.
- mise à part une proportion non négligeable de comptes impliqués dans la sphère informationnelle de Reconquête!, **la communauté déniiste n'est pas composée a priori de militants politiques relevant des partis traditionnels** (LFI, PS, EELV, Renaissance, LR ou RN).
- **La communauté déniiste sur Twitter est composée majoritairement de comptes ayant participé à de nombreuses campagnes de contestation antisystème/antivax pendant la pandémie. De plus, sur 10 000 comptes, près de 6000 ont relayé la propagande du Kremlin sur la guerre en Ukraine**.
- la question de la lutte contre le réchauffement climatique et les caractéristiques des militants déniistes font de cet enjeu sociétal un **terrain particulièrement favorable à des opérations d'ingérence étrangère de type subversion**.
- Une analyse de causalité montre que **sur le moyen terme, la publication des synthèses du GIEC mènent le débat sur Twitter autour des questions climatiques**.
- **les discours sur Twitter des communautés déniistes et technosolutionnistes freinent probablement la dissémination des connaissances scientifiques et des conclusions du GIEC** en agissant de manière négative sur l'activité en ligne des scientifiques des sciences du climat et du changement climatique.

# Table des matières

Résumé Exécutif .....	4
Introduction .....	7
Données et méthodes .....	8
Quelle est la structure de la Twittosphère climatique? .....	10
Comment évolue le paysage climatique sur Twitter? .....	11
Quelles sont les caractéristiques des déniistes? .....	12
France 2023 : Climato-scepticisme & déniisme .....	18
Le déniisme sur Twitter a-t-il des effets mesurables? .....	32
Avant que Twitter ne ferme ....	36
Références .....	37

## Introduction

Dès 1912, certains ont mis en garde contre les effets d'émissions massives de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère par la nouvelle ère industrielle (cf. figure 1). Dès la fin des années 1970, les études internes des industries fossiles ont **établi des projections précises liant le réchauffement de la planète aux émissions de CO<sub>2</sub>**, prédisant à la même occasion des "effets environnementaux dramatiques à venir avant l'année 2050". Pendant ce temps, ces mêmes entreprises, et en particulier ExxonMobil, ont tenté de convaincre le public qu'il était impossible d'établir un lien de causalité entre l'utilisation de combustibles fossiles et le réchauffement climatique parce que les modèles utilisés pour modéliser la réponse du climat étaient trop incertains [17].

Depuis les années 1970, les avancées des sciences du climat n'ont cessé de dresser un constat de plus en plus clair sur la réalité du réchauffement climatique (voir **le rapport du groupe I du GIEC, chapitre 1**), tandis que le **rapport du GIEC de 2021** indique qu'"il est sans équivoque que l'influence humaine a réchauffé l'atmosphère, l'océan et les terres".

Alors que le réchauffement climatique s'intensifie dans chaque région du monde (l'année 2022 étant emblématique) et que ses impacts s'aggravent, cette décennie est critique pour engager résolument une baisse des émissions de gaz à effet de serre. Malgré cela, nous assistons à une intensification de l'activité de groupes dénielistes et climato-sceptiques en ligne, avec des arguments allant de "le changement climatique n'est pas réel" à "le CO<sub>2</sub> est bon pour la planète", en passant par "il n'y a pas de consensus sur le changement climatique", "le changement climatique est réel mais causé par la variabilité naturelle du climat" ou "les préoccupations climatiques font partie d'un agenda politique de gauche pour détruire le capitalisme" (voir aussi [6]).

**En France**, l'intensification du militantisme dénieliste a été particulièrement marquée depuis juillet 2022 avec une triple actualité climatique : une série d'événements extrêmes, la tenue de la COP27 (Nov. 2022) avec un poids fort des industries fossiles (600 délégués), et enfin la convergence des enjeux du réchauffement climatique avec ceux de la sécurité d'approvisionnement en pétrole et en gaz du fait de la guerre en Ukraine.

Afin de relever les défis posés par le changement climatique, il est primordial d'identifier comment de telles affirmations trompeuses peuvent continuer à fleurir au sein des différents es-

THE RODNEY AND OIAMATEA TIMES,  
WEDNESDAY, AUGUST 14 1912.

### Science Notes and News.

#### COAL CONSUMPTION AFFECTING CLIMATE.

The furnaces of the world are now burning about 2,000,000,000 tons of coal a year. When this is burned, uniting with oxygen, it adds about 7,000,000,000 tons of carbon dioxide to the atmosphere yearly. This tends to make the air a more effective blanket for the earth and to raise its temperature. The effect may be considerable in a few centuries.

**Figure 1 : Dès 1912, certains ont mis en garde contre les effets de la libération massive de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère par la nouvelle ère industrielle**

paces informationnels, et en particulier les réseaux sociaux. Comprendre quelles sont les stratégies déployées par les dénielistes pour rallier à leur cause une partie, certes minoritaire mais non négligeable, de l'opinion publique est un enjeu majeur pour une mise en œuvre efficace et légitime des mesures environnementales à venir.

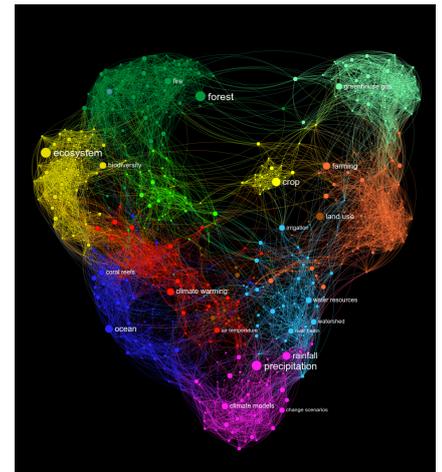
Cette étude décrit certaines des stratégies mises en œuvre par les militants climatosceptiques et dénielistes sur Twitter, quantifie leurs effets et met en avant de potentielles motivations géopolitiques à côté des motivations déjà connues (économiques et politiques). Elle s'appuie sur les méthodologies développées au CNRS au CAMS et à l'Institut des Systèmes Complexes de Paris Île-de-France (ISC-PIF) et sur les plateformes [Climatoscope](#) et [Politoscope](#).

## Données et méthodes

Le projet "Climatoscope", qui s'appuie sur la plateforme Big Data [multivac](#) de l'ISC-PIF, observe depuis 2016 les échanges à propos du changement climatique sur Twitter. Il collecte et analyse tous les tweets et les pages liées de ce réseau social. Avec plus de 400 millions de tweets collectés à ce jour, il met à disposition des chercheurs, journalistes et citoyens des données et analyses considérées comme biens communs, livrant au passage une image unique des discussions en ligne à l'échelle mondiale.

Une première représentation de la diversité des sous-thèmes de ce débat et de leurs reprises au sein de la sphère publique a été proposée en 2015 avec le projet [Tweetoscope climatique](#), présenté à la Cité des Sciences et de l'Industrie à l'occasion de la COP21 (Fig. 2). Le présent rapport va au-delà de cette première analyse en donnant un aperçu approfondi des structures sociales qui sous-tendent les débats sur le changement climatique, ainsi que des stratégies de certains groupes sociaux impliqués dans ce débat. La plupart des méthodologies utilisées dans ce rapport ont été publiées par les auteurs de cette étude [2, 8, 4, 3].

Le Climatoscope utilise l'[API Twitter](#) pour collecter les messages Twitter contenant des termes liés à la problématique du changement climatique (plusieurs centaines d'expressions identifiées avec [GarganText](#)). Cette collecte de données n'est pas exhaustive mais représente un échantillon suffisamment large et divers pour saisir la dynamique sociale qui anime les débats autour de cet enjeu sociétal majeur.



**Figure 2 : Cartographie des enjeux du changement climatique mis en évidence par 30k articles scientifiques, [Tweetoscope climatique](#), CNRS/ISC-PIF, 2015.**

Le principe de cartographie des espaces sociaux de cette étude utilise l'intensité des retweets\* entre deux comptes comme un indicateur d'alignement de croyances et de représentations. La fiabilité de cet indicateur et cette méthodologie de cartographie sont exposés entre autres dans [8].

\* Le retweet est un message qui est relayé de compte en compte sans modification.

En bref, la collecte et l'analyse de millions de tweets et de leurs retweets nous permet de construire le réseau d'interactions entre comptes Twitter. Dans ces cartes, chaque nœud est un compte Twitter, et deux nœuds sont liés si l'un retweete intensément l'autre. Une telle analyse s'effectue sans avoir à prendre connaissance du contenu du tweet, c'est une approche interactionnelle du social qui peut par la suite être complétée par une approche sémantique.

Ces réseaux d'interactions peuvent être analysés grâce aux outils de la théorie des graphes qui permettent d'identifier des *communautés*, c'est-à-dire des groupes de personnes ayant des croyances et des représentations communes sur un sujet donné. Enfin, ces réseaux peuvent être visualisés de manière à mettre en évidence ces communautés et les relations qu'elles entretiennent. Une telle carte est présentée en figure 3 et ces principes de cartographie sont vulgarisés dans le [blog du Politoscope](#).

En plus de leur attrait esthétique, ces cartographies sont très informatives car en identifiant ces "communautés" –ensembles de comptes Twitter densément connectés– elles révèlent la présence de groupes sociaux structurés et mettent en évidence leurs interactions et leurs positionnements relatifs.

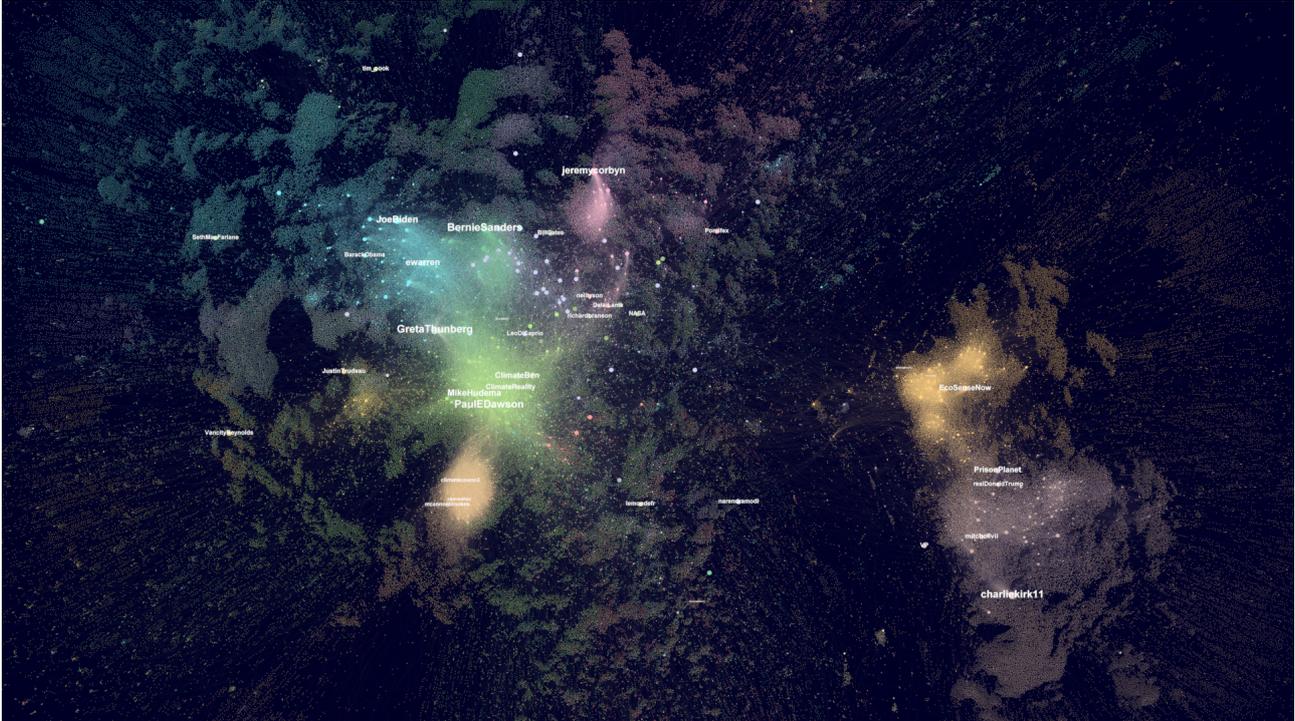
Les sections suivantes présentent une analyse de la structure et de la dynamique des communautés s'intéressant aux questions climatiques et mettent en évidence, pour certaines d'entre elles, des stratégies qui trahissent les motivations réelles de leur implication dans ce débat mondialisé.

Au-delà du "fact-checking", cette étude vise à une meilleure compréhension de la circulation des différents narratifs liés au changement climatique, en particulier ceux relevant de la désinformation, qui dépend de la structure globale de cet espace informationnel.

**À retenir :** Au-delà du "fact-checking", cette étude vise à une meilleure compréhension de la circulation des différents narratifs liés au changement climatique et en particulier ceux relevant de la désinformation.

Nous commencerons par rapporter quelques observations sur la structure du débat climatique au niveau mondial, pour ensuite analyser plus précisément les caractéristiques du débat français et de la recrudescence récente du déniisme francophone sur Twitter.

## Quelle est la structure de la Twittosphère climatique ?



**Figure 3 : Twittosphère climatique au quatrième trimestre de 2019. Cartographie de 200k comptes Twitter retweetant des contenus liés au changement climatique, en anglais ou en français. Chaque couleur indique une communauté spécifique, soit géographique (au niveau du pays), soit orientée idéologiquement (militants pro-sciences du climat ou dénielistes). À gauche : les communautés pro-climat, à droite les climato-dénielistes.**

Depuis le début du projet Climatoscope, comme le montre la figure 3, la cartographie des militants sur les questions de changement climatique, quelle que soit la période considérée, révèle un débat polarisé au niveau mondial, avec deux grandes régions qui s’opposent, l’une regroupant les communautés Twitter qui acceptent les synthèses du GIEC sur les connaissances académiques actuelles, appelées par la suite *pro-sciences du climat* ou pour faire court *pro-climat*, et l’autre région qui rassemble les communautés qui ne les acceptent pas — les narratifs développés par ces communautés seront appelés par la suite “dénielistes”.

Chacune de ces régions comporte des communautés dont les limites coïncident avec des frontières géographiques, politiques ou idéologiques. Les communautés pro-sciences du climat les plus importantes et les plus stables dans cette arène anglophone/francophone sont le Canada, le Royaume-Uni, l’Australie, la France, l’Allemagne, le Pakistan, les grands médias in-

**À retenir :** Le débat mondial sur le changement climatique sur Twitter est fortement bipolarisé.

ternationaux (AP, Reuter, BBC, etc.), les organisations internationales (ONU, COPX, UNICEF, NASA, etc.), les activistes du climat (Greta Thunberg, Greenpeace, etc.) et, *last but not least*, les États-Unis, divisés en deux sous-communautés : l'aile gauche du parti démocrate –autour de Bernie Sanders et Alexandria Ocasio-Cortez–, et la communauté démocrate “mainstream” autour de Joe Biden, Kamala Harris et Barack Obama.

En ce qui concerne les communautés déniistes, la structuration géographique est plus faible, ce qui indique une plus grande coordination au niveau international ou une plus forte concentration géographique. D'un côté, nous trouvons les partisans de Donald Trump et les républicains MAGA, accompagnés d'autres leaders tels que ceux de UKIP en Angleterre, et de l'autre, un groupe d'influenceurs “experts” en climatologie, qui ont leur public propre et sont densément connectés entre-eux. C'est dans cette dernière communauté déniiste que l'on retrouve des comptes notoirement soutenus par les industries fossiles [7], tels que le Heart Land Institute ou le Competitive Enterprise Institute .

## Comment évolue le paysage climatique sur Twitter ?

Les rapports entre les communautés changent avec le temps, mais dans l'ensemble, les communautés au cœur de la région pro-sciences du climat, qui font le lien entre toutes les autres, sont celles des activistes climatiques et dans une moindre mesure des grands médias et agences de presse. Dans la plupart de nos cartes Twitter, la proportion de comptes déniistes est à peu près stable autour de 30%, ce qui est conforme à une [enquête mondiale du WEF de 2020](#) qui montre que la proportion de personnes croyant que "le réchauffement climatique n'existe pas" ou que "le réchauffement climatique a des causes naturelles" était estimée à 31% en Europe occidentale, 41% en Amérique du Nord et à 33% dans le monde entier (10.000 personnes interrogées dans plus de 30 pays).

Ces communautés numériques sont des structures sociales dynamiques, leur activité autant que leur composition évoluant avec le temps. Des années d'observation grâce au Climatoscope montrent que l'intensité du débat sur le changement climatique est modulée localement par des événements saisonniers extrêmes susceptibles d'être liés au changement climatique (feux

**À retenir :** Il y a environ 30% de climato-déniistes parmi les comptes Twitter qui abordent les questions climatiques.

**À retenir :** La pandémie de COVID-19 a pendant plusieurs mois détourné l'opinion publique des questions relatives au changement climatique.

de brousse australiens, vagues de chaleur extrêmes ou sécheresses), mais qu'elle est aussi largement influencée par des événements internationaux tels que les COP, politiques tels que les primaires américaines de 2020 –où le programme des démocrates mainstream a été contesté par l'aile gauche du parti (Bernie Sanders & AOC)–, ou à forts impacts sociétaux tel que l'épidémie de COVID-19. Cette dernière a provoqué pendant quelques mois une baisse significative de l'activité de toutes les communautés (cf. figure 4).

À noter que l'augmentation très significative de l'intensité des débats autour des questions climatiques pendant la campagne présidentielle américaine suggère que certains puissent prendre des positions non en raison de leurs croyances en la réalité des phénomènes mais en raison d'une opposition de principe aux mesures proposées par leurs adversaires ou d'une stratégie politique de dénigrement des thèmes de campagne de ceux-ci. Ainsi a-t-on vu à plusieurs reprises les partisans de Donald Trump ridiculiser les initiatives visant à répondre à la crise climatique dans le principal but de discréditer leurs adversaires politiques. La séquence rocambolesque 'Eat the babies', où une supporter de Trump\* s'est faite passer dans un meeting démocrate pour une activiste climatique déjantée en est un bon exemple.

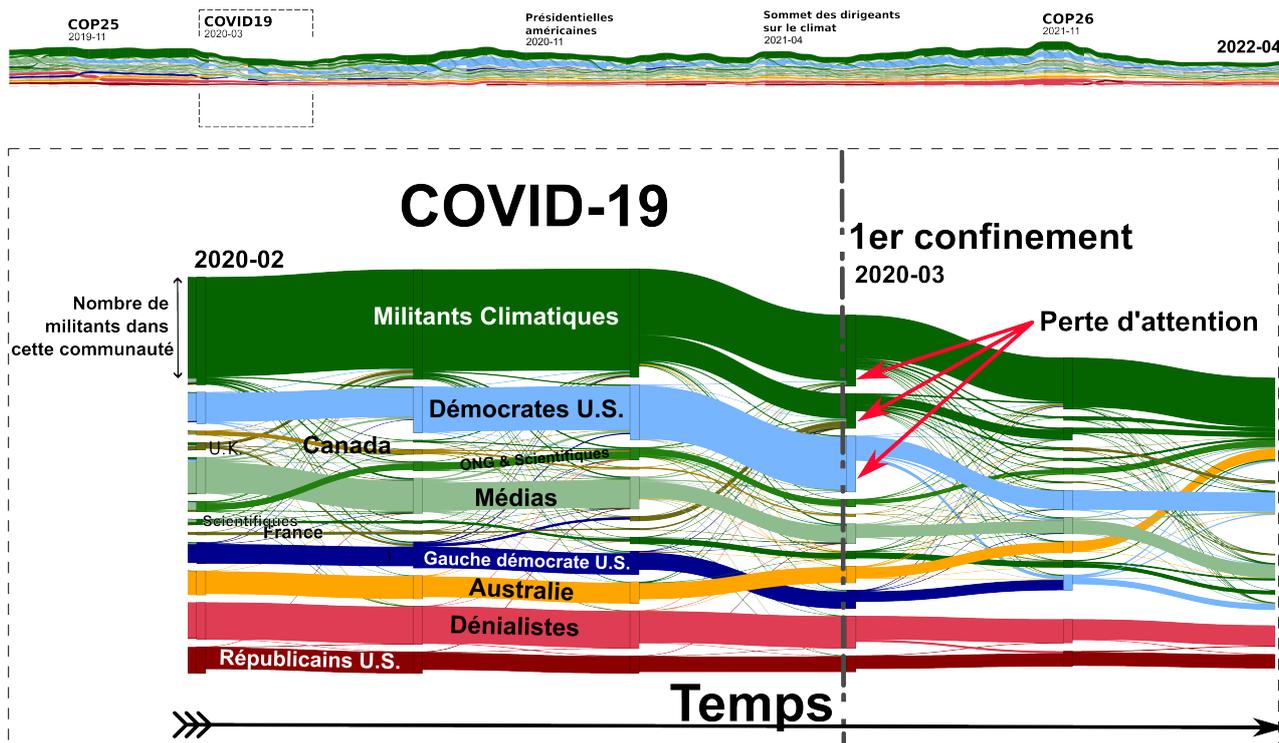
Au-delà de la question de la véracité des propos qui circulent au sein de ces communautés, qui peut facilement être vérifiée auprès d'experts du domaine, certaines questions demeurent : *Les engagements des militants de ces communautés sont-ils sincères ou artificiels ? Quelles sont les véritables motivations de leur engagement sur les questions climatiques et quel est le contexte plus général dans lequel ces acteurs évoluent ?*

\* Elle suggérait de manger les bébés pour réduire l'impact de la population humaine sur le réchauffement climatique.

**Question :** Les engagements des déniistes et climato-sceptiques sont-ils sincères ou artificiels ? Quel est le contexte plus général dans lequel ces acteurs évoluent ?

## Quelles sont les caractéristiques des déniistes ?

Rappelons que les communautés de militants et le réseau complexe qu'elles forment sont reconstruits mathématiquement et indépendamment du contenu des messages échangés. La raison pour laquelle les comptes déniistes se retrouvent dans une même communauté est qu'ils se retweetent principalement entre eux. Il en va de même pour les militants acceptant les conclusions du GIEC. Nous pouvons maintenant tirer partie de cette connaissance des types de militants pour déterminer en quoi ces communautés se distinguent du point de vue de leur



**Figure 4 : Évolution de l'importance des différentes communautés de militantisme climatique en fonction du temps et de l'actualité (Oct. 2019 - Juin 2020). La figure principale correspond au moment où la pandémie de COVID-19 est devenue le point focal de l'actualité mondiale entraînant mécaniquement une baisse d'activité des échanges autour du climat. Elle est un zoom de la partie de la frise du haut entourée de pointillés et labellisée "COVID-19". On distingue sur cette frise plusieurs regains d'activité correspondant aux sommets sur le climats, mais aussi à des moments politiques importants comme par exemple la présidentielle américaine de 2020.**

attitude, de leurs compétences et des types de contenus qu'elles produisent ou relaient.

### Des formes inauthentiques d'expertises

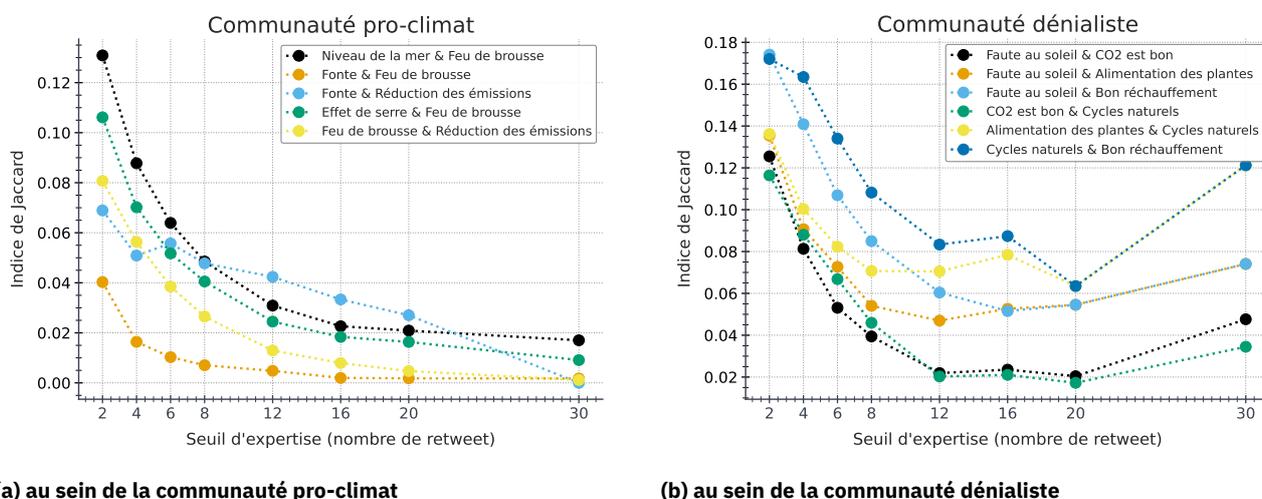
La première différence frappante entre pros-climat et dénielistes concerne la distribution de l'expertise au sein de chacune de ces catégories de militants. Comme il est difficile d'avoir une expertise poussée dans des domaines distincts, on peut raisonnablement s'attendre à ce que le nombre de personnes capables de parler de deux sujets différents avec un certain niveau d'expertise diminue à mesure que le niveau d'expertise requis augmente.

La mesure de multi-expertise sur deux thèmes *a* et *b* est simplement la proportion de comptes utilisant les deux arguments au moins *n* fois, *n* étant le seuil d'expertise, parmi tous les utilisateurs utilisant au moins l'un d'entre eux (indice de Jaccard).

On peut formaliser cette intuition grâce à l'index de multi-expertise développé dans [4], qui indique dans quelle mesure des multi-experts sont présents dans une communauté donnée.

Nous avons dans un premier temps identifié les arguments les plus souvent mobilisés par les membres des différentes communautés Twitter afin d’identifier leurs sujets de prédilection. Pour la communauté dénieliste, nous avons concentré notre analyse sur les sujets/arguments suivants : l’influence du soleil, la variabilité naturelle du climat et ses cycles, le fait que le CO<sub>2</sub> serait bénéfique pour les plantes ou l’idée selon laquelle le réchauffement climatique serait tout simplement “une bonne chose”. Pour la communauté pro-sciences du climat, nous avons identifié des sujets tels que l’effet de serre, la fonte des glaces, la montée des eaux et les incendies de forêt.

**À retenir :** Les experts de la communauté pro-climat concentrent leurs prises de parole sur un sujet spécifique, leur domaine d’expertise.



**Figure 5 : Indice de Jaccard en fonction du seuil de retweet, calculé sur les discussions en ligne qui ont eu lieu sur Twitter en 2021.**

Pour chacune des paires de sujets et chacune des communautés, nous avons calculé l’index de multi-expertise, dont les variations en fonction du seuil d’expertise exigé sont présentées, Fig. 5. On constate que la communauté pro-sciences du climat présente un profil d’expertise attendu (Fig. 5a) : dans cette communauté, les personnes qui s’expriment le plus sur un sujet ne s’expriment pas sur les autres (ou pas dans la même mesure). Cela pourrait s’expliquer par le fait que seuls les “vrais” spécialistes d’un sujet donné s’expriment fréquemment sur ce sujet, et parlent beaucoup moins des autres sujets. Quant aux autres membres de ces communautés, s’ils venaient à parler de plusieurs sujets, ce ne serait que très occasionnellement pour chacun d’entre-eux (par exemple en réaction à des événements extrêmes en liens avec le changement climatique).

**À retenir :** La communauté dénieliste présente des formes inauthentiques d’expertises, avec un noyau dur de comptes qui s’expriment sur une multitude de sujets, concentrent une présumée expertise et fabriquent la majorité des narratifs en circulation.

La communauté des dénielistes présente un profil d’expertise très différent et passablement anormal. Alors que pour des niveaux faibles d’expertise, la même diminution initiale de l’indice de multi-expertise est observée en fonction du seuil d’ex-

expertise requis, on constate une nette augmentation de cet indice pour des seuils d'expertise élevés (Fig. 5b). Par conséquent, il existe des comptes qui s'expriment sur tous les sujets en grande quantité. De deux choses l'une, soit ces sujets ne sont pas vraiment techniques et, étant donné la complexité des systèmes terrestres, n'apportent pas grand chose au débat; soit ces "experts" déniistes s'expriment sur des sujets indépendamment de leur connaissance réelle de ceux-ci. Quoiqu'il en soit, au lieu d'avoir un pouvoir de prescription distribué sur plusieurs spécialistes comme dans la communauté pro-climat, il y a un groupe restreint de comptes au sein de la communauté déniiste qui concentrent l'expertise présumée et fabriquent la majorité des narratifs qui y circulent.

## Une densité importante de comptes aux comportements inauthentiques

L'une des particularités des espaces numériques tels que Twitter est qu'il nous est fréquent d'interagir avec de parfaits inconnus ou de relayer des contenus dont nous ignorons tout de leurs auteurs, de leurs intentions et des circonstances de leur création.

Pour cette raison, l'*astroturfing*\* est une stratégie très prisée de certains acteurs des mondes numériques [1]. Bien menée, cette stratégie peut avoir un pouvoir de persuasion non négligeable auprès de l'opinion publique et elle est d'autant plus facile à déployer en ligne qu'il est possible d'acheter à bas prix de faux comptes, opérés par des humains ou des robots, qui agiront selon les souhaits de leurs acquéreurs, augmentant artificiellement la présence en ligne d'une idée, d'une personne ou d'un produit. Cette stratégie connaît actuellement un regain d'intérêt avec l'arrivée des intelligences artificielles conversationnelles de type ChatGPT, qui réduisent les coûts de ce genre d'opération tout en augmentant l'efficacité.

Le regain de popularité du déniisme est-il réellement porté par la population ou est-il le résultat d'une mise à l'agenda inauthentique par certains acteurs? L'identification de comportements automatisés ou fortement coordonnés est d'une importance primordiale pour évaluer la présence potentielle d'*astroturfing* sur ce sujet.

La frontière entre le prosélytisme d'un compte automatisé ou opéré par un acteur payé pour défendre une cause et celui d'un fervent supporter de cette même cause est souvent floue. Il est

\* L'*astroturfing* est une stratégie consistant à faire croire en l'adhésion d'une foule à une cause par la création d'une foule factice.

**Question :** Le regain de popularité du déniisme est-il réellement porté par la population ou est-il le résultat d'une mise à l'agenda inauthentique par certains acteurs?

cependant possible grâce à des techniques d’intelligence artificielle (IA) d’attribuer un “score d’inauthenticité” à un compte en fonction de son profil et de son activité en ligne, qui donnerait en quelque sorte une probabilité pour qu’il soit inauthentique. Une communauté ayant un score moyen d’inauthenticité plus élevé que les autres pointerait vers de possibles opérations d’astroturfing.

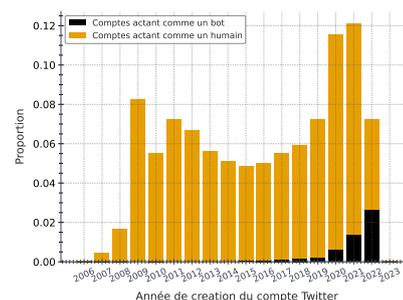
En nous appuyant sur des ensembles de données accessibles au public<sup>1</sup> et comprenant des dizaines de milliers de comptes étiquetés manuellement comme “probablement automatisés” (“bots”), nous avons développé un modèle d’IA capable d’attribuer un score d’inauthenticité à un compte Twitter à partir des données que nous collectons et nous nous sommes appuyé sur la plateforme big data **Multivac** de l’ISC-PIF pour calculer ce score pour plus de 13 millions de comptes.

A l’échelle mondiale, en considérant l’ensemble des messages envoyés sur Twitter dans une fenêtre de 24 heures en septembre 2022, une étude récente a estimé à 20% la proportion de comptes de type bot [13]. En restreignant l’analyse aux comptes impliqués dans les échanges Twitter collectés par le Climatoscope, nous trouvons que la proportion de comptes de type bot est significativement plus faible, environ 7.4% au niveau international et environ 4% dans le débat français. Une image plus riche et plus subtile émerge lorsque l’on se place au niveau des communautés. Définissons comme “probablement bot” les comptes ayant plus de 50% de chances d’être inauthentiques suivant notre méthode. Si l’on considère nos deux grandes régions (prosciences du climat et déniistes), nous observons qu’au sein des communautés pro-climat, la proportion des comptes “probablement bot” est d’environ 3.5%, alors qu’elle approche les 6% pour la communauté des déniistes (+71%). Néanmoins, la proportion de comptes automatisés n’est pas uniforme au sein de ces deux ensembles. Par exemple, la communauté pro-climat indienne comporte environ 10% de comptes “probablement bot” alors qu’il y en a seulement 1.8% dans la communauté britannique.

La proportion de comptes aux comportements inauthentiques dans les échanges sur le climat connaît une forte augmentation depuis 2019 à l’échelle mondiale sur Twitter (Fig. 6 - noter que la quasi absence de ces comptes avant 2019 peut-être due à leur suspension par la modération de Twitter). Cette évolution peut être le produit d’une intensification des efforts des acteurs malveillants pratiquant l’astroturfing. Cependant, il faut noter que cette proportion reste très faible, le débat à l’échelle mon-

**À retenir :** La communauté déniiste comporte une surreprésentation de comptes aux comportements inauthentiques de +71% par rapport aux communautés pro-climat, avec 6% de comptes “probablement bot”.

**1** Données agrégé par l’Université de l’Indiana, dans le cadre du **projet botomètre**, contenant des milliers de bots impliqués dans divers comportements en ligne, tels que des bots politiques hyperactifs ou des faux comptes achetés à plusieurs sociétés pour accroître le nombre de followers d’un client.



**Figure 6 : Proportion de comptes participant aux discussions sur le changement climatique au niveau international, par année de création du compte, calculé sur 5 millions de comptes actifs entre 2020 et 2022. En noir les comptes actant comme des “bot”, en orange les humains.**

diale étant majoritairement organisé autour d'interactions entre humains.

Comme nous le verrons ci-dessous, d'autres indices renforcent l'impression que la communauté dénieliste est probablement le siège de pratiques d'astrourfing et de subversion.

## Certains sujets dénielistes ont des patterns temporels inauthentiques

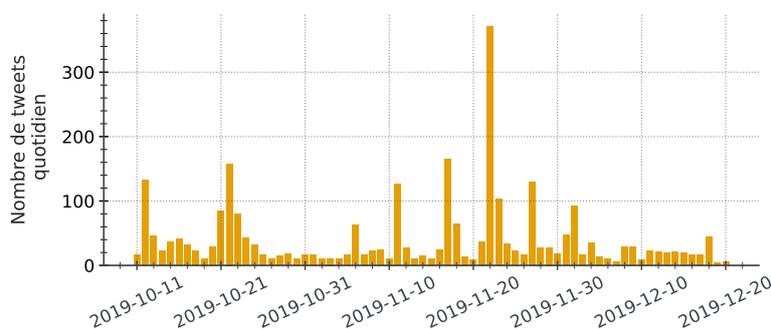
En se plaçant au niveau des sujets de discussion plutôt qu'au niveau des comptes individuels, certaines parties de la communauté dénieliste révèlent une forme d'organisation sociale très particulière qui repose sur la capacité de quelques uns à influencer la circulation de l'information, une forme d'organisation déjà documentée dans d'autres domaines (cf. [16]). L'hypothèse la plus probable est que l'hyperactivité de certains comptes sur quelques sujets pilote l'agenda informationnel.

En étudiant certains des sujets mentionnés ci-dessus, on peut trouver ce type d'organisation dans l'activité des communautés dénielistes. En regardant par exemple le volume quotidien de tweets sur un sujet tel que "le CO<sub>2</sub> est bon pour les plantes"/"il n'y aurait pas de vie sans CO<sub>2</sub>", un cycle quasi-hebdomadaire se dessine sur la période de novembre à décembre 2019 (Figure 7) alors que sur la même période la communauté proclimat ne montre aucune activité. Cela suggère que certains comptes dénielistes établissent des narratifs qu'ils s'efforcent ensuite de mettre à l'agenda de manière planifiée. Comme relevé dans [4], cet exemple de mise à l'agenda peut aider à retrouver des comptes ayant un comportement anormal.

**À retenir :** Les échanges sur les questions liées au sur le changement climatique sont très largement organisés autour d'interactions entre humains.

Cependant, la proportion de comptes Twitter aux comportements inauthentiques dans les échanges connaît une forte augmentation depuis 2019 à l'échelle mondiale, pointant vers de possibles opérations d'astrourfing.

**À retenir :** Certains sujets de prédilection des dénielistes révèlent une planification de mise à l'agenda public décorrélée de l'actualité.



**Figure 7 – Nombre de tweets décrivant le CO<sub>2</sub> comme une "nourriture pour les plantes" par les dénielistes climatiques, en fonction du temps. Cette structure en "peigne" est inauthentique.**

# France 2023 : Climato-scepticisme & dénielisme

*Nous avons identifié jusqu'ici des caractéristiques propres ou fréquentes des communautés climato-dénielistes au niveau mondial. Nous allons maintenant analyser plus en détails la situation de la France, qui connaît un regain de climato-dénielisme sur fond de crises à répétition. Comme nous allons le voir, la dimension géopolitique n'est pas à exclure sur ce sujet à fort potentiel de division de la population.*

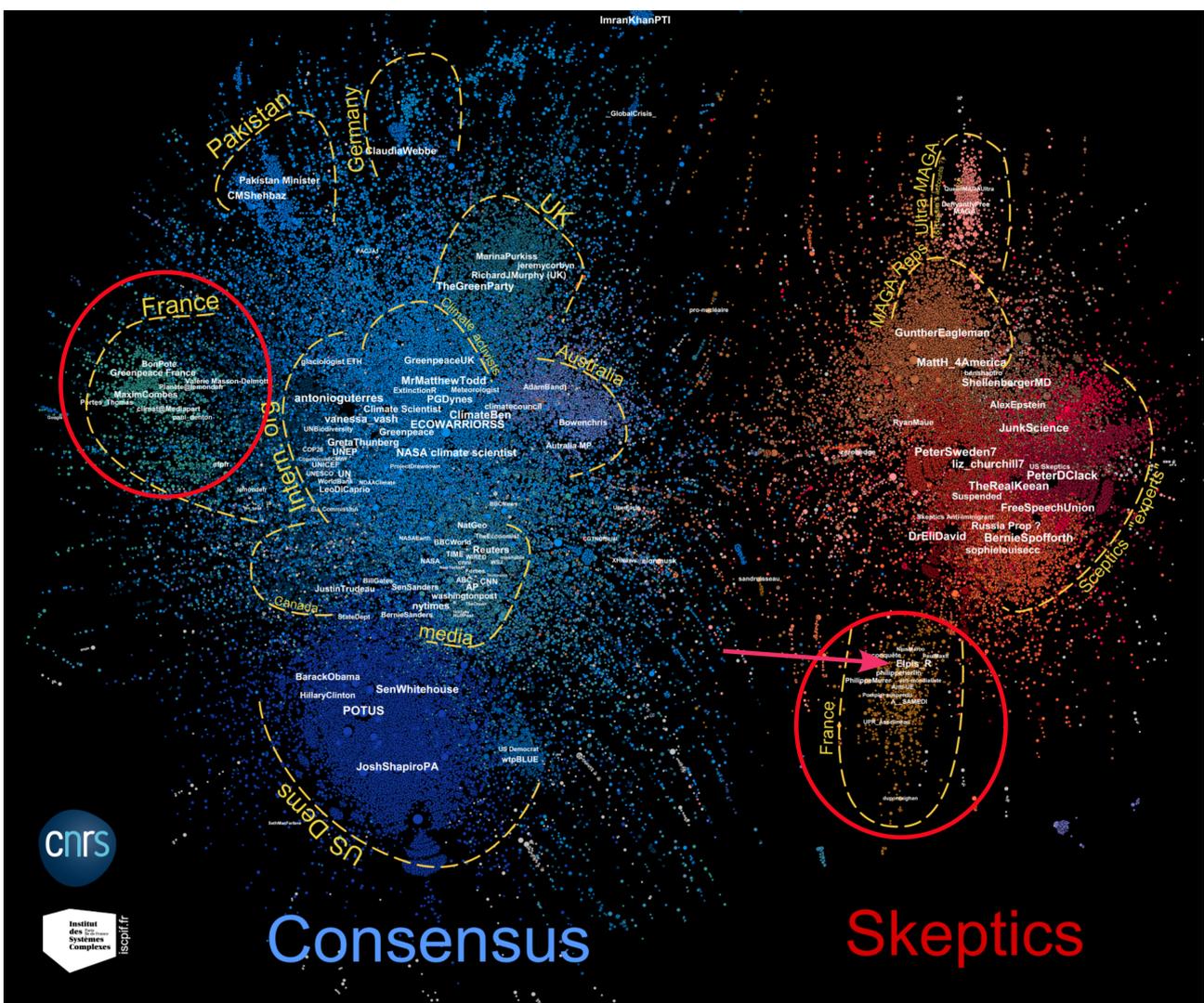


Figure 8 : Twittosphère climatique mondiale de l'automne 2022.

## Cartographie des acteurs en 2023

Jusqu'à récemment, nous n'observions pas dans le climatoscope de communauté dénieliste française très structurée. Les choses semblent avoir changé depuis l'été 2022, avec la naissance d'une communauté de plusieurs milliers de comptes relayant des contenus dénielistes (en bas à droite de la figure 8).

**À retenir :** Une importante communauté dénieliste française s'est structurée à l'été 2022 sur Twitter.

Quelles sont les caractéristiques de cette communauté dénieliste française? C'est ce que nous allons analyser pour mieux comprendre comment la question des actions contre le changement climatique pourrait ouvrir un nouveau front de division au sein de la population française (ce qui est déjà le cas dans d'autres pays, comme par exemple aux États-Unis).



Figure 9 : Twittosphère climatique française de l'automne 2022.

Faisons un zoom sur l'ensemble des comptes Twitter français de la figure 8. L'analyse de ce sous réseau de comptes permet de caractériser les principaux acteurs de ce débat en France sur la période allant de janvier 2021 à Décembre 2022. Comme le montre la table 1, la sous communauté la plus importante est une communauté dénieliste (apparue en juillet 2022), mais

dont la taille reste bien inférieure à celle de l'ensemble des communautés pro-sciences du climat. De même qu'au niveau mondial, cet ensemble regroupe la communauté des scientifiques qui ont contribué aux rapports du GIEC et leurs premiers relais (appelée ci-après "communauté GIEC"), celle des militants pro-sciences du climat (associations, ONG et militants politiques), la communauté structurée autour des médias mainstream et celle structurée autour de la communication gouvernementale.

À celles-ci s'ajoutent une communauté technosolutionniste qui, sans nier l'origine anthropique du changement climatique, estime qu'il existe des solutions, comme le nucléaire, qui rendent superflues une partie des mesures défendues par les pros-climat ; et une petite communauté formée de partisans de Reconquête !. Voici à titre d'exemples, les messages ayant été les plus relayés au sein de ces communautés dans le climatoscope à l'automne 2022 :

- **GIEC** (14 342) "Le GIEC vient juste de publier un rapport crucial sur les conséquences concrètes du réchauffement climatique. Une sorte de dernier rappel. Voici les 10 enseignements principaux que j'en retiens ...", *Activiste Greenpeace*
- **Technosolutionnistes** (5 436) "L'Allemagne s'oppose au nucléaire (12g de CO<sub>2</sub>eq par kWh) dans la taxonomie, mais pas au gaz (490g) : pour le plus gros pays d'Europe, le réchauffement climatique n'est pas la priorité.. #DontLookUp via @autommen et @ContexteEnergie", *Activiste Tech*
- **Media & gouv.** (8 923) "L'humanité dispose de moins de trois années pour inverser la courbe des émissions de gaz à effet de serre, principales responsables du changement climatique, si elle veut conserver un monde viable alertent les experts climat de l'ONU dans un nouveau rapport #AFP", *AFP*
- **Déniistes** (7 692) "Le discours Covid est en train de mourir. Préparez vous à un gros retour en force du réchauffement climatique.", *Compte Suspendu*

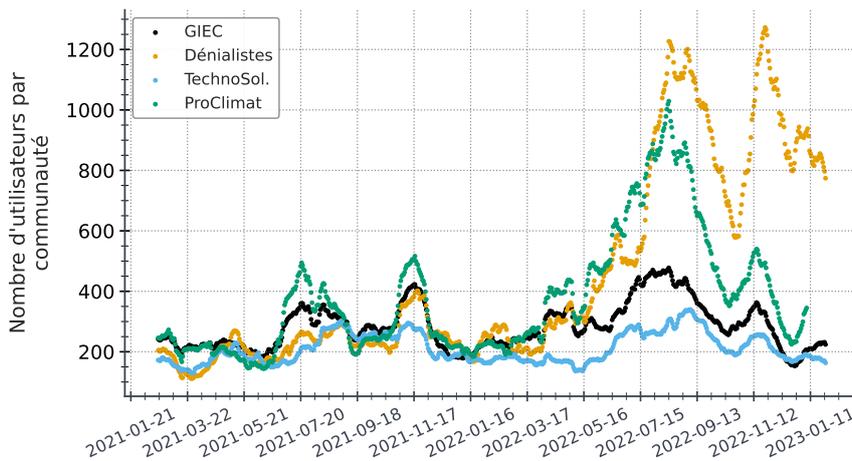
## La croissance de la communauté déniiste française

L'analyse de l'évolution de la taille (Fig. 10) et de l'activité (Fig. 11) des différentes communautés françaises depuis janvier 2021 montre une nette évolution des rapports de force entre communautés.

**Taille des communautés :** En 2021, les nombre d'utilisateurs actifs de Twitter appartenant aux communautés "GIEC", "déniistes", "technosolutionnistes", "pro-climat", ont varié de manière corrélée et dans des proportions similaires, comme le montre

**Table 1 : Communautés françaises**

Communauté	Taille	Tweets
Déniistes	9.7k	449,4k
ProClimat	8.3k	359,7k
GIEC	6.3k	285,4k
Médias	5.4k	162,2k
TechnoSol.	4k	207,7k
Gouv	2.5k	88,5k
Alt-droite	0.9k	20,1k



**Figure 10 – Nombre quotidien de comptes Twitter actifs appartenant aux communautés “GIEC”, “dénialistes”, “technosolutionnistes”, “pro-climat” (moyenne mobile sur un mois)**

la figure 10. Cependant, en 2022, les rapports de force entre communautés ont radicalement changé, les tailles des communautés “dénialistes” et “pro-climat” ayant plus que doublé, couplé à de fortes fluctuations temporelles. La première augmentation massive de comptes déniistes a eu lieu pendant le cycle électoral français<sup>1</sup>.

La deuxième s’est produite en même temps que la conférence des Nations unies sur le changement climatique de novembre 2022 à Sharm El Sheikh, en Égypte, qui correspond aussi à la période où Elon Musk, après avoir racheté Twitter, a décidé de fermer des services entiers dédiés à la modération et a entrepris de rétablir des comptes suspendus.

L’analyse de l’activité moyenne des membres de ces communautés (Fig. 11) montre que les communautés “dénialistes” et “pro-climat” sont les plus volatiles et l’importance relative de la communauté déniiste a considérablement augmenté, atteignant la dizaine de milliers de comptes actifs.

### Astroturfing à la française

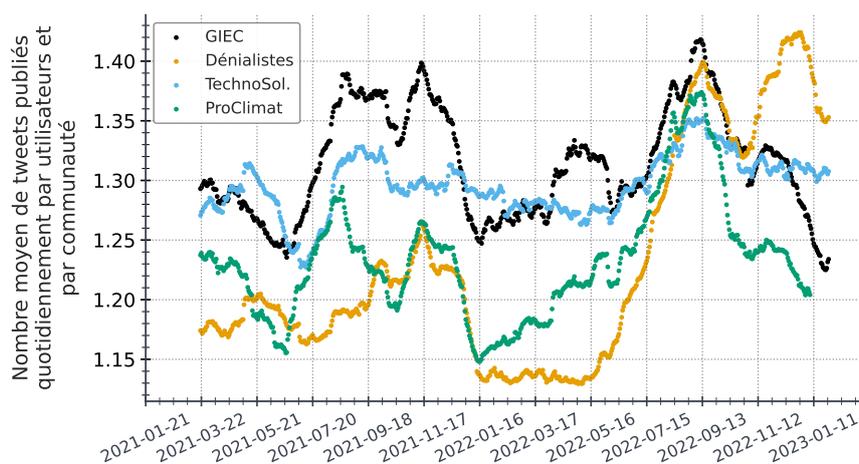
En calculant le score d’inauthenticité sur l’ensemble des comptes des communautés françaises, la communauté déniiste s’avère avoir un score beaucoup plus élevé que les autres quelque soit la période d’observation.

De plus, son score d’inauthenticité moyen a augmenté de plus

<sup>1</sup>Campagne présidentielle en avril 2022 et campagne législative en juin

**Table 2 : Proportion de “bot”**

Communauté	Jan, 2021	Dec, 2022
GIEC	1.0%	2.2%
Dénialistes	1.4%	6.2%
TechnoSol.	0.9%	2.2%
ProClimat	0.7%	2.7%

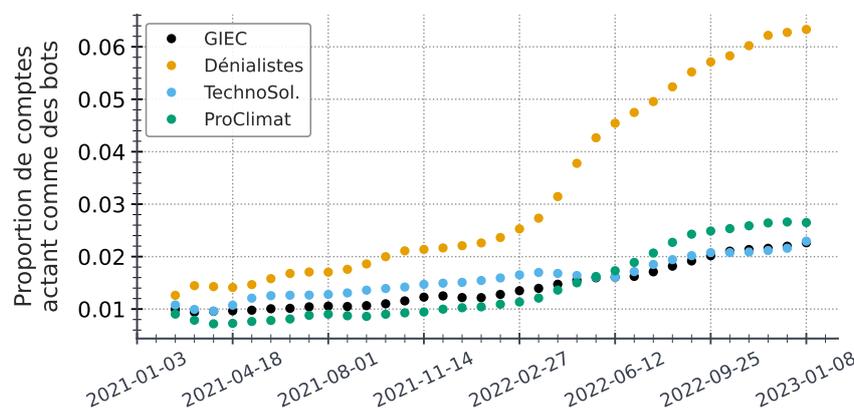


**Figure 11 – Nombre moyen de tweets publiés quotidiennement par les comptes appartenant aux communautés “GIEC”, “dénialistes”, “technosolutionnistes”, “pro-climat” au fil du temps (moyenne mobile sur un mois)**

de 340% entre 2021 et 2023, avec une très forte accélération en février 2022 à partir de l’invasion de l’Ukraine par Poutine et de la campagne présidentielle française (cf. Fig. 12). Il augmente continuellement depuis, de sorte que début 2023, la proportion de comptes “probablement bots” est 2,8 fois supérieure au sein de la communauté dénieliste qu’au sein de la communauté GIEC (cf. Table 2).

**Table 3 : Proportion de comptes suspendus et actifs en février 2023**

Communauté	Susp.	Act.
GIEC	0.7%	93.4%
Dénialistes	7.4%	89.2%
TechnoSolu.	2.5%	93.6%
ProClimat	1.8%	92.0%



**Figure 12 – Proportion de comptes aux comportements inauthentiques par communauté (moyenne mobile sur un mois). Le score d’inauthenticité de la communauté dénieliste connaît une croissance accélérée à partir de février 2022 pour dépasser de +180% celui de la communauté GIEC.**

Sans surprise, la communauté dénieliste est également celle qui comporte la plus grande proportion de comptes suspendus, mais avec un ratio particulièrement élevé : plus de 10 fois par

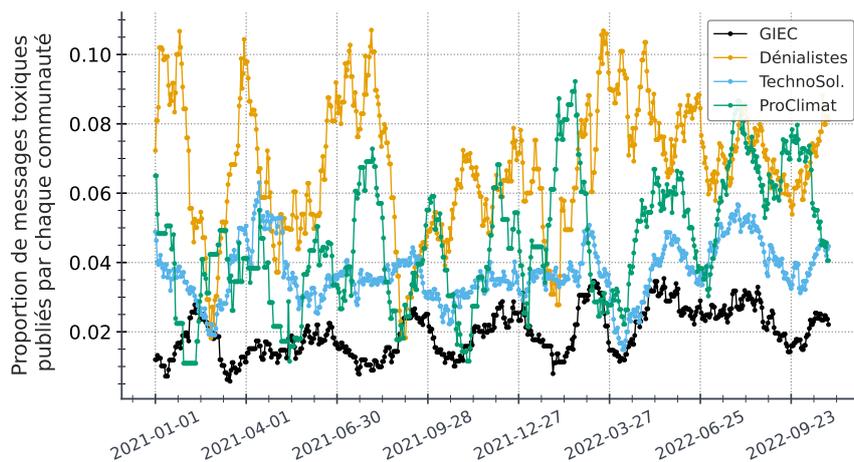
rapport à la communauté GIEC (cf. table 3).

Pour rappel, les anciennes règles de modération de Twitter indiquaient :

“ [Twitter] peut suspendre un compte s’il a été signalé (...) comme violant les règles de Twitter entourant les abus. Lorsqu’un compte adopte un comportement abusif, comme l’envoi de menaces à d’autres personnes ou l’usurpation d’identité d’autres comptes, nous pouvons le suspendre temporairement ou, dans certains cas, définitivement. ” – *Centre d’aide Twitter*

## La communauté dénieliste française développe un discours toxique

En exploitant un modèle de traitement du langage naturel entraîné à détecter les contenus toxiques [9] —que cela soit des obscénités, des insultes, des menaces, des attaques sur le genre ou la religion— nous avons mesuré la tonalité des discours des acteurs des différentes communautés. Il y a de ce point de vue une différence flagrante entre la communauté des dénielistes et celle du GIEC. En effet, comme le montre la figure 13, la proportion de messages identifiés comme "toxiques" circulant dans la communauté dénieliste est 3,5 fois supérieure à celle de la communauté GIEC, et 1,5 fois supérieure à celle des militants pro-climat. Cette observation corrobore le fait qu’il y ait dix fois plus de comptes suspendus dans la communauté dénieliste.



**Figure 13 – Proportion de messages toxiques publiés par chaque communauté**

**À retenir :** la proportion de comptes inauthentiques au sein de la communauté dénieliste est 2,8 fois supérieure à celle de la communauté GIEC.

La proportion de comptes suspendus par Twitter est quant à elle dix fois supérieure.

**À retenir :** La communauté dénieliste produit ou relaie 3,5 fois plus de messages toxiques que la communauté GIEC.

## Un déniisme pas de chez nous

Pour comprendre l'origine de cette poussée de déniisme à la française, nous pouvons nous concentrer sur les comptes les plus actifs de cette nouvelle communauté. La théorie des graphes propose plusieurs indicateurs permettant de mesurer l'influence d'un compte, tels que le *PageRank* (inventé par Google pour son moteur de recherche) ou la *eigenvector centrality*.

Quel que soit l'indicateur considéré, le compte Twitter *Elpis\_R* (17,8k abonnés au 13/02/2023), dont l'activité sur Twitter a plus que doublé depuis cet été, apparaît de loin comme le plus influent de cette communauté.

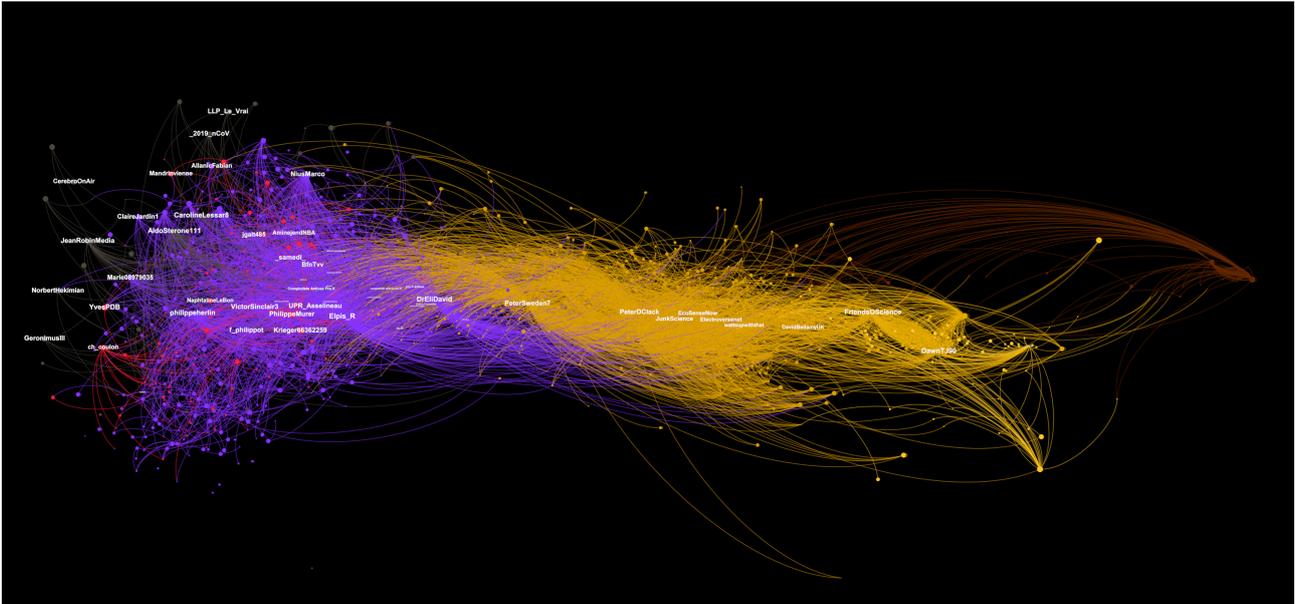
Quel est le profil de ce compte ? Commençons par préciser qu'il est anonyme, dispose d'une image de profil récupérée depuis une banque d'images. Il se définit (au 13/02/2022) comme "Climate Science Research (Independent) - Climate Realist - Alarmists Ignore The Geological Climate Record." (oui, il se décrit en anglais avec des éléments de langage empruntés aux déniistes américains, mais produit la majorité de ses tweets en français ...)

En reconstituant le réseaux d'interactions de *Elpis\_R* à partir des données mondiales du climatoscope, il apparaît que ce compte sert de passerelle (cf. Fig. 14) entre l'espace informationnel français et la communauté des influenceurs anglosaxons "experts" en climatologie (cf. plus haut). Si cela n'est cependant pas suffisant pour lui attribuer une quelconque origine géographique, cela pointe néanmoins une convergence d'intérêts à un niveau international dans la désinformation climatique, comme cela a déjà été documenté sur d'autres sujets tels que le COVID-19 (cf. *Toxic Data* Ch. 11 [2]).

Pour défendre son point de vue, le compte *Elpis\_R* développe une rhétorique dite des "5D" particulièrement appréciée des opérations de subversion [12, 2], illustrés figure 15 : *Discredit* ("si vous n'aimez pas ce que vos critiques disent, insultez-les"), *Déformation* ("si vous n'aimez pas les faits, déformez-les"), *Distraction* ("si vous êtes accusé de quelque chose, accusez quelqu'un d'autre de la même chose"), *Dissuasion* ("si vous n'aimez pas ce que quelqu'un d'autre prépare, essayez de lui faire peur"), *Division* "si vos adversaires sont trop forts, divisez-les". Il la complète par un sixième « D » qui est peut-être le plus important pour favoriser l'inaction climatique : le *Doute*.

À noter que dans l'exemple 15-f, *Elpis\_R* présente un extrait tronqué d'un rapport du GIEC qui dit exactement le contraire





**Figure 14 : Cœur du réseau de circulation d’information entre dénielistes U.S. et dénielistes Français (Réseau dense des seconds voisins de Elpis\_R)**

**(a) Discréditer**

**Elpis** @Elpis\_R

Le GIEC est une machine de propagande politique, se concentrant sur un prétendu réchauffement d'origine humaine, ignore les nuages et le soleil, tout ce qui est contraire à leur idéologie est exclu. Le réchauffement est toujours une conjecture.

7:33 pm · 19 Oct 2022

7 Retweets 16 Likes

**(b) Dissuasion**

**Elpis** @Elpis\_R

Le but des maîtres du globe, c'est de garder le pouvoir, on voit très bien qu'il y a des réunions qui sont faites, Bilderberg, Davos.. Il y a des puissants qui se réunissent de manière non-officielle pour conduire la population au servage, via #rechauffementclimatique anthropique

5:50 pm · 29 Jul 2022

1 Quote Tweet 2 Likes

**(c) Déformer**

**Elpis** @Elpis\_R

Pour votre culture, même le très politique GIEC n'indique aucune preuve que le réchauffement climatique affecte ou provoque des événements météorologiques extrêmes. Oups.

Mais libre à vous d'y croire.

9:20 pm · 17 Jan 2023 · 65 Views

1 Retweet 2 Likes

**(d) Distraire**

**Elpis** @Elpis\_R

Pouvons-nous nous aussi appeler l'ONU (GIEC) à stopper leur désinformation avérée ?

7:16 pm · 6 Feb 2023 · 764 Views

11 Retweets 25 Likes

**(e) Diviser**

**Elpis** @Elpis\_R

Qui vous donne le droit de nous dire qui désinforme ?

Vous pensez les gens trop stupide pour ne pas pouvoir juger par eux-mêmes ?

Dans une guerre, il y a toujours deux avis, le fait que vous censuriez prouve indirectement que vous craignez ce que nous pourrions voir/entendre.

2:45 pm · 3 Nov 2022

52 Retweets 1 Quote Tweet 194 Likes

**(f) Douter**

**Elpis** @Elpis\_R

"Dans la recherche et la modélisation du climat, nous devons reconnaître que nous avons affaire à un système chaotique non linéaire, par conséquent, la prédiction à long terme des états climatiques futurs n'est pas possible." - GIEC 2007

1:04 am · 28 Oct 2022

100 Retweets 4 Quote Tweets 198 Likes

**Figure 15 : Exemples de messages d’Elpis\_R. Les images et vidéos ont été masquées pour des questions de lisibilité.**

de ce qu’il laisse entendre, à savoir :

*"The climate system is a coupled non-linear chaotic system, and*

*therefore the long-term prediction of future climate states is not possible. Rather the focus must be upon the prediction of the probability distribution of the system's future possible states by the generation of ensembles of model solutions. Addressing adequately the statistical nature of climate is computationally intensive and requires the application of new methods of model diagnosis, but such statistical information is essential."*  
*IPCC TAR WG1, Working Group I: The Scientific Basis.*

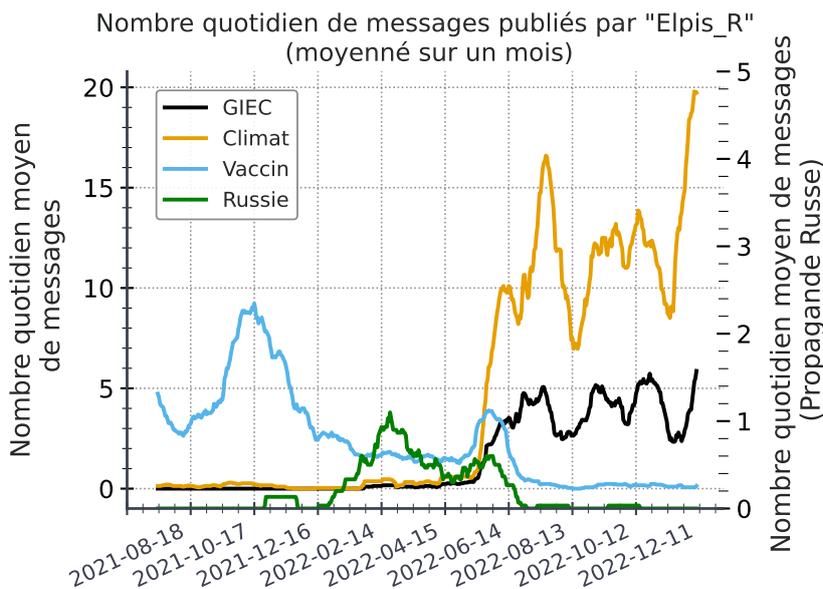
Lorsqu'un twittos le lui fait remarquer, l'interaction s'arrête net, preuve qu'il ne s'agit pas là de chercher à convaincre sur la base de faits avérés.

Elpis\_R fait également partie de ces comptes qui diffusent des messages contradictoires, comme par exemple "il n'y a pas de réchauffement climatique", "le climat a toujours changé et le réchauffement n'est pas dû à nos émissions" (Fig. 16) et qui ont allègrement recours à une rhétorique complotiste, comme illustré sur la figure 15-b.



**Figure 16 : Exemple de messages dénielistes contradictoires**

**Mots clés utilisés pour définir les thèmes :**  
 Climat : "CO<sub>2</sub>", "réchauffement", "climat"  
 Covid : "covid", "vaccination", "vaccin"  
 Russie : "poutine", "rus-sie", "ukraine", "Zelensky"



**Figure 17 – Nombre quotidien de message du compte Elpis\_R sur quelques thèmes clés. Attention : la courbe des messages relayant la propagande du Kremlin a été tracée sur une autre échelle pour des questions de lisibilité.**

Elpis\_R s'attaque spécifiquement aux membres du GIEC ainsi qu'aux scientifiques des sciences du climat et du changement climatique, avec plusieurs messages quotidiens dont certains très techniques. Mais son militantisme climato-dénieliste est récent. Comme le montre la Fig. 17, avant le printemps 2022, ce compte a eu une longue période de militantisme anti-vax,

la transition entre ces deux périodes s'effectuant à travers une phase\* où il s'est fait le discret relais de la propagande pro-Kremlin qui a inondé les réseaux sociaux au début de la guerre en Ukraine. De fait, avant de se définir comme "Climate Science Research (Independent)", il se définissait entre le 2021-12-23 et le 2022-06-10 comme "Biostatisticien, (data analyst)" et indiquait à d'autres moments dans son profil vouloir "Réinformer contre cette propagande Orwellienne", ou bien être un "Esprit libre, pour une information juste et non biaisée par la corruption systémique qui gangrène ce monde", renvoyant même parfois à son profil sur [vk.com](https://vk.com), le Facebook russe. Un militantisme numérique opportuniste donc, dont les vraies motivations ne sont visiblement pas celles affichées. C'est cependant sa période déniiste qui a permis à *Elpis\_R* de gagner en visibilité, le faisant passer en six mois, de moins de 1000 followers (juillet 2022) à près de 18k.

Fait notable, seuls 3% des messages de cet influenceur déniiste sont catégorisés comme "toxiques" selon notre modèle, une stratégie plutôt policée pour conquérir l'opinion publique. Elle va avec sa volonté de renvoyer l'image d'un "expert" revendiquant la lecture de milliers d'articles, avec de nombreux tweets très techniques qui reprennent hors contexte ou déforment des résultats d'articles académiques.

## Le terrain idéal pour des opérations de subversion

Comme nous allons le voir, le succès du compte *Elpis\_R* tient probablement au fait qu'il agit sur un terrain favorable, où toute une communauté est déjà prédisposée à écouter les discours antisystèmes et complotistes.

Comment une communauté de près de dix mille déniistes a-t-elle pu se constituer autour d'*Elpis\_R* en quelques mois? Quels sont les types de comptes qui ont mordu à cette désinformation? Outre la fraction plus importante de "bots", qui a pu aider à amorcer la pompe, cette opération de subversion a bénéficié d'un terrain particulièrement favorable sur un fond de crises sanitaire, économique et sociale.

Afin de mieux qualifier ce terrain, nous avons mobilisé la plateforme [Politoscope](#) (CNRS/ISC-PIF), qui est l'équivalent du climatoscope dans le domaine du militantisme politique français. Elle cartographie depuis 2016 la twittosphère politique française [2], ses évolutions et les tentatives de manipulations d'opi-

(\*) Du 25/02/2022 au

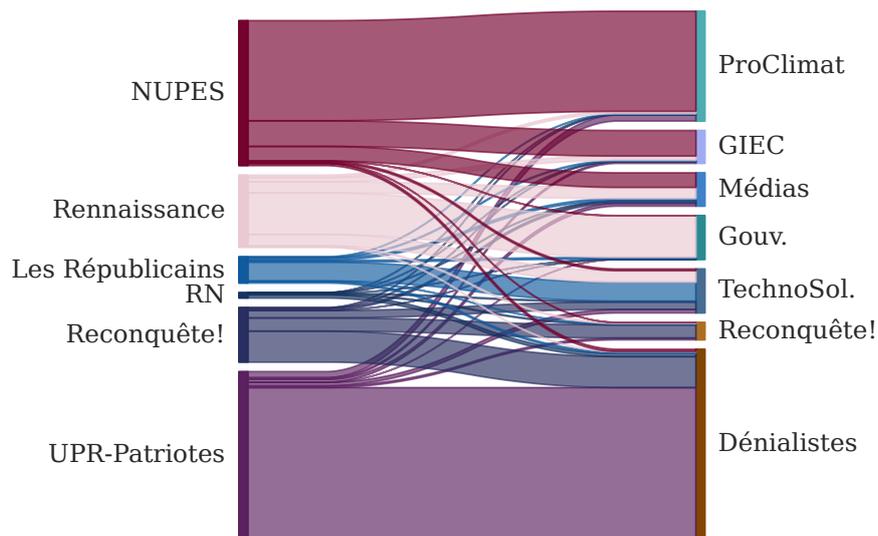
31/07/2022.

Exemple le 11/03/2022 (sic) *"Renseigner vous, c'est maintenant officiel qu'il y a bien des bio lab US en Ukraine, car vous dénoncer des mensonges Russe, alors que vous ne faite qu'avalier la propagande médiatique occidentale L'occident et les USA eux n'ont fait que mentir pour chaque guerre depuis des années"*

ou le 20/04/2022 en réponse à @BHL admirant Zelensky : *"Vous êtes une honte chère monsieur, il est plus que temps que le va en guerre que vous êtes s'éclipse, vous défendez des milices nazies, d'un régime corrompus, mis en place par les USA, qui bombarde des russo-phones depuis plus de 8ans."*

**À retenir :** Le principal influenceur de la communauté déniiste est nouvellement acquis à cette cause après avoir été anti-vax et avoir relayé la propagande Russe lors de l'invasion de l'Ukraine. Il tient un discours pseudo-science très net pour faire croire à une expertise.

**À retenir :** mise à part une proportion non négligeable de comptes impliqués dans la sphère informationnelle de Reconquête!, la communauté déniiste n'est pas composée *a priori* de militants politiques relevant des partis traditionnels (LFI, PS, EELV, Renaissance, LR ou RN).



**Figure 18 – Comptes communs entre la twittosphère politique française (Politoscope, à gauche) et la twittosphère climatique française (Climatoscope, à droite) [18 060 comptes en communs]. La largeur des bandes indique le nombre de comptes qui sont partagés par les différentes catégories.**

nions dont elle est l’objet.

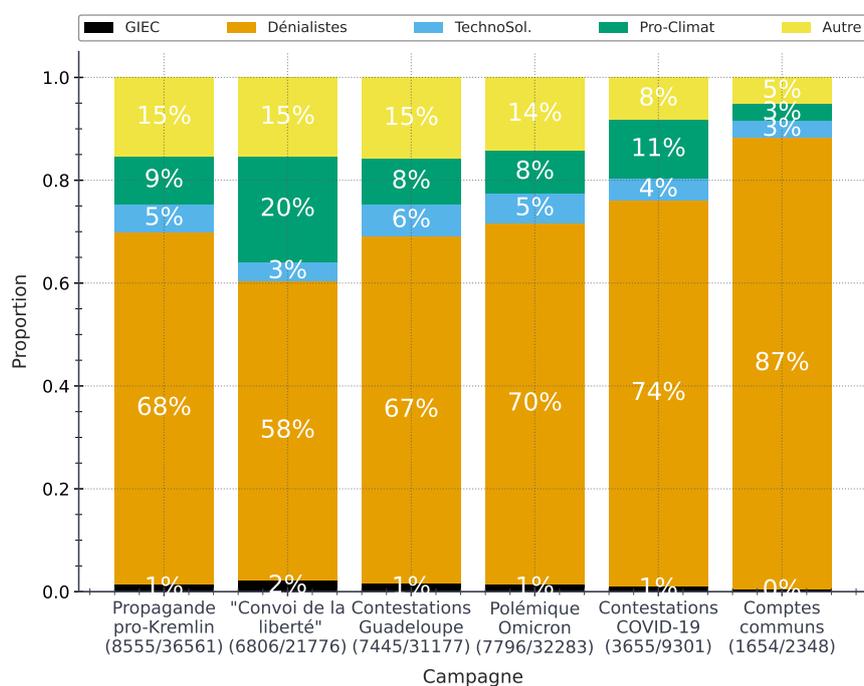
Mettre en vis-à-vis les paysages d’interactions autour des questions politiques et climatiques comme sur la figure 18 permet de mieux qualifier l’état d’esprit de la communauté déniiste française.

La première chose à remarquer est que, mise à part une proportion non négligeable de comptes impliqués dans la sphère informationnelle de Reconquête!, la communauté déniiste n’est pas composée *a priori* de militants politiques relevant des partis traditionnels (LFI, PS, EELV, Renaissance, LR ou RN). Comme le montre la figure 18, la grande majorité des comptes qui la composent et relaient par ailleurs des informations politiques proviennent de la communauté qui s’était constituée autour de Florian Philippot et François Asselineau pendant la pandémie de Covid-19.

Comme documenté dans *Toxic Data* (Chavalarias D., Flammation 2022), cette communauté, désormais l’une des plus importantes de la twittosphère politique, a émergé en novembre 2020 après l’annonce de la découverte du vaccin contre le COVID-19. Antivax, et plus généralement “antisystème”, cette communauté a été le siège d’une radicalisation de ses membres, sous

**À retenir :** La communauté déniiste sur Twitter est composée majoritairement de comptes ayant participé à la contestation antisystème/antivax pendant la pandémie.

l'effet de discours complotistes, de désinformation et très probablement d'astroturfing en provenance du Kremlin.



**Figure 19 – La communauté dénieliste française comporte un noyau dur de plus de 1400 comptes ayant participé à cinq autres campagnes “antisystème” opportunistes repérées dans le Politoscope et dans le Covidoscope (CNRS/ISC-PIF). On notera que près de 6k comptes dénielistes sur 10k ont également relayé la propagande du Kremlin autour de la guerre en Ukraine. Les chiffres entre parenthèse indiquent le nombre de comptes communs entre la carte climat de la Fig. 9 et la campagne considérée, sur le nombre total de comptes de ces mêmes campagnes**

Autre fait remarquable, la communauté dénieliste comporte un noyau dur constitué de plusieurs milliers de comptes ayant participé à de nombreuses campagnes “antisystème” opportunistes (Fig. 19). Entre autres, nous avons pu démontré que plus de 1400 d’entre eux ont participé à *toutes* les campagnes numériques suivantes<sup>1</sup> : la [crise sociale en Guadeloupe](#) de l’été 2021, le [convoi des libertés](#) de janvier-février 2022, la [polémique complotiste autour du variant Omicron](#) (Nov 2021 - Janv. 2022) et plus généralement les contestations des mesures gouvernementales mises en place pour lutter contre la pandémie de COVID-19 observée via le covidoscope<sup>2</sup> ; et enfin au [relais de la propagande du Kremlin](#) et à l’indignation pro-Poutine contre les mesures prises par l’Europe en réaction à l’invasion de l’Ukraine. Si on ne considère que cette campagne, ce sont près de 6000

**1** Cliquer sur les liens pour voir la reconstruction vidéo. Ce noyau dur se retrouve à chaque fois dans la communauté autour de Florian Philippot ou François Asselineau.

**2** Le covidoscope est un dispositif d’observation des échanges Twitter autour de la pandémie COVID-19.

comptes déniistes qui ont également participé au relais de la propagande du Kremlin depuis le début de la guerre en Ukraine.

Nous voyons donc que la composition de cette communauté numérique française, qui est la seule que l'on puisse réellement qualifier de déniiste ou de climato-sceptique, est très particulière car elle n'a quasiment aucune intersection avec les courants politiques traditionnels. Habitée des conflits sociaux en tous genres, elle se distingue aussi par le type de désinformation qui y circule, le degré de toxicité de ses messages, la proportion anormale de comptes "probablement bots", son appétence à relayer la propagande du Kremlin et les pratiques de ses leaders.

De fait, cette communauté déniiste est intégrée dans un contexte international et géopolitique plus large où se déploient régulièrement des actions de subversion.

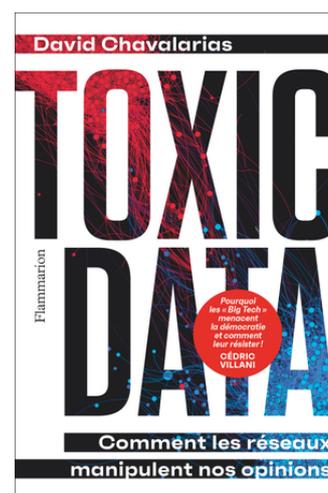
Rappelons, par exemple, que le Kremlin dispose depuis 2013 de l'[Agence de Recherche Internet](#) (IRA), une usine à trolls créée par Evgueni Prigojine, dont on sait qu'elle s'est à plusieurs reprises ingérée dans les élections américaines, mais également qu'elle est active dans le domaine de la désinformation dans le monde entier, y compris en Afrique (où le Mali et le Burkina Faso viennent de mettre la France dehors). Prigojine est également le créateur du groupe Wagner, milice privée qui commet des exactions en Ukraine depuis le début de la guerre.

Enfin, de nombreux travaux de recherche et d'investigation ont démontré que des États totalitaires comme la Russie ou la Chine mènent depuis longtemps une guerre hybride sur les réseaux sociaux, avec comme stratégie d'amplifier les divisions au sein des démocraties pour les affaiblir (cf. *Toxic Data*, Ch.8 & 9). Rappelons également que les énergies fossiles gaz et pétrole sont à l'intersection des questions de lutte contre le réchauffement climatique, des tensions géopolitiques entre la Russie et l'Europe depuis la guerre en Ukraine et des tensions sociales en France depuis les gilets jaunes.

Dans ce contexte, le fait que la communauté déniiste française soit constituée en grande partie par des comptes Twitter réceptifs à la propagande du Kremlin et convertis au climato-scepticisme au moment de la guerre en Ukraine, après avoir été plusieurs mois antivax, est pour le moins troublant.

La question du changement climatique est un terrain où les gouvernements sont exhortés par une partie de la population à prendre des mesures fortes, impliquant des changements importants

**À retenir :** La communauté déniiste est constituée d'un noyau dur de quelques milliers de comptes qui interviennent de manière opportuniste dans de nombreuses campagnes numériques d'agitation sociale. Près de 6000 d'entre-eux ont relayé la propagande du Kremlin depuis le début de la guerre en Ukraine.



**À retenir :** la question de la lutte contre le réchauffement climatique et les caractéristiques des militants déniistes font de cet enjeu sociétal un terrain particulièrement favorable à des opérations d'ingérence étrangère de type subversion.

dans les modes de vie de tous les citoyens. Beaucoup d'entre eux n'accepteront ces mesures que si le jeu en vaut la chandelle. Insinuer le doute et désinformer sur la réalité du changement climatique dans certaines communautés, tout en exacerbant la conscience de l'urgence climatique dans d'autres, est donc une manière très efficace pour déstabiliser les gouvernements en les plaçant au centre d'injonctions contradictoires de la part de leurs citoyens. Quelles que soit la politique adoptée, c'est la révolte sociale assurée.

Semer la division de cette manière est peu coûteuse et sans risque pour les agitateurs potentiels car contrairement à ce qui se passe en dictature, il n'est pas illégal de s'adonner à ce genre d'activité.

La guerre informationnelle qui s'appuie sur la division des populations faisant maintenant partie de la panoplie des armes stratégiques au plan géopolitique il est hautement probable que la question de la lutte contre le réchauffement climatique devienne dans un futur proche un champ de subversion actif, si ce n'est déjà le cas.

## Le déniisme sur Twitter a-t-il des effets mesurables ?

La montée du déniisme sur des réseaux sociaux comme Twitter engendre comme nous l'avons vu de l'hostilité entre communautés numériques et de la division, mais y a-t-il d'autres effets mesurables ?

Pour mieux comprendre la dynamique complexe qui se déroule entre les communautés, nous avons effectué une analyse de causalité à partir des méthodes développées dans [4, 10, 14]. En bref, nous cherchons à savoir dans quelle mesure l'activité d'une communauté donnée –en termes de volume de tweets publiés– influence l'activité d'une autre communauté, autrement dit, si l'activité future d'une communauté dépend ou non de l'activité passée d'une autre communauté. Ces causalités sont déterminées à l'aide de l'algorithme de découverte de réseaux causaux PCMCI<sup>2</sup>.

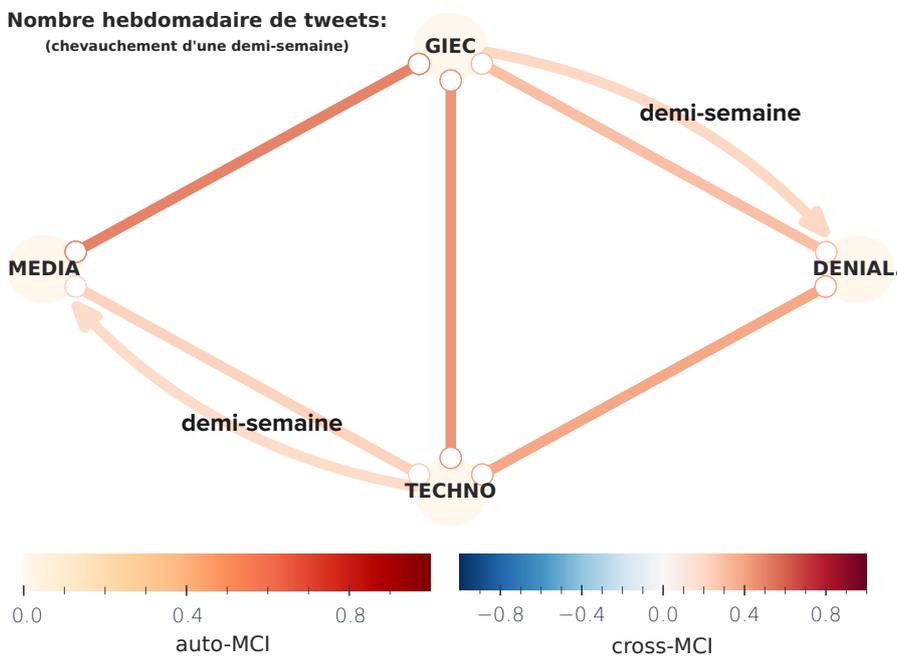
Ce type d'analyse peut répondre à plusieurs questions : Est-ce qu'une communauté *A* a la capacité d'influencer sur le long terme (quelques semaines) les débats au sein d'une communauté *B* ? Est-ce qu'une communauté *B* réagit immédiatement

**À retenir :** Sur le moyen terme, ce sont les synthèses de l'état des connaissances scientifiques effectuées par le GIEC qui sont le plus à même de mettre à l'agenda les questions climatiques.

(quelques heures) aux actions d'une communauté A ?

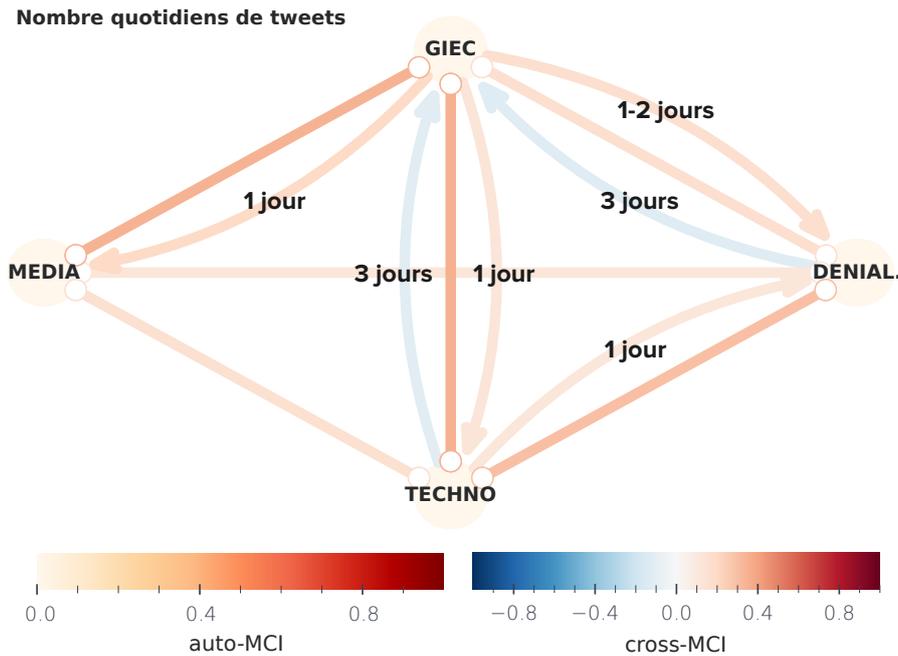
La première question est traitée par la figure 20. L'agrégation de l'activité sur une semaine (avec un chevauchement d'une demi-semaine entre deux mesures consécutives pour plus de stabilité) montre que les différentes communautés évoluent ensemble, à l'exception du couple {dénialistes, médias} qui sont mutuellement indépendants. L'activité de la communauté des dénielistes est causée par celle de la communauté du GIEC, avec une latence d'une demi-semaine. Il en va de même pour la communauté des médias, qui réagit à l'activité de la communauté technosolutionnistes, ce qui suggère que cette-ci a une certaine influence sur l'agenda médiatique, a minima sur Twitter.

**À retenir :** les discours sur Twitter des communautés dénielistes et technosolutionnistes freinent probablement la dissémination des connaissances scientifiques et des conclusions du GIEC en agissant de manière négative sur l'activité en ligne des scientifiques des sciences du climat et du changement climatique.



**Figure 20 – Graphe causal du nombre de tweets des communautés, avec un niveau de signification de 0.03 pour l'activité hebdomadaire (avec un chevauchement d'une demi-semaine). Déterminé par l'algorithme PCMCI [15], les couleurs des nœuds correspondent à l'auto-MCI (Indépendance conditionnelle momentanée), les couleurs des arêtes correspondent au cross-MCI, les arêtes non dirigées reflètent une co-évolution tandis que les arêtes dirigées reflètent un lien causal.**

La figure 21 répond à la deuxième question et met en évidence un ensemble complexe de boucles de rétroaction. Tout d'abord, toutes les communautés coévoluent les unes avec les autres, ce qui s'explique généralement par des facteurs externes, tels que des événements de la vie réelle, qui poussent les différentes communautés à être plus ou moins actives sur les sujets



**Figure 21 – Graphe causal du nombre de tweets des communautés, avec un niveau de signification de 0.01 pour l'activité quotidienne. Même légende que Fig. 20**

climatiques. En parallèle de cette co-évolution, l'activité de la communauté GIEC sur une journée influence celle de la communauté des médias, des technosolutionnistes et des déniastes le jour suivant, (et encore le deuxième jour suivant pour la communauté des déniastes). En revanche, l'activité de la communauté GIEC est elle-même impactée négativement par celle des technosolutionnistes et des déniastes trois jours plus tard, ce qui tendrait à montrer que les réactions des déniastes et des technosolutionnistes aux interventions de la communauté GIEC ont, chacune à leur manière, la capacité de réduire l'activité et donc l'audience de cette dernière.

Outre les effets de division observés précédemment, les discours des communautés déniastes et technosolutionnistes arrivent probablement à freiner dans une certaine mesure la dissémination des connaissances scientifiques et des conclusions du GIEC en modifiant la perception à la fois de l'urgence à agir mais aussi de la capacité à agir maintenant en s'appuyant sur plusieurs volets (technologie, mais aussi préservation et restauration des écosystèmes et maîtrise de la demande (aspects liés à la sobriété)).

## Avant que Twitter ne ferme ...

Dans le contexte actuel où Elon Musk envisage de couper l'accès des chercheurs aux données de Twitter, nous ne serons probablement plus en mesure de réaliser ce genre d'études à l'avenir. Mais vous pouvez nous aider à préparer le coup d'après et contribuer ainsi à une meilleure compréhension de l'impact des plateformes numériques et des campagnes de désinformation sur la société.

**À retenir :** Vous pouvez estimer votre exposition à la désinformation climatique sur Twitter en installant le plug-in Horus sur [Chrome](#) ou [Firefox](#) store ou en visitant [la page du projet](#)



**Figure 22 – Exemple d'analyse de l'exposition d'un utilisateur à des contenus issus de climato-déniistes restituée par le projet Horus.**

Que ce soit sur Google, YouTube, Facebook ou Twitter, l'internaute est seul face à l'algorithme de recommandation. Aucune donnée accessible publiquement ne permet de savoir dans quelle mesure les informations qui lui sont présentées sont neutres ou au contraire déforment la réalité dans un sens ou dans un autre.

Pour palier cela, nous avons développé [Horus](#), une extension de navigateur qui vous aidera à mieux saisir les partis pris des GAFAM lorsqu'ils vous alimentent en information, premiers pas vers une reprise du contrôle de vos environnements numériques. À partir de l'analyse de ce que ces plateformes vous montrent, Horus vous indiquera de manière synthétique si elles vous exposent de manière privilégiée à certains contenus, concernant la politique française, ou le climat (comme illustré par la figure 22). En particulier, **Horus vous permet d'estimer votre exposition à la désinformation climatique sur Twitter.**

Pour participer à l'enquête Horus, rendez-vous directement sur le [Chrome](#) ou [Firefox](#) store ou visitez [la page du projet](#).

## Références

- [1] David Chavalarias. “La société (re)commandée : de la conjecture de von Foerster aux sciences sociales prédictives”. In : *Conflits des interprétations dans la société de l’information*. Sous la dir. d’Antoine Chardel, Cédric Gossart et Bernard Reber. Librairie Lavoisier. 00000 bibtex : chavalariasSociete2012. 2012. url : <http://www.lavoisier.fr/livre/informatique/conflits-des-interpretations-dans-la-societe-de-l-information/chardel/descriptif-9782746232877> (visité le 01/09/2015).
- [2] David Chavalarias. *TOXIC DATA - Comment les réseaux manipulent nos opinions*. Flammarion. Mars 2022.
- [3] David Chavalarias, Noé Gaumont et Maziyar Panahi. “Hostilité et prosélytisme des communautés politiques”. fr. In : *Reseaux* n° 214-215.2 (juin 2019), p. 67-107. issn : 0751-7971. url : <http://www.cairn.info/revue-reseaux-2019-2-page-67.htm> (visité le 19/06/2019).
- [4] Victor Chomel. “Beyond Fake News : a structural and dynamic approach towards analyzing online misinformation and manipulation of public opinion”. EN. Computational Social Sciences. Paris : Ecole des Hautes Études en Sciences Sociales, oct. 2022.
- [5] *Climate : World getting ‘measurably closer’ to 1.5-degree threshold*. en. Mai 2022. url : <https://news.un.org/en/story/2022/05/1117842> (visité le 08/02/2023).
- [6] Travis G. Coan et al. “Computer-assisted classification of contrarian claims about climate change”. In : *Sci Rep* 11.1 (nov. 2021). doi : [10.1038/s41598-021-01714-4](https://doi.org/10.1038/s41598-021-01714-4). url : <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01714-4>.
- [7] Lisa Friedman. “A Coal Baron Funded Climate Denial as His Company Spiraled Into Bankruptcy”. en-US. In : *The New York Times* (déc. 2019). issn : 0362-4331. url : <https://www.nytimes.com/2019/12/17/climate/murray-energy-climate-denial-coal.html> (visité le 19/12/2019).
- [8] Noé Gaumont, Maziyar Panahi et David Chavalarias. “Reconstruction of the socio-semantic dynamics of political activist Twitter networks—Method and application to the 2017 French presidential election”. In : *PLoS ONE* 13.9 (sept. 2018). Sous la dir. de Nuno Araujo, e0201879. doi : [10.1371/journal.pone.0201879](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201879). url : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201879>.
- [9] Laura Hanu et Unitary team. *Detoxify*. Github. <https://github.com/unitaryai/detoxify>. 2020.
- [10] Joseph Le Bihan. *Analyse des dynamiques socio-sémantiques sur Twitter et inférence de liens causaux*. Stage de M2. Institut des Systèmes Complexes de Paris Ile-de-France : Ecole Polytechnique, 2022.

- [11] Chelsea Harvey News E&E. “The World Will Likely Miss 1.5 Degrees C - Why Isn’t Anyone Saying So?” en. In : *Scientific American* (nov. 2022). url : <https://www.scientificamerican.com/article/the-world-will-likely-miss-1-5-degrees-c-why-isnt-anyone-saying-so/> (visité le 08/02/2023).
- [12] Ben Nimmo. *Anatomy of an Info-War : How Russia’s Propaganda Machine Works, and How to Counter It*. en-US. Section : Context. Mai 2015. url : <https://www.stopfake.org/en/anatomy-of-an-info-war-how-russia-s-propaganda-machine-works-and-how-to-counter-it/> (visité le 03/12/2021).
- [13] Juergen Pfeffer et al. *Just Another Day on Twitter : A Complete 24 Hours of Twitter Data*. 2023. doi : [10.48550/ARXIV.2301.11429](https://doi.org/10.48550/ARXIV.2301.11429). url : <https://arxiv.org/abs/2301.11429>.
- [14] Matthieu Plaszczynski et David Chavalarias. *Socio-semantic dynamics of the link between the media and political communities thanks to a corpus of tweets*. Rapp. tech. Institut des Systèmes Complexes de Paris Ile-de-France : Ecole Polytechnique, 2020.
- [15] Jakob Runge et al. “Detecting and quantifying causal associations in large nonlinear time series datasets”. In : *Sci. Adv.* 5.11 (nov. 2019). doi : [10.1126/sciadv.aau4996](https://doi.org/10.1126/sciadv.aau4996). url : <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau4996>.
- [16] Kate Starbird. “Examining the alternative media ecosystem through the production of alternative narratives of mass shooting events on Twitter”. In : *Eleventh International AAAI Conference on Web and Social Media*. 2017.
- [17] G. Supran, S. Rahmstorf et N. Oreskes. “Assessing ExxonMobil’s global warming projections”. In : *Science* 379.6628 (jan. 2023). Publisher : American Association for the Advancement of Science, eabk0063. doi : [10.1126/science.abk0063](https://doi.org/10.1126/science.abk0063). url : <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abk0063> (visité le 08/02/2023).