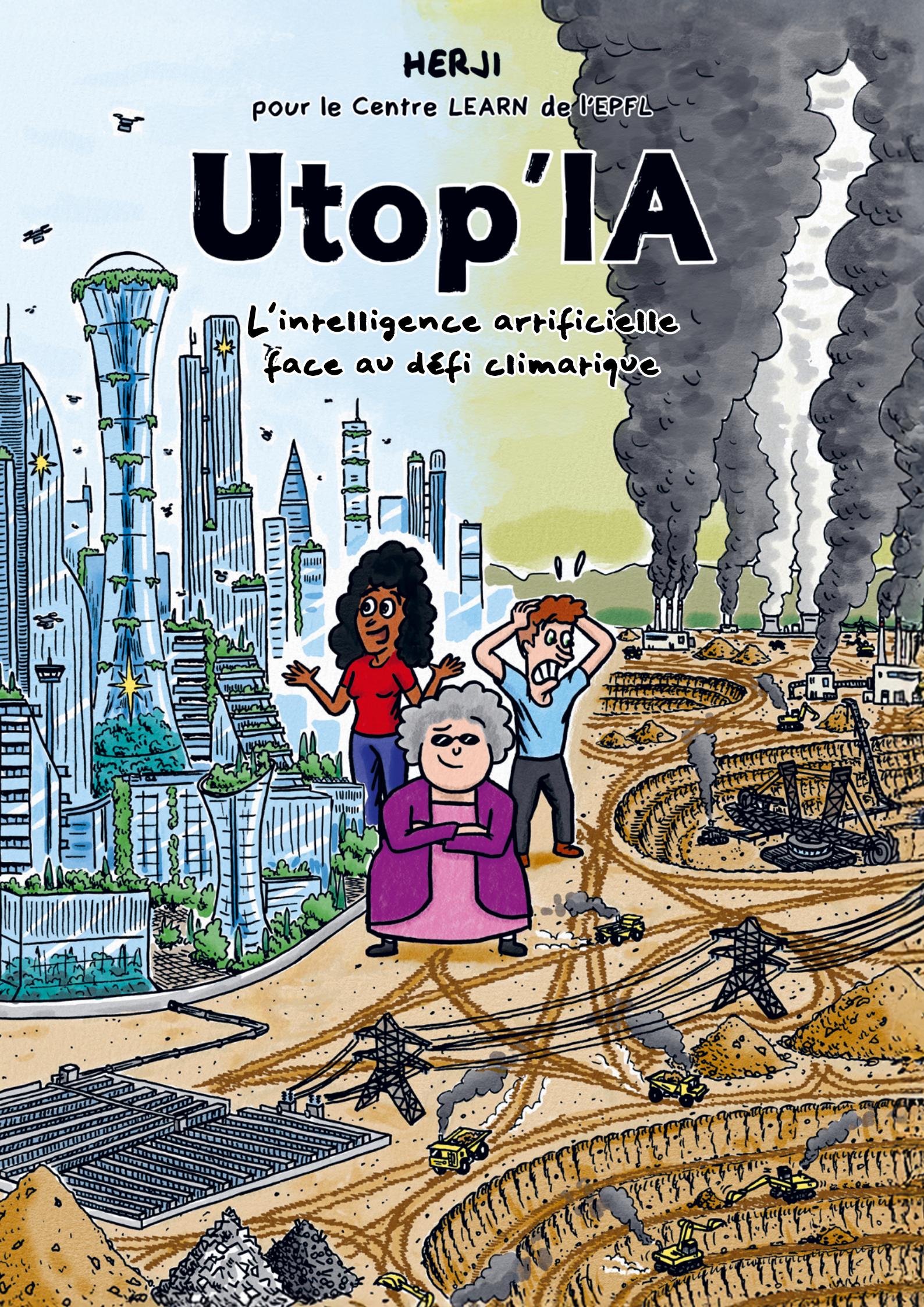


HERJI
pour le Centre LEARN de l'EPFL

Utop'IA

L'intelligence artificielle
face au défi climatique



Aïcha, étudiante en intelligence artificielle (IA), en est convaincue : l'IA est la solution miracle pour stopper la crise climatique. Félix, lui, s'oppose à l'IA, estimant au contraire qu'elle ne fera qu'empirer les choses. Chargée de les départager, l'excentrique Professeure Eliza, experte de l'IA, les emmène alors sur les traces des enjeux écologiques de l'intelligence artificielle, depuis le fond des mines d'où sont extraits les métaux rares indispensables à cette technologie, jusqu'au sommet des gouvernements, pour lesquels l'IA constitue un enjeu essentiel. Une exploration pleine de surprises pour répondre à cette question clé : face à la crise climatique, l'IA est-elle une chance unique ou un problème de plus ?

Herji vit et travaille à Genève. Curieux de nature, il mène des projets très divers : dessin de presse, illustration, cartes thématiques, fresques, mais surtout bande dessinée. En 2020, il publie sa première BD, « Carouge dans tous les sens », autoéditée et nominée à Delémont'BD. En 2022, il sort son second livre, « Ici l'Univers – Voyage en astrophysique » (Heltiq) avec la participation du Prix Nobel Michel Mayor. Cet ouvrage a été traduit en une dizaine de langues et récompensé par le Prix « La science se livre » 2024.

Le Centre LEARN de l'EPFL a pour objectif de contribuer à l'excellence du système éducatif suisse en rassemblant les efforts de toute la communauté de l'EPFL impliquée dans la recherche en éducation (numérique et STIM), ainsi que dans le développement et l'étude de nouveaux outils et méthodes d'enseignement via une approche translationnelle.

ISBN 978-2-88915-663-4



9 782889 156634 >

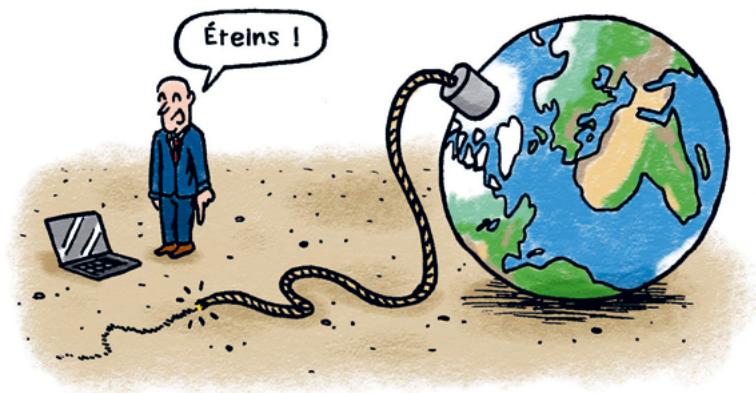
EPFL PRESS

HERJI

Pour le Centre LEARN de l'EPFL

Utop'IA

L'intelligence artificielle
face au défi climatique



EPFL PRESS

Scénario et dessin

HERJI

Coordination

Sonia Agrebi: LEARN – EPFL

Socle théorique

Sonia Agrebi, Daniel Badoux et Alizé de la Harpe: LEARN – EPFL

Comité scientifique

Cécile Hardebolle: Teaching Advisor – AVP-E – CEDE – EPFL

Francesco Mondada : Professor – STI/IC – MOBOTS – EPFL & Academic Director – LEARN – EPFL

Vincent Moreau: Researcher – IC – DLAB – EPFL

Sascha Nick: Systems Scientist – ENAC – LEURE – EPFL

Xavier Ouvrard: IT Systems Specialist – ECOCLOUD – EPFL

Amael Parreaux-Ey: CEO – RESILIO

Édition

EPFL PRESS

Direction générale: Lucas Giassi

Directions éditoriale et commerciale: Sylvain Collette et May Yang

Responsable de production: Christophe Borlat

Éditorial: Alice Micheau-Thiébaud et Jean Rime

Graphisme: Anne Kummler, recto verso

Promotion et diffusion: Manon Reber

Comptabilité: Daniela Castan

Logistique: Émile Razafimanjaka

Première édition française, 2025

© EPFL Press

EPFL Press est une maison d'édition de la fondation

des Presses polytechniques et universitaires romandes.

ISBN : 978-2-88915-663-4, version imprimée

ISBN : 978-2-8323-2295-6, version ebook (pdf), doi.org/10.55430/1126UTIAVA01

Imprimé en République tchèque

www.epflpress.orgLes Presses polytechniques et universitaires romandes bénéficient d'un soutien structurel
de l'Office fédéral de la culture pour les années 2021-2025.

Cette licence vous oblige, si vous utilisez cette œuvre, à en citer l'auteur, la source et l'éditeur original. Les modifications ou adaptations sont autorisées sous réserve d'une diffusion sous la même licence. L'œuvre et ses adaptations ne peuvent pas être utilisées à des fins commerciales.

Avant-propos

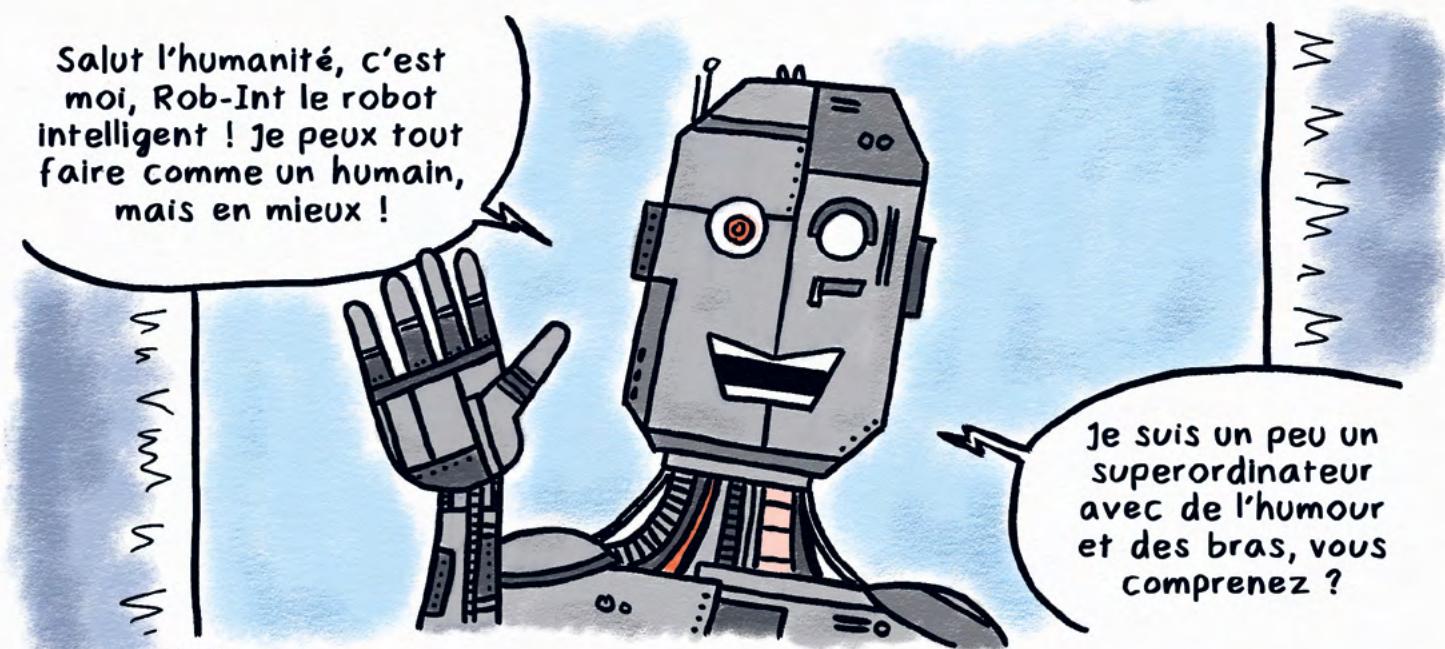
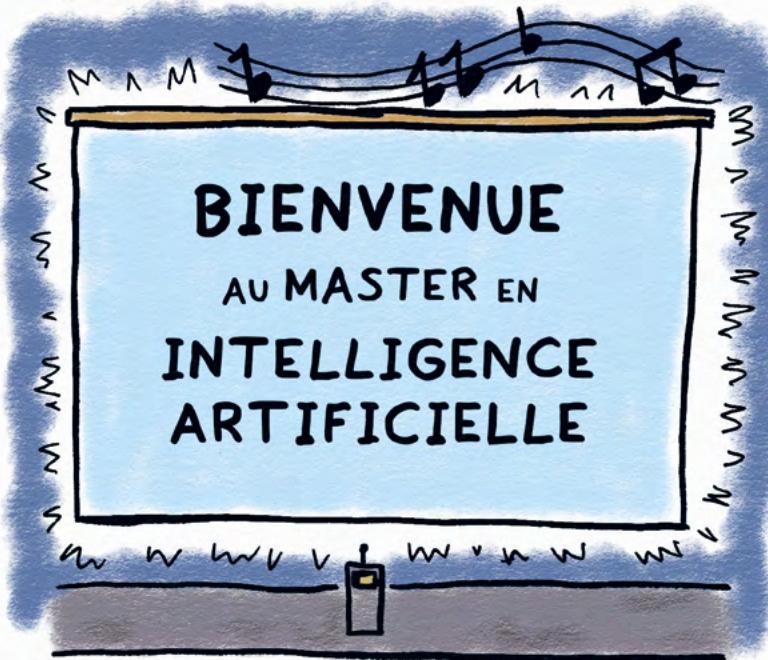
Cette bande dessinée est dédiée aux enjeux écologiques de l'intelligence artificielle (IA). Il est toutefois important de préciser que l'IA est un domaine bien plus vaste et complexe. Elle joue un rôle clé dans de nombreux secteurs, de la santé à l'éducation, en passant par la recherche scientifique. L'IA soulève également des questions éthiques dont la complexité et les enjeux sont si importants qu'elles ne peuvent pas être éludées. Si le fil rouge de cette bande dessinée est de mettre en lumière les impacts environnementaux estimés de l'IA, cela ne signifie pas que l'IA se résume uniquement à ces enjeux écologiques, mais plutôt qu'il est essentiel de les considérer dans son développement et ses utilisations.

Découvrez toutes les ressources pédagogiques associées à cette BD en libre accès : les interviews des concepteurs, la bibliographie, des activités pour mieux comprendre ou débattre dès 8 ans.

Scannez le QR code ou suivez le lien
<https://go.epfl.ch/UtopIA>







Désolée les
djeun's mais non,
l'IA c'est pas ça !

Vous n'allez PAS apprendre à
fabriquer des robots humanoïdes !

On a malheureusement vendu
les droits à Hollywood

Et oui, spoiler alert,
les androïdes omniscients
qui finissent par détruire
l'humanité, c'est pas pour
rien que les Ricains en ont
fait des films :

c'est de la fiction totale -

du bullshit

des mythos

Euh...elle est...

bizarre..?

Imprimez bien ça dans
vos coquilles, les loulous :

Si l'IA est bientôt partout, les robots
humanoïdes sont... nulle part - ou alors,
bien au chaud dans des labos.



Bon euh... merci Professeure... parfait hm... je vais donc présenter les différents cours qui composent ce Master en Intelligence Artificielle...



Ah je te jure,
j'ai l'impression de rejoindre...
l'atelier où l'avenir du monde
va s'écrire, genre !

C'est tellement fou d'avoir une chance
d'améliorer les choses soi-même, directement...

À part cette prof
trop chelou là

Peut-être que je vais aider à régler les plus
grands problèmes de notre époque !

Imagine la Une des journaux :
«LA JEUNE PRODIGE DE L'IA STOPPE
LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE !»

Attends mais t'es
sérieuse, là ?!

Tu t'es forcément
fait laver le cerveau
pour pas te rendre
compte du danger
à ce point !

L'IA c'est le cauchemar assuré,
y'a rien de bon à en tirer !

Parce que c'est vrai ! Le chômage de masse,
la surveillance totale, les robots tueurs...

Mais t'es malade,
pourquoi tu dis ça ?

Mais alors le pire c'est justement le
changement climatique, m'en parle pas...
l'IA va carrément l'accélérer !

Tu te trompes. Regarde comme
rien ne change, on n'arrive clairement
pas à régler le problème, on est trop...
imparfaits !

L'IA c'est le moyen le plus efficace
pour «organiser la transition écologique,
programmer les économies
d'énergie», euh...

Hahaha !

Eh ben, les lobbies ont
bien fait leur boulot.
Greenwashing sur industrie
climaticide, bingo !





Vous semblez insatisfaite de ma réponse, excusez-moi pour la confusion.

Voici quelques points-clés à retenir :

1. Si vous voulez parler de l'intelligence artificielle, c'est avec plaisir que j'aborderai ce sujet avec vous. Cependant, pas besoin de crier, OK ?

2. L'intelligence artificielle est un sujet passionnant et controversé. Cependant, vous devriez toujours vous exprimer avec respect (sans crier, OK ????)



Ca veut rien dire, c'est sûrement une version bêta !

Mais oui...

Posons plutôt la question à un être humain compétent.

Tu crois qu'il existe encore quelqu'un qui n'est pas à la solde des lobbies, parmi tes profs ?







Que des programmes puissent gérer tout ça objectivement et efficacement, c'est une chance unique !

C'était juste un bug !

Évidemment !

Bon, le mieux c'est de tout reprendre depuis le début.

Comme ChatGepetto ?

Pas des robots humanoïdes super-intelligents...

Hey, bravo ! Je vois que vous avez été attentive !

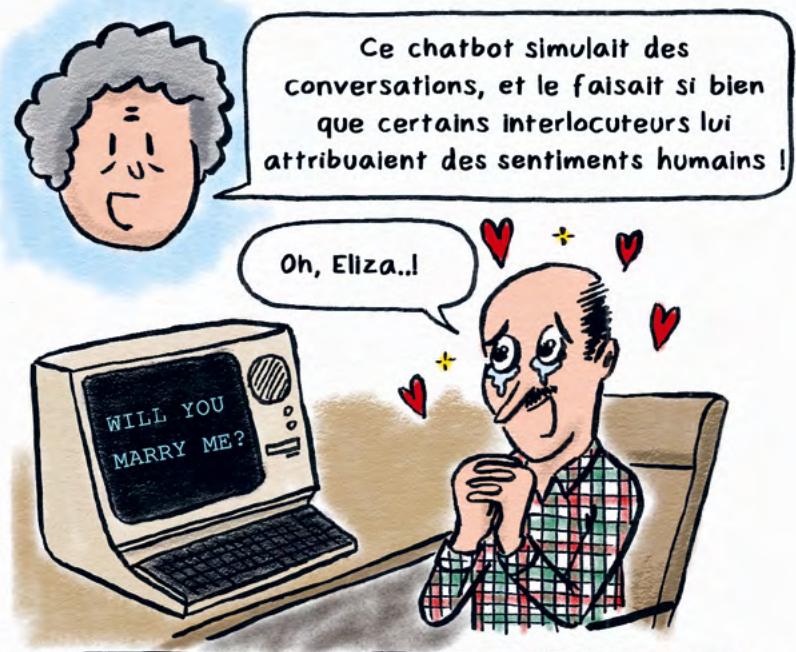
Ce petit sketchoune fonctionne à chaque fois, héhé.

Je leur dis, à tous : «ce qu'il leur faut, ce sont des IMAGES»!

Alors déjà, il faut savoir que contrairement à ce qu'on pense souvent, la recherche en IA n'est pas une nouveauté.

TADAA !

On y travaille au moins depuis les années 50.



Dans ces deux cas on parle d'«intelligence artificielle», mais ce n'est en réalité qu'un terme générique utilisé pour désigner l'ensemble des technologies de traitement automatique de l'information.

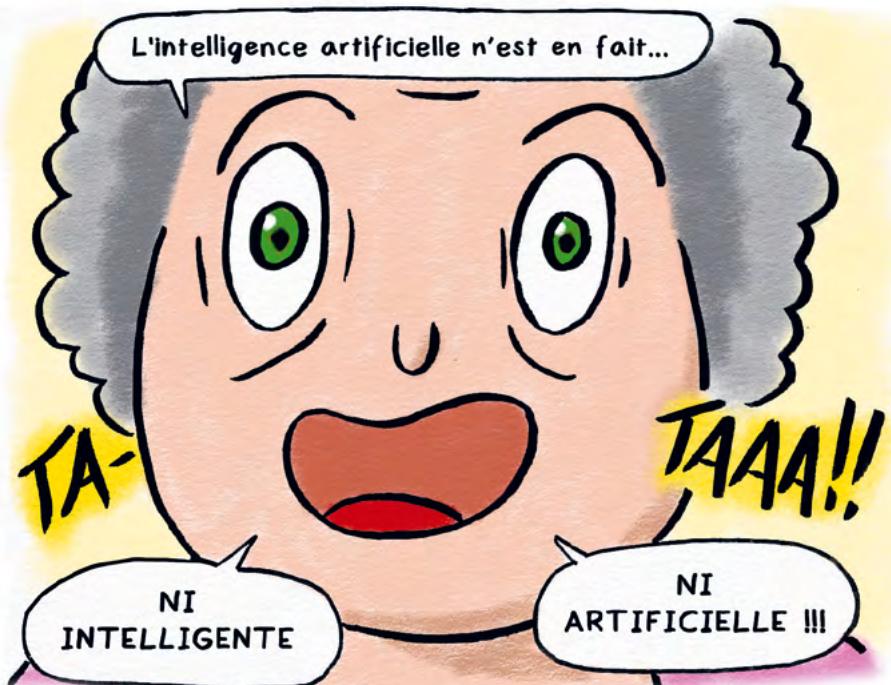




D'ailleurs, il est bien plus souvent utilisé dans la culture populaire et en marketing que dans la recherche.



Les scientifiques s'en servent au moment d'attirer des étudiants avec un nouveau Master ou pour présenter un nouveau résultat à des journalistes, mais préfèrent en général utiliser le terme de machine learning, plus précis.

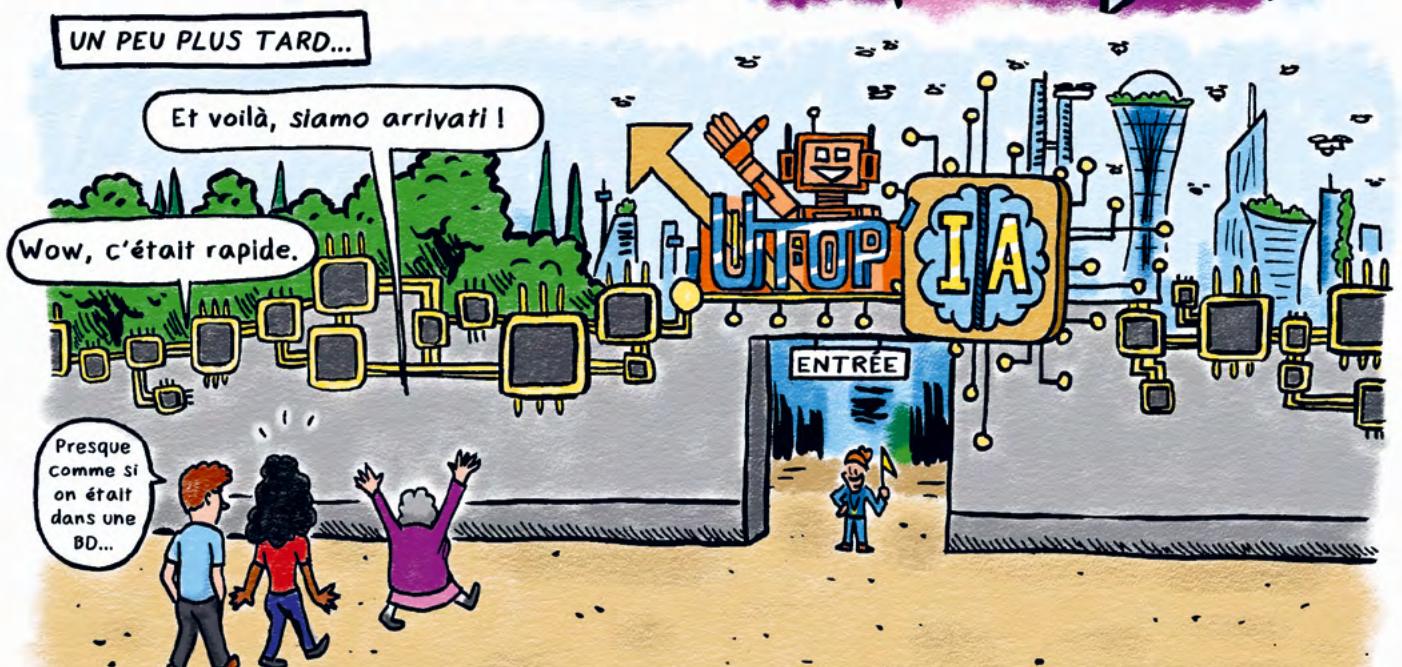




Pour rester confortablement assis au pays des grandes déclarations vagues, prenez la pilule bleue.

Pour emprunter le chemin de la vérité, prenez la pilule rouge.









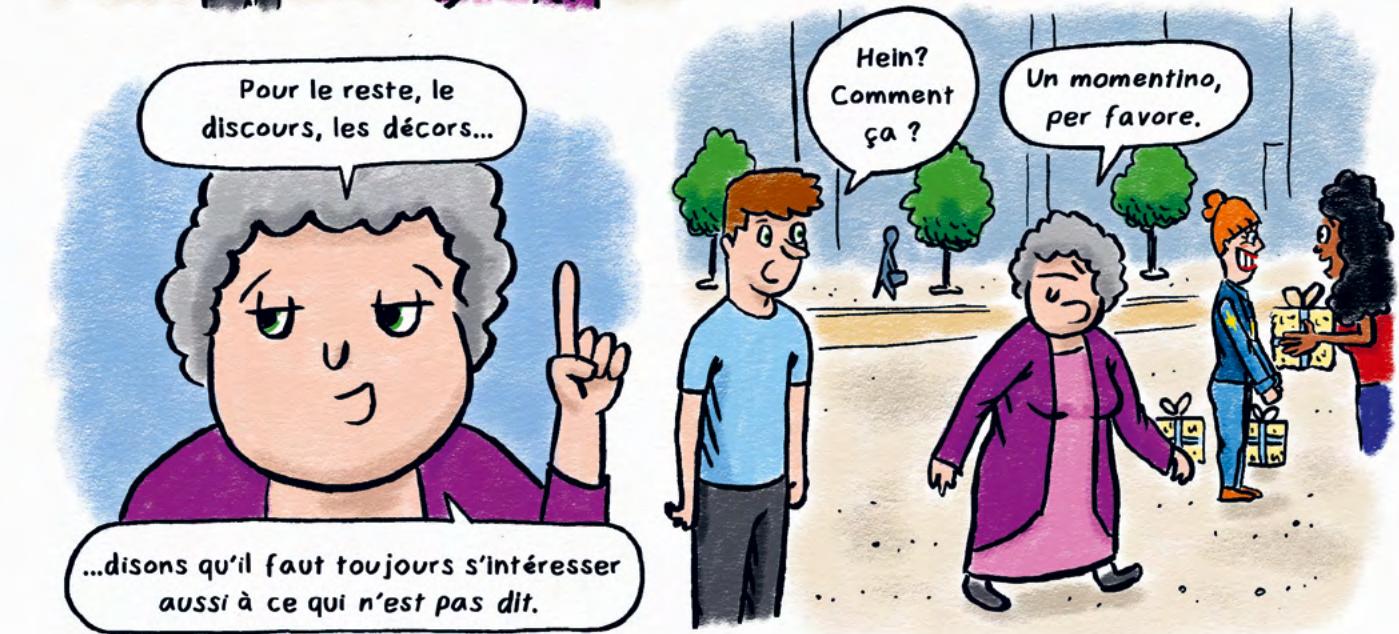






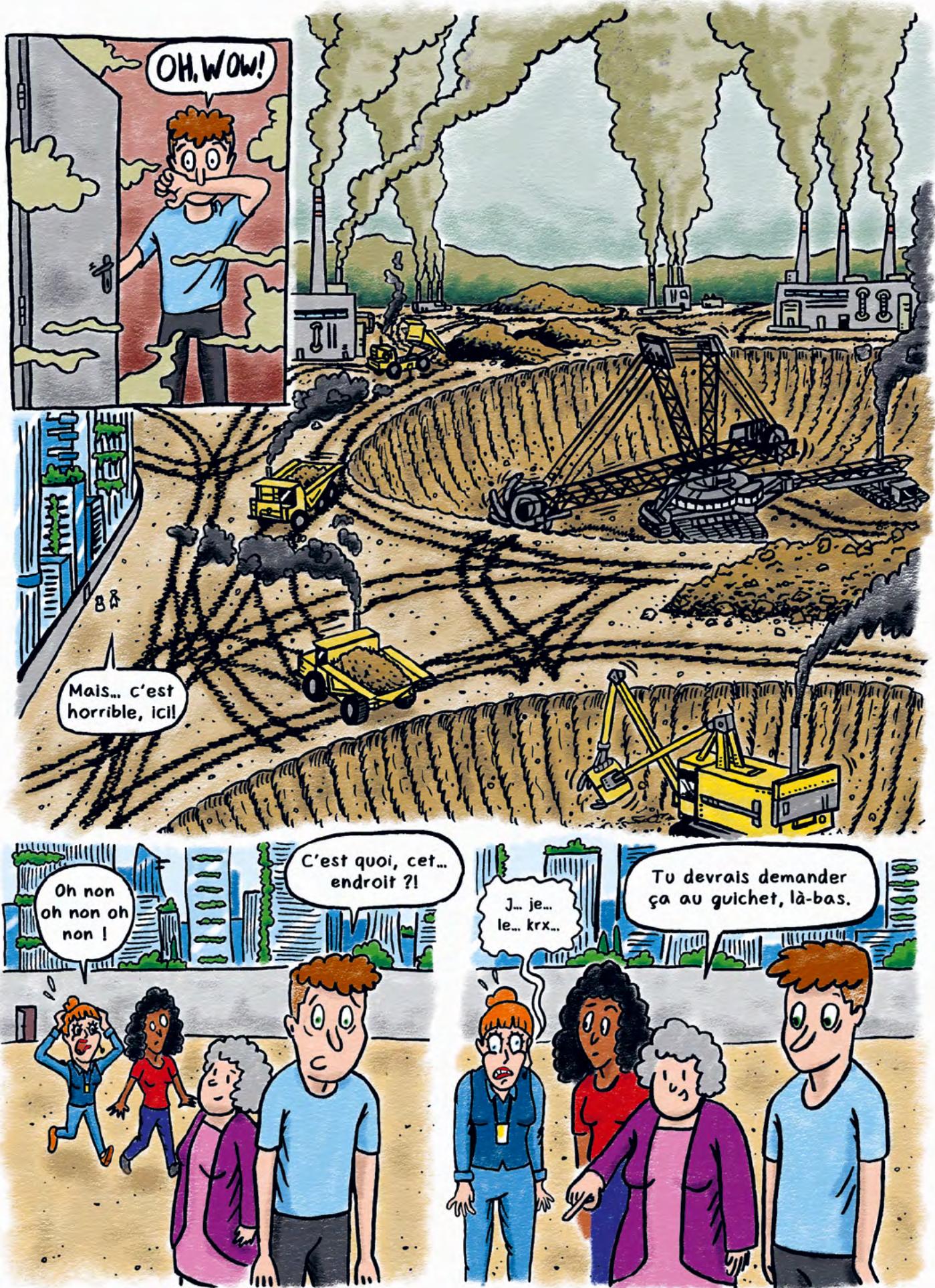
Ici, tout se fait à la manière de l'IA...





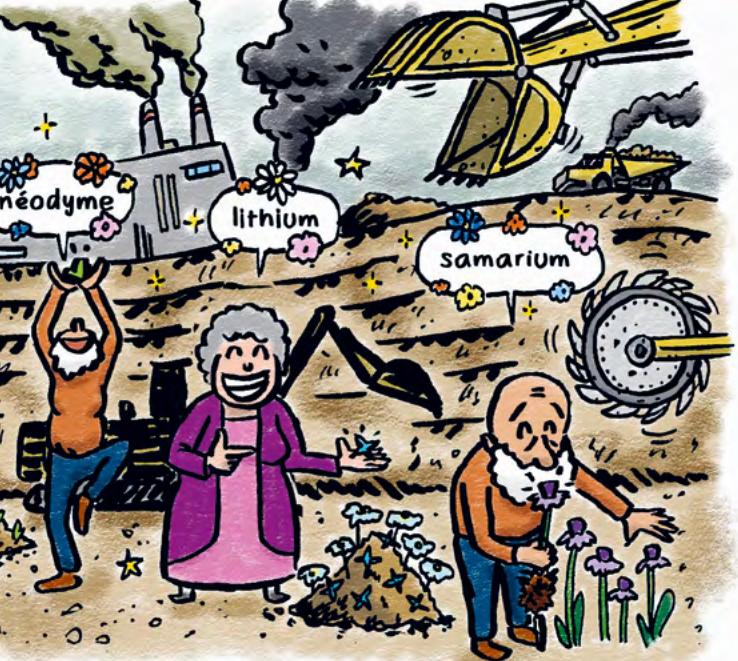
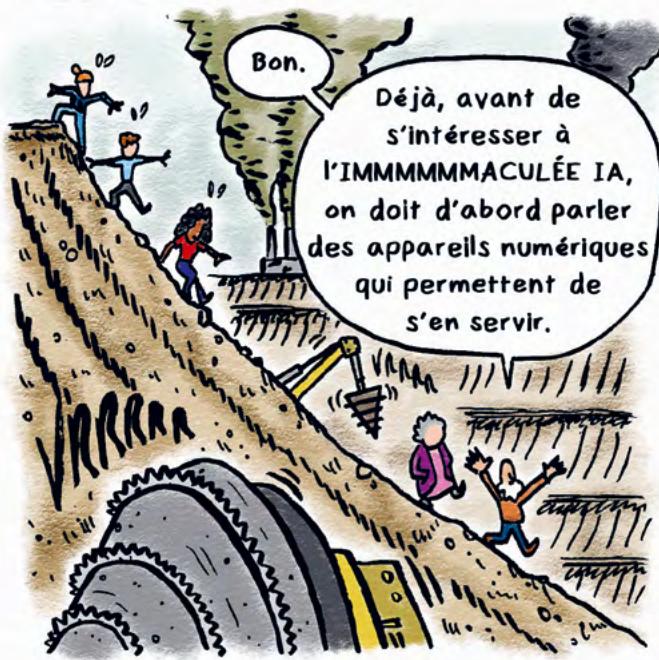


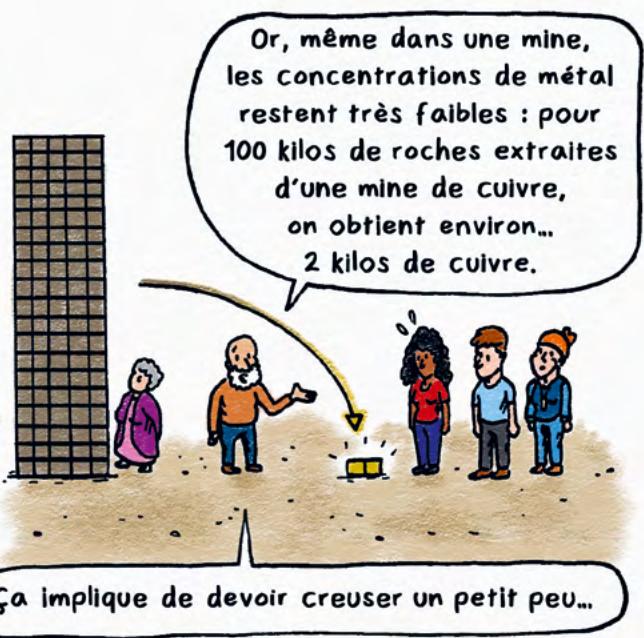
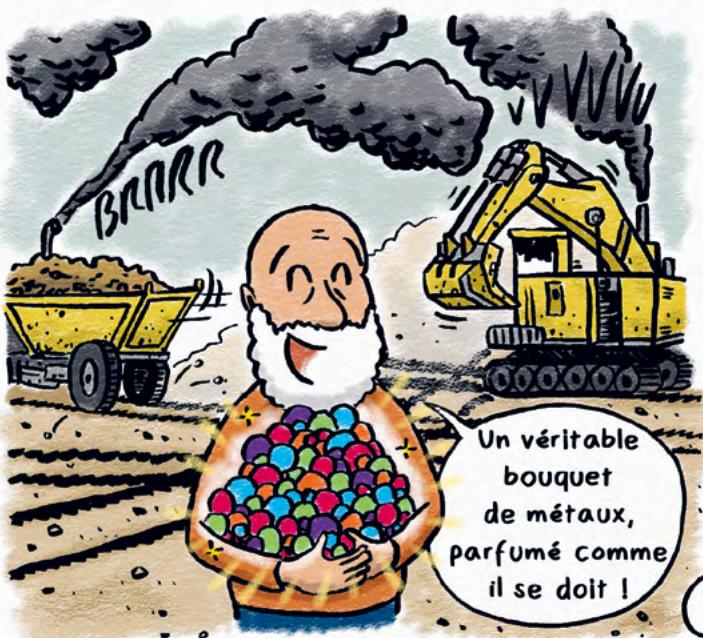












Rien qu'en Chine, jusqu'aujourd'hui, l'extraction des métaux est responsable de la destruction de plus de 36 000 km² de terrain. Il faut imaginer un trou presque aussi grand que... la Suisse toute entière !



Au final, produire un smartphone demanderait d'extraire et de traiter 500 fois son poids en matières premières.



Pour une puce électronique de 2 grammes il en faudrait 32 kg, soit 16 000 fois son poids !

C'EST MÊME PAS LA PEINE !



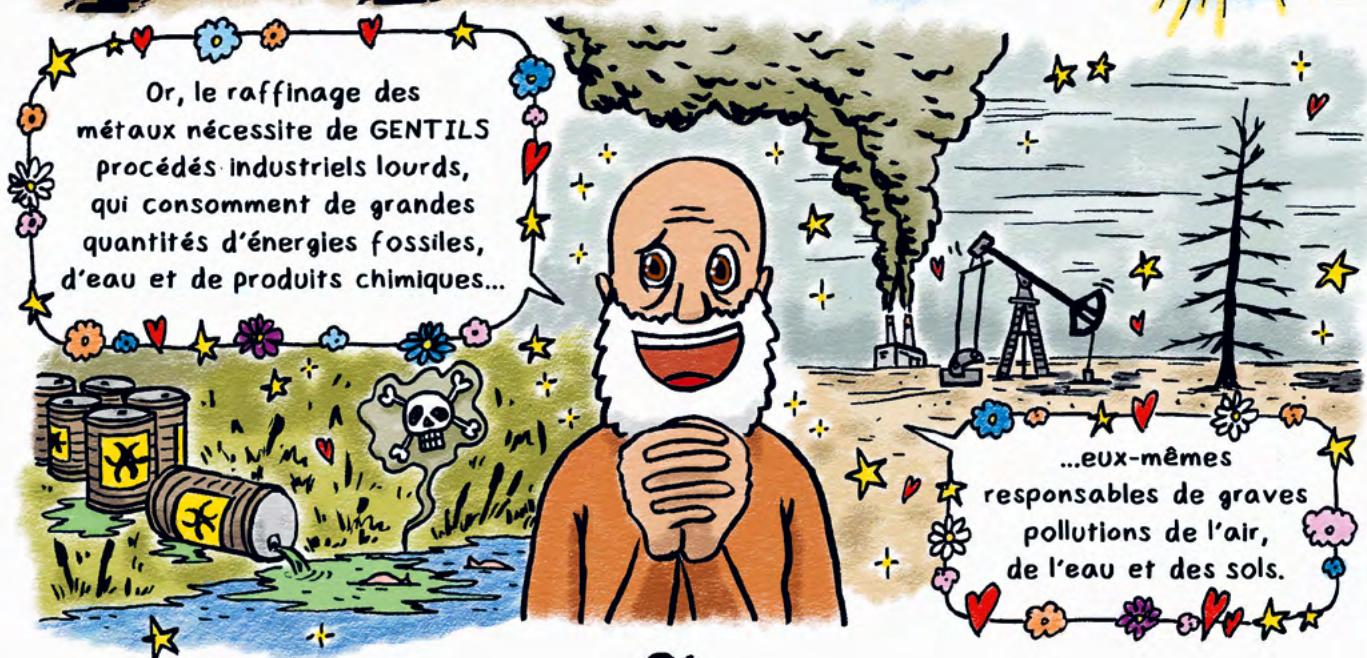
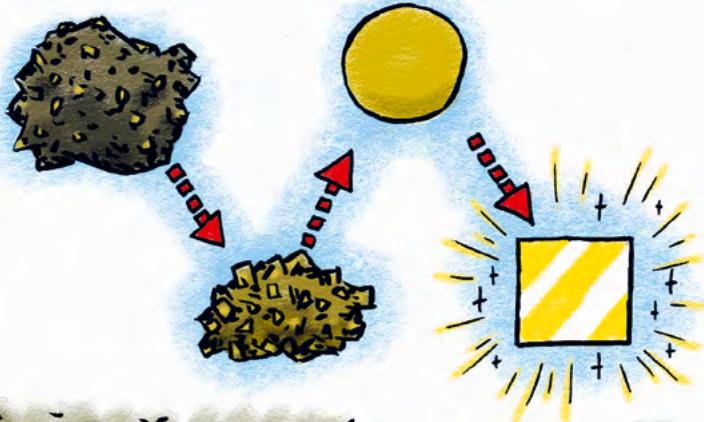
En 2019, le monde comptait
34 milliards d'appareils
numériques* et ce nombre
croît chaque année.

MILLIARDS

*distribués de manière
très inégale* entre pays
riches et pauvres.

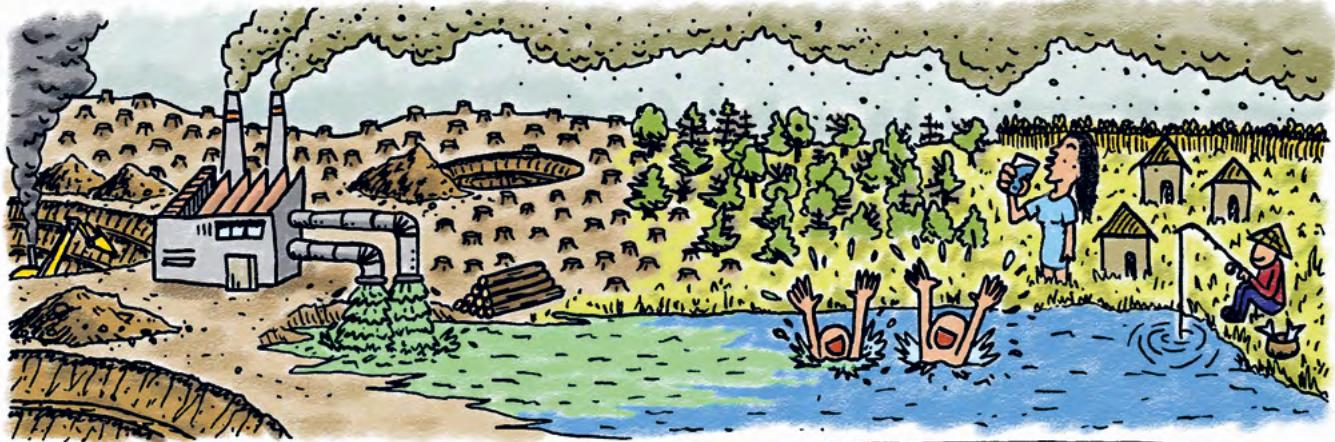


Quand un métal est sorti de terre, il doit encore être raffiné plusieurs fois avant d'être utilisable.





Le raffinage du métal produit ainsi des résidus toxiques, radioactifs et de l'eau acide, qui finissent le plus souvent dans la nature. Le résultat, c'est que la proportion de décès par cancer est bien plus importante autour des mines qu'ailleurs. Vous imaginez bien que ces usines ravissent des millions de personnes tout autour de la planète !

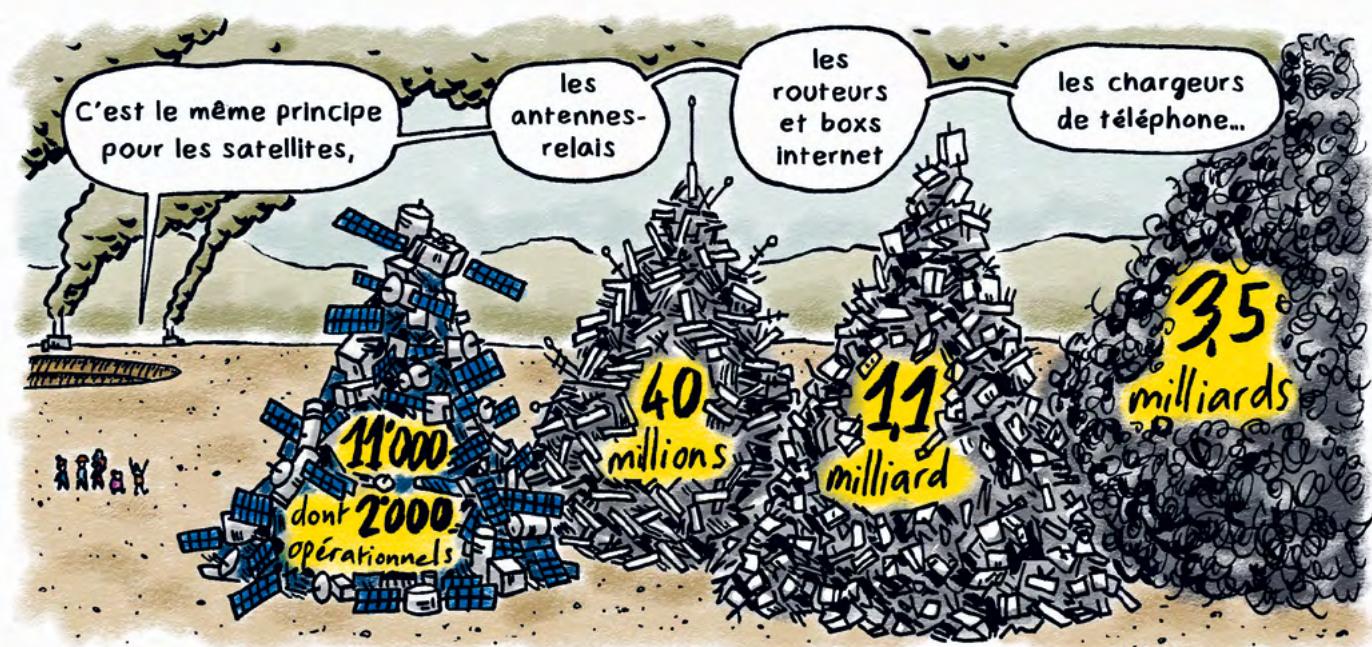
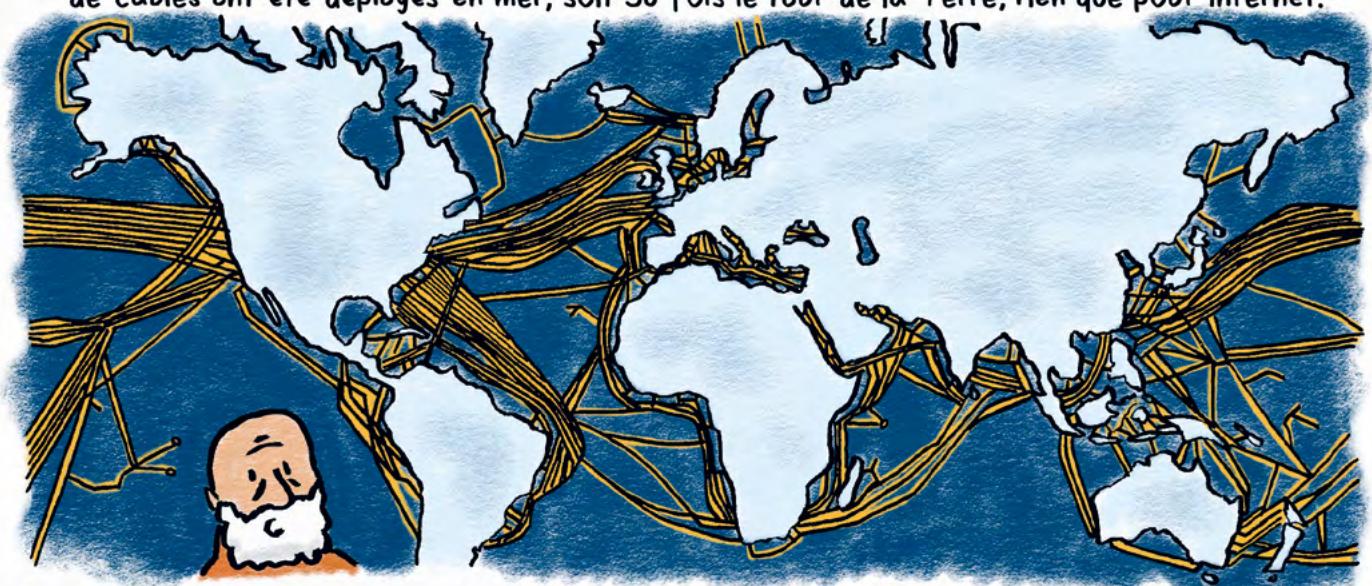


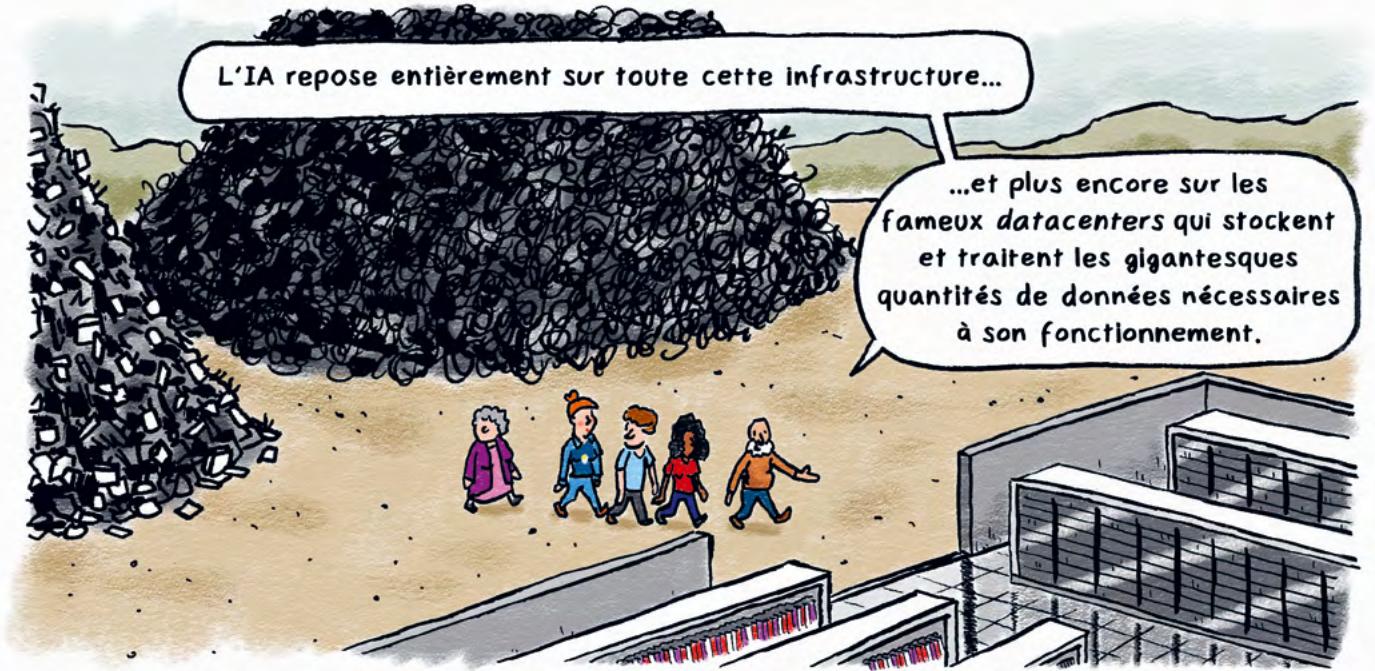
Aujourd'hui, l'industrie minière est la première productrice de déchets solides, liquides et gazeux dans le monde. Son impact sur la biodiversité est inégalé.

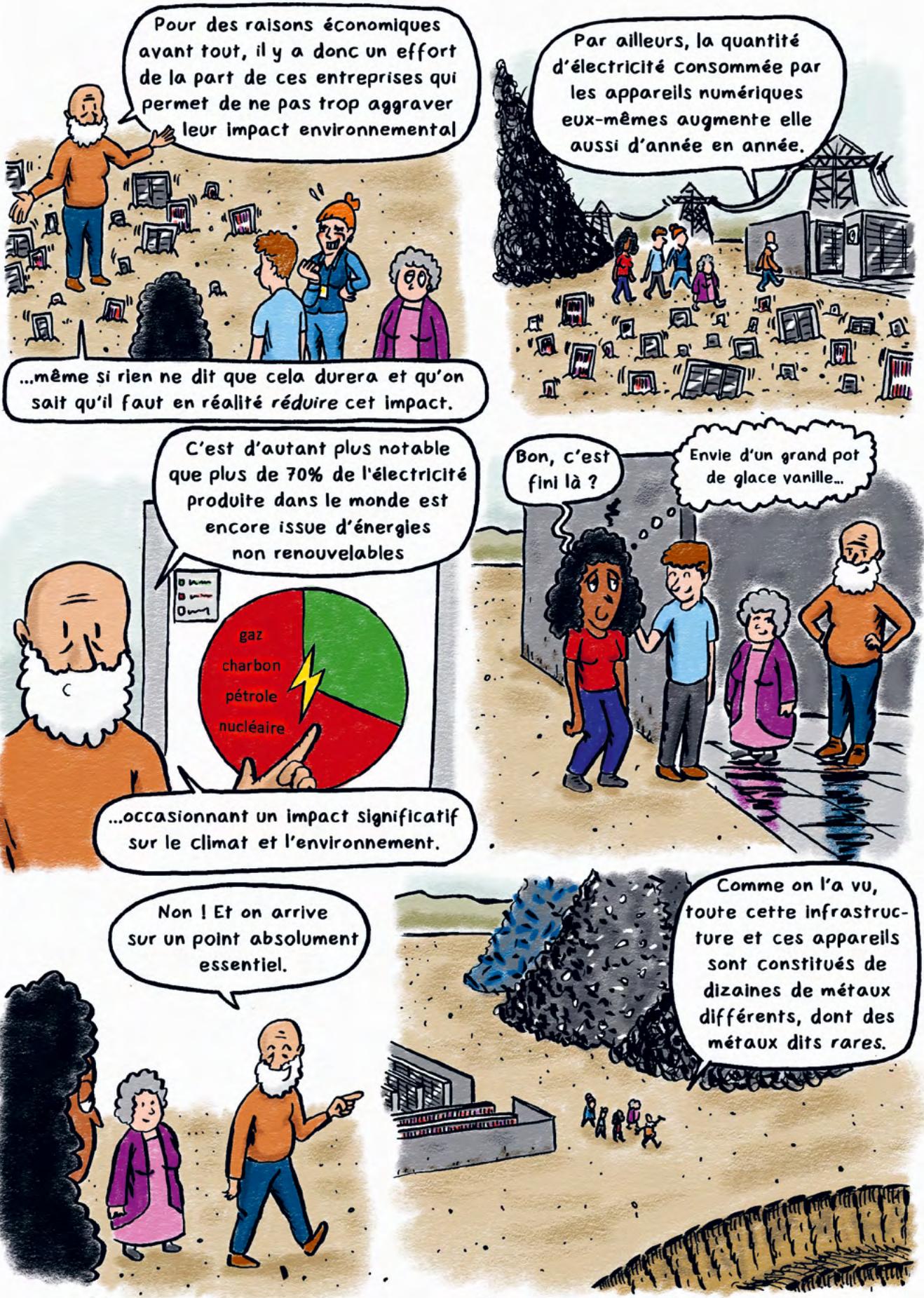




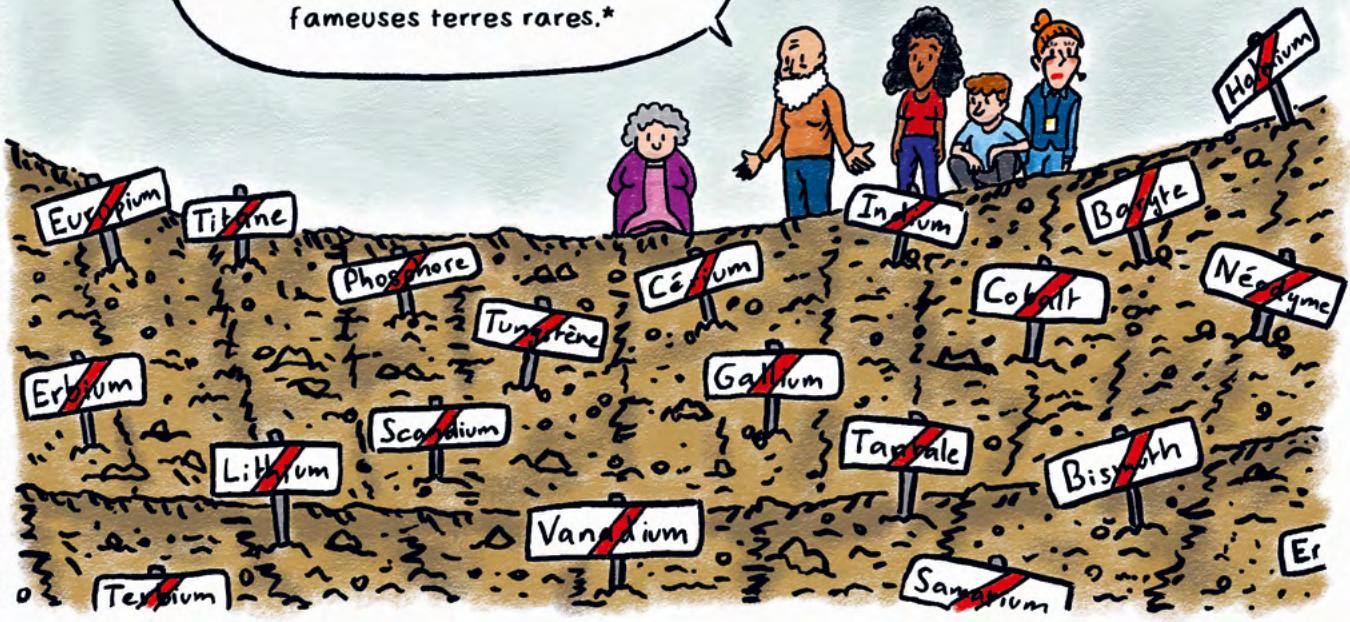
Pour cela rien de plus simple, il suffit de poser des énormes câbles sur l'ensemble de la planète - jusqu'au fond des océans ; plus il y en a, mieux c'est. 1,4 million de km de câbles ont été déployés en mer, soit 30 fois le tour de la Terre, rien que pour internet.







Ce terme n'est pas exagéré :
on compterait aujourd'hui déjà 30
matières premières « critiques »
qui pourraient manquer très
prochainement - dont les
fameuses terres rares.*

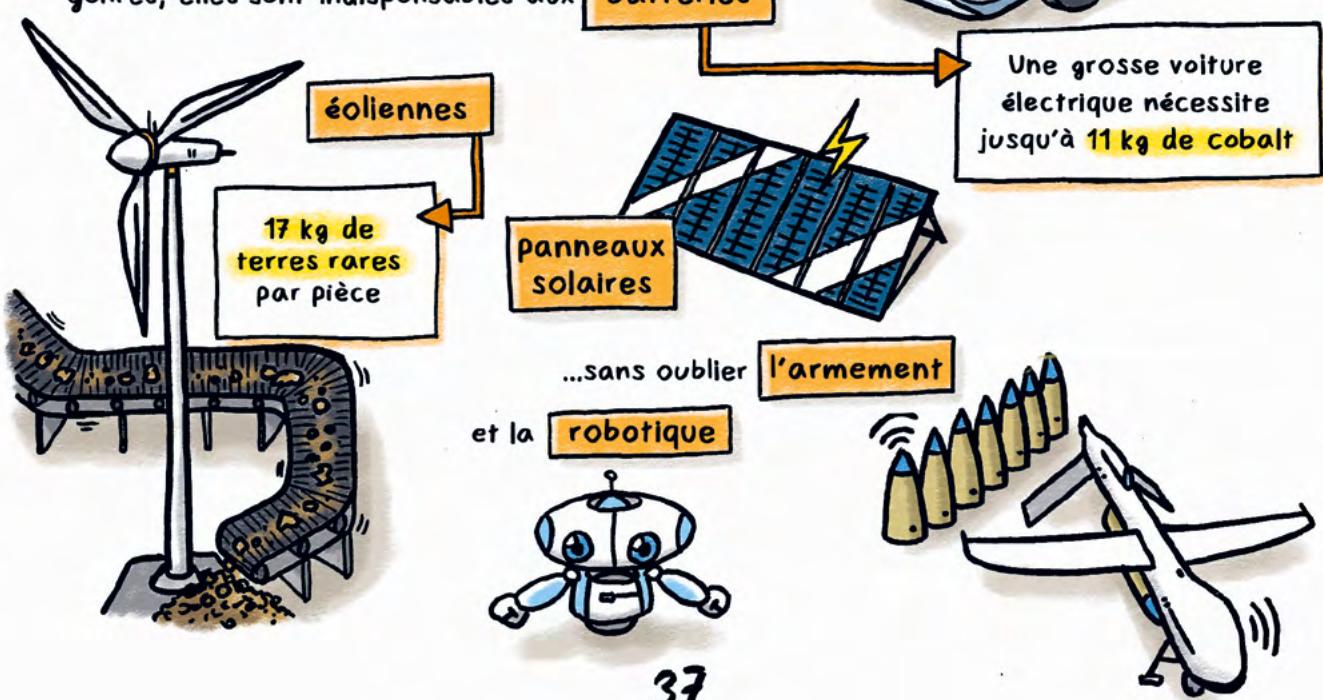


Or, l'essor actuel du numérique et des énergies « vertes » dépendent largement de ces matières premières critiques...

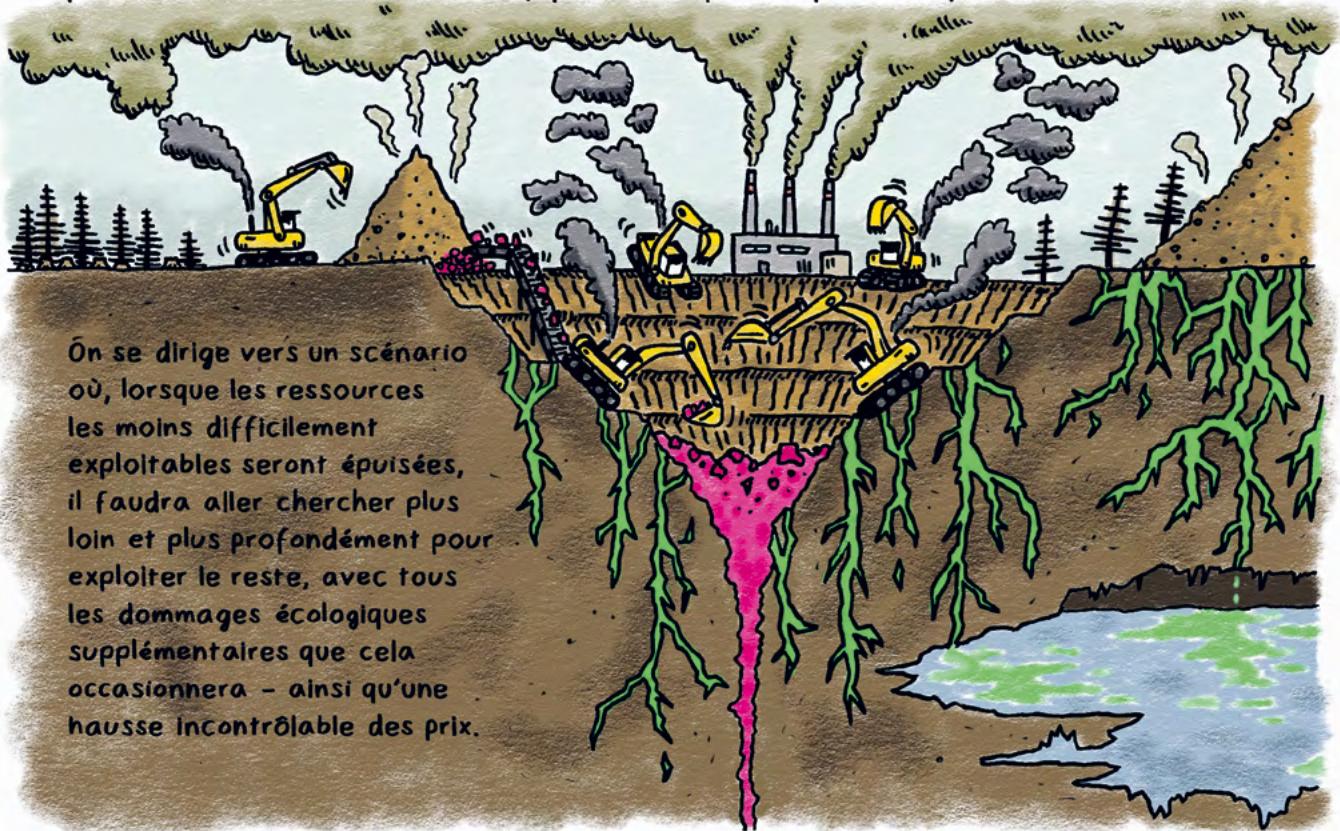


En plus des appareils électroniques en tous genres, elles sont indispensables aux batteries

Une grosse voiture électrique nécessite jusqu'à 11 kg de cobalt



Le problème est évident : des ressources limitées, dont l'exploitation est catastrophique pour l'environnement et le climat, qui sont de plus en plus rares, vitales et convoitées.



On se dirige vers un scénario où, lorsque les ressources les moins difficilement exploitable seront épuisées, il faudra aller chercher plus loin et plus profondément pour exploiter le reste, avec tous les dommages écologiques supplémentaires que cela occasionnera – ainsi qu'une hausse incontrôlable des prix.

En plus de tout cela, on se retrouvera tôt ou tard face à des choix difficiles :

Préférez-vous avoir un ordinateur ou l'électricité pour le faire fonctionner ?



Un smartphone dernière génération ou... des équipements médicaux de pointe ?

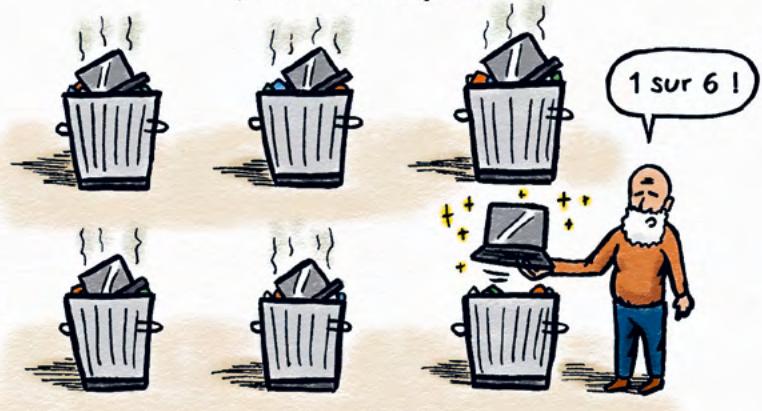
Je vous rappelle qu'AUCUNE RESSOURCE N'EST INFINIE

...ce qui signifie que l'approvisionnement en métaux rares va FORCÉMENT s'arrêter un jour.



Déjà, les filières de recyclage du numérique sont pour le moment très peu développées.

On estime que seuls 17% des déchets électroniques mondiaux sont collectés pour être recyclés.



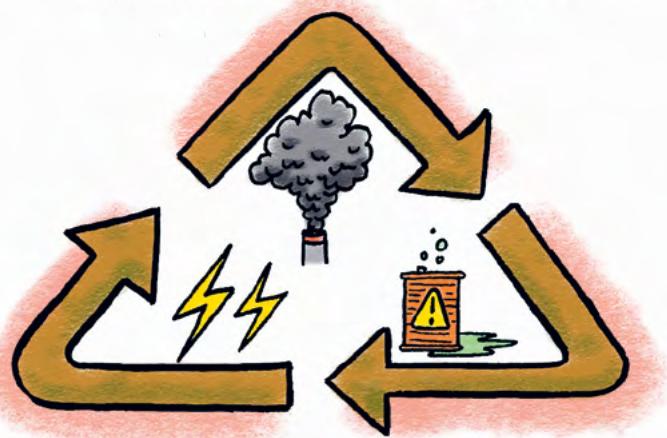
Dans leur grande majorité, ceux-ci finissent quand même incinérés, enfouis ou abandonnés dans une décharge - le plus souvent dans un pays pauvre.

En bout de chaîne, c'est un minuscule échantillon qui est effectivement recyclé...



ON ESTIME QUE SEUL
1%
DES TERRES RARES
EST RECYCLÉ

Par ailleurs, l'industrie du recyclage consomme, comme toute industrie, des énergies fossiles, de l'électricité et des produits chimiques, avec donc des impacts supplémentaires sur l'environnement.



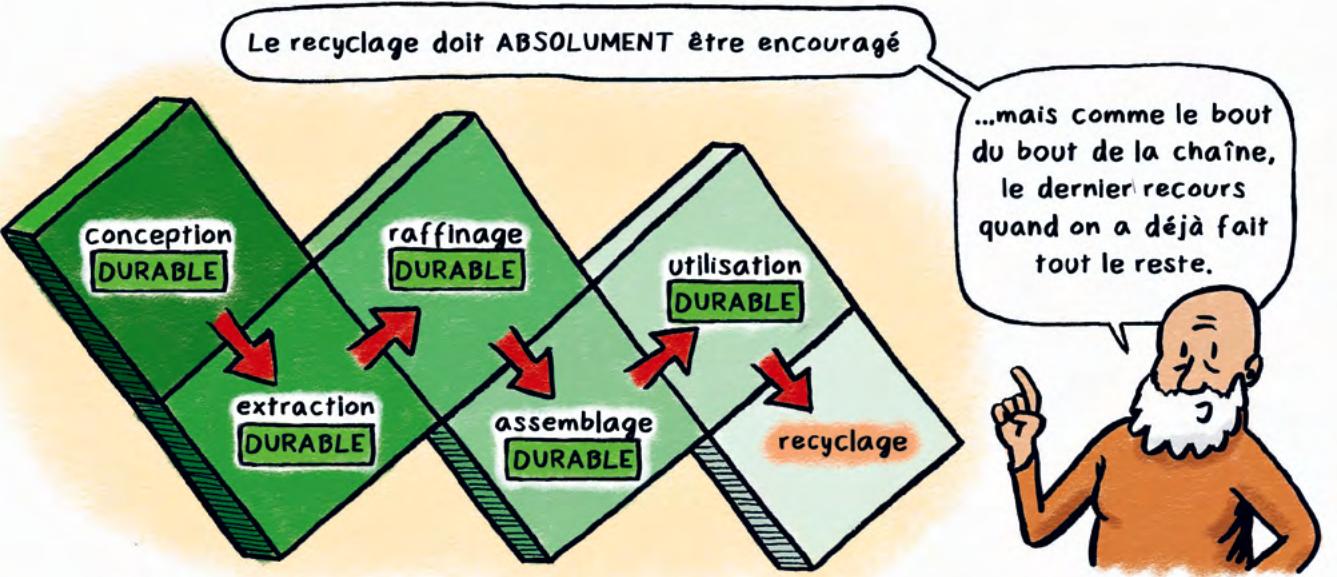
Le recyclage n'est donc pas la solution miracle !



Mais alors qu'est-ce qu'on devrait faire de ces déchets ? Les mettre au compost ?

Haha, non, surtout pas !
En fait, il faut voir le problème dans l'autre sens.

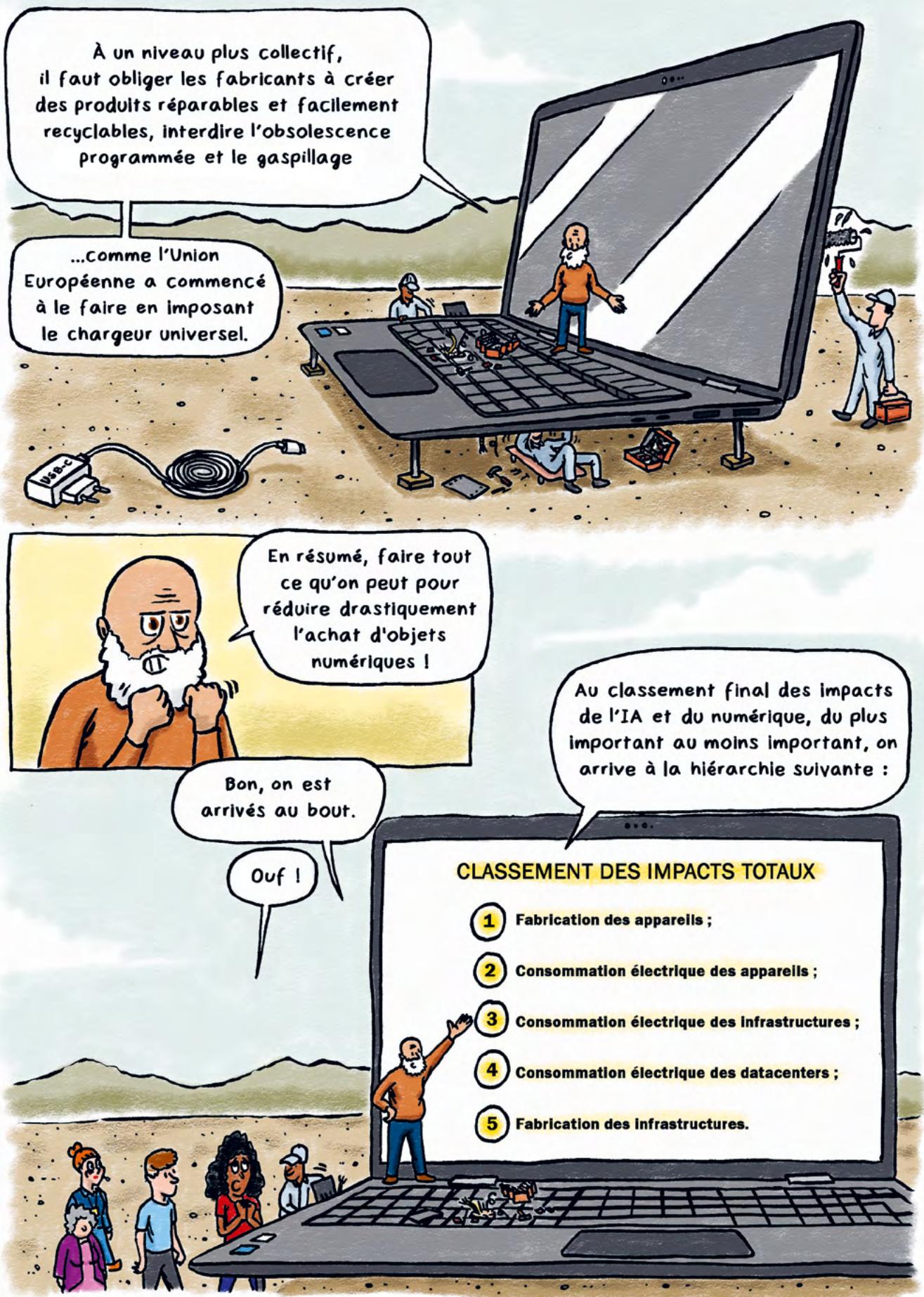


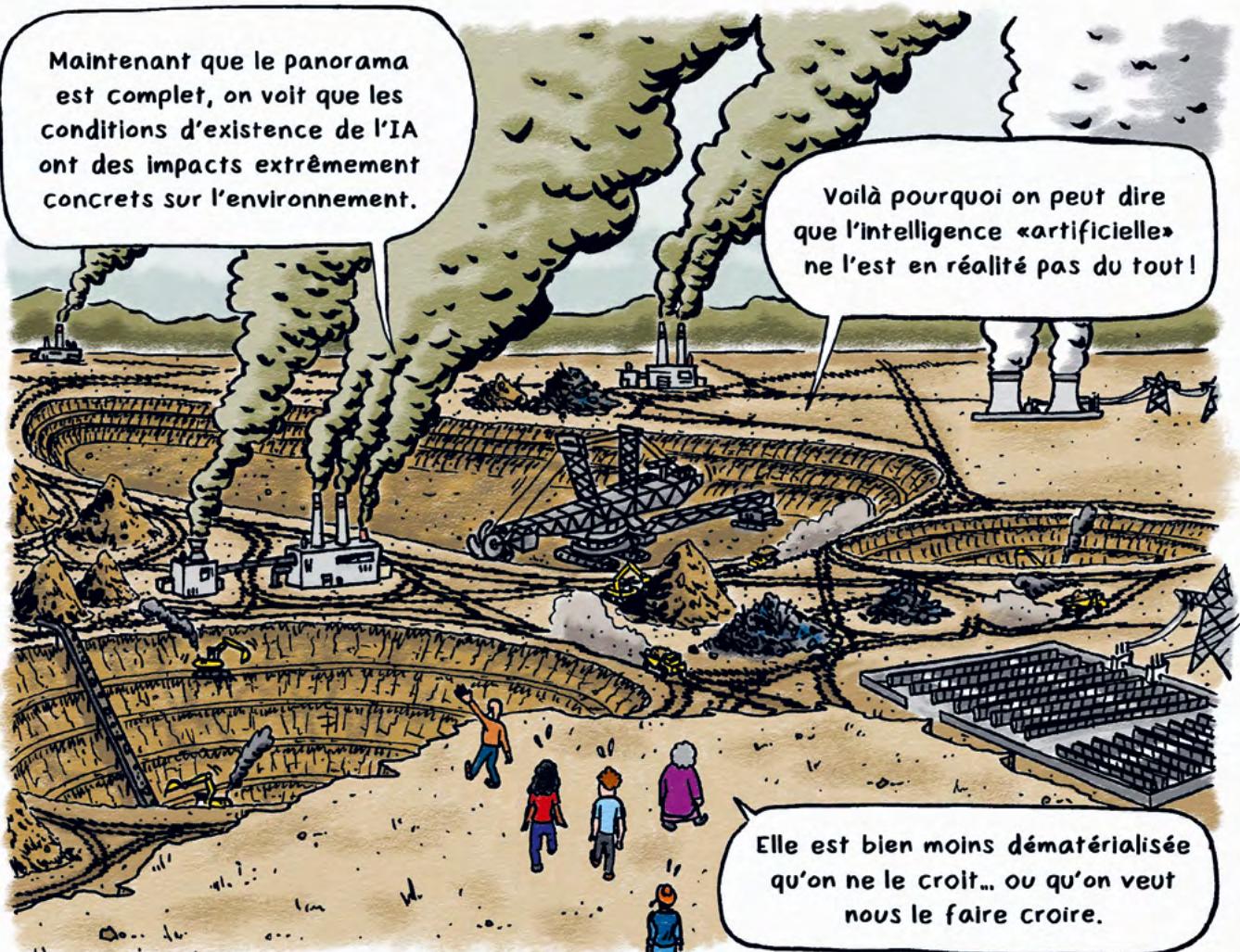


Avant d'acheter un appareil, il faut bien être conscient qu'il finira forcément brûlé ou mal recyclé.

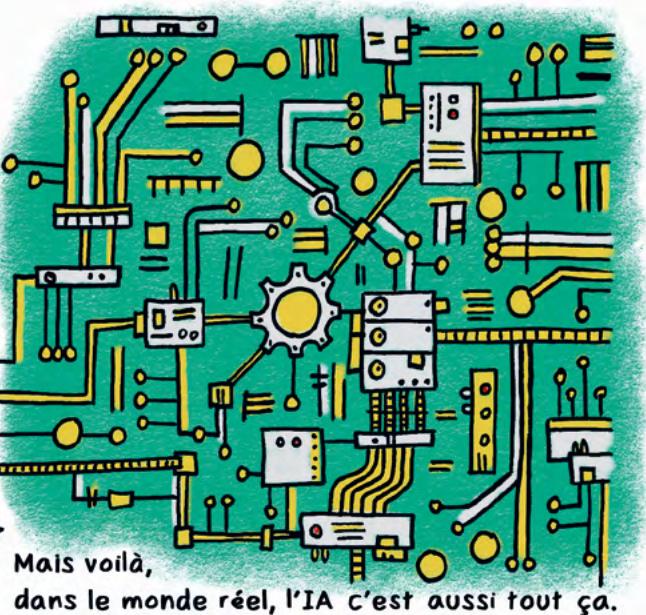
Ce moment arrive d'ailleurs de plus en plus tôt à cause des mécanismes d'obsolescence psychologique, et là-dessus tout le monde peut facilement faire un effort...



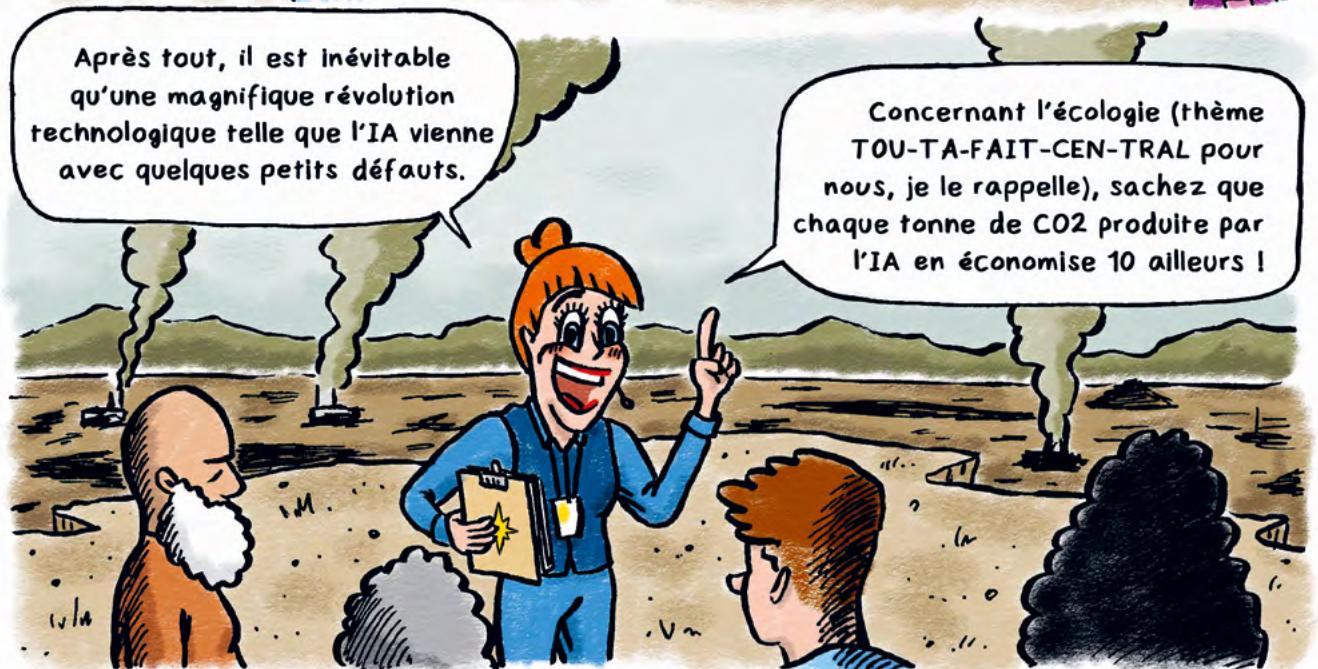




Quand on ouvre Netflix, on ne voit que les recommandations personnalisées de l'écran d'accueil, on ne voit pas les câbles, serveurs et algorithmes qui les rendent possible.



Mais voilà,
dans le monde réel, l'IA c'est aussi tout ça.







Vous semblez ignorer que euh... en plus de toutes les SU-PERBES Innovations présentées à Utop'IA, «les applications suivantes ont été identifiées : suivi plus précis des sources de méthane, mesure d'impact des produits pour guider les décisions des consommateurs...»



Il s'agit plus d'évaluation des impacts que de réelles réductions !

Il y a des progrès possibles dans l'industrie : «l'IA permet d'augmenter l'efficience de la production et de l'optimiser par rapport à la demande.»

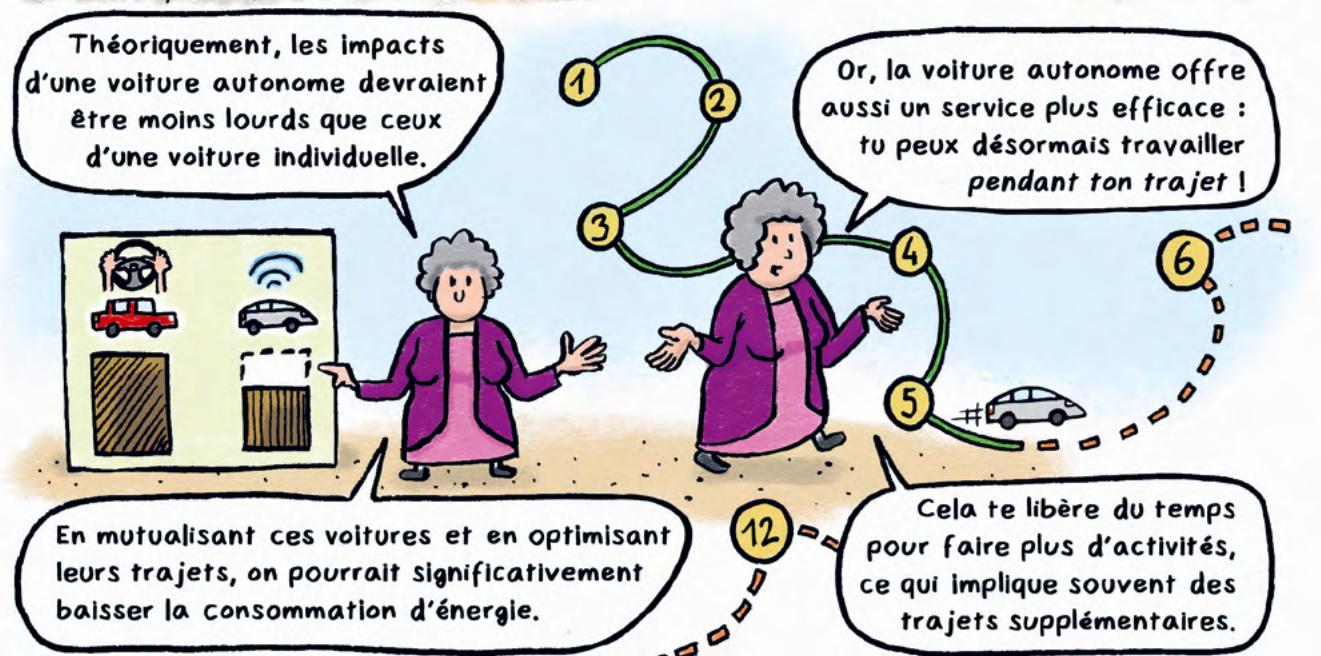
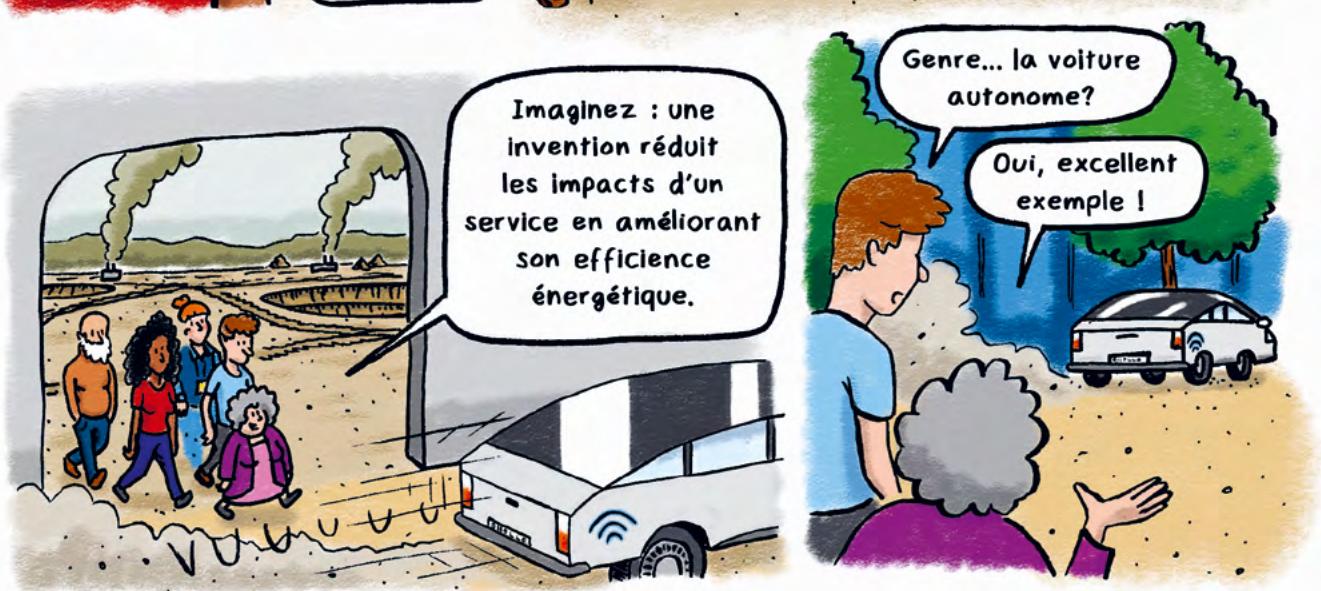
Oh, et dans la construction, «l'IA permet la conception de bâtiments à basse consommation d'énergie et la diminution des déchets...»

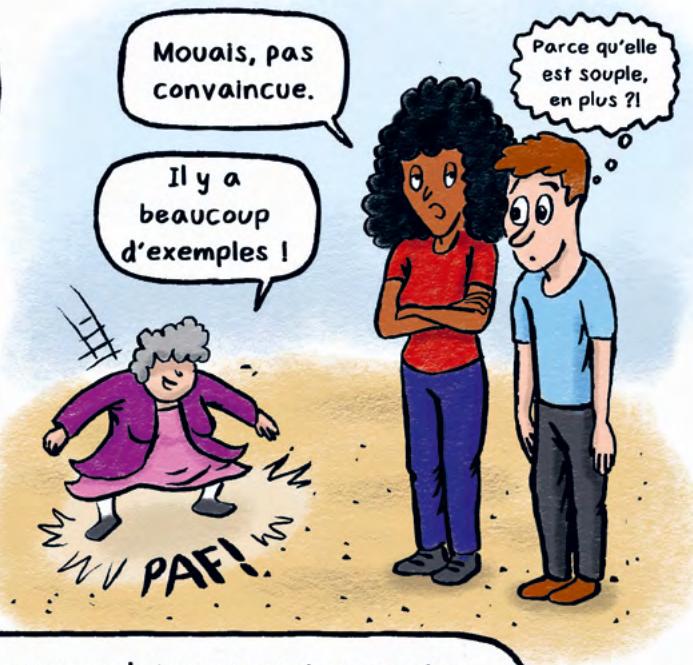


...particulièrement pertinente dans le cas du béton dont la production est une source considérable de CO₂.

Ces quelques vraies avancées sont toujours à mettre en balance avec ce qu'on a vu dans le M.I.A.M.







L'effet rebond s'applique aussi aux datacenters. Leurs gains d'efficacité énergétique devraient réduire leurs impacts, mais dans les faits, ils permettent surtout de traiter encore plus de données.



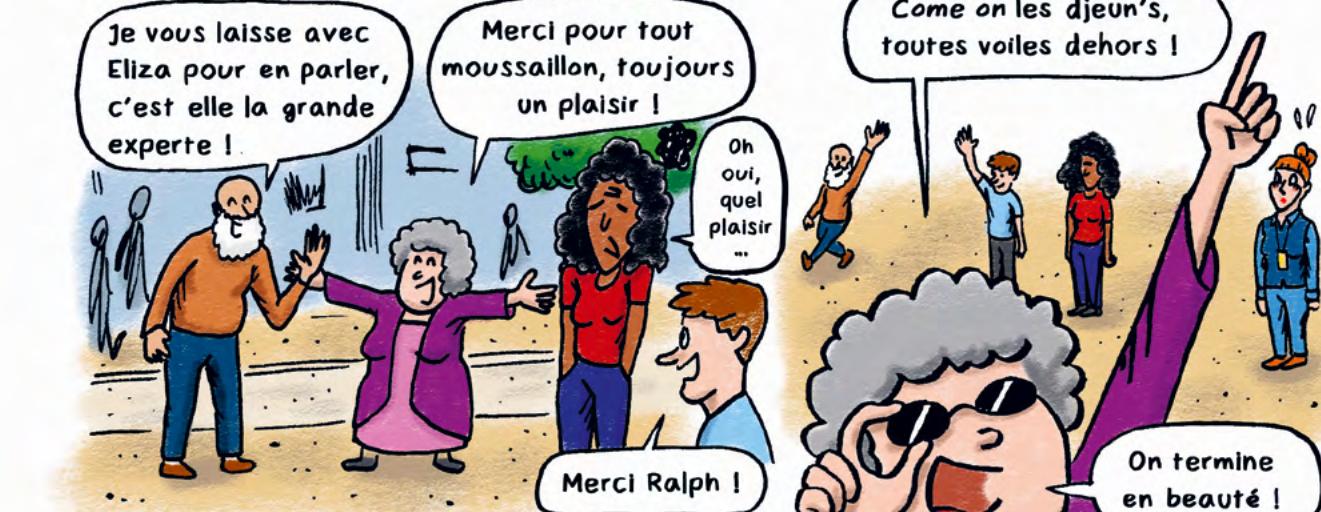


Je vous laisse avec Eliza pour en parler, c'est elle la grande experte !

Merci pour tout moussaillon, toujours un plaisir !

Heureusement pour tout le monde, une autre IA est encore possible !

Come on les djeun's, toutes voiles dehors !



Bon allez, là je veux plus de faux espoirs.

L'IA pourrait quand même nous aider à protéger le climat ou c'est vraiment que du bluff ?

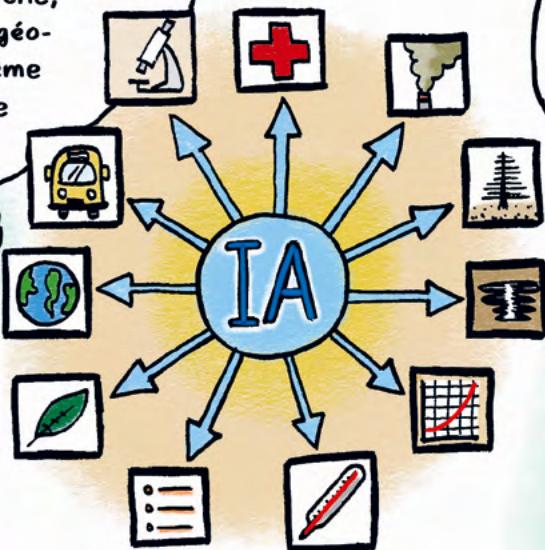
La clé pour répondre à cette question, mes p'tits loups, c'est de ne pas voir l'IA comme tombant du ciel, mais plutôt comme le résultat de ce que nous déciderons d'en faire.

On va regarder ça de plus près



L'IA a réellement un immense potentiel, notamment dans la médecine, la recherche, les transports, les géosciences et oui, même dans la lutte contre le changement climatique...

...mais ce potentiel ne sera réalisé qu'avec de gros efforts pour l'amener dans la bonne direction.



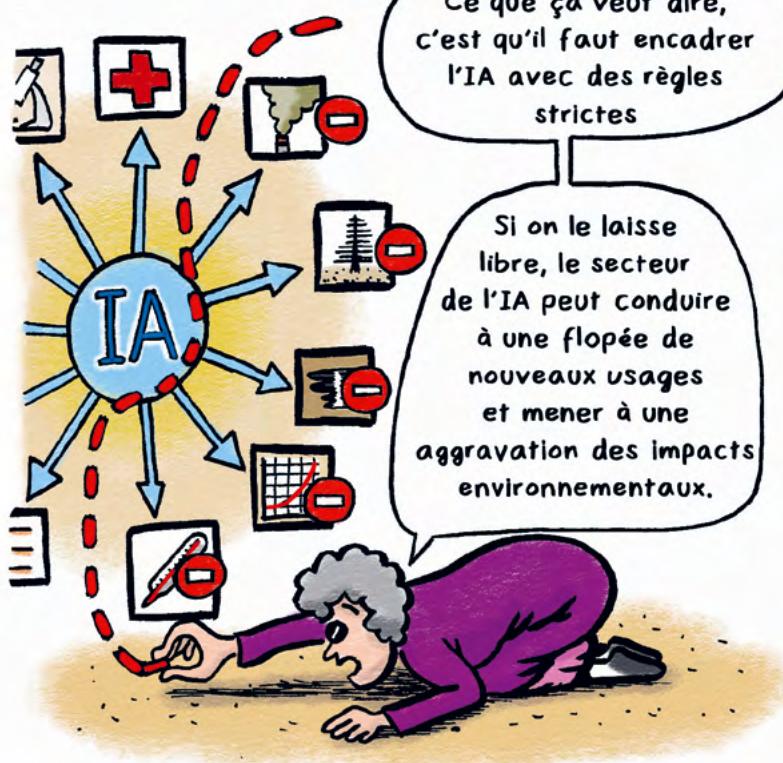
Ce que ça veut dire, c'est qu'il faut encadrer l'IA avec des règles strictes

Les limites planétaires ne peuvent être dépassées qu'en causant des dommages irréversibles :



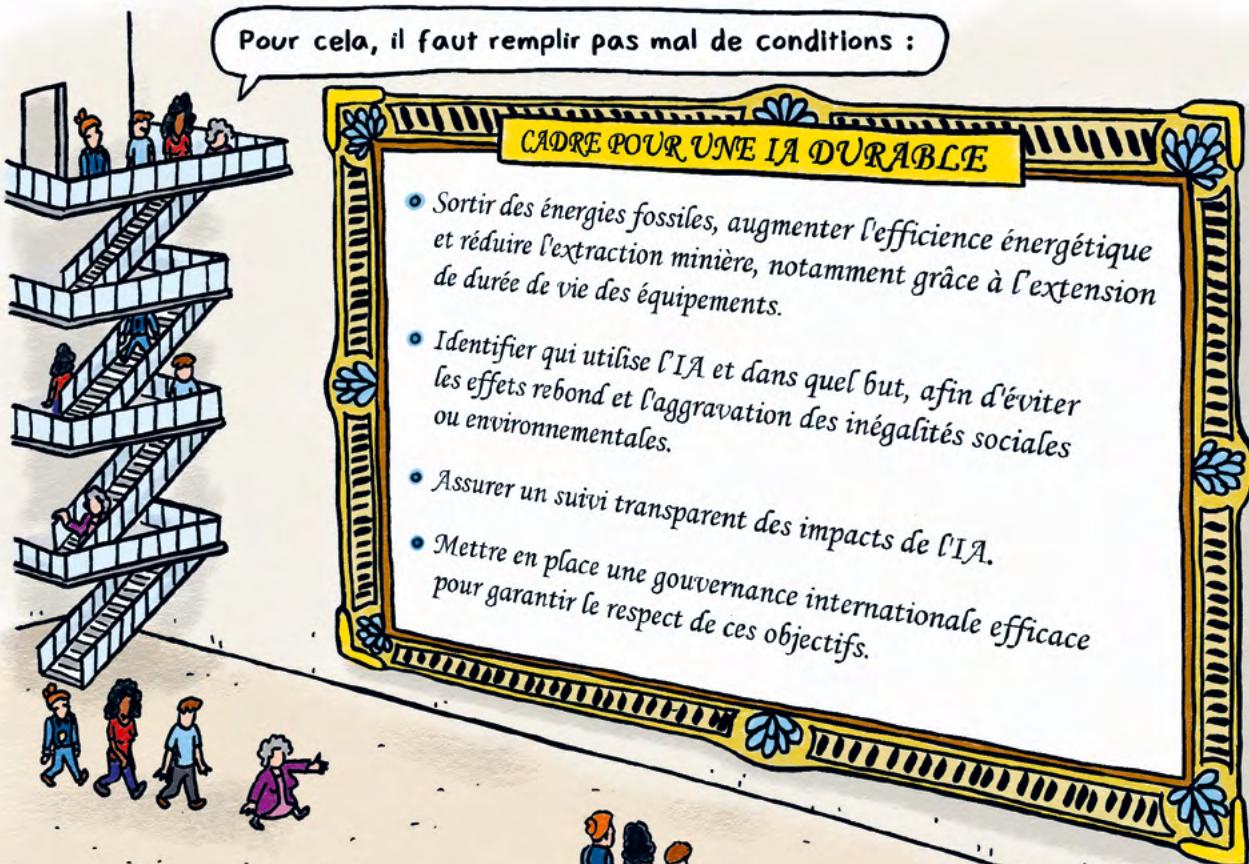
Si on le laisse libre, le secteur de l'IA peut conduire à une flopée de nouveaux usages et mener à une aggravation des impacts environnementaux.

Dérèglement du climat et effondrement de la biodiversité, notamment.



Il faut donc absolument faire en sorte que l'IA nous aide à respecter ces limites, pas à les dépasser.







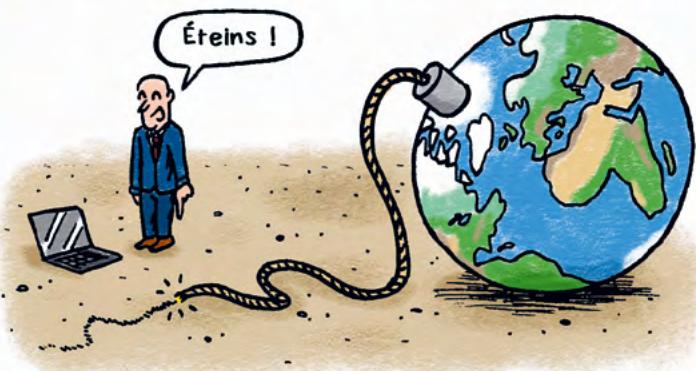
Le potentiel écologique de l'IA est amoindri par son propre impact, mais aussi par l'usage qui en est fait, ayant principalement pour but d'augmenter les profits de grandes entreprises.



Leurs immenses investissements dans l'IA montrent clairement qu'elle est utilisée pour vendre plus, pas pour réduire nos impacts écologiques.



En fait, puisque la réduction des émissions exige un changement de modèle économique et la sortie rapide des énergies fossiles, certains chercheurs pensent même que toute technologie qui détournerait l'attention de ces exigences serait une perte de temps.



Cette vision critique remet en question le «techno-solutionnisme» qui consiste, lui, à se focaliser sur les technologies pour résoudre un problème souvent lui-même créé ou amplifié par la technologie.



Le dérèglement du climat en est un bon exemple : il est d'abord une conséquence de la consommation d'énergies fossiles...



...la solution devrait logiquement être de réduire cette consommation.

Le techno-solutionnisme cherchera plutôt à améliorer les technologies fossiles avec des moteurs plus efficents...



...à proposer des alternatives qui posent d'autres problèmes, comme la voiture électrique...



...ou encore des solutions compensatoires comme la captation du carbone pour éviter de devoir limiter les émissions.



Au fond, voici LA question qu'il faut se poser à chaque utilisation de l'IA : que nous apporte-t-elle vraiment et que nous prend-elle en contrepartie ?

L'humanité est-elle vraiment gagnante au final ?

Cela dépendra entièrement des orientations que nous choisirons de lui donner ces prochaines années !

Euh, Professeure ?

Vous avez dit que l'IA n'est «ni intelligente, ni artificielle», mais vous avez toujours pas expliqué pourquoi elle est «pas intelligente».



C'est juste,
Jean-Kevin.



Félix...

Exact



Je veux dire
que l'IA n'est
pas intelligente
au sens humain.

Elle n'a aucune autonomie, ni rationalité,
ni discernement, ni conscience.



Les IA, ce ne sont que des algorithmes et des modèles avalant d'immenses sources de données, qu'ils recrachent en imitant très partiellement notre intelligence.

Contrairement à l'intelligence humaine et ses associations d'idées, sa créativité, ses intuitions et ses émotions, ils sont incapables de s'adapter à des situations complexes et inédites.



D'ailleurs, l'ampleur des capacités d'une IA ne peut être que l'œuvre des ingénieurs qui l'ont programmée, des données fournies et de sa puissance de calcul, rien de plus.

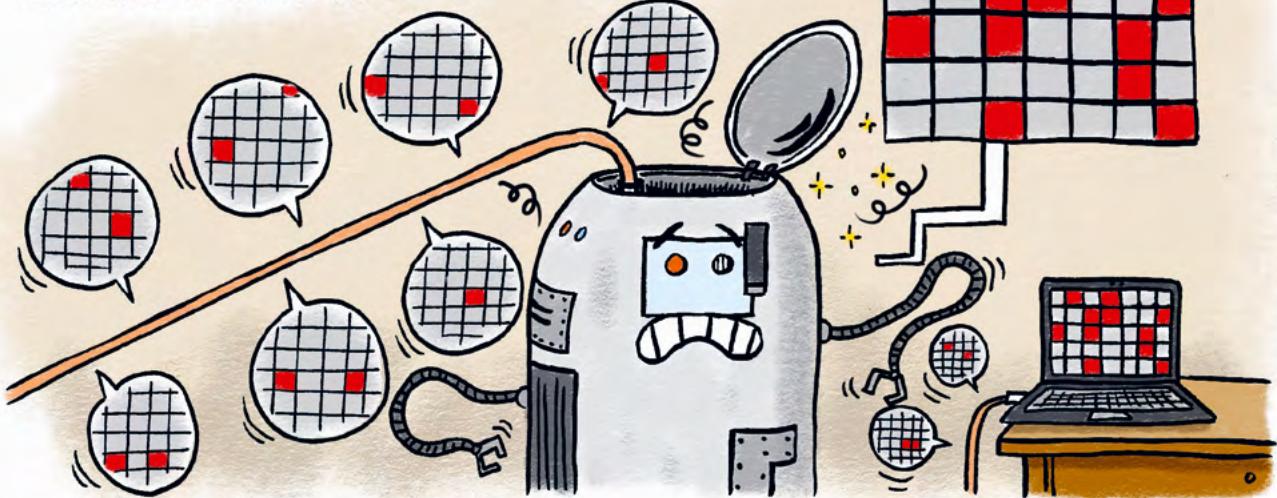


«L'I.A. ce n'est pas de la magie, c'est de l'analyse statistique à grande échelle.»

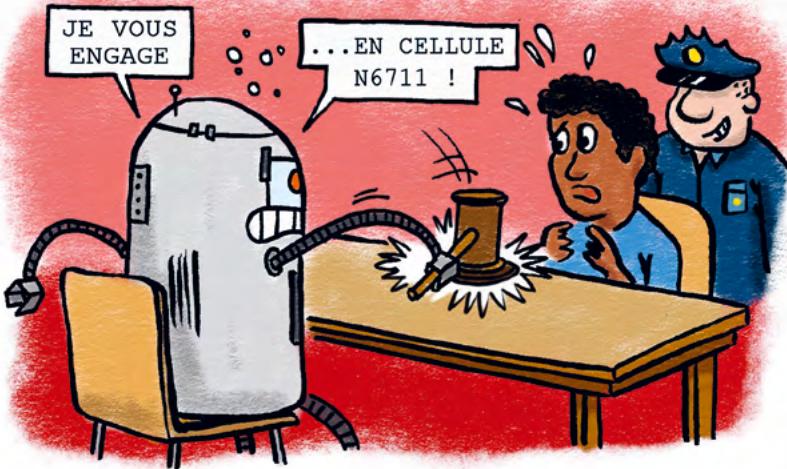
Kate Crawford



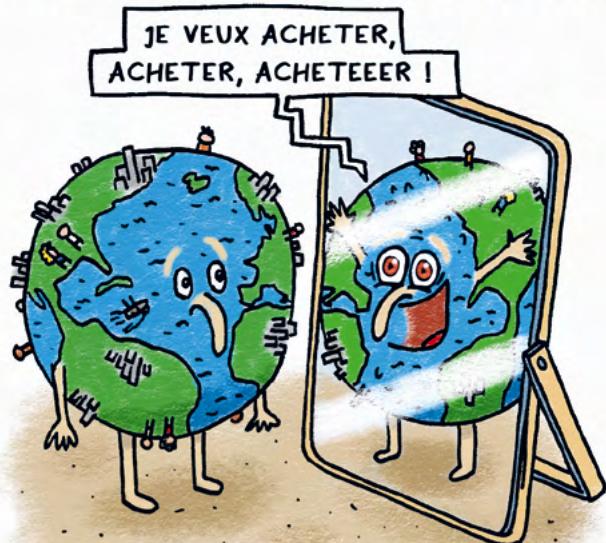
C'est malheureusement tout le contraire ! Puisqu'elle repose entièrement sur des données générées par l'activité humaine et des programmes codés par des humains, et que les humains ont des défauts, des certitudes, des pulsions, l'IA reproduit aveuglément les multiples biais dont on l'a nourrie.



Par exemple, aux États-Unis, des programmes entraînés à partir de données marquées par des biais racistes et sexistes les ont reproduits et amplifiés lors de processus de recrutement automatisés, et même lors de prises de décisions judiciaires.



En fait, on peut voir l'IA comme étant un miroir de la société, reproduisant nos défauts mais, aussi, défendant les intérêts des puissantes entreprises qui la contrôlent : un miroir déformant, en somme.



Dire que l'IA est «l'unique solution» ou «le péril suprême», ça signifie en réalité la même chose : qu'on abandonne tout le pouvoir à la technologie, qu'on refuse de l'encadrer et de regarder en face les entreprises et États qui la façonnent.









HERJ 24