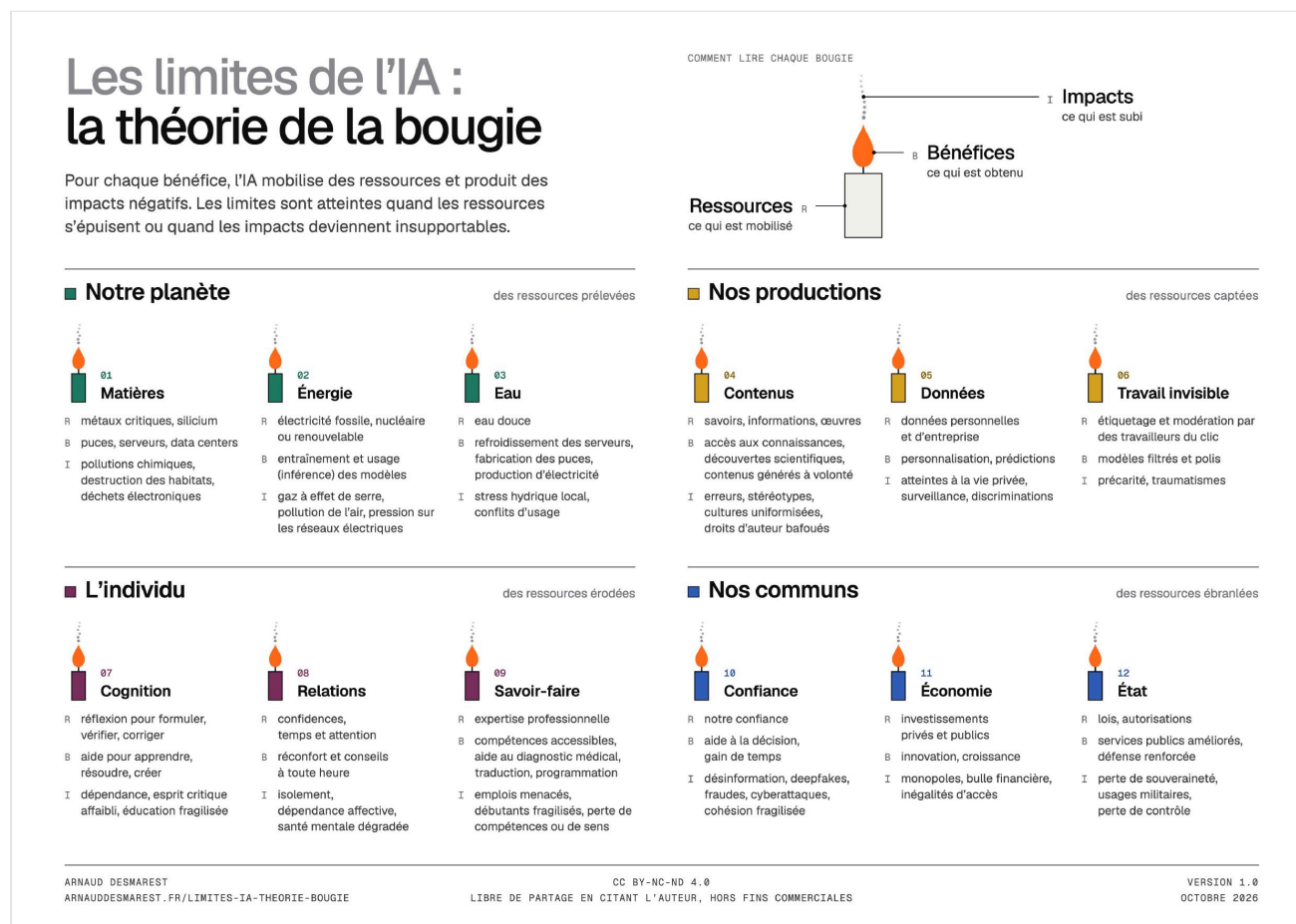


Les limites de l'IA : la théorie de la bougie

La théorie de la bougie met en lumière douze limites environnementales, humaines et sociales de l'IA



L'affiche « Les limites de l'IA : la théorie de la bougie » (visuels HD dans le [kit presse](#)).

Contact presse · Arnaud Desmarest · 06 47 01 27 72 · desmarest.arnaud@gmail.com · arnauddesmarest.fr

Au sommaire

- | | |
|---|---|
| 1. L'essentiel en une page | 8. Idées de sujets |
| 2. Le mot de l'auteur | 9. Questions-réponses |
| 3. La théorie : une bougie par limite | 10. L'auteur |
| 4. Les douze bougies en un fait chacune | 11. Visuels et droits d'usage |
| 5. Quand une limite est-elle atteinte ? | 12. Sources principales |
| 6. Pourquoi une bougie ? | 13. Contact presse |
| 7. Utiliser l'affiche | |
-

L'essentiel en une page

Quoi. La théorie de la bougie est un modèle pédagogique qui réunit douze limites environnementales, humaines et sociales de l'intelligence artificielle. Elle est présentée sur une affiche gratuite et libre de partage, et documentée et sourcée par un article de fond.

Le principe. Une bougie éclaire, mais elle consume sa cire et dégage de la fumée. Pour chaque limite, la cire représente les ressources que l'IA mobilise, la flamme les bénéfices obtenus, la fumée les impacts subis.

La question. Avant chaque usage, le jeu en vaut-il la chandelle ?

L'auteur. Arnaud Desmarest, ingénieur et pédagogue spécialiste de l'IA.

Pour qui. Enseignants, formateurs, entreprises, associations, et toute personne qui utilise l'IA.

Chiffre	Ce qu'il désigne
12	bougies, une par limite
4	familles : Notre planète, Nos productions, L'individu, Nos communs
3	temps de lecture pour chaque bougie : ressources, bénéfices, impacts
1	affiche A3, gratuite et libre de partage
Une soixantaine	de sources dans l'article de fond

Le mot de l'auteur

« Depuis 2023, je forme des étudiants, des enseignants, des professionnels et des dirigeants à l'IA. Ses bénéfices sont réels. Elle a aussi un coût, que l'on voit mal quand on tape une question dans un chatbot : des métaux et de l'électricité, mais aussi nos données, notre attention et notre confiance. Chacun de ces sujets a ses spécialistes, et il manquait une image pour les réunir. J'ai choisi la bougie, parce qu'elle montre ce qu'on oublie volontiers : pour avoir de la lumière, il faut brûler quelque chose, et cela laisse des traces. À chacun ensuite de juger, usage par usage, si le jeu en vaut la chandelle. »

Arnaud Desmarest

La théorie : une bougie par limite

Une bougie éclaire, mais elle consomme sa cire et dégage de la fumée. Il en va de même pour l'IA, comme le dit la phrase qui ouvre l'affiche : « Pour chaque bénéfice, l'IA mobilise des ressources et produit des impacts négatifs. »

Chaque bougie se lit en trois temps, de la cire vers la fumée :

- **Les ressources (la cire)** : ce qui est mobilisé. Pour les reconnaître, une question suffit : l'IA en a-t-elle besoin pour fonctionner ?
- **Les bénéfices (la flamme)** : ce qui est obtenu, par les utilisateurs ou par la société.
- **Les impacts (la fumée)** : ce qui est subi, souvent par d'autres que ceux qui profitent de la flamme.

Les douze bougies se répartissent en quatre familles, nommées d'après le sort de leurs ressources.

Famille	Des ressources...	Bougies
Notre planète	prélevées	Matières, Énergie, Eau
Nos productions	captées	Contenus, Données, Travail invisible
L'individu	érodées	Cognition, Relations, Savoir-faire
Nos communs	ébranlées	Confiance, Économie, État

Les défauts techniques de l'IA, comme les erreurs ou les stéréotypes, ont leur place dans la bougie Contenus.

Les douze bougies en un fait chacune

Chaque bougie est documentée dans l'article de fond. En voici un fait marquant pour chacune, avec sa source. Les ressources, les bénéfices et les impacts de chaque bougie sont détaillés sur l'affiche.

Bougie	Un fait pour comprendre	Source
01. Matières	L'IA générative pourrait produire à elle seule entre 1,2 et 5 millions de tonnes de déchets électroniques cumulés entre 2020 et 2030.	Wang et al., <i>Nature Computational Science</i>, 2024
02. Énergie	Les centres de données, IA comprise, ont consommé environ 415 TWh en 2024, soit 1,5 % de l'électricité mondiale. L'AIE en prévoit environ 945 TWh en 2030.	AIE, <i>Energy and AI</i>, 2025
03. Eau	La demande mondiale d'IA pourrait entraîner en 2027 le prélèvement de 4,2 à 6,6 milliards de mètres cubes d'eau.	Li et al., université de Californie à Riverside
04. Contenus	L'ensemble des textes humains publics pourrait être entièrement utilisé pour entraîner les IA entre 2026 et 2032.	Epoch AI, 2024
05. Données	En 2022, la CNIL a infligé 20 millions d'euros d'amende à Clearview AI, qui aspirait des photos publiées en ligne pour constituer une base de reconnaissance faciale.	CNIL, 2022
06. Travail invisible	Des travailleurs kényans, employés par un sous-traitant d'OpenAI, touchaient entre 1,32 et 2 dollars de l'heure pour étiqueter des textes décrivant des violences extrêmes.	TIME, 2023

Bougie	Un fait pour comprendre	Source
07. Cognition	En Turquie, des lycéens aidés en mathématiques par un ChatGPT sans garde-fou ont fait 48 % de mieux pendant les exercices, puis 17 % de moins à l'examen passé sans IA.	Bastani et al., PNAS, 2025
08. Relations	Aux États-Unis, 72 % des 13-17 ans ont déjà utilisé un compagnon IA.	Common Sense Media, 2025
09. Savoir-faire	En Pologne, des médecins habitués à l'aide de l'IA détectaient moins de lésions précancéreuses lors des coloscopies faites sans elle. Leur taux de détection est passé de 28,4 % avant l'arrivée de l'outil à 22,4 % après (étude observationnelle).	Budzyń et al., The Lancet Gastroenterology & Hepatology, 2025
10. Confiance	En 2024, un employé d'Arup à Hong Kong a versé l'équivalent de 25,6 millions de dollars à des escrocs, après une visioconférence où les voix et les visages de cadres avaient été imités par IA.	Construction Briefing, 2024
11. Économie	Les investissements mondiaux dans les centres de données devaient atteindre 580 milliards de dollars en 2025, plus que les 540 milliards consacrés à l'approvisionnement mondial en pétrole.	AIE, World Energy Outlook 2025
12. État	En juin 2025, devant une commission d'enquête du Sénat, un dirigeant de Microsoft France a reconnu sous serment ne pas pouvoir garantir que des données de citoyens français ne seraient jamais transmises aux autorités américaines sans l'accord de la France.	PPC Land, 2025

Quand une limite est-elle atteinte ?

On pense d'abord aux défauts techniques de l'IA, comme les hallucinations ou les biais. La théorie de la bougie s'appuie sur deux autres sens du mot limite, issus des travaux sur l'environnement.

- **La limite comme dépendance.** Une activité s'arrête quand la ressource dont elle dépend vient à manquer. Le rapport *The Limits to Growth*, publié en 1972 pour le Club de Rome, a rendu cette idée célèbre.
- **La limite comme seuil.** Au-delà de certains seuils, un système bascule. Les limites planétaires, définies en 2009 par une équipe menée par Johan Rockström, en fixent neuf pour la Terre, et sept sont aujourd'hui franchies selon le Planetary Health Check 2026.

La seconde phrase de l'affiche réunit les deux sens :

« Les limites sont atteintes quand les ressources s'épuisent ou quand les impacts deviennent insupportables. »

Le cas le plus préoccupant survient quand l'IA abîme une ressource dont elle dépend. C'est l'expérience de la bougie sous cloche, faite par beaucoup à l'école : la flamme finit par s'éteindre, parce que l'air s'appauvrit en oxygène et se charge de ses propres gaz de combustion. Les textes générés par IA envahissent ainsi le web, où les IA suivantes viendront apprendre. Or un modèle nourri sans discernement de contenus générés se dégrade de façon irréversible (Shumailov et al., *Nature*, 2024).

Pourquoi une bougie ?

Parce qu'elle montre ce qu'on oublie volontiers : pour avoir de la lumière, il faut brûler quelque chose, et cela laisse des traces.

L'image porte aussi une expression que chacun connaît. « Le jeu n'en vaut pas la chandelle », attestée sous une forme proche dès le XVI^e siècle, vient des joueurs qui laissaient quelques pièces pour payer l'éclairage. Quand les gains étaient maigres, ils ne couvraient même pas le prix de la chandelle.

Utiliser l'affiche

Pensée pour la pédagogie, l'affiche sert de support à un cours, une formation, un atelier en entreprise, une rencontre associative ou une discussion en famille. Son fond blanc la rend économe en encre, et elle se projette aussi bien qu'elle s'imprime.

Quelques pistes pour s'en servir :

- partir d'un usage concret, comme préparer un exposé avec un chatbot, et chercher quelles bougies il allume ;
- choisir une bougie et mener l'enquête : d'où viennent les métaux d'un smartphone ? Où se trouve le centre de données le plus proche ?
- débattre d'un usage précis, sur lequel les avis divergent souvent, et c'est tout l'intérêt ;
- repérer les ressources qui peuvent se régénérer, comme les compétences ou la confiance, et chercher comment en prendre soin.

L'affiche est gratuite et libre de partage en citant l'auteur, hors fins commerciales (licence CC BY-NC-ND 4.0). Les médias peuvent la publier pour illustrer un article ou un reportage. Les usages commerciaux et les versions modifiées, traductions comprises, se font sur demande.

Idées de sujets

Chaque rubrique peut entrer par une ou plusieurs bougies, sans perdre de vue l'ensemble.

Rubrique	Un angle possible	Bougies d'entrée
Éducation	Évaluer à l'ère de l'IA : élèves et étudiants s'en servent, et l'alternative « avec ou sans IA » ne suffit plus. Selon une étude publiée dans <i>PNAS</i> , un ChatGPT qui donne les réponses fait baisser les résultats à l'examen, alors qu'une version conçue avec des enseignants, qui donne des indices, ne les fait pas baisser. Quels usages autoriser, pour quel apprentissage, et quelles compétences développer ?	Cognition, Savoir-faire
Environnement	Une écologie de l'IA qui inclut l'écologie humaine : la théorie place sur le même plan les métaux, l'électricité et l'eau, et ce que l'IA érode chez chacun, comme l'attention, les relations ou l'esprit critique.	Matières, Énergie, Eau, Cognition, Relations
Tech et entreprises	Une grille pour décider des usages de l'IA dans une organisation, projet par projet, au-delà du seul débat sur l'énergie.	les douze

Rubrique	Un angle possible	Bougies d'entrée
Société et idées	Quand l'IA abîme ce dont elle dépend : des textes générés qui envahissent le web, de la désinformation, une confiance fragilisée.	Contenus, Confiance
Vie quotidienne et santé	Se confier à une IA : un réconfort disponible à toute heure, en échange de confidences, de temps et d'attention. Aux États-Unis, 72 % des 13-17 ans ont déjà utilisé un compagnon IA, et les premières études interrogent l'isolement et la dépendance affective.	Relations, Données
Économie	Des investissements dans les centres de données supérieurs à ceux de l'approvisionnement en pétrole, une croissance espérée qui fait débat, et des craintes de bulle.	Économie
Presse régionale (Provence-Alpes-Côte d'Azur)	Un Varois met en lumière douze limites de l'IA avec une affiche gratuite, utilisable dans les écoles et les associations de la région.	les douze

Questions-réponses

Pourquoi cette affiche ? Chaque limite de l'IA est étudiée et documentée par des spécialistes, le plus souvent séparément. Pour Arnaud Desmarest, il manquait une vue d'ensemble : une seule image, et une théorie commune qui mette en balance les bénéfices de l'IA, les ressources qu'elle mobilise et ses impacts.

La théorie de la bougie est-elle scientifique ? C'est un modèle pédagogique. Il organise des connaissances établies par d'autres, et chaque bougie s'appuie sur des sources publiques, réunies dans l'article de fond. Les douze limites ne sont pas chiffrées comme les limites planétaires : la théorie montre où regarder et donne une même grille pour en parler.

La théorie est-elle contre l'IA ? Non. Arnaud Desmarest forme à l'IA et en connaît les bénéfices, présents sur chaque bougie. La théorie aide à peser chaque usage.

Pourquoi ces douze limites ? Elles couvrent les grands enjeux documentés aujourd'hui, regroupés selon le sort de leurs ressources.

Pourquoi une affiche gratuite ? Pour qu'elle circule. La théorie est faite pour être partagée, à l'école comme en entreprise.

Peut-on reproduire l'affiche ? Oui, en citant l'auteur, hors fins commerciales. Les médias peuvent la publier pour illustrer un article ou un reportage. Les versions modifiées et les traductions se font sur demande.

L'affiche va-t-elle évoluer ? Elle porte le numéro de version 1.0. Elle pourra évoluer avec les connaissances, et les sources de l'article sont datées.

L'auteur

Formateur, consultant et conférencier, Arnaud Desmarest travaille à la croisée de la pédagogie, de l'IA et des grandes transitions de la société.

Ingénieur de formation et titulaire d'un MBA, il enseigne depuis 2014 dans le supérieur, en école de commerce. Depuis 2023, il a formé à l'IA générative plus de 500 étudiants, enseignants, professionnels et dirigeants. Il intervient dans des séminaires et des congrès, en France et à l'étranger, et accompagne des organisations dans leurs usages de l'IA.

Engagé dans la transition écologique, il a été vice-président d'une association de permaculture et animateur de la Fresque du Climat, et il a fondé un réseau local d'entrepreneurs à impact.

Il peut intervenir sur la théorie de la bougie et sa démarche, et sur la pédagogie de l'IA à l'école et en formation.



Arnaud Desmarest. Crédit :
© Arnaud Desmarest

Année	Repère
2026	la théorie de la bougie
2023	formateur et conférencier indépendant en IA générative
2014	premiers cours dans l'enseignement supérieur
2013	MBA
2002	diplôme d'ingénieur

Visuels et droits d'usage

Les visuels sont disponibles en haute définition sur arnauddesmarest.fr/presse.

Visuel	Format	Pour
L'affiche complète	PDF A3 et JPG haute définition	articles, reportages, diaporamas
L'affiche pour le web	JPG (2480 px de large)	sites web, réseaux sociaux
Portrait d'Arnaud Desmarest	JPG vertical et carré	portrait, interview (crédit : © Arnaud Desmarest)

Mention à reproduire : « Arnaud Desmarest, Les limites de l'IA : la théorie de la bougie ». Les médias peuvent publier l'affiche pour illustrer un article ou un reportage. Pour publier un détail ou une seule bougie, merci de le demander.

Pour citer la théorie : Desmarest, A. (2026). *Les limites de l'IA : la théorie de la bougie* [affiche]. arnauddesmarest.fr/limites-ia-theorie-bougie. Licence CC BY-NC-ND 4.0.

Sources principales

La liste complète, une soixantaine de sources, est en fin d'[article](#). Voici celles des faits cités dans ce dossier.

- Meadows D. H. et al. (1972). *The Limits to Growth*. Rapport au Club de Rome.
- Rockström J. et al. (2009). « A safe operating space for humanity ». *Nature*, 461.
- Potsdam Institute for Climate Impact Research (2026). [Planetary Health Check 2026](#), relayé par Astrobiology.com.
- Wang P. et al. (2024). *Nature Computational Science*, [communiqué Scimex](#).
- AIE (2025). [Energy and AI](#).
- Li P. et al. (2023, révisé en 2025). [Making AI Less « Thirsty »](#).
- Villalobos P. et al., Epoch AI (2024). [Will we run out of data?](#)
- Shumailov I. et al. (2024). « AI models collapse when trained on recursively generated data ». *Nature*.
- CNIL (2022). [Amende de 20 millions d'euros à Clearview AI](#), relayée par Hunton Andrews Kurth.
- *TIME* (2023). [Enquête sur les travailleurs kényans](#), relayée par le Business & Human Rights Resource Centre.
- Bastani H. et al. (2025). « Generative AI without guardrails can harm learning ». *PNAS*.
- Common Sense Media (2025). [72 % des adolescents américains ont utilisé un compagnon IA](#), relayé par TechCrunch.
- Budzyń K. et al. (2025). *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, [communiqué Scimex](#).
- Construction Briefing (2024). [Arup et la fraude par deepfake](#).
- AIE (2025). *World Energy Outlook 2025*, relayé par Data Center Knowledge.
- PPC Land (2025). [Microsoft et les données des citoyens français](#).

Contact presse

Arnaud Desmarest

06 47 01 27 72 · desmarest.arnaud@gmail.com

arnauddesmarest.fr · linkedin.com/in/arnaud-desmarest

Disponible pour présenter la théorie de la bougie et ses usages pédagogiques.