

**Intelligence
Artificielle**

ET

ENVIRONNEMENT :

ALLIANCE

OU NUISANCE ?

Arnault Pachot • Céline Patissier

**Intelligence
Artificielle**

ET

**ENVIRONNEMENT :
ALLIANCE
OU NUISANCE ?**

L'IA face aux défis écologiques
d'aujourd'hui et de demain

DUNOD

Éditorial : Guillaume Clapeau et Margaux Lidon

Fabrication : Bertrand Thevenot

Conception de couverture : Studio Dunod

Mise en pages : PCA

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2022

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN : 978-2-10-083568-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Préface	9
Introduction.....	17
Chapitre I Mieux comprendre le développement de l'intelligence artificielle.....	23
Comment définir l'IA?	23
Une histoire qui ne date pas d'hier	25
<i>Deep learning</i> , l'innovation qui a tout changé.....	26
Même l'IA a ses limites	27

PARTIE I

L'IA au service d'une société durable

Chapitre II Les smart cities, villes intelligentes et responsables.....	31
Qu'est-ce qu'une smart city?	32
Diminuer la pollution en zone urbaine	33
Gérer rationnellement la propreté des villes	36
Piloter les dépenses énergétiques et l'aménagement des villes.....	40
Transports autonomes et mobilité durable	50
Chapitre III L'IA réduit la facture énergétique	53
Comprendre le climat pour favoriser les énergies renouvelables.....	53
Accroître l'efficacité énergétique des entreprises	55

	Soutenir les politiques publiques d'économie d'énergie	61
	L'IA s'invite dans les foyers et fait baisser la facture d'électricité	63
Chapitre IV	Une agriculture connectée et responsable	67
	Éviter la surconsommation d'eau et de pesticides.....	68
	Élevage intelligent et bien-être animal.....	76
Chapitre V	Une nouvelle économie circulaire, locale et durable	81
	Une nouvelle économie plus frugale mais portée par l'innovation	81
	Favoriser le recyclage ou la dégradation du plastique.....	84
	Une industrie plus locale et distribuée.....	85

PARTIE II

L'IA au service de la planète

Chapitre VI	Prévoir les catastrophes naturelles et s'adapter aux changements climatiques	91
	Des changements climatiques déjà inéluctables	92
	Limiter l'impact du changement climatique sur l'agriculture	100
	Protéger les populations des catastrophes climatiques	110
	Analyser l'impact des catastrophes naturelles sur la nature	114
Chapitre VII	L'IA au chevet des écosystèmes	121
	Lutter contre l'appauvrissement de l'écosystème marin	121
	Sauvegarder la faune et la flore dans les terres	124

PARTIE III
Les nuisances de l'IA : comment se diriger
vers une IA plus verte ?

Chapitre VIII L'écran de fumée de l'immatérialité	
du numérique et de l'IA	135
Le numérique, fossoyeur de ressources naturelles	
rare	137
Des centres de données voraces en énergie	139
Des déchets électroniques qui s'amoncellent	140
L'effet rebond du numérique	143
Chapitre IX Les pratiques abusives du numérique	
et de l'IA	147
Non à l'obsolescence programmée,	
oui à la durabilité	147
Numérique utile contre numérique futile :	
quelle place pour l'IA ?	151
Obésité numérique : un régime s'impose	154
Chapitre X Comment développer une IA plus verte ?	157
Avoir conscience du coût énergétique d'une IA	157
Éco-conception de l'IA : exemples de bonnes	
pratiques	160
Des centres de données éco-responsables	169
Conclusion	171
Les intervenants	175
Références	183
Remerciements	187

Préface

En tout premier lieu, je voudrais pouvoir partager combien j'ai été heureuse et honorée de faire partie des premiers lecteurs de ce livre et, *a fortiori*, de m'en voir confier le soin de le préfacier.

Il y a, au moins, quatre bonnes raisons différentes pour lesquelles j'ai accepté et pris plaisir à réfléchir sur cette approche innovante qui pose, dès le titre de l'ouvrage, les bases d'une thématique au cœur de l'actualité et des orientations visant à construire un monde post-carbone : l'intelligence artificielle et l'environnement.

La première est de pouvoir rendre hommage au talent, au travail, à la persévérance, et à l'expérience, patiemment accumulée au fil des années, d'Arnault Pachot qui en est le co-auteur. J'ai rencontré Arnault il y a déjà bien longtemps et, en tout état de cause, bien avant que l'on imagine seulement pouvoir – sans doute aujourd'hui faudrait-il ajouter devoir – conjuguer transition énergétique avec transition numérique, d'une part, et commencer à évoquer le rôle de l'intelligence artificielle (IA) et le lien avec l'environnement d'autre part. On est d'ailleurs toujours actuellement dans une phase où ces associations sont encore balbutiantes. Il fallait du courage et de l'engagement pour s'attaquer à ce sujet. De nos jours, il est suffisamment rare de rencontrer des professionnels qui trouvent le temps et l'énergie pour se lancer dans la recherche, pour qu'il me semble opportun de le signaler en propos initial.

En effet, Arnault Pachot est un entrepreneur consciencieux, sensible à la culture du travail en équipe, soucieux de ses collaborateurs. Il a, surtout, contribué à développer au fil des années, au Puy-en-Velay, une belle société, OpenStudio, qui a su créer des emplois du nouveau monde au cœur d'un territoire plutôt connu pour son histoire et sa gastronomie, que pour sa capacité à écrire des chapitres du grand livre de la nouvelle économie. Je sais combien les travaux d'Arnault sauront trouver un écho et devenir inspirants pour ses associés, ses collègues, ses collaborateurs ou encore ses clients, et, ainsi, devenir une pierre à l'édifice des contributions, des actions et des solutions en marche pour accélérer la logique de renouveau du monde qui sera post-carbone ou ne sera pas.

La deuxième raison, est, que ce livre s'appuie sur des expériences nombreuses de personnalités remarquables dans le domaine encore presque tout neuf de l'intelligence artificielle. On sent dans chaque témoignage une réflexion profonde, une volonté d'être précis dans un domaine qui est en pleine progression, et qui nous met au défi de générer de nouvelles ressources en poussant nos façons habituelles de penser en dehors de leurs zones de confort. Aussi, à ces endroits-là on a besoin de se sentir guidés par des personnes qui savent de quoi elles parlent. Cela explique que je pense important de rendre également hommage aux contributeurs de ce livre blanc qui ont rivalisé d'efforts pour rendre accessible les clés d'un futur qui s'écrira avec d'autres alphabets que ceux que nous connaissons bien. Les témoignages et les décryptages sont clairs, inspirants, et sincères. L'objectivité scientifique semble être de rigueur et du coup laisse un espace critique pour exposer les limites dont la voracité énergétique des centres de données, le problème des métaux rares indispensables, les déchets électroniques qui s'amoncellent ou encore les effets rebond. J'ai pour habitude de répéter, toujours convaincue des vertus de la psychologie positive que « problème bien posé à demi résolu »... Alors à défaut d'avoir identifié toutes les solutions, les clés pour chercher

Préface

comment conjuguer les bénéfices de ces nouvelles ressources sans devoir payer le prix fort feront partie de l'équation qui comporte encore quelques inconnues. Merci à tous les experts et chercheurs de nous accompagner dans les *terra incognita* en gardant à l'esprit la leçon rabelaisienne plus pertinente que jamais selon laquelle « science sans conscience n'est que ruine de l'âme ».

La troisième raison concerne la question de l'environnement à l'honneur dans cet ouvrage. Tout au long de ma carrière professionnelle qui m'a fait évoluer du secteur du pétrole et du gaz, représentants de l'ancien monde, vers l'efficacité énergétique et plus largement la transition énergétique, je n'ai jamais perdu de vue la question de l'environnement ou plutôt du rapport que nous, les êtres humains, entretenons à la nature et à notre planète. J'ai commencé tôt, puisque dès le début des années 90 je me suis retrouvée à devoir prendre en compte le trou dans la couche d'ozone, alors jugée comme combat prioritaire de l'écologie. C'était une entrée en matière qui, pourtant, ne m'avait pas du tout préparée à la façon dont le réchauffement climatique, à peine évoqué alors, dans quelques cénacles d'experts très en pointe, allait, et surtout dans des délais aussi rapides, venir bouleverser notre quotidien. J'ai commencé à comprendre dès le tout début des années 2000. On se souvient d'ailleurs, que la mesure du problème était prise, à peine vers la moitié des années 2000, avec ce film documentaire d'Al Gore, *Une Vérité qui dérange*. On atteignait alors un *tipping point*, ce point de non-retour qui nous faisait comprendre que nous devenions, et allions devenir tous les jours davantage, bourreaux, victimes et, potentiellement, sauveurs, des conditions qui rendent possible le miracle de la vie sur Terre. À partir de ce moment-là, nous avons franchi un palier de conscience, en comprenant que notre rapport premier au monde était lié à notre capacité de respirer un mélange rare et précieux à base d'oxygène et qui contenait d'autres composantes chimiques invisibles, parfois favorables à notre santé et parfois, souvent, trop souvent, dommageables, et à la présence d'eau naturelle.

Nous comprenons que la Terre était une réalité en perpétuel mouvement. Les lignes de notre monde étaient sans cesse remodelées avec des côtes qui se retraçaient, des îles qui apparaissaient, d'autres qui disparaissaient, des mers qui s'asséchaient, des forêts qui rétrécissaient, des déserts qui s'étaient... pour ne citer que quelques exemples. Nous découvrions que l'excès de CO₂ et autres gaz à effet de serre, qui s'accumulaient notamment comme produits de la combustion des énergies fossiles, créaient le désormais bien connu effet de serre, responsable du réchauffement de la planète. Nous réalisons, en payant le prix fort, que ce réchauffement s'intensifiait avec des manifestations climatiques de plus en plus fréquentes et violentes : incendies de plus en plus difficiles à maîtriser et meurtriers, inondations dévastatrices, orages violents, ouragans, cyclones, mais aussi acidification des océans, fonte des calottes polaires, etc. Nous découvrions combien les souffrances de notre planète nous affectaient avec des victimes, du « règne humain et animal » de plus en plus nombreuses et désemparées, et le lot de conséquences que cela suppose : des logements détruits, la biodiversité, premier bouclier contre les zoonoses, mise à mal, stress hydrique rendant la vie impossible sur des zones entières de la planète, conditions extrêmes avec le mercure qui franchit d'années en années de nouveaux records et des villes qui ont atteint des niveaux de plus de 75 °C. Nous commençons à nous souvenir, que la vie humaine est un épiphénomène d'un peu plus de 200 000 ans sur une planète vieille de 4,5 milliards d'années... et qui tous les jours court le risque d'être effacée. Comment faire l'impasse sur la question de l'environnement quand on sait ce que représente le défi de corriger la trajectoire du réchauffement et donc des Accords de Paris ? On parle encore trop souvent de la transition digitale ou de l'IA sans aborder les interactions avec l'environnement... pour le pire qui doit être pris en compte mais aussi pour le meilleur...

Préface

La quatrième raison est d'ailleurs en lien avec cette dernière dimension. C'est le rôle du numérique dans le combat contre le changement climatique, puisqu'il fait partie du problème, mais aussi de la solution. C'est une idée condensée dans un des propos de l'ouvrage, qui nous interpelle sur le numérique utile contre le numérique futile. L'IA, qui fascine autant qu'elle inquiète, se positionne sur le marché du green, s'invente des terrains de jeu et des labels bios. C'est ainsi que ce livre nous fait voyager à travers les six domaines identifiés comme étant les cibles majeures à date de l'AI for Green : les smart cities et mobilité durable, l'efficacité énergétique, l'agriculture connectée, la modélisation des changements climatiques, la protection de l'environnement, et enfin l'économie locale et durable.

En fréquentant des passionnés d'informatique, talentueux et convaincus de leur art, j'ai compris qu'au-delà du *geek*, on avait affaire à des sensibilités nouvelles et pleines de ressources inconnues. Lorsque mes équipes informatiques ont compris, effarées, que je n'avais pas encore lu *Le Guide du voyageur intergalactique...* pauvre de moi, ils m'ont poussée à découvrir que leur façon à eux de prendre soin de notre si belle Terre, était d'en mesurer la vulnérabilité et de voir comment contribuer à la rendre plus vivable à grands débats d'algorithmes.

C'est sans doute sur ce chemin que se pose l'IA, si énergivore, dans son paradoxe de protection de l'environnement. C'est le sujet de débat et de réflexion qui a été retenu comme une base de travail de cette étude avant-gardiste. On assiste à de nombreux débats sur l'intelligence artificielle tantôt défendue, et louée, tantôt critiquée et décriée. On assiste souvent perplexe aux joutes qui voient s'affronter experts parfois incompréhensibles ou intellectuels souvent trop convaincus de leur vérité qu'il est difficile de mesurer la pertinence des nombreux enjeux sous-jacents à cette vaste thématique. On sait que l'IA a envahi nos quotidiens parfois de façon insidieuse, sans que nous en soyons complètement conscients, mais on avait beaucoup de mal à l'imaginer au

service d'une des plus grandes causes de l'humanité : la planète et la vie elles-mêmes.

J'attendrai impatiemment que ce livre se transforme en ouvrage de référence dans le domaine, et au travers de la Fondation E5T, nous ne manquerons pas de continuer à nous engager pour explorer ces nouvelles voies et la façon dont elles se déclineront de plus en plus concrètement dans les différents domaines évoqués.

Myriam Maestroni,
présidente du Fonds de dotation E5T
(www.e5t.fr).