

**THESE
POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

**Soutenue publiquement le 18 novembre 2024
Par Thibault GOUPIL**

Thèse réalisée en commun avec Anaëlle DUCHEMIN

**Utilisation de l'intelligence artificielle dans le
monde pharmaceutique**

L'officine, bientôt dotée d'intelligence artificielle ?

Membres du jury :

Président : Bertrand DECAUDIN, PU-PH, Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière

Assesseur : Claire PINÇON, MCU, Biomathématiques

Membres extérieurs :

- Léa CAGNIEUX, Spécialiste Senior Performance Qualité Lyo à GSK Saint-Amand-les-Eaux
- Christophe KARAS, Pharmacien titulaire d'officine, Pharmacie des Terrils à Liévin

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 1/9

REDACTION	VERIFICATION	APPROBATION
Audrey Hennebelle Assistante de direction	Cyrille Porta Responsable des Services	Delphine Allorge Doyen

Université de Lille

Président
Premier Vice-président
Vice-présidente Formation
Vice-président Recherche
Vice-président Ressources humaines
Directrice Générale des Services

Régis BORDET
Etienne PEYRAT
Corinne ROBACZEWSKI
Olivier COLOT
Bertrand DÉCAUDIN
Anne-Valérie CHIRIS-FABRE

UFR3S

Doyen
Premier Vice-Doyen, Vice-Doyen RH, SI et Qualité
Vice-Doyenne Recherche
Vice-Doyen Finances et Patrimoine
Vice-Doyen International
Vice-Doyen Coordination pluriprofessionnelle et Formations sanitaires
Vice-Doyenne Formation tout au long de la vie
Vice-Doyen Territoire-Partenariats
Vice-Doyen Santé numérique et Communication
Vice-Doyenne Vie de Campus
Vice-Doyen étudiant

Dominique LACROIX
Hervé HUBERT
Karine FAURE
Damien CUNY
Vincent DERAMECOURT
Sébastien D'HARANCY
Caroline LANIER
Thomas MORGENROTH
Vincent SOBANSKI
Anne-Laure BARBOTIN
Valentin ROUSSEL

Faculté de Pharmacie

Doyen
Premier Assesseur et
Assesseur à la Santé et à l'Accompagnement
Assesseur à la Vie de la Faculté et
Assesseur aux Ressources et Personnels
Responsable des Services
Représentant étudiant
Chargé de mission 1^{er} cycle
Chargée de mission 2^{eme} cycle
Chargé de mission Accompagnement et Formation à la Recherche
Chargé de mission Relations Internationales
Chargée de Mission Qualité
Chargé de mission dossier HCERES

Delphine ALLORGE
Anne GARAT
Emmanuelle LIPKA
Cyrille PORTA
Honoré GUISE
Philippe GERVOIS
Héloïse HENRY
Nicolas WILLAND
Christophe FURMAN
Marie-Françoise ODOU
Réjane LESTRELIN

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 2/9

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers (PU-PH)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie et Santé publique	81
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie	82
M.	DÉCAUDIN	Bertrand	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
M.	DINE	Thierry	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
Mme	DUPONT-PRADO	Annabelle	Hématologie	82
Mme	GOFFARD	Anne	Bactériologie - Virologie	82
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	ODOU	Pascal	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	POULAIN	Stéphanie	Hématologie	82
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
M.	STAELS	Bart	Biologie cellulaire	82

Professeurs des Universités (PU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Biophysique - RMN	85
M.	BERLARBI	Karim	Physiologie	86
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie	87
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie	87
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 3/9

M.	CUNY	Damien	Sciences végétales et fongiques	87
Mme	DELBAERE	Stéphanie	Biophysique - RMN	85
Mme	DEPREZ	Rebecca	Chimie thérapeutique	86
M.	DEPREZ	Benoît	Chimie bioinorganique	85
M.	DURIEZ	Patrick	Physiologie	86
M.	ELATI	Mohamed	Biomathématiques	27
M.	FOLIGNÉ	Benoît	Bactériologie - Virologie	87
Mme	FOULON	Catherine	Chimie analytique	85
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie et Santé publique	86
M.	GOOSSENS	Jean-François	Chimie analytique	85
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie	86
M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie thérapeutique	86
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques	26
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie cellulaire	87
Mme	LESTRELIN	Réjane	Biologie cellulaire	87
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie analytique	85
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie physique	85
M.	MILLET	Régis	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
Mme	MUHR-TAILLEUX	Anne	Biochimie	87
Mme	PERROY	Anne-Catherine	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	RIVIÈRE	Céline	Pharmacognosie	86
Mme	ROMOND	Marie-Bénédicte	Bactériologie - Virologie	87
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie	86
M.	SERGHERAERT	Éric	Droit et Economie pharmaceutique	86

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 4/9

M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie industrielle	85
M.	WILLAND	Nicolas	Chimie organique	86

Maîtres de Conférences - Praticiens Hospitaliers (MCU-PH)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	CUVELIER	Élodie	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	81
Mme	DANEL	Cécile	Chimie analytique	85
Mme	DEMARET	Julie	Immunologie	82
Mme	GARAT	Anne	Toxicologie et Santé publique	81
Mme	GENAY	Stéphanie	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
M.	GRZYCH	Guillaume	Biochimie	82
Mme	HENRY	Héloïse	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
M.	LANNOY	Damien	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	80
Mme	MASSE	Morgane	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	81
Mme	ODOU	Marie-Françoise	Bactériologie - Virologie	82

Maîtres de Conférences des Universités (MCU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	ALIOUAT	Cécile-Marie	Parasitologie - Biologie animale	87
M.	ANTHÉRIEU	Sébastien	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	AUMERCIER	Pierrette	Biochimie	87
M.	BANTUBUNGI-BLUM	Kadiombo	Biologie cellulaire	87
M.	BERTHET	Jérôme	Biophysique - RMN	85

  Université de Lille	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 5/9

M.	BOCHU	Christophe	Biophysique - RMN	85
M.	BORDAGE	Simon	Pharmacognosie	86
M.	BOSC	Damien	Chimie thérapeutique	86
Mme	BOU KARROUM	Nour	Chimie bioinorganique	
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie	87
Mme	CARON-HOUDE	Sandrine	Biologie cellulaire	87
Mme	CARRIÉ	Hélène	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
Mme	CHABÉ	Magali	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	CHARTON	Julie	Chimie organique	86
M.	CHEVALIER	Dany	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie - Biologie animale	87
Mme	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques	85
M.	DHIFLI	Wajdi	Biomathématiques	27
Mme	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire	87
M.	EL BAKALI	Jamal	Chimie thérapeutique	86
M.	FARCE	Amaury	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	FLIPO	Marion	Chimie organique	86
M.	FRULEUX	Alexandre	Sciences végétales et fongiques	
M.	FURMAN	Christophe	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie	87
Mme	GOOSSENS	Laurence	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie et Santé publique	86
M.	HAMONIER	Julien	Biomathématiques	26
Mme	HAMOUDI-BEN YELLES	Chérifa-Mounira	Pharmacotechnie industrielle	85

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 6/9

Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie	86
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie	87
M.	KAMBIA KPAKPAGA	Nicolas	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	86
M.	KARROUT	Younes	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	LALLOYER	Fanny	Biochimie	87
Mme	LECOEUR	Marie	Chimie analytique	85
Mme	LEHMANN	Hélène	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	LELEU	Natascha	Institut de Chimie Pharmaceutique Albert Lespagnol	86
M.	LIBERELLE	Maxime	Biophysique - RMN	
Mme	LOINGEVILLE	Florence	Biomathématiques	26
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie	86
M.	MENETREY	Quentin	Bactériologie - Virologie	
M.	MOREAU	Pierre-Arthur	Sciences végétales et fongiques	87
M.	MORGENROTH	Thomas	Droit et Economie pharmaceutique	86
Mme	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle	85
Mme	NIKASINOVIC	Lydia	Toxicologie et Santé publique	86
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques	85
M.	PIVA	Frank	Biochimie	85
Mme	PLATEL	Anne	Toxicologie et Santé publique	86
M.	POURCET	Benoît	Biochimie	87
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques / Innovations pédagogiques	85
Mme	RAVEZ	Séverine	Chimie thérapeutique	86
Mme	ROGEL	Anne	Immunologie	

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 7/9

M.	ROSA	Mickaël	Hématologie	
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie	86
Mme	SEBTI	Yasmine	Biochimie	87
Mme	SINGER	Elisabeth	Bactériologie - Virologie	87
Mme	STANDAERT	Annie	Parasitologie - Biologie animale	87
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie	87
M.	VILLEMAGNE	Baptiste	Chimie organique	86
M.	WELTI	Stéphane	Sciences végétales et fongiques	87
M.	YOUS	Saïd	Chimie thérapeutique	86
M.	ZITOUNI	Djamel	Biomathématiques	85

Professeurs certifiés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
Mme	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	HUGES	Dominique	Anglais
Mme	KUBIK	Laurence	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

Professeurs Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	DAO PHAN	Haï Pascal	Chimie thérapeutique	86
M.	DHANANI	Alban	Droit et Economie pharmaceutique	86

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 8/9

Maitres de Conférences Associés

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	COUSEIN	Etienne	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	
Mme	CUCCHI	Malgorzata	Biomathématiques	85
M.	DUFOSSEZ	François	Biomathématiques	85
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	85
M.	GILLOT	François	Droit et Economie pharmaceutique	86
M.	MITOUMBA	Fabrice	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	86
M.	PELLETIER	Franck	Droit et Economie pharmaceutique	86

Assistants Hospitalo-Universitaire (AHU)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	BOUDRY	Augustin	Biomathématiques	
Mme	DERAMOUDT	Laure	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	
Mme	GILLIOT	Sixtine	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	
M.	GISH	Alexandr	Toxicologie et Santé publique	
Mme	NEGRIER	Laura	Chimie analytique	

Hospitalo-Universitaire (PHU)

	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
M.	DESVAGES	Maximilien	Hématologie	
Mme	LENSKI	Marie	Toxicologie et Santé publique	

 	LISTE GEREE	LG/FAC/001
FACULTE DE PHARMACIE	Enseignants et Enseignants-chercheurs 2023-2024	Version 2.2 Applicable au 02/01/2022
Document transversal		Page 9/9

Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche (ATER)

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement	Section CNU
Mme	BERNARD	Lucie	Physiologie	
Mme	BARBIER	Emeline	Toxicologie	
Mme	COMAPGNE	Nina	Chimie Organique	
Mme	COULON	Audrey	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique	
M.	DUFOSSEZ	Robin	Chimie physique	
Mme	KOUAGOU	Yolène	Sciences végétales et fongiques	
M.	MACKIN MOHAMOUR	Synthia	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière	

Enseignant contractuel

Civ.	Nom	Prénom	Service d'enseignement
M.	MARTIN MENA	Anthony	Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacologie, Pharmacocinétique et Pharmacie clinique
Mme	NDIAYE-BOIDIN	Maguette	Anglais
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques

CYCLE DE VIE DU DOCUMENT

Version	Modifié par	Date	Principales modifications
1.0		20/02/2020	Création
2.0		02/01/2022	Mise à jour
2.1		21/06/2022	Mise à jour
2.2		01/02/2024	Mise à jour

UFR3S-Pharmacie

L'Université n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à notre directrice de thèse, le Professeur Claire PINÇON, pour son encadrement, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de notre rédaction.

Je remercie le Docteur Bertrand DECAUDIN, qui nous fait l'honneur de présider notre jury.

Je remercie également le Docteur Christophe KARAS et le Docteur Léa CAGNIEUX, pour leur disponibilité et l'honneur qu'ils nous font de juger notre travail.

Je tiens à remercier ma binôme de thèse et de vie, Anaëlle DUCHEMIN, pour son soutien au quotidien, sa présence, et pour avoir cru en ce beau projet.

Je souhaiterais remercier grandement ma famille, ma maman Béatrice, mon frère Thomas, ma mémé Tiziana, mon oncle Daniel et mon papa Hubert pour leur soutien tout au long de mes études, leur écoute et leur bienveillance à mon égard.

Je tiens aussi à remercier mes amis, Antoine, Robin, Clémence, Nicolas, Lisa, Baptiste, Alice et bien sûr tous les autres qui se reconnaîtront dans ce message pour toutes ces années passées à leur côté.

Pour finir, je remercie toutes les pharmacies dans lesquelles j'ai travaillé durant mes études, qui m'ont chacune apporté des valeurs, des compétences et de l'expérience pour exercer ce beau métier.

Table des matières

Remerciements.....	11
Liste des figures.....	14
Liste des acronymes.....	16
I) Introduction.....	17
II) Généralités sur l'intelligence artificielle (partie commune)	18
1) L'histoire de l'intelligence artificielle	18
1.1) Emergence de l'intelligence artificielle	18
1.2) Progrès et 1 ^{er} hiver de l'intelligence artificielle	20
1.3) Nouvel essor et second hiver de l'IA.....	21
1.4) L'IA à l'aube du 21 ^{ème} siècle.....	22
2) L'intelligence artificielle actuellement	24
2.1) Qu'est ce que l'intelligence artificielle ?	24
2.2) L'IA de nos jours.....	30
2.3) Utilisation actuelle de l'intelligence artificielle en santé.....	31
2.3.1) Détection précoce des maladies	31
2.3.2) Aide au diagnostic	32
2.3.3) Utilisation dans la chirurgie	33
2.3.4) Utilisation hospitalière	34
III) Intelligence artificielle et pharmacie d'officine	36
1) La pharmacie d'officine.....	36
1.1) Histoire de l'officine.....	36
1.2) La pratique officinale actuelle	41
1.2.1) Quelques chiffres	41
1.2.2) Composition	44
1.2.3) Structure.....	46
2) Perspectives de l'IA en officine	47

2.1) Sécurité de l'officine	47
2.2) Gestion des stocks à l'officine	49
2.3) L'IA et les tâches administratives	53
2.4) Sécurisation de la dispensation	54
2.5) Authentification des ordonnances	58
2.6) Les données de santé et le suivi des patients	61
IV) Enjeux de l'intelligence artificielle (partie commune).....	64
1) Enjeux de sécurité et économiques	64
1.1) Enjeux de sécurité : le deepfake	64
1.2) Enjeux économiques : la transformation des emplois	67
2) Enjeux juridiques	69
2.1) Première réglementation sur l'IA.....	69
2.2) Contours de l'utilisation de l'IA	70
3) Enjeux environnementaux	72
3.1) Stockage et matériel.....	72
3.2) Puissance de calcul.....	75
3.3) Déchets électroniques	76
3.4) Une intelligence artificielle durable ?.....	77
V) Conclusion.....	79
Bibliographie	80

Liste des figures

Figure 1 : Portrait d'Alan Turing

Figure 2 : Conférence de Darthmouth

Figure 3 : Hal 9000

Figure 4 : Match entre Garry Kasparov et Deeper Blue

Figure 5 : Match entre Lee Sedol et Alpha Go

Figure 6 : Evolution de l'intelligence artificielle

Figure 7 : Fonctionnement du Machine Learning

Figure 8 : Fonctionnement du Deep Learning

Figure 9 : Interactions IA/ML/DL

Figure 10 : Exemples d'utilisation de l'intelligence artificielle dans la vie quotidienne

Figure 11 : Algorithme élaboré par le MIT capable d'identifier une femme à haut risque de cancer du sein (à gauche) quatre ans avant l'apparition de lésions (à droite)

Figure 12 : Application de l'intelligence artificielle en chirurgie

Figure 13 : Tablette babylonienne mentionnant la formule d'une potion utilisée contre les morsures de serpents et comportant 13 drogues associées

Figure 14 : Pharmacie BRUN à Montélimar avec mention « 1^{ère} classe » sur la devanture

Figure 15 : Photo d'Augustin DAMIENS (Président de l'Ordre des pharmaciens 1945-1946)

Figure 16 : Répartition des officines en France métropolitaine (2022)

Figure 17 : Répartition des modes de fermeture

Figure 18 : Nombre de pharmaciens adjoints par tranche de chiffres d'affaires de l'officine

Figure 19 : Image de vidéosurveillance avec le logiciel VEESION

Figure 20 : Photo de l'intérieur d'un robot officinal

Figure 21 : Vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement

Figure 22 : Population par groupe d'âge

Figure 23 : Applications du logiciel PharmaClass

Figure 24 : Exemple d'une fausse ordonnance

Figure 25 : Infographie RGPD

Figure 26 : Comparatif des images du président Volodymyr Zelensky (à droite : l'image truquée, à gauche : l'image réelle)

Figure 27 : Résultats du rapport « Sumsb Research : Global Deepfake Incidents Surge Tenfold from 2022 to 2023

Figure 28 : Tâches moyennement et fortement exposées à l'IA générative, par groupe professionnel

Figure 29 : Classement des risques liés à l'utilisation de l'intelligence artificielle

Figure 30 : Photo d'un data center

Figure 31 : Graphique de l'empreinte carbone

Figure 32 : Nombre de millions de tonnes de déchets électroniques générés par année

Liste des acronymes

IA : Intelligence Artificielle
CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés
IMC : Indice de Masse Corporelle
ECG : Electrocardiogramme
FA : Fibrillation Auriculaire
AVC : Accident Vasculaire Cérébral
UE : Union Européenne
IGAS : Inspection Générale des Affaires Sociales
EIG : Effet Indésirable Grave
CH : Centre Hospitalier
AGSPF : Association Générale des Syndicats Pharmaceutiques de France
CNOP : Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens
ARS : Agence Régionale de Santé
DFGSP : Diplôme de Formation Générale en Sciences Pharmaceutiques
OTC : Over The Counter
RGPD : Règlement Général de Protection des Données
DP : Dossier Pharmaceutique
CNAM : Caisse Nationale d'Assurance Maladie
RPPS : Répertoire Partagé des Professionnels de Santé
FINESS : Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux
LGO : Logiciel de Gestion Officinale
LLM : Large Language Model
USPO : Union des Syndicats de Pharmaciens d'Officine
SALA : Systèmes d'Armes Létales Autonomes
OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique
ILO : International Labor Organization
INSEE : Institut National des Statistiques et des Etudes Economiques
ICT : Information and Communication Technology
EEE : Equipements Electriques et Electroniques
UNITAR : United Nation Institute for Training and Research
ESSCA : Ecole Supérieure des Sciences Commerciales d'Angers

l) Introduction

L'intelligence artificielle est aujourd'hui au centre des actualités et est parfois même utilisée au quotidien. Les nombreuses évolutions récentes en font un sujet de société, avec comme principale interrogation la place qu'elle pourrait occuper dans un futur proche. Dans un contexte de transition numérique, l'intelligence artificielle occupe une place de plus en plus importante dans de nombreux domaines, notamment dans le domaine de la santé. L'intelligence artificielle est désormais une réalité quotidienne, utilisée pour améliorer la précision des diagnostics, optimiser les chaînes logistiques et renforcer la sécurité des patients. De l'IA « symbolique » aux réseaux neuronaux, en passant par le machine learning, les progrès technologiques ont continué d'étendre les domaines d'utilisation de l'IA dans le domaine de la santé.

Le secteur pharmaceutique officinal sera probablement, dans un avenir proche, concerné par l'intégration de ce nouvel outil technologique. Il paraît donc important de se poser certaines questions quant à l'utilisation de l'IA en officine, les moyens à mettre en place et les limites, tout en restant dans une optimisation de la prise en charge du patient.

Dans un premier temps, nous aborderons l'intelligence artificielle sur la base de généralités, afin de définir ce concept. Nous aborderons également son histoire et les utilisations actuelles en santé. Dans un second temps, il sera question de la pharmacie d'officine et des perspectives que l'intelligence artificielle pourrait offrir à la pratique officinale. Enfin, nous nous intéresserons aux divers enjeux liés à l'utilisation de l'intelligence artificielle, qu'ils soient juridiques ou environnementaux.

II) Généralités sur l'intelligence artificielle (partie commune)

1) L'histoire de l'intelligence artificielle

1.1) Emergence de l'intelligence artificielle

Les premières notions d'intelligence artificielle peuvent se retrouver avant même le début du XIX^{ème} siècle ; on peut les voir notamment dans le roman de science-fiction « *Erewhon* » de Samuel Butler (1). Il s'agit d'un roman utopique paru en 1872. On y suit les pérégrinations d'un personnage dans un monde différent du nôtre. Dans cette œuvre, chaque chapitre est une scénette différente dans laquelle le personnage se pose de nombreuses questions. Il y en a 3 (les chapitres XXIII, XXIV, XXV) qui portent le titre « Le Livre des Machines ». Dans ces chapitres le personnage, développe un raisonnement autour de l'évolution de la conscience et de l'intelligence des machines. Il évoque notamment « Le fait que les machines ne possèdent actuellement que peu de conscience ne nous autorise nullement à croire que la conscience mécanique n'atteindra pas à la longue un développement dangereux pour notre espèce ». Ces propos, bien qu'extraits d'une œuvre utopique et satirique, constituent en quelque sorte les prémices de questions que se poseront des scientifiques près de 80 ans plus tard.

Ce n'est qu'en 1950 que l'intelligence artificielle (bien que le terme n'existe pas encore) devient un concept grâce au mathématicien Alan Turing (2). Il est décrit comme l'un des pionniers de l'intelligence artificielle à la suite de la publication d'un article intitulé « *Computing Machinery and Intelligence* » (3). Dans cet article, Alan Turing (Figure 1) développe le concept « du jeu de l'imitation » qu'on appellera plus tard le test de Turing. Le but consiste à mesurer la capacité d'une machine à faire preuve de signes d'intelligence humaine (4). Le test est en réalité assez simple : un évaluateur humain doit juger une conversation entre un humain et une machine. Il est important de mentionner que l'évaluateur sait qu'une des 2 parties est une machine mais pas laquelle. Si, au bout de 5 minutes de conversation, l'évaluateur est dans l'impossibilité

de déterminer qui est l'homme et qui est la machine, alors la machine a passé le test avec succès.

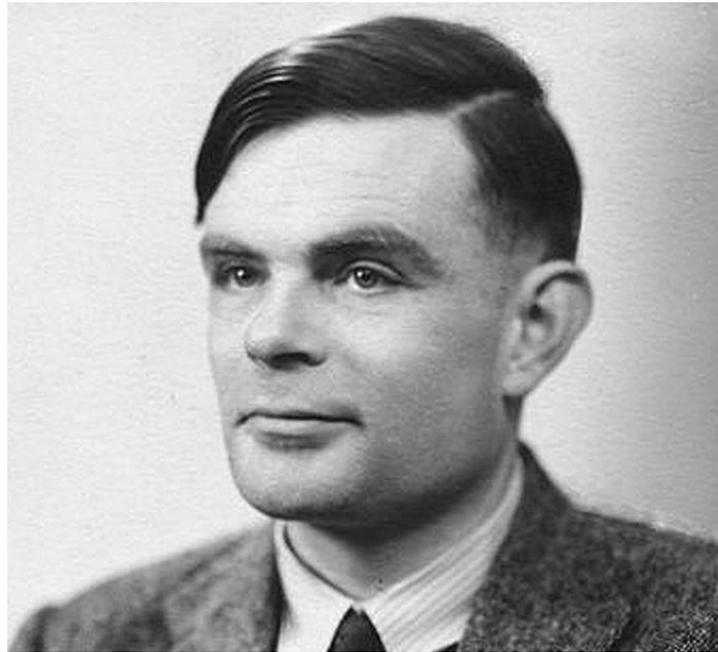


Figure 1 : portrait d'Alan Turing (5)

Le terme « intelligence artificielle » voit officiellement le jour en 1956, il est créé par le mathématicien John McCarthy lors de la conférence de Dartmouth (Figure 2). Cette conférence, presque anonyme (seulement 20 personnes dans l'auditoire) établit l'intelligence artificielle comme une nouvelle discipline scientifique à part entière.



Figure 2 : conférence de Dartmouth (1956) (6)

Toujours en 1956, un chercheur et un économiste, Allen Newell et Herbert Simon, créent un logiciel appelé « Logic Theorist ». Ce logiciel est capable de réaliser des démonstrations de théorèmes mathématiques sans l'aide d'un opérateur humain.

Si jusqu'alors on parlait d'algorithmes, à partir de 1957 on peut commencer à évoquer le terme de « machines ». Cette année-là, en effet, le psychologue Frank Rosenblatt développe le « Perceptron » qui détient la faculté de reconnaître une lettre de l'alphabet, ce qui constitue une forme très basique de Machine Learning. (2)

1.2) Progrès et 1^{er} hiver de l'intelligence artificielle

En 1965, on assiste à une nouvelle percée dans le domaine de l'intelligence artificielle. Joseph Weizenbaum, un informaticien, développe le programme informatique « ELIZA ». Ce programme a pour but de remplacer un psychothérapeute lors d'entretiens thérapeutiques avec des patients. La création de ce programme est un évènement important, car il s'agit du premier programme à réussir le test de Turing. Pour autant, cette expérimentation ne fonctionne que quelques minutes. (2)

Au cours des années 1960, on observe l'apparition progressive de l'intelligence artificielle au sein de la culture populaire. C'est le cas notamment dans la saga littéraire de science fiction « Dune » écrite par Frank Herbert dès 1965. Dans cette saga, les machines pensantes douées d'intelligence artificielle vont affronter les humains.

Au cinéma, on peut citer le film « 2001, l'Odyssée de l'Espace » de Stanley Kubrick sorti en 1968 et dans lequel on peut y voir l'ordinateur intelligent HAL (Figure 3) capable de piloter un vaisseau spatial. (2)



Figure 3 : HAL 9000 (« 2001, l'Odyssée de l'Espace ») (7)

A la fin de cette décennie, une période de crise arrive pour l'intelligence artificielle. La recherche et les investissements diminuent drastiquement du fait de la désillusion causée par le manque d'avancées et de progrès dans le domaine. A cette même époque, les premières critiques sur l'intelligence artificielle émergent également. Cette période est qualifiée de « premier hiver de l'IA ».

1.3) Nouvel essor et second hiver de l'IA

Dans les années 1980, les investissements dans l'intelligence artificielle repartent à la hausse. Les projets de recherche sont nombreux ; c'est l'époque des « systèmes experts ». On cherche désormais à développer des machines capables d'effectuer les mêmes analyses qu'un être humain dans un domaine spécifique, comme un diagnostic médical. On va également retrouver ces systèmes experts dans la finance ou encore dans la détection de fraudes aux cartes bancaires.

En revanche, à la fin de la décennie, une nouvelle période de crise commence, en raison notamment de l'émergence des ordinateurs personnels. Cette nouvelle technologie incite les investisseurs à prioriser leurs financements dans l'informatique conventionnelle plutôt que dans l'intelligence artificielle. Cette période constitue le « second hiver de l'IA ».

1.4) L'IA à l'aube du 21^{ème} siècle

Ce n'est que dans les années 90 que l'intelligence artificielle reviendra sur le devant de la scène, stimulée par les progrès de l'informatique et le début de l'ère du « big data ».

En 1996, on assiste à un évènement pivot dans l'histoire de l'intelligence artificielle. Un match d'échecs est organisé entre Garry Kasparov, champion du monde reconnu comme grand maître international, et Deep Blue, un ordinateur conçu par la société IBM. L'affrontement entre l'humain et la machine se fait en 6 parties et voit Kasparov sortir vainqueur de ce duel sur le score de 4-2. L'année suivante, un nouveau match a lieu (Figure 4) et cette fois-ci Deeper Blue, une version évoluée du précédent programme, sort vainqueur sur le score de 3,5-2,5. La victoire peut être nuancée car sur l'une des parties, l'ordinateur a joué un coup qui a complètement déstabilisé Kasparov. En effet, il sera révélé plus tard que ce coup était en réalité un bug et non une stratégie de l'ordinateur. Il est difficile de déterminer à quel point ce coup a pu influencer l'issue du match, mais la victoire a bien été attribuée à Deeper Blue.



Figure 4 : match entre Garry Kasparov et Deeper Blue (1997) (8)

Cette période va être marquée par l'essor progressif du Deep Learning grâce à des chercheurs tels que Yann LeCun (chercheur en intelligence artificielle et considéré comme l'un des inventeurs du Deep Learning), qui contribuent aux avancées dans la reconnaissance d'écriture et d'image.

Quelques années plus tard, l'intelligence artificielle fait de nouveau parler d'elle par le biais d'un programme appelé « Watson ». Ce programme créé par IBM réussit à remporter le jeu de culture générale « Jeopardy ! ».

En 2016, Google met au point le logiciel « AlphaGo » dont l'objectif est de jouer au jeu de go face à des adversaires humains. Le programme acquiert une certaine notoriété lorsqu'on le met à l'épreuve face au champion du monde du jeu de go Lee Sedol (Figure 5). Au terme d'un match en 5 manches, Lee Sedol s'incline sur un score de 4-1 en faveur du logiciel. Il y a donc un réel progrès et de grandes avancées permises par le Deep Learning qui à ce stade a déjà fait ses preuves.



Figure 5 : match entre Lee Sedol et AlphaGo (2016) (9)

2) L'intelligence artificielle actuellement

2.1) Qu'est ce que l'intelligence artificielle ?

Si l'on doit introduire l'IA (Intelligence Artificielle) qui est un domaine très vaste, la première chose à faire est d'en donner une définition. Selon la CNIL, (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés), (10) l'intelligence artificielle est « un procédé logique et automatisé reposant généralement sur un algorithme et en mesure de réaliser des tâches bien définies ». Cette définition peut être complétée par celle du Parlement Européen qui dit que « constitue une intelligence artificielle tout outil utilisé par une machine afin de reproduire des comportements liés aux humains, tels que le raisonnement, la planification et la créativité » (11). Cette définition sera certainement élargie en raison des progrès récents de l'IA.

Ainsi, tout système mettant en œuvre des mécanismes qui tend à reproduire les capacités humaines peut être qualifié d'intelligence artificielle. Cette intelligence artificielle se divise en différentes catégories selon la tâche qui lui est attribuée et son degré de performance.

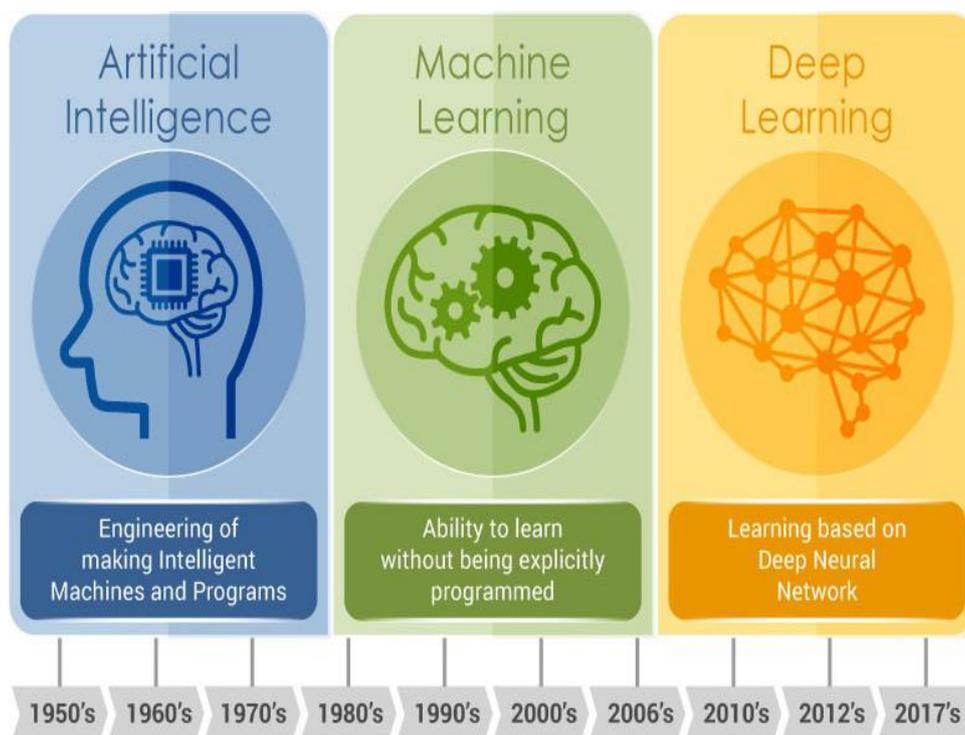


Figure 6 : évolution de l'intelligence artificielle (12)

Pour commencer, on peut parler d'IA basique ou symbolique, il s'agit d'une IA qui va essentiellement exécuter les ordres qu'on lui donne. Avec les progrès de l'IA on parle aujourd'hui de Machine Learning et de Deep Learning (Figure 6).

Le Machine Learning (13) peut se définir comme un sous domaine de l'IA (Figure 7) où un algorithme apprend à réaliser des tâches sur la base d'une phase d'apprentissage avec des données d'entrée connues et des données de sortie attendues. Puis l'algorithme sera déployé dans le secteur que l'on souhaite une fois opérationnel. Un des exemples de machine learning est celui de « cluster ». Il consiste en une discrimination des données afin de créer des groupes homogènes. Le programme est entraîné sur la base de certains critères de sélection et fera la répartition en fonction de ceux-ci. Ce type de programme n'apprend pas par lui-même. Si l'on soumet des données pour lesquelles il n'y a pas eu d'entraînement, il n'effectuera pas la tâche correctement. Il faudra donc de nouveau faire passer l'algorithme par une phase d'entraînement pour traiter ces données. Parmi les deux types de données à disposition (structurées et non structurées), on utilisera plus souvent des données organisées sous un format prédéfini. Ces données sont issues de sources différentes, mais organisées de manière claire, généralement sous forme de tableau (exemple : âge, poids, IMC...). L'apprentissage à partir de ces données permet, à terme, de créer des modèles prédictifs en fonction de ce que l'on cherche à obtenir (14). L'algorithme apprend sur la base de données qu'on lui donne et continue d'apprendre en fonction de ce que l'on souhaite intégrer. Si on reprend le « cluster » cité précédemment, il y a de nombreux exemples de ses applications que l'on peut citer mais la plus évidente est la reconnaissance d'image (15). On peut, par exemple, créer un algorithme capable de distinguer des images d'hommes et de femmes après y avoir été entraîné grâce à une banque d'images.

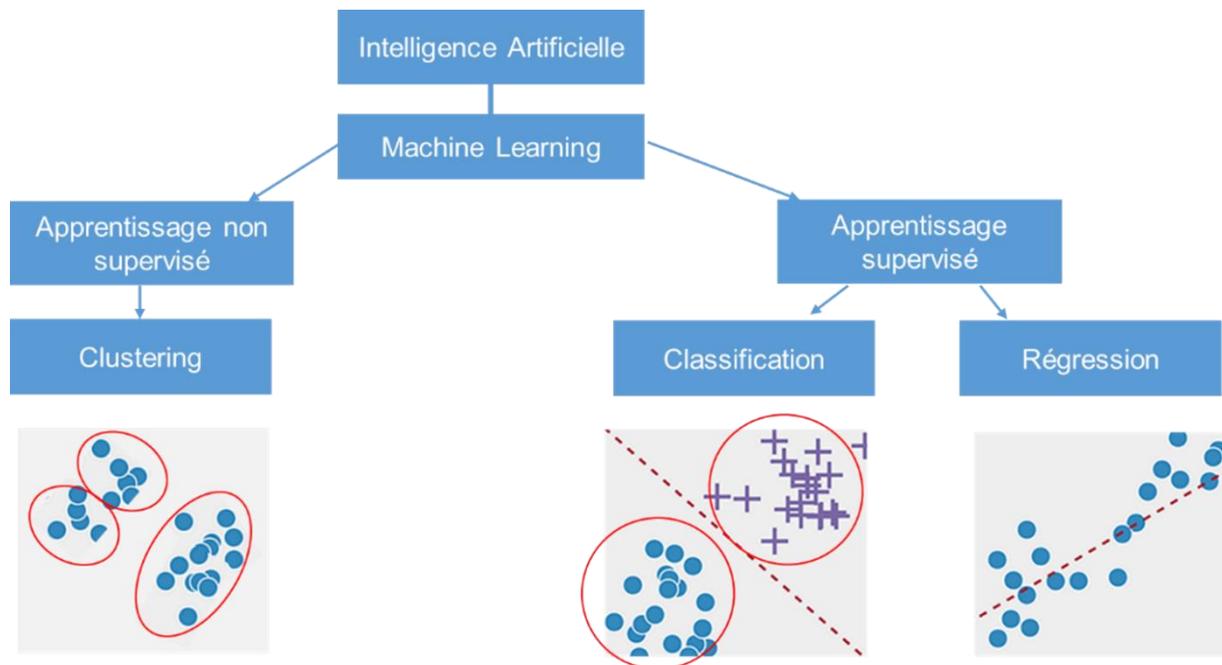


Figure 7 : fonctionnement du Machine Learning (16)

Le Deep Learning (17), quant à lui, est fondé sur un modèle reproduisant artificiellement l'organisation des neurones humains (Figure 8) lui procurant des capacités d'apprentissage décuplées. Ce sont des algorithmes extrêmement puissants qui nécessitent de grandes quantités de données, bien supérieures à celles du Machine Learning lors de la phase d'entraînement. Un réseau de neurones artificiels est conçu, afin de pouvoir prendre des décisions à la manière du cerveau humain. On peut le concevoir comme une forme évoluée de Machine Learning (18) (Figure 9). Pour en donner une représentation plus visuelle, on peut le voir comme un mille feuilles, où chaque couche est un algorithme et l'organisation de ces algorithmes aboutit au réseau neuronal. A la différence du Machine Learning, le Deep Learning intègre un grand nombre de paramètres avec cotation (système de notation à points). Dans l'éventualité où l'algorithme se tromperait, il intégrerait alors l'erreur et s'en servirait pour modifier les paramètres afin d'arriver au bon résultat. Un tel système va pouvoir se nourrir de données différentes de celles utilisées pour le machine learning. Dans ce cas, il est tout à fait possible d'utiliser des données non structurées. Ces dernières n'ont par principe aucune définition ; elles peuvent provenir de n'importe quelle source et être de toute taille ou format (exemple : vidéos,

photos, fichiers audios, texte, graphique...) (14). Par conséquent, il faut de plus grandes capacités d'analyse, permettant ainsi d'obtenir en échange des outils prédictifs plus performants.

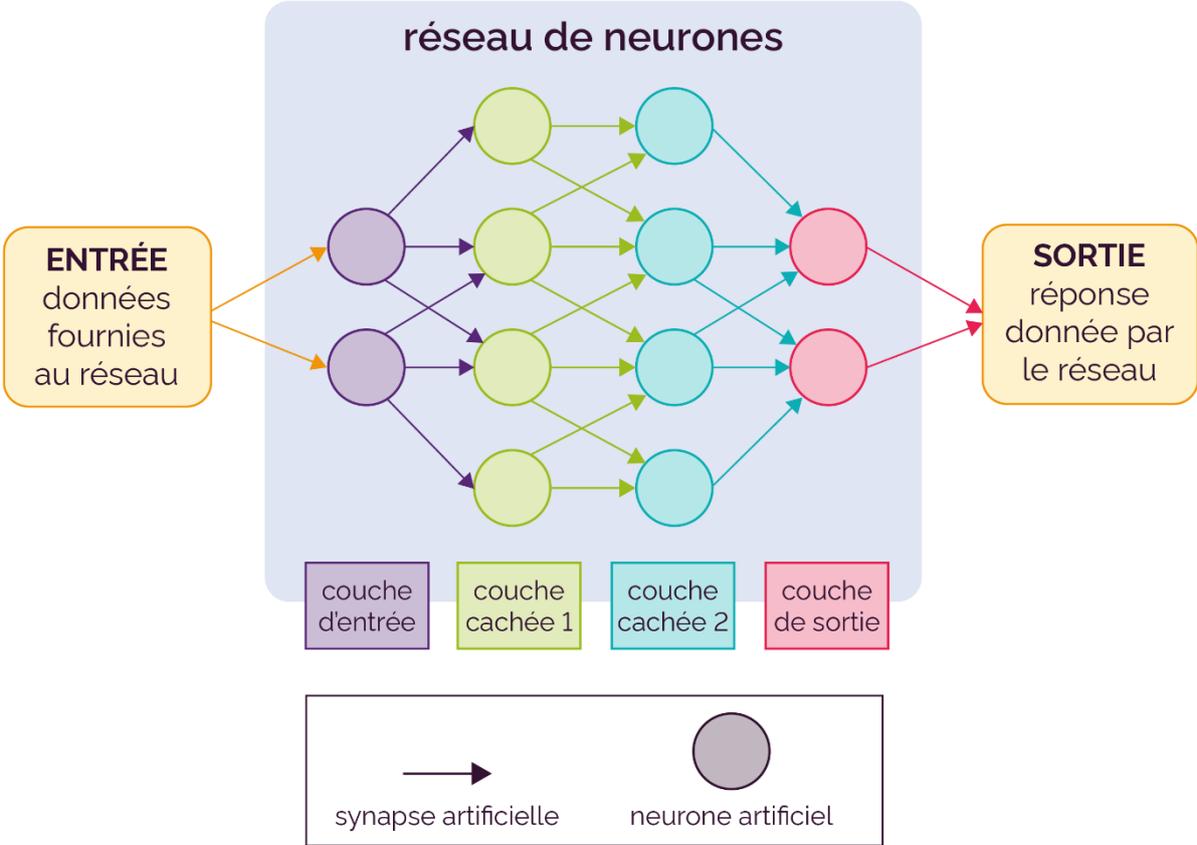


Figure 8 : fonctionnement du Deep Learning (19)

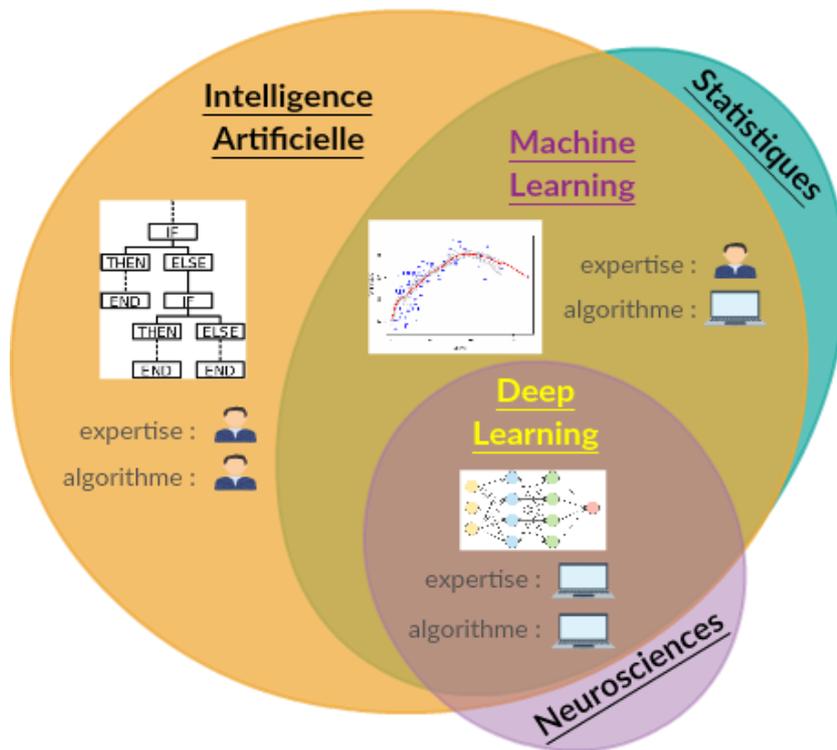


Figure 9 : schéma intelligence artificielle (12)

Le Deep Learning et les algorithmes qui le composent sont à l'origine des percées les plus impressionnantes de ces dernières années dans le domaine de l'IA.

Bien que l'on parle de plus en plus d'intelligence artificielle ces derniers temps, il est important de préciser que l'IA n'est pas une création récente et qu'on la retrouve même dans notre vie quotidienne (20). On peut citer quelques exemple d'utilisations de l'IA au quotidien (Figure 10) :

- Les achats en ligne et la publicité : lorsque l'on fait des recherches sur des sites en ligne, il n'est pas rare de se voir proposer ensuite des publicités très ciblées, sur les réseaux sociaux par exemple. Des systèmes d'IA ont analysé le comportement de l'utilisateur en ligne afin de faire les recommandations les plus pertinentes.
- La traduction automatique : lorsque l'on utilise des outils afin de traduire une langue, qu'elle soit écrite ou parlée, c'est en général une IA qui fournit la traduction, tout en essayant de l'améliorer sans cesse.

- Maisons connectées : certaines grandes entreprises ont créé des assistants virtuels qui permettent d'avoir accès à un certain nombre de configurations au sein d'une maison, ou encore de la contrôler à distance.
- La cybersécurité : l'utilisation de plus en plus grand public de l'IA génère de grandes failles de sécurité, comme la création d'images photoréalistes, ou encore la création d'enregistrements audios avec des voix trafiquées. D'un autre côté, l'IA peut être utilisée pour prévenir ces dérives ; on l'utilise également pour détecter et combattre d'éventuelles cyberattaques ou d'autres menaces.

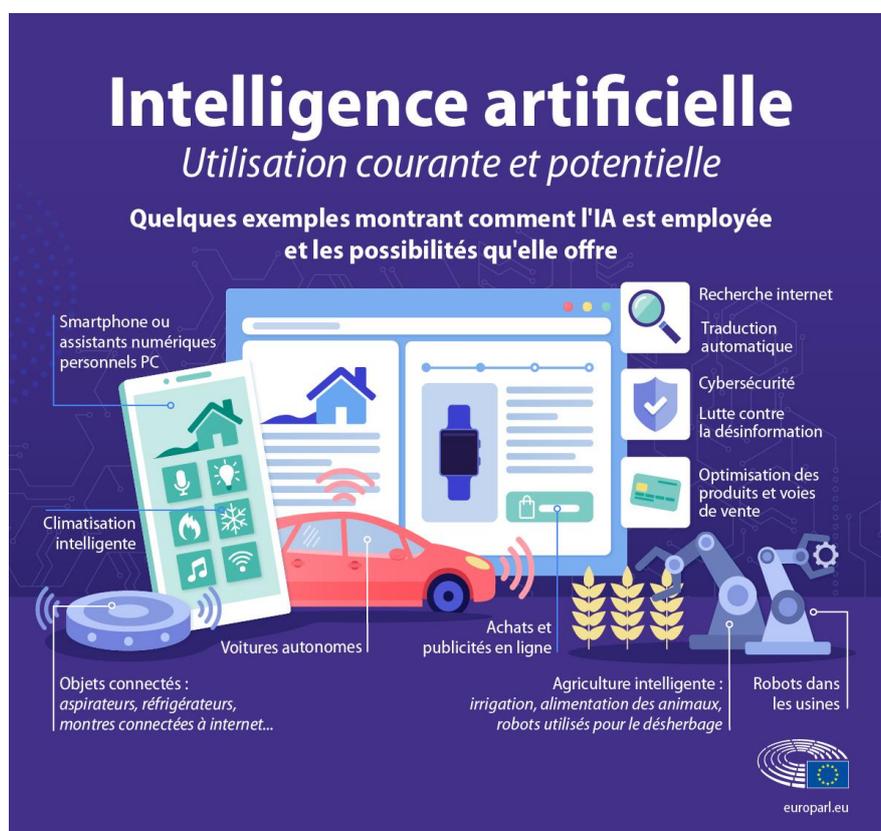


Figure 10 : exemples d'utilisation de l'intelligence artificielle dans la vie quotidienne (21)

2.2) L'IA de nos jours

Le Deep Learning connaît un véritable essor avec des programmes de plus en plus performants. On peut citer le programme de reconnaissance faciale de Facebook, Deepface. Aujourd'hui, il égale presque les performances humaines (22). L'intelligence artificielle occupe une place de plus en plus importante dans nos vies, parfois même sans que l'on ne s'en doute. On retrouve aujourd'hui de l'IA dans les voitures autonomes, les suggestions de nos moteurs de recherche voire même dans la traduction de conversations en simultané comme vu précédemment.

Plus récemment, l'intelligence artificielle s'est retrouvée au cœur de l'actualité et est devenue un véritable sujet de société avec son évolution accrue. En 2022, un logiciel fait sensation, « ChatGPT », conçu par l'entreprise OpenAI. Il est à l'origine d'une révolution dans le monde numérique et sur Internet par sa capacité à répondre à des questions complexes comme à dialoguer. Son utilisation massive pour tous types d'usage en a fait un véritable phénomène. C'est toujours le cas, notamment avec ses nombreuses versions améliorées. Suivant l'arrivée de ChatGPT, d'autres logiciels ont été dévoilés, en particulier dans les domaines tels que la vidéo (technologie deepfake), du graphisme et du dessin (DALL-E) ainsi que la musique (possibilité de recréer la voix d'un artiste via un logiciel d'intelligence artificielle).

En mars 2023, une tribune signée par plus de 1000 experts, dont Elon Musk (fondateur de Tesla et SpaceX), appelle à une pause dans la course au développement de l'intelligence artificielle, évoquant des « risques majeurs pour l'humanité ».

2.3) Utilisation actuelle de l'intelligence artificielle en santé

2.3.1) Détection précoce des maladies

L'intelligence artificielle croît dans le domaine de la santé. L'ère du Deep Learning dans laquelle nous évoluons amène toutes sortes d'applications au service des patients comme des professionnels de santé. On peut tout d'abord citer l'exploitation de l'intelligence artificielle dans la détection précoce des maladies (23).

Si on s'intéresse à la cardiologie, il existe aujourd'hui des appareils connectés qui sont capables de monitorer le rythme cardiaque et l'ECG (Electrocardiogramme) d'un patient. En ce sens, il sera possible de diagnostiquer plus tôt certaines affections cardiaques encore silencieuses. C'est d'ailleurs tout le principe d'un projet européen nommé MAESTRIA (24). Ce projet, initié en 2021 et coordonné par la Sorbonne, a pour sujet la FA (Fibrillation Auriculaire) et l'AVC (Accident Vasculaire Cérébral), deux enjeux majeurs en termes de santé publique au sein de l'UE (Union Européenne). MAESTRIA s'articule autour d'un consortium de cliniciens, de scientifiques et d'industriels pharmaceutiques à la pointe de la recherche et des soins médicaux sur les sujets précédemment cités. L'objectif, pour permettre au plus tôt la détection de ces pathologies, est donc de créer et de fournir des outils numériques multiparamétriques, fondés sur une nouvelle génération de biomarqueurs. Ils intégreront des mégadonnées issues de l'imagerie de pointe, d'électrocardiographie et des technologies omiques traitées par l'IA.

Dans un autre domaine, l'oncologie et plus précisément dans le cancer du sein, des projets importants sont apparus. Récemment, un groupe d'imagerie médicale de Dijon (25) s'est vu doté d'un logiciel d'IA (ProFound AI développé par la société iCAD), pour fournir un diagnostic complémentaire dans le dépistage du cancer du sein. Il est fondé sur le principe du Deep learning évoqué précédemment. Il s'appuie sur des millions de clichés documentés de mammographies lui permettant une analyse de précision des images qu'on lui présente. Il parvient à identifier des lésions peu visibles, ce qui permet d'attirer

l'attention du radiologue sur la zone concernée (Figure 11). Le groupe d'imagerie médicale évoque aussi son utilisation dans les radiographies de fractures et la détection de nodules pulmonaires au scanner.

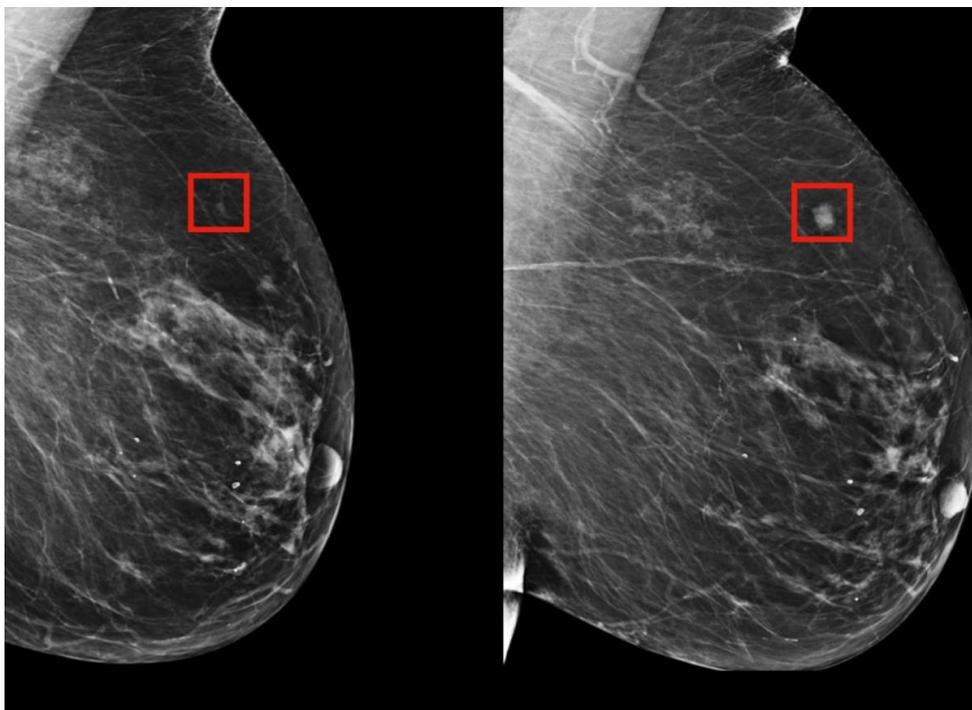


Figure 11 : algorithme élaboré par le MIT capable d'identifier une femme à haut risque de cancer du sein (à gauche) quatre ans avant l'apparition de lésions (à droite) (26)

2.3.2) Aide au diagnostic

En dermatologie, l'intelligence artificielle est employée pour l'aide au diagnostic via des images analysées par la technologie Deep Learning (27). Dans ce cas de figure, c'est devenu possible grâce à la compilation d'images au sein de bases de données internationales et publiques. C'est une première application en dermatologie, afin de poser un diagnostic sûr, mais elle reste limitée à certains types de lésions. Cet outil est pour l'instant utilisé à titre expérimental et il est important de rappeler qu'il n'a pas pour but de remplacer l'avis médical mais de fournir une aide au diagnostic.

En 2022, l'Institut Curie et l'entreprise Ibex Medical Analytics ont conduit une étude sur un outil à base d'IA dans pour le diagnostic sur des biopsies mammaires (28). Elle s'est révélée concluante et les résultats ont été publiés

dans un article dans la revue NPJ Breast Cancer (29). L'article mentionne que sur l'ensemble des biopsies analysées, l'outil d'IA a réussi à identifier des cancers que les médecins n'avaient pas vus. C'est donc une preuve de son efficacité et de son utilité en clinique dans l'aide au diagnostic (30).

2.3.3) Utilisation dans la chirurgie

Aujourd'hui, le recours à l'utilisation de l'intelligence artificielle au sein des blocs opératoires, pour certaines opérations chirurgicales, connaît des avancées. La recherche sur ce sujet progresse à grands pas avec déjà plusieurs centaines d'articles publiés chaque année sur le sujet et dans tous les domaines chirurgicaux. L'intelligence artificielle est un outil pouvant aider à mener à bien une procédure chirurgicale, on l'envisage d'abord comme un outil capable de digérer et traiter la grande quantité de data générée lors de chaque opération et qui aujourd'hui n'est pas ou peu utilisée (31). L'intelligence artificielle peut avoir des applications à toutes les étapes de la chirurgie. Elle peut en effet servir à compiler un grand nombre d'informations telles que des articles scientifiques et les dernières recommandations, afin que l'opération se déroule sous les meilleurs standards possibles. Durant l'opération, son utilisation repose essentiellement sur le traitement de données en temps réel, par exemple sur des constantes vitales ou encore des retours sur les gestes opératoires effectués en temps réel, afin d'optimiser le déroulement de l'acte chirurgical. Après l'opération, on peut continuer de surveiller les patients durant la période post-opératoire et également l'utiliser dans le contrôle qualité (Figure 12). L'intelligence artificielle peut aussi avoir une utilité dans la formation des chirurgiens par le biais notamment des programmes de formation en réalité virtuelle associés une intelligence artificielle intégrée.

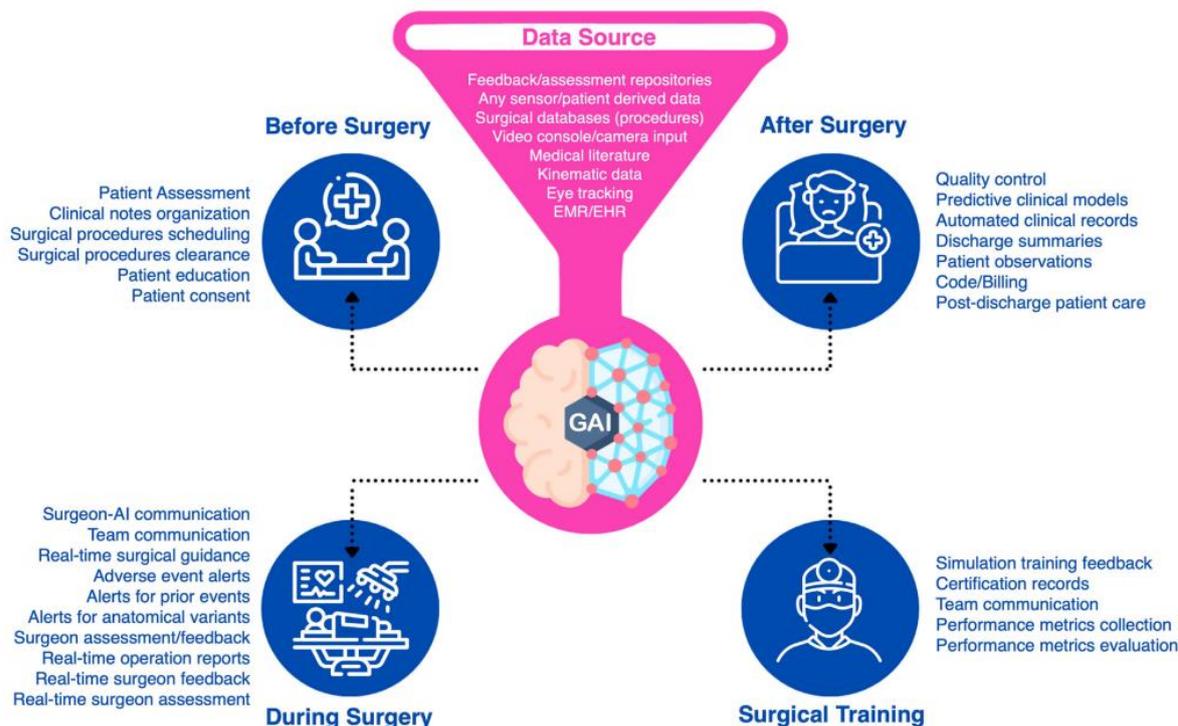


Figure 12 : Application de l'intelligence artificielle en chirurgie (32)

2.3.4) Utilisation hospitalière

L'IA a déjà franchi les portes de certains services de pharmacie hospitalière. C'est le cas de la plateforme PharmIA qui est, une aide à l'analyse des prescriptions médicales destinées aux soignants (33). Elle contribue à renforcer la sécurité du patient, que ce soit lors de l'étape d'analyse de l'ordonnance ou lors de la délivrance de médicaments, par le pharmacien en lui apportant une aide précieuse sur ces aspects du métier.

En 2011, l'IGAS (Inspection Générale des Affaires Sociales) a émis un rapport relevant les chiffres suivants (34) :

- 1 EIG (Effet Indésirable Grave) sur 2 est évitable ;
- 38000 à 72000 EIG évitables imputables aux médicaments surviennent lors d'une hospitalisation ;
- 10000 à 30000 sont attribués à une erreur médicamenteuse chaque année en France.

Ces chiffres ne concernent que le monde hospitalier et montrent déjà l'intérêt d'une telle plateforme. Ces innovations sont d'autant plus nécessaires compte tenu du fait de l'augmentation toujours plus importante du nombre des ordonnances, en raison du vieillissement de la population. PharmaIA a reçu son marquage CE en 2021 et est depuis utilisée au CH (Centre Hospitalier) de Valenciennes.

Toutefois, ces logiciels ne sont que la partie visible du potentiel de l'intelligence artificielle. L'enjeu dans les années à venir, est d'équiper les professionnels de santé avec des outils permettant d'optimiser leurs pratiques quotidiennes. L'intelligence artificielle a les capacités de traiter (analyser, compiler, trier...) toutes les données disponibles, ce qui représenterait un gain de temps considérable pour replacer l'homme sur des tâches à forte valeurs ajoutée.

III) Intelligence artificielle et pharmacie d'officine

1) La pharmacie d'officine

Avant d'évoquer la pharmacie actuelle et sa place dans le système de santé, il paraît judicieux de revenir sur ses origines et quelques points clés de son histoire

1.1) Histoire de l'officine

Tout d'abord, d'un point de vue étymologique, le mot « pharmacie » trouve son origine selon les historiens dans l'Égypte ancienne avec le terme « Pheretmaki (35) qui signifie « celui dont les prescriptions protègent ». Ce même terme sera à l'origine du mot « Pharmakon » signifiant à la fois « poison et remède » (36). L'histoire de la pharmacie pourrait en effet presque remonter jusqu'aux origines de l'humanité. On trouve des traces de retranscription de traitements remontant plusieurs milliers d'années avant notre époque (Figure 13). Certaines pratiques découvertes par des archéologues témoignent d'une connaissance déjà étendue de certains remèdes (essentiellement des plantes).

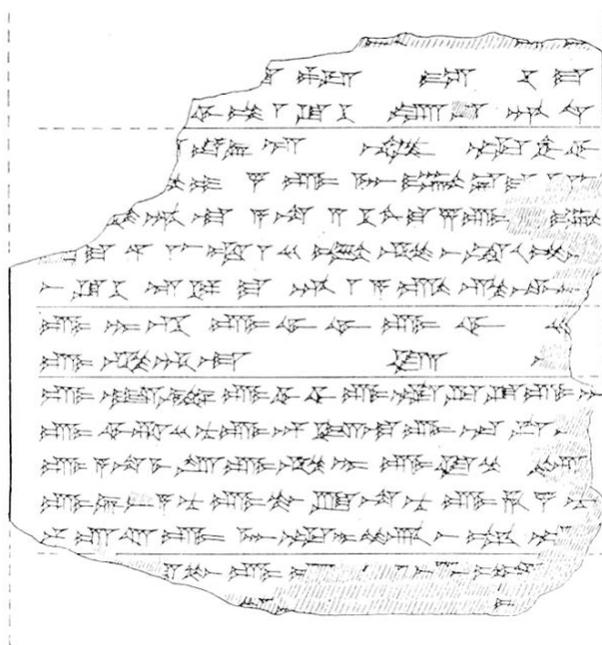


Figure 13 : Tablette babylonienne mentionnant la formule d'une potion utilisée contre les morsures de serpents et comportant 13 drogues associées (37)

Depuis son origine, la pharmacie a toujours été pratiquée conjointement à la médecine, et ce jusqu'à la séparation des deux disciplines au cours du XIII^{ème} siècle. Avant, celui qui pratiquait la médecine pratiquait également la pharmacie en préparant les médicaments qu'il avait prescrits (38). On peut par exemple mentionner un nom bien connu des pharmaciens, celui de Galien. Il s'agit d'un médecin grec ayant vécu entre 131 et 201 et reconnu pour ses nombreux traités de médecine, de philosophie ou encore d'éthique. Il s'est inspiré des théories d'Hippocrate sur les quatre éléments fondamentaux (air, terre, eau et feu) pour développer sa propre doctrine médicale, le galénisme. Sa thérapeutique est plus axée sur la prescription de remèdes (notamment des plantes médicinales) que sur la chirurgie (39). C'est d'ailleurs son nom que porte le serment prêté par les pharmaciens à la fin de leurs études.

Si l'on avance un peu dans le temps, jusqu'à la fin du XII^{ème} siècle et au début du XIII^{ème} siècle, les historiens s'accordent à dire qu'avant cette période il n'existait a priori pas d'apothicairerie (vient du latin *apotec* signifiant boutique, lieu de dépôt) exerçant en tant qu'officine en Europe. Les apothicaires sont donc tout d'abord des marchands spécialisés dans la vente de substances et autres matières premières destinées à la préparation des médicaments. Un changement s'opère en août 1484 lorsque le roi Charles VII ratifie un édit intitulé « *Édit concernant l'exercice de la profession d'apothicaire à Paris et les privilèges de corporation, chef d'œuvre et apprentissage* » indiquant que les apothicaires bénéficient dès lors du régime des corporations, et par là-même interdit aux épiciers d'exercer le métier d'apothicaire (40).

En avançant encore un peu plus dans le temps, un autre événement important arrive à la fin du XVIII^{ème} siècle. La Déclaration royale du 25 avril 1777 sépare les métiers d'apothicaires de celui d'épiciers alors regroupés dans la même corporation ; la préparation et la vente des drogues deviennent ainsi la spécialité des apothicaires, auxiliaires des médecins. La pharmacie est alors reconnue comme un « art précieux à l'humanité ». A la suite de cette déclaration, la corporation des apothicaires devient le « Collège de Pharmacie », et détermine les droits et les devoirs des futurs « Maitres en Pharmacie » (41).

Quelques années plus tard, après la fin de la période révolutionnaire, une nouvelle loi va de nouveau changer la façon d'exercer l'art de la pharmacie. Cette loi sera conservée jusqu'à l'aube de la seconde guerre mondiale, il s'agit de la loi du 21 Germinal an XI¹. Elle est à l'origine de la période moderne de la pharmacie (42). Cette loi applicable à l'ensemble du territoire français instaure dès lors un examen national et officiel afin de devenir pharmacien. Il existait deux voies afin d'exercer la profession. Le premier parcours demandait d'exercer 8 ans dans une officine avant de passer devant un jury départemental pour obtenir la qualification. La particularité de ce parcours était que le pharmacien diplômé ne pouvait s'installer que dans le département où il avait suivi sa formation. Il devenait alors un « pharmacien de seconde classe ». Le second parcours, plus court, était divisé en 2 étapes. L'apprenti commençait par exercer 3 ans en officine puis suivait un cursus de 3 années supplémentaires en école de pharmacie. L'apprenti se voyait alors décerner le diplôme de « pharmacien de 1^{ère} classe » (Figure 14) avec un avantage attaché au diplôme, celui de pouvoir s'installer à un endroit souhaité sur l'ensemble du territoire français. Il existait donc à une époque deux classes différentes de pharmaciens. Ces titres de « classe » n'ont été attribués qu'à partir de 1854, avant de tout simplement disparaître en 1898 (43). La loi décide la création de 6 écoles afin de suivre le cursus des études pharmaceutiques. Les premières écoles sont celles de Paris, Montpellier et Strasbourg, toutes trois créées en 1903.

¹ 11 avril 1803.



Figure 14 : pharmacie BRUN à Montélimar avec mention « 1^{ère} classe » sur la devanture (44)

Quelques années après la publication de la loi de 1803, un autre moment clé de l'histoire de la pharmacie française est celui de la publication du Codex Medicamentarius ou Pharmacopée Française en 1816. La création de cet ouvrage était préconisée par l'article 38 de la loi du 21 Germinal an XI. Il s'agit donc d'un ouvrage officiel que tout pharmacien doit posséder au sein de son officine avec également l'obligation de s'y conformer. Il se compose de différentes parties telles que celle consacrée aux produits à usage pharmaceutique ou celle comprenant les recettes officielles. La 1^{ère} édition sera intégralement rédigée en latin et les suivantes le seront en français. Aujourd'hui, l'édition en vigueur porte le numéro 11.

Au début du XX^e siècle, la profession fait face à de nombreux problèmes concernant notamment la distribution des médicaments et plus généralement sur les produits de santé. En dépit des lois mises en place près d'un siècle plus tôt, on remarque « une multiplication anarchique du nombre d'officines, une faible vérification des capacités à exercer, l'usage de prête-noms, du colportage sans titre de plantes médicinales, des libertés prises dans la réalisation des préparations médicamenteuses ou encore une guerre des rabais », ce qui

montre de fait l'insuffisance de la loi de 1803. L'ensemble de ces dérives appelle donc à revoir l'ensemble des principes et lois qui encadrent l'exercice de la profession de pharmacien. Suivant cette volonté de restructuration l'AGSPF (Association Générale des Syndicats Pharmaceutiques de France) créée à la fin du XIXème siècle, émet l'idée de la constitution d'un ordre professionnel, dont l'objectif premier serait d'assurer l'application de la déontologie dans l'exercice de la profession. En France, à cette époque, il existe déjà des ordres professionnels, comme celui des avocats créé en 1897. Une proposition de loi est déposée le 7 février 1939 à la Chambre des députés puis au Sénat, avant l'organisation d'un référendum, au cours duquel les pharmaciens confirment à la grande majorité le souhait de voir s'établir un ordre pour leur profession. Cependant, le début de la seconde guerre mondiale lors du mois de septembre de la même année entrainera une suspension de la proposition.

Avec le début de la guerre et l'instauration du régime de Vichy, on assiste à la création du Conseil supérieur de la pharmacie en 1940. La structure de cette nouvelle organisation diffère de celle souhaitée par la profession lors du dépôt de projet de loi. Ici le conseil supérieur de la pharmacie coordonne des chambres départementales et des conseils régionaux. En plus de leurs prérogatives, ces conseils régionaux remplacent les syndicats désormais interdits. Il est important de noter la faible représentation de pharmaciens au sein de ces conseils, car les membres y siégeant ne sont pas élus mais nommés par les autorités administratives.

A la fin de la guerre, une ordonnance émise par le Gouvernement provisoire en date du 5 mai 1945 supprime le Conseil supérieur de la pharmacie au motif que cette organisation est « dénuée de légitimité démocratique et détournée de la seule vocation qui aurait dû être la sienne : la défense de la santé publique et des patients, à travers les principes de compétence et de bon exercice ». Cette même ordonnance reprend le projet de l'AGSPF et crée par la même l'Ordre national des pharmaciens. Le premier président de l'Ordre sera Augustin DAMIENS (Figure 15), qui fut l'un des grands défenseurs de la création de ce dernier.

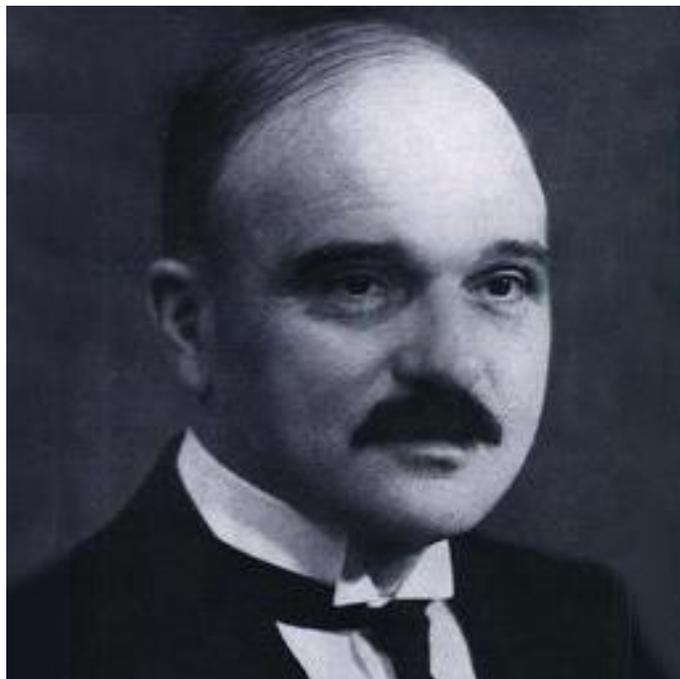


Figure 15 : photo d'Augustin DAMIENS (Président de l'Ordre des pharmaciens 1945-1946) (45)

On remarque donc que l'histoire de la pharmacie est une longue succession d'évolution et de révolutions. En partant de ce constat là il est possible d'imaginer que l'intelligence artificielle soit la prochaine révolution pour la pharmacie d'officine avec l'émergence du pharmacien 2.0

1.2) La pratique officinale actuelle

1.2.1) Quelques chiffres

Au cours de l'année 2022, on compte 20 142 officines en France métropolitaine selon le CNOP (Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens). Sur la même année, on recense 73 795 pharmaciens inscrits au CNOP dont 70% travaillent en officine ; ce nombre comprend les pharmaciens titulaires et adjoints (46). Sur l'année 2022, 24 913 sont inscrits à la section A (pharmaciens titulaires d'officine) et 28 496 inscrits à la section D (pharmaciens adjoints d'officines). Avec environ 68 millions d'habitants en France en 2022, on dénombre donc 30,5 officines pour 100 000 habitants sur cette période. Ce nombre d'officines pour 100 000 habitants est en baisse depuis plusieurs années ; en 2012 il y avait 34 officines pour 100 000 habitants.

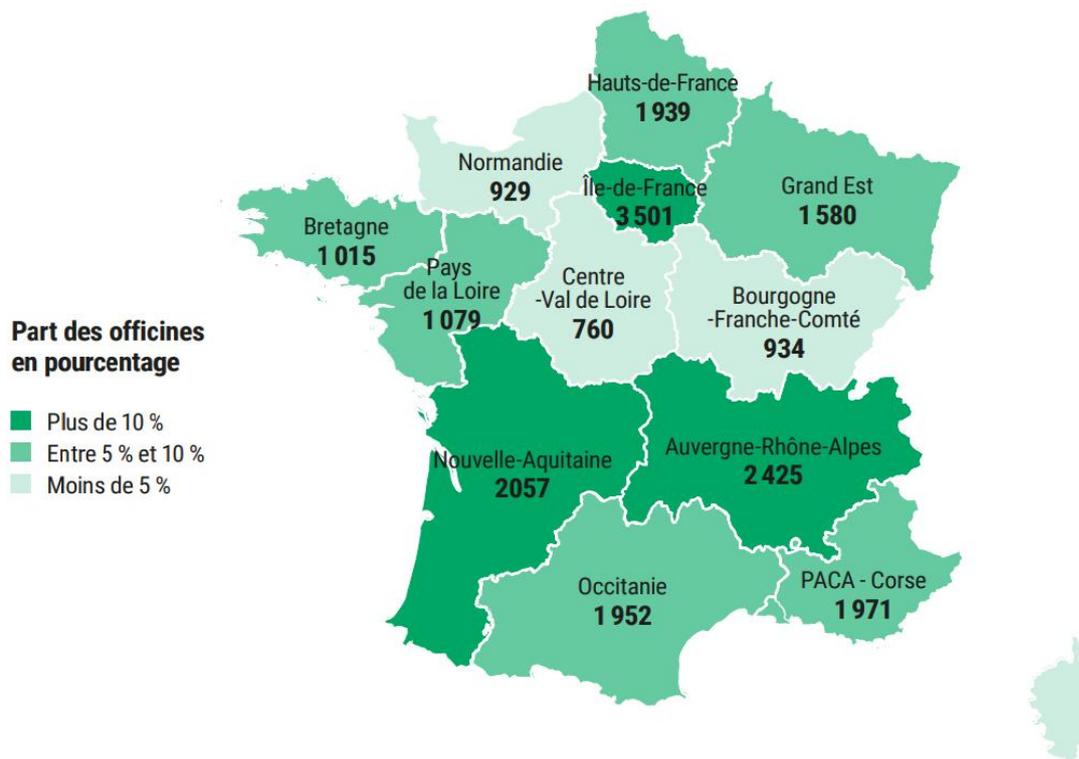


Figure 16 : répartition des officines en France métropolitaine (2022) (47)

La région la moins dotée en officine est le Centre-Val de Loire avec 760 officines (soit 3,8% du total) et celle qui en a le plus est la région Ile de France avec 3501 officines (soit 17,4% du total) selon le panorama 2022 de la démographie des pharmaciens (Figure 16) édité par l'ordre national des pharmaciens (48). En dépit de ces disparités qui paraissent importantes d'une région à une autre, la distance moyenne de la pharmacie la plus proche est estimée à 3,8km. Le nombre important d'officines autorise un maillage territorial efficace et ainsi un accès aux soins équitable tant en métropole qu'en outre-mer. Toujours en 2022, il est indiqué que 68% des départements français bénéficient de la présence de plus de 30 officines sur leur territoire. Cependant, il est important de mettre en avant d'autres chiffres, notamment en ce qui concerne la fermeture des officines. Dans le panorama 2022, il est indiqué que 211 officines ont fermé sur le territoire français contre 220 en 2021. Ces chiffres ne concernent pas uniquement des cessations d'activité suivies d'une fermeture définitive de l'officine. En effet, depuis quelques années, le réseau officinal opère une mutation et se restructure. Les fermetures peuvent être dues à des

regroupements, par exemple deux officines décident de fermer leurs portes puis de fusionner afin d'en ouvrir une plus grande. Cela peut aussi être le cas lors de la fermeture d'une officine avec restitution de la licence à l'ARS (Agence Régionale de Santé) qui peut être indemnisée ou non en fonction du texte de loi appliqué. Et il est aussi fait mention des liquidations judiciaires comme motif de fermeture d'une officine.

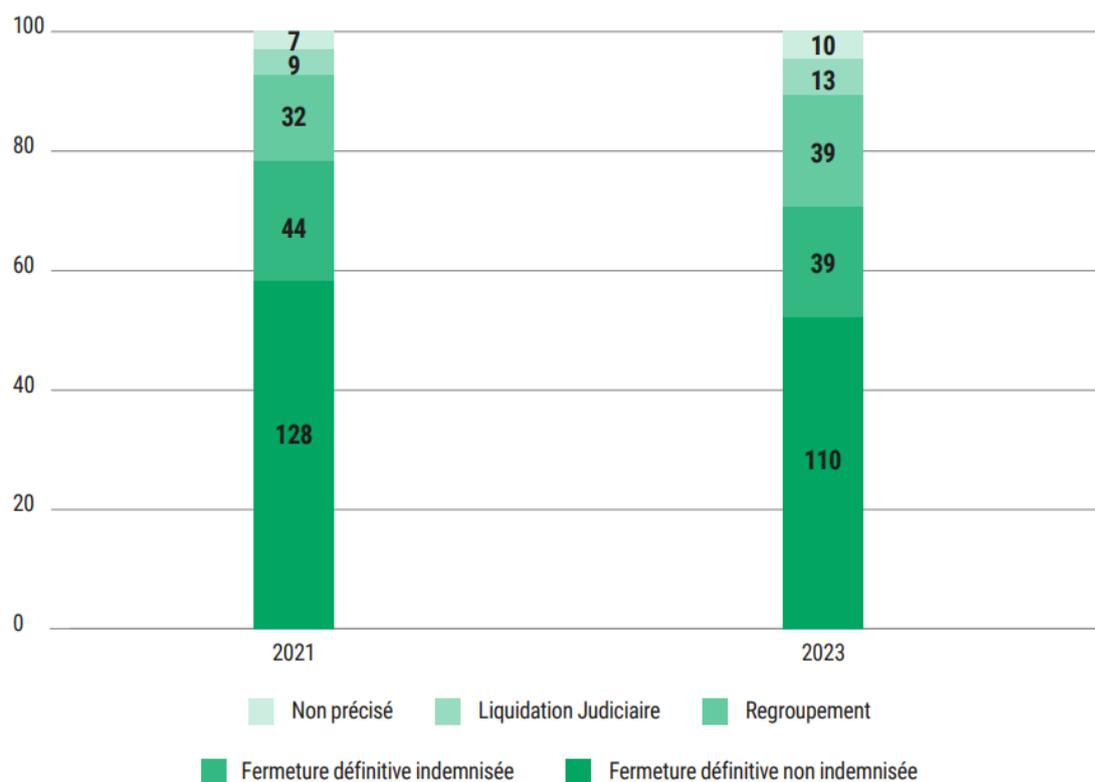


Figure 17 : répartition des modes de fermeture (47)

On remarque que sur les deux années concernées les fermetures définitives indemnisées sont le mode de fermeture le plus présent, car elles représentent plus de 50% des fermetures d'officines. Les fermetures définitives non indemnisées et les regroupements, quant à eux, représentent entre 15 et 20% des fermetures d'officine (Figure 17)

Ces chiffres permettent de mieux comprendre la place qu'occupe la pharmacie d'officine au sein du système de santé en France. Pour élargir cette compréhension, il est également important de connaître la structure et le fonctionnement d'une officine.

1.2.2) Composition

Avant d'aborder la composition et la structure de la pharmacie, il apparaît important de préciser qu'il existe une multitude de professions regroupées sous l'étiquette « pharmacien ». En effet l'Ordre des pharmaciens qui régit la profession est composé de 7 sections différentes :

- Section A : Pharmacien titulaire d'officine
- Section B : Pharmacien de l'industrie
- Section C : Pharmacien de la distribution en gros
- Section D : Pharmacien adjoint d'officine et autres exercices
- Section E : Pharmacien des départements et collectivités d'outre-mer
- Section G : Pharmacien biologiste médical
- Section H : Pharmacien des établissements de santé ou médicosociaux et des services d'incendie et de secours (49).

La pharmacie d'officine regroupe donc les sections A, D et E, en fonction de son implantation sur le territoire français.

Une officine se compose donc de différentes parties et personnels. L'équipe officinale se compose d'un pharmacien titulaire qui est le responsable de la pharmacie, avec donc un rôle à la fois de pharmacien et de chef d'entreprise (50). Le pharmacien titulaire d'officine exerce des responsabilités qui sont propres à sa fonction telles que la supervision du personnel (recrutement, emploi du temps, congés...), la gestion financière et le respect des normes réglementaires pour son officine (préparatoire pharmaceutique, locaux adaptés, qualité...). Il est généralement secondé par des pharmaciens adjoints qu'il doit engager à partir d'un certain chiffre d'affaires de l'officine (Figure 18). Le pharmacien adjoint tout comme le titulaire délivrent les médicaments au comptoir et prodiguent des conseils aux patients. Le pharmacien adjoint peut également remplacer le titulaire en cas d'absence de celui-ci. Il peut également se voir déléguer certaines responsabilités comme celle de gérer les relations avec un laboratoire. C'est le pharmacien adjoint qui pour un laboratoire va recevoir le commercial et ensuite en discuter avec le titulaire pour voir la suite à donner à cette réunion.

Chiffres d'affaires annuel de l'officine	Nombre de pharmaciens adjoints
De 1 300 000€ HT à 2 600 000€ HT	1 pharmacien adjoint
De 2 600 000€ HT à 3 900 000€ HT	2 pharmaciens adjoints
De 3 900 000€ HT à 5 200 000€ HT	3 pharmaciens adjoints
De 5 200 000€ HT à 6 500 000€ HT	4 pharmaciens adjoints
De 6 500 000€ HT à 7 800 000€ HT	5 pharmaciens adjoints
Au-delà, par tranche de 1 300 000€ HT supplémentaires	1 pharmacien adjoint supplémentaire par tranche

Figure 18 : nombre de pharmaciens adjoints par tranche de chiffres d'affaires de l'officine (51)

Dans l'équipe officinale, on retrouve également les préparateurs et les préparatrices en pharmacie qui sont eux aussi à même de dispenser les médicaments et donner des conseils sous le contrôle effectif des pharmaciens de l'officine, car ce sont les pharmaciens qui sont responsables. Les préparateurs et préparatrices en pharmacie passent un brevet professionnel en 2 ans pour exercer leur profession, avec 1 an supplémentaire pour intégrer le milieu hospitalier.

Des étudiants en pharmacie peuvent aussi venir compléter l'équipe officinale. En effet, les étudiants ayant validé leur 2^{ème} année ou DFGSP1 (Diplôme de Formation Générale en Sciences Pharmaceutiques 1) ainsi que leur stage d'initiation officinale peuvent travailler dans une officine dès leur inscription en 3^{ème} année (52).

1.2.3) Structure

Tout en étant considérée comme un « commerce », une officine a une structure particulière et ce peu importe sa superficie. Il y a un certain nombre de règles à respecter lors de l'agencement et de l'aménagement d'une officine. Les bonnes pratiques de dispensation sont un ensemble de règles permettant le bon déroulement de l'activité pharmaceutique, et donc l'apport d'un service de haute qualité pour les patients. L'exemple le plus parlant est la nécessité de disposer d'un espace de confidentialité dans lequel le pharmacien peut recevoir isolément des patients, permettant ainsi d'avoir un échange en toute confidentialité (53).

Une officine peut donc se diviser en deux parties, l'une étant accessible au public et l'autre non. La partie accessible au public comprend donc une zone délimitée pour la patientèle où l'on retrouve la plupart des produits disponibles sans ordonnance, ainsi que la zone avec les comptoirs pour la dispensation des médicaments. L'espace de confidentialité cité précédemment est également dans cette partie accessible au public.

Dans la partie non accessible au public, on retrouve le préparatoire pharmaceutique, une armoire ou un local de sécurité pour le stockage de tous les produits stupéfiants, ainsi qu'une zone de stockage pour les médicaments non utilisés. Il faut aussi mentionner que les produits se trouvant derrière les comptoirs (produits OTC – Over The Counter), même s'ils sont disponibles en accès direct (une prescription médicale n'est pas nécessaire pour les obtenir) ne sont pas accessibles en libre service (52).

2) Perspectives de l'IA en officine

L'utilisation de l'intelligence artificielle en officine à l'heure actuelle est assez restreinte voire non existante. Cependant, l'idée de l'intelligence artificielle intégrée à l'officine émerge peu à peu et les innovations récentes et futures lui permettront peut être de pousser les portes des officines. Dans cette partie nous verrons dans quelle mesure ce nouvel outil technologique pourrait s'inscrire dans la pratique officinale actuelle, avec les apports qu'elle amènerait et aussi les inconvénients.

2.1) Sécurité de l'officine

Un domaine où l'on constate déjà une utilisation de l'intelligence artificielle en pharmacie est la sécurité. Ce n'est pas une utilisation généralisée, cependant, le contexte actuel conduit à envisager cette possibilité déjà mise en application dans certaines pharmacies en France. En effet, l'insécurité au sein des pharmacies d'officine constitue une problématique grandissante. Dans son bilan 2022 (54), le Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens recense pas moins de 366 agressions (verbales, physiques ou vols) dont 355 agressions en pharmacie d'officine. Le bilan 2023, quant à lui, recense une augmentation de 30% des agressions par rapport à 2022 avec 475 agressions notifiées (soit plus d'une agression par jour) à l'Ordre des pharmaciens, ce qui met en évidence un problème dont il faut prendre toute la mesure (55). Si l'on prend des chiffres un peu plus anciens comme ceux de 2018, on se rend compte que le nombre d'agressions a quasiment doublé en 5 ans. Selon Carine WOLF-THAL (présidente du Conseil national de l'Ordre des pharmaciens), 40 agressions ont été déclarées par mois durant l'année 2023 (56). Bien évidemment, ce chiffre pourrait être plus élevé, car certaines agressions et/ou des vols peuvent ne pas être déclarés.

Si l'on prend l'exemple de la région Hauts de France, le problème est bien présent, avec par exemple une pharmacie qui a dû fermer ses portes le dimanche car l'effectif était réduit et les vols se multipliaient. Pour avoir un ordre

d'idée de la perte de chiffres d'affaires que représentent ces vols, le président du conseil des pharmaciens des Hauts de France avance le chiffre de 24000 à 40000 € de pertes par an et par pharmacie, ce qui correspond environ au salaire d'un employé (57).

Sur la base de ces chiffres il faut voir ce qu'il est possible de faire pour contrer ces phénomènes qui ne font que s'accroître, afin de pouvoir travailler en toute sécurité. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle peut aider à améliorer la sécurité au sein des pharmacies d'officine. C'est notamment le cas via des logiciels de vidéosurveillance boostés par l'intelligence artificielle.

L'utilisation de l'intelligence artificielle au sein de la pharmacie est devenue une réalité pour palier les problèmes de vols à l'étalage. Certaines pharmacies sont désormais équipées d'un réseau de caméras connectées à un serveur avec un logiciel d'intelligence artificielle ; c'est le cas du logiciel VEESION, qui permet de détecter des comportements suspects dans l'officine et va prévenir via un système de messagerie le titulaire de l'officine (Figure 19). Il utilise les dernières avancées du deep learning et permet un taux de détection de 99% des gestes suspects selon l'entreprise (58). Sans être mentionné, on a pu apercevoir l'utilisation du logiciel au mois de mai 2024 lors d'un journal télévisé. Il y est fait mention de l'intelligence artificielle pour contrer le phénomène des vols à l'étalage. Le reportage rapporte le cas d'une pharmacie de l'Ain où lors d'un vol, le logiciel a prévenu instantanément le titulaire permettant à celui-ci d'intercepter le voleur avant même qu'il ne quitte l'officine et permettant de sauver 1000€ de produits (59).

Il est d'ailleurs important de noter que cette utilisation de l'intelligence artificielle est remise en cause par un certain nombre de personnes qui en questionnent la légalité. En effet, la société Veesion qui commercialise cette application de surveillance évolue dans un flou juridique que la CNIL avait déjà évoqué en 2023, puis confirmé en adressant un courrier de non-conformité aux RGPD (Règlement Général de Protection des Données) à l'entreprise le 6 juin 2024 (60). L'entreprise a intenté un référé sur ce sujet qui a été rejeté par le conseil d'Etat en juillet 2024, au motif que l'entreprise ne rentre pas dans le cadre légal pour traiter des images de vidéosurveillance via un algorithme, ce

qui est autorisé à titre expérimental et ce pour « assurer la sécurité de manifestations sportives, récréatives ou culturelles qui, par l'ampleur de leur fréquentation ou par leurs circonstances, sont particulièrement exposées à des risques d'actes de terrorisme ou d'atteintes graves à la sécurité des personnes », ce qui n'est pas le cas de l'entreprise Veesion (61). Il y donc encore un certain nombre de paliers à franchir avant une utilisation de l'intelligence artificielle alliée à la vidéosurveillance en officine et dans d'autres secteurs.



Figure 19 : image de vidéosurveillance avec le logiciel VEESION (62)

2.2) Gestion des stocks à l'officine

Le gestion des stocks de médicaments et des autres produits en officine est l'un des aspects les plus importants du métier. Le pharmacien d'officine doit s'assurer dans la mesure du possible de disposer d'un stock nécessaire, afin de pouvoir délivrer les médicaments à sa clientèle. L'ensemble des pharmacies françaises sont approvisionnées par des grossistes répartiteurs qui

doivent livrer rapidement les commandes des pharmacies une à deux fois par jour en fonction des officines. Il existe de nombreux entrepôts à travers la France avec le stock nécessaire de médicaments et autres produits pouvant être rapidement livrés aux officines environnantes. Certains produits sont parfois commandés juste avant midi et arrivent en début d'après-midi à l'officine.

Depuis quelques années, on assiste à un changement notable dans la gestion des stocks en officine car les simples tiroirs dans lesquels les médicaments étaient rangés, laissent maintenant place à des robots dans un certain nombre d'officines. Les robots utilisés en officine (Figure 20) apportent déjà de nombreux changements, par exemple un gain de temps, il suffit de taper le nom des médicaments sur le LGO (Logiciel de Gestion Officinale) afin de faire arriver les boîtes dont on a besoin. En termes de rangement, il fallait auparavant scanner le datamatrix de chaque boîte afin de les rentrer en stock, ce qui n'est plus le cas maintenant avec les robots qui pour certains détectent automatiquement les datamatrix et range les boîtes par la suite.

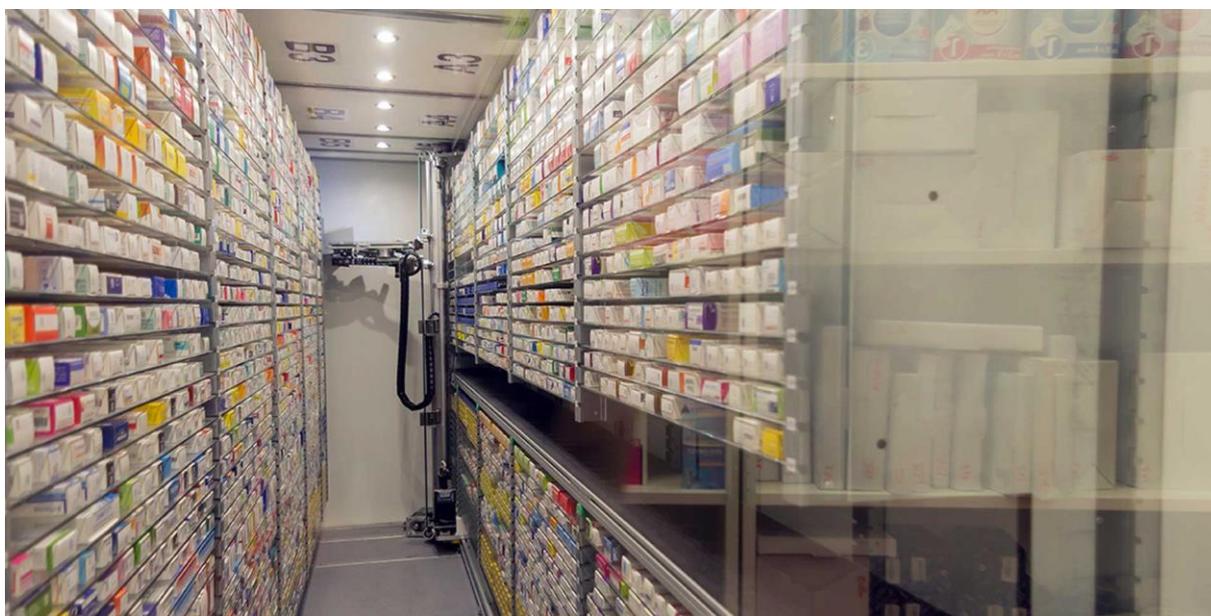


Figure 20 : photo de l'intérieur d'un robot officinal (63)

Même on constate déjà une certaine évolution, il existe d'autres problématiques liées aux stocks de médicaments en officine. Les défis sont quotidiens. Il faut en effet principalement éviter les ruptures sur les médicaments essentiels, même en dehors des périodes de manque de certaines références sur le territoire. Il est de surcroît difficile de prévoir les quantités dont on a besoin. Par ailleurs, il faut également éviter le surstockage de médicaments qui peut être responsable de la rupture de certaines références. Dans un second temps, cela génère d'autres problématiques comme les dates de péremption dépassées, entraînant une perte financière plus ou moins élevée en fonction de la quantité de produits périmés. Et tous les invendus deviennent de fait du capital immobilisé.

Il existe tout un ensemble de problèmes pouvant être liés à la rupture de stocks de certains médicaments. L'officine se situe à la toute fin de ce qu'on appelle la supply chain. Cette expression anglophone désigne l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Il existe un grand nombre d'étapes avant qu'un médicament puisse arriver dans les tiroirs d'une officine. Un incident dans ce parcours, et plus particulièrement dans la partie logistique, peut amener à des ruptures sur certaines références car il y a de nombreux points de vulnérabilité dans ce système d'approvisionnement (Figure 21).

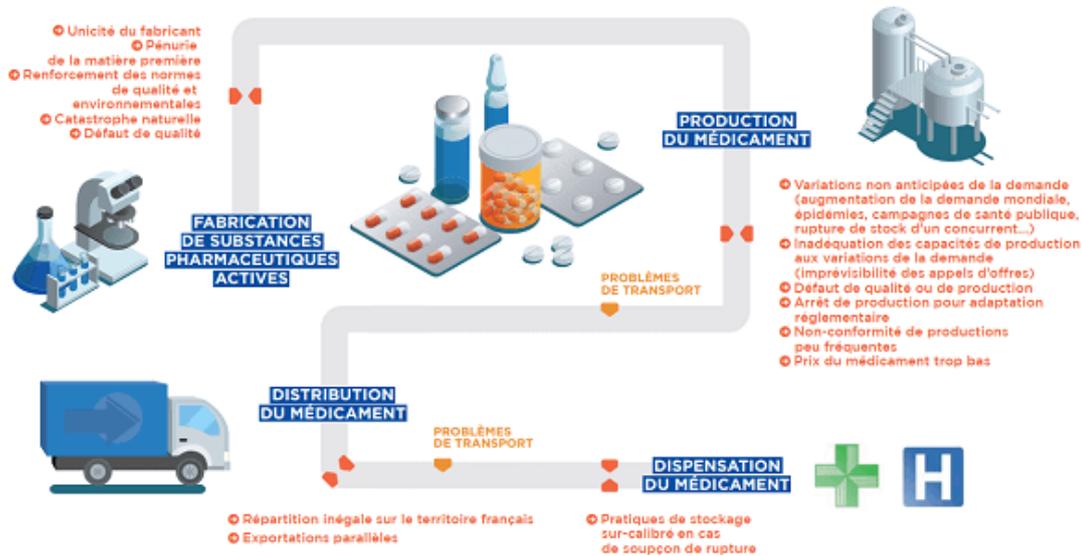


Figure 21 : vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement du médicament (64)

Dans ce cadre, et plus particulièrement dans un contexte de rupture comme celui qui perdure aujourd'hui avec près de 5000 références en rupture au mois de mai 2024 (65) selon Arnaud VERDENET (responsable du syndicat USPO, Doubs), il apparaît important d'optimiser la gestion des stocks. L'intelligence artificielle pourrait être une solution à ce problème. Ainsi, il serait intéressant de faire une analyse globale de la gestion des stocks. Tout ce qui a trait à ce secteur au sein de l'officine est un ensemble de données concernant les marchandises achetées et vendues, l'historique de chaque produit vendu par mois ou encore pour l'année entière, également les niveaux de stocks. L'utilisation de l'IA au sein de la supply chain existe déjà. C'est le cas au sein d'un centre logistique de l'entreprise Schneider Electric. Ce site utilise un outil interne d'IA afin de gérer les stocks permettant d'anticiper des pics de demande et ainsi garantir la livraison à leur clients (66).

Il serait alors possible d'envisager un algorithme utilisant l'intelligence artificielle, qui pourrait analyser l'ensemble des données liées à la gestion des stocks. Cet algorithme devrait alors être entraîné sur le concept du machine learning, en lui fournissant un maximum de données de grande qualité.

L'algorithme apprendrait alors de manière automatique grâce à des données structurées (ex : tableau des ventes, nombre d'unités en stock, nombre de commandes par mois...) pour pouvoir à terme être en mesure de proposer des modèles prédictifs en vue d'une gestion optimisée des stocks.

L'objectif serait donc d'établir par exemple les besoins en médicaments en fonction de la saison (différence des prescriptions entre hiver et été) ou d'évènements imprévus (produits en tensions, arrêt de commercialisation...). Les bénéfices pourraient être multiples avec notamment un gain en efficacité sur la gestion même des stocks, une optimisation dans les commandes de médicaments en fonction des saisons, une diminution des produits périmés et du surstockage conduisant à des économies (67).

2.3) L'IA et les tâches administratives

Le métier de pharmacien d'officine ne peut s'exercer sans passer par un certain nombre de tâches administratives qui pour certaines sont très chronophages. Ces tâches peuvent être la gestion du courrier et des emails, la gestion des dossiers patients, le suivi de la facturation et des remboursements, coordination entre les différents services de la pharmacie ou encore la composition des emplois du temps du personnel. L'intelligence artificielle pourrait être un outil de taille, pour gérer ces tâches administratives. Les pharmaciens pourraient ainsi travailler sur des sujets à plus forte valeur ajoutée comme les entretiens pour les femmes enceintes, les entretiens pour les patients asthmatiques et sous anticoagulants, les TRODs, et certains dépistages.

Pour aider dans ces tâches administratives, on peut penser à des outils comme ChatGPT. Il s'agit d'un agent conversationnel (chatbot) doté d'intelligence artificielle et développé par la société OpenAI. ChatGPT est défini comme un LLM (Large Language Model), c'est-à-dire un modèle de langage qui possède généralement au moins un milliard de paramètres. Il fonctionne grâce à un réseau de neurones artificiels profonds (68). ChatGPT n'a donc pas pour seule vocation à être utilisé pour son côté chatbot mais plutôt pour d'autres facettes de ses capacités. En effet grâce à cet outil, il est tout fait possible

d'envisager la gestion des courriels (hiérarchisation, classification, tri, rappel automatique), la rédaction de rapports (rédaction des bilans d'éducation thérapeutique), l'automatisation de certaines tâches (planification des RDV avec les fournisseurs, des réunions, constitution des emplois du temps) (69). De nombreuses tâches ainsi déléguées permettrait sans aucun doute de gagner du temps et de le consacrer à la pratique officinale. Il ne s'agit bien évidemment pas du seul outil le permettant, de nombreux autres sont d'ores et déjà disponible sur le marché et fonctionnels. Ce champ d'application du métier de pharmacien pourrait peut-être devenir la première porte d'entrée de l'intelligence artificielle au sein des officines.

2.4) Sécurisation de la dispensation

Pour introduire les nouvelles possibilités offertes au sein de la pharmacie d'officine, la sécurisation de la dispensation apparait comme le point central du métier. Chaque année c'est environ 1 milliard de prescriptions qui sont effectuées selon le rapport de la sécurité sociale 2021 (70). Ces prescriptions ne sont pas toutes à destination des pharmaciens, celles concernant par exemple des examens biomédicaux ou du transport en ambulance sont considérées dans ce décompte. Le travail du pharmacien d'officine est donc d'analyser une partie de ces prescriptions afin de délivrer le ou les bons médicaments au bon patient au bon moment, tout en s'assurant de la compréhension par le patient de l'ensemble du traitement. Il y a plusieurs points sur lesquels le pharmacien doit se montrer vigilant, notamment au sujet de la recevabilité de l'ordonnance, c'est-à-dire qu'elle soit rédigée dans les règles de l'art et authentique. D'un autre côté, il faut faire également attention au risque d'interactions médicamenteuses ou encore d'iatrogénie médicamenteuse, afin de s'assurer que les patients puissent suivre leurs traitements sans survenue d'effets indésirables.

Ce travail d'analyse des ordonnances est d'autant plus important de nos jours avec le vieillissement croissant de la population. En effet selon le Tableau de l'économie Edition 2020 de l'INSEE (Institut National des Statistiques et des

Etudes Economiques) (71), la part de la population de plus de 60 ans ne fait qu'augmenter d'année en année (Figure 22) avec 4% de plus entre 2010 et 2020 par exemple.

Il y a donc de nombreuses problématiques en termes de santé publique, notamment la iatrogénie qui se définit comme un « ensemble des conséquences néfastes pour la santé, potentielles ou avérées, résultant de l'intervention médicale (erreurs de diagnostic, prévention ou prescription inadaptée, complications d'un acte thérapeutique) ou de recours aux soins ou de l'utilisation d'un produit de santé » selon le Ministère de la Santé et de l'Accès aux Soins (72). Selon un dossier de presse de l'Assurance Maladie Pays de la Loire paru en mars 2019, l'iatrogénie médicamenteuse représente 130 000 hospitalisations 10 000 décès par an dont 7500 décès chez les plus de 65 ans (73).

Au 1 ^{er} janvier	Moins de 20 ans	20 ans à 59 ans	60 ans ou plus	dont 75 ans ou plus	Ensemble en milliers
France métropolitaine					
1946	29,5	54,5	16,0	3,4	40 125,2
1950	30,1	53,6	16,2	3,8	41 647,3
1960	32,3	51,0	16,7	4,3	45 464,8
1970	33,1	48,8	18,0	4,7	50 528,2
1980	30,6	52,4	17,0	5,7	53 731,4
1990	27,8	53,2	19,0	6,8	56 577,0
2000	25,6	53,8	20,6	7,2	58 858,2
2010	24,5	52,6	22,8	8,9	62 765,2
2014	24,3	51,2	24,4	9,2	64 028,0
2015	24,3	50,8	24,8	9,3	64 300,8
2016	24,3	50,5	25,2	9,3	64 468,8
2017	24,2	50,2	25,6	9,3	64 639,1
2018 (p)	24,0	49,9	26,0	9,4	64 737,8
2019 (p)	23,9	49,7	26,4	9,5	64 822,0
2020 (p)	23,7	49,4	26,9	9,6	64 898,0

Figure 22 : population par groupe d'âge (INSEE) (74)

Dans ce cadre, l'intelligence artificielle pourrait avoir un rôle à jouer afin d'épauler le pharmacien d'officine dans son travail. Aujourd'hui dans certains hôpitaux, un système permettant l'analyse des ordonnances appelé PharmIA est utilisé. Cette plateforme digitale, à usage uniquement hospitalier à l'heure actuelle, a pour objectif de faciliter l'analyse et le contrôle des prescriptions médicales, afin d'éviter la survenue d'évènements iatrogéniques et les situations à risque. Ce dispositif analyse donc les prescriptions relatives à un patient, tout en prenant en compte ses données biologiques, les mesures prises

au lit lors du séjour hospitalier par exemple (75). Les données médicamenteuses sont issues de la base de données Thériaque qui est une banque de données sur l'ensemble des médicaments en France et à destination des professionnels de santé (76).

On peut aussi mentionner l'entreprise Keenturtle et son logiciel PharmaClass dédié à l'analyse des prescriptions. Grâce à l'intelligence artificielle, ce logiciel est à même d'analyser rapidement des ordonnances, de calculer le niveau des risques en se basant sur diverses bases de données (77). Le logiciel va prendre en considération tout un ensemble de paramètres permettant la prise de décisions et les croiser avec les données d'hospitalisation du patient afin de donner la meilleure réponse (Figure 23)

Qu'il s'agisse de PharmAI ou PharmaClass, ces logiciels sont aujourd'hui utilisés par un certain nombre de centres hospitaliers et d'ARS (Agence Régionale de Santé).

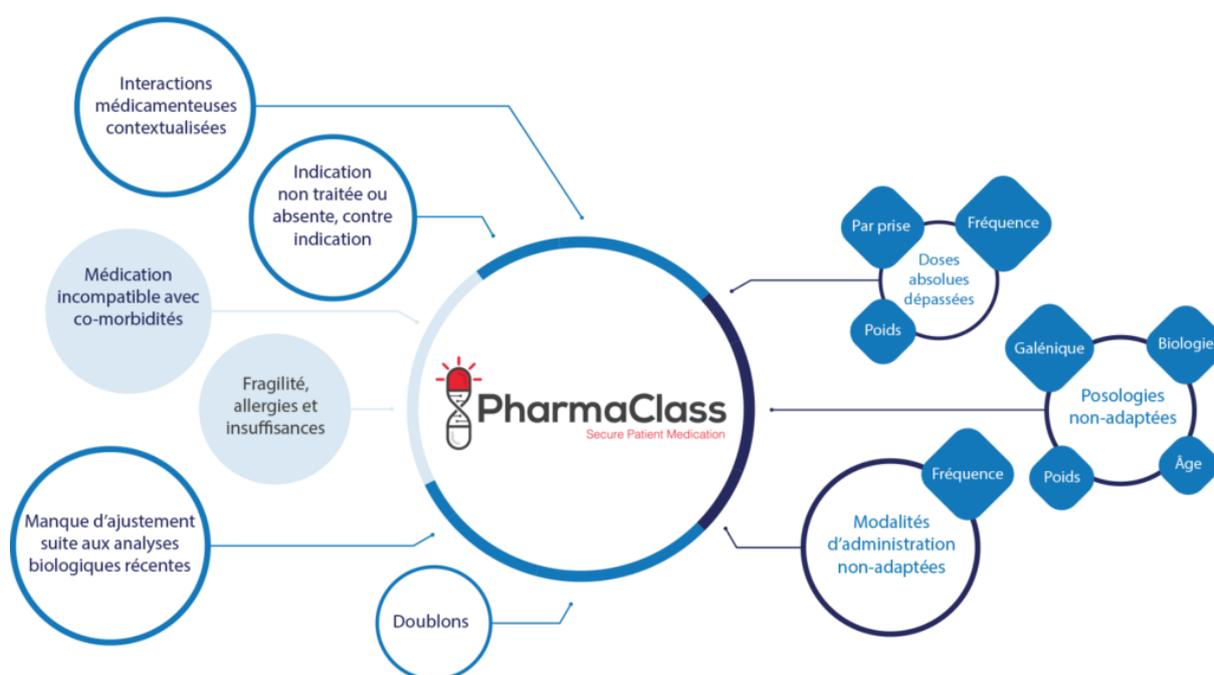


Figure 23 : applications du logiciel PharmaClass (78)

Ce type de logiciels pourrait tout à fait s'inscrire dans la pratique officinale. Par exemple suite au scan de l'ordonnance, une analyse faite par le logiciel d'intelligence artificielle permettrait ainsi de sécuriser la dispensation. Le déploiement d'un tel outil serait plus que bénéfique, compte tenu par exemple des passages réguliers de certains patients dans l'officine. Il faut aussi tenir compte du fait que le DP (Dossier Pharmaceutique) ou la plateforme « Mon Espace Santé » pourrait contenir de nombreux documents comme d'autres ordonnances, des analyses ou des comptes rendus pouvant être utiles à la sécurisation de la dispensation. De nombreux effets positifs pourraient en découler, comme l'amélioration de l'observance ou encore un renforcement du lien ville-hôpital, qui constitue une grande préoccupation du système de santé actuel.

2.5) Authentification des ordonnances

Un autre point important qui pourrait bénéficier de l'intelligence artificielle est l'analyse d'ordonnances, afin de différencier les ordonnances recevables de celles qui ont été falsifiées. Il n'est malheureusement pas rare de voir des fausses ordonnances circuler dans les officines, et ce pour tout type de médicament.



Figure 24 : exemple d'une fausse ordonnance (79)

La plupart du temps, celles-ci sont facilement identifiables mais parfois elles sont plus sophistiquées (Figure 24). L'intelligence artificielle grâce à plusieurs facteurs discriminants pourrait être à même de faire la différence et donc d'aider l'œil humain. Les fausses ordonnances sont un véritable problème, l'Assurance Maladie estime qu'en 2022, le préjudice s'élevait à 7 millions d'euros mais d'après certains experts il pourrait être dix fois plus élevé (80). Ce phénomène s'accroît depuis 2019 avec des fausses ordonnances de plus perfectionnées grâce à des logiciels comme Photoshop par exemple. Aujourd'hui des personnes mal intentionnées proposent de les fabriquer de toutes pièces. En regardant les figures suivantes il est impossible de déterminer

que ces ordonnances sont fausses, seul un appel téléphonique au médecin ou à l'hôpital permettrait de remettre en cause leur véracité.

Avec des fausses ordonnances de plus en plus sophistiquées, il apparaît donc primordial de pallier ce problème. En Île-de-France, l'Assurance maladie a créé une banque de fausses ordonnances nommée ASAFO. Le concept est assez simple : toute fausse ordonnance détectée peut être prise en photo et ajoutée sur le site. Cependant, si l'on est confronté à une ordonnance douteuse et que l'on vérifie son authenticité, il faut alors ouvrir l'intégralité des pièces jointes de l'application ce qui est bien trop fastidieux. La profession attend donc le déploiement de la e-prescription, ce qui rendrait beaucoup plus difficile la conception de fausses ordonnances. Même s'il n'existe pas encore de solution à grande échelle, l'application Ordosafe ouvre quelques perspectives. Créé par Massy BOUHADOUN (pharmacien en Ile de France), ce logiciel facilite la détection des fausses ordonnances et permet d'en faire le signalement le plus rapidement possible à la CNAM (Caisse Nationale d'Assurance Maladie). L'objectif selon son concepteur est donc d'identifier les fraudes et réduire les pertes de temps considérables liées à celles-ci. Il explique le fonctionnement du logiciel de la manière suivante, « Le fonctionnement est simple, on prend l'ordonnance en photo et si elle a déjà été signalée par un autre pharmacien, l'utilisateur en est immédiatement informé. L'algorithme de l'application alimenté par l'IA permet en effet de vérifier l'authenticité de l'ordonnance, de vérifier si le numéro RPPS (Répertoire Partagé des Professionnels de Santé) est le bon, si le numéro FINESS (Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux) est valide... L'application aide le pharmacien à repérer rapidement des anomalies alors qu'aujourd'hui on ne peut rien faire d'autre qu'appeler le médecin » (81). Pour l'instant, ce logiciel n'est actif qu'à un niveau local et utilisé par quelques dizaines de pharmaciens, mais l'objectif pour Massy BOUHADOUN est de convaincre l'Ordre du bien fondé d'une telle application et de trouver les financements afin de pouvoir déployer Ordosafe à plus grande échelle.

L'intelligence artificielle pourrait donc permettre d'aider le pharmacien dans sa pratique quotidienne, notamment dans l'analyse des ordonnances qui aurait a priori comme effet de renforcer la sécurité de la dispensation des médicaments. De plus, un gain de temps et financier considérable pourrait être apporté par l'identification des fausses ordonnances. Cet aspect du métier n'est pas le seul où l'intelligence artificielle pourrait apporter des bénéfices.

2.6) Les données de santé et le suivi des patients

L'émergence de l'intelligence artificielle et son utilisation grandissante dans divers domaines de la société en font un enjeu important pour les prochaines années. L'IA est déjà utilisée dans le domaine de la santé et les perspectives sont plus que nombreuses. Avec elle, le concept de « données massives » ou « big data » a émergé, faisant référence à l'important volume des données collectées aujourd'hui. Selon la CNIL le big data peut se définir ainsi « les ensembles de données traitées correspondant à la définition du big data répondent à trois caractéristiques principales : volume, vitesse et variété » (82). Les données de santé font partie de cet ensemble et sont d'une grande utilité, car leur exploitation permet de poser ou d'affiner un diagnostic, de choisir le traitement optimal pour chaque patient et de l'adapter au besoin. Ces données proviennent de sources diverses et variées telles que « les antécédents médicaux, les maladies, les prestations de soins réalisés, les résultats d'examens, les traitements, ou encore le handicap » (83). Du fait de leur grand nombre, il est parfois difficile d'avoir une vue d'ensemble sur celles-ci, même pour un patient, car les supports sont multiples, que les données soient numérisées ou sur papier. L'enjeu serait donc de pouvoir tout regrouper afin d'obtenir l'analyse la plus précise possible et une synthèse d'appréciation. Dans le contexte de la pharmacie d'officine, cet enjeu trouve un écho car les pharmacies sont un point de passage très important des données de santé, principalement à travers les ordonnances mais également avec tout ce dont les patients peuvent faire part. L'intelligence artificielle pourrait donc avoir un rôle à jouer concernant les données de santé en officine.

La sécurité des données de santé constitue un enjeu de taille. Ces dernières tombent en effet sous la réglementation de nombreux dispositifs, dont le RGPD (Figure 25). Il s'agit d'un règlement qui encadre le traitement des données personnelles sur le territoire de l'Union Européenne (84). Ce règlement européen est complémentaire d'une loi française intitulée « Loi française Informatique et Libertés » datant de 1978. Ce règlement permet aux citoyens de l'Union Européenne de contrôler l'utilisation qui peut être faite de l'ensemble des données les concernant. Le règlement s'applique pour n'importe quelle organisation, qu'elle soit publique ou privée, dès lors que son activité a lieu sur le territoire européen. Il s'applique également pour des projets destinés aux résidents européens en provenance de l'extérieur. Le point important est la sensibilité des données de santé, en regard de leur caractère très personnel. Elles doivent donc faire l'objet d'un traitement dans la plus grande confidentialité et c'est sur quoi le RGPD veille. L'objectif consiste à prévenir toute utilisation frauduleuse ou abusive des données de santé, afin de garantir la protection de celles-ci et leur usage dans les conditions requises par le RGPD.



Figure 25 : RGPD (85)

Une fois l'ensemble de ces conditions posées, on peut imaginer dans quel cadre il serait possible d'avoir accès à ces données au sein de la pharmacie d'officine et ce dans le but d'optimiser la prise en charge des patients. Cela pourrait se faire par une demande directement au patient de pouvoir utiliser certaines de ses données de santé dans le but d'une meilleure prise en charge, afin de ne pas être dans un usage illégal des données de santé. En cas d'accord du patient pour l'utilisation des données et conformément au RGPD, l'officine pourrait disposer d'un algorithme fondé sur un modèle d'intelligence artificielle sécurisé, afin de pouvoir traiter l'ensemble des données de santé qui seraient à disposition. Si cet algorithme était déployé, le pharmacien aurait accès, au sein de son officine, à une base de données recensant les différentes pathologies, les rotations des différents médicaments (en lien avec l'optimisation du stockage) d'un point de vue global. Le fait de disposer d'informations médicales, tels que les bilans biologiques, les examens (exemple : radiographie), les comptes-rendus, les fiches d'urgence liés à une maladie rare, permettraient au pharmacien d'avoir une synthèse personnalisée des données de chaque patient amenant à une prise en charge plus adaptée et optimisée au comptoir.

Même si son utilisation est encore loin d'être une réalité dans les officines, il est possible d'apercevoir ce que l'intelligence artificielle serait en mesure d'apporter au métier de pharmacien d'officine avec les dispositions légales et la capacité à accueillir un tel dispositif.

IV) Enjeux de l'intelligence artificielle (partie commune)

1) Enjeux de sécurité et économiques

L'intelligence artificielle est aujourd'hui en train de prendre une place de plus en plus importante au sein de notre société. Bien que son essor apporte beaucoup de perspectives intéressantes pour le futur dans un grand nombre de domaines, ce même essor suscite aussi des inquiétudes. Depuis son émergence dans notre vie quotidienne, l'intelligence artificielle est sujette à des dérives. Il est important de préciser que l'intelligence artificielle est un terme extrêmement vaste. Il couvre un large panel de technologies allant d'un algorithme de programmation ou de recherche jusqu'aux SALA (Systèmes d'Armes Létales Autonomes) (86). Il apparaît donc nécessaire d'avoir une réglementation qui permette d'encadrer au mieux ces concepts, afin d'en avoir l'utilisation la plus vertueuse et la plus sécurisée possible.

1.1) Enjeux de sécurité : le deepfake

Concernant les dérives pouvant survenir aujourd'hui, on peut parler des deepfakes qui ont plusieurs fois été mentionnés ces derniers mois. Le mot deepfake peut être traduit en français par le mot « hyper-trucage » et consiste à créer des vidéos, des photos, voire des fichiers audio, grâce à de l'intelligence artificielle. Si à l'origine son recours s'effectuait à des fins humoristiques, les usages abusifs ont conduit à des dérives regrettables

En mars 2022, une vidéo du président ukrainien Volodymyr Zelensky demandant à son peuple de déposer les armes et arrêter les combats a été diffusée sur une chaîne d'informations qui avait été piratée ainsi que sur la quasi-totalité des réseaux sociaux avant que l'information ne soit démentie (87). Ci-dessous un comparatif montre la différence entre l'image générée artificiellement et la réalité (Figure 29). Bien qu'il apparaisse facile d'identifier la fausse image, ce procédé reste extrêmement dangereux compte tenu des progrès fulgurants de l'intelligence artificielle sur des périodes assez courtes.

Un autre fait divers lié à l'utilisation de deepfake survenu en 2019 et concernant Nancy Pelosi (présidente de la chambre des représentants des Etats-Unis) a eu un fort retentissement. La vidéo trafiquée avait pour but de la faire passer pour ivre lors d'un discours (88). Cette vidéo a été partagée massivement sur les réseaux sociaux, lui permettant de cumuler plus de vingt millions de vues contre moins d'un million pour l'originale. L'information a bien évidemment été rapidement démentie, mais il n'en reste pas moins inquiétant de voir les effets que peuvent avoir une vidéo trafiquée, couplée à un partage massif sur les réseaux sociaux.



Figure 26 : comparatif des images du président Volodymyr Zelensky (à droite : l'image truquée, à gauche : l'image réelle) (89)

Pour aller un peu plus loin sur le sujet des deepfakes, on remarque que leur utilisation ne cesse d'augmenter. On peut le constater en regardant le rapport sur les tentatives de fraude de l'entreprise SUMSUB (entreprise spécialisée dans la vérification d'identité et la détection de fraudes (90)) qui dévoile qu'entre 2022 et 2023, il a été observé, dans certains pays, une augmentation de plus de 4000% de cas de fraudes (Figure 27) par l'utilisation de la technologie deepfake (91). Si, ici, on ne parle que des tentatives de fraudes, on sait que le deepfake peut être utilisé dans un bon nombre d'autres domaines. Il peut donc y avoir des problèmes de sécurité, particulièrement pour les industries qui sont souvent sujettes à des tentatives de fraude, alors que le phénomène ne fait que s'amplifier. Les secteurs les plus touchés sont les

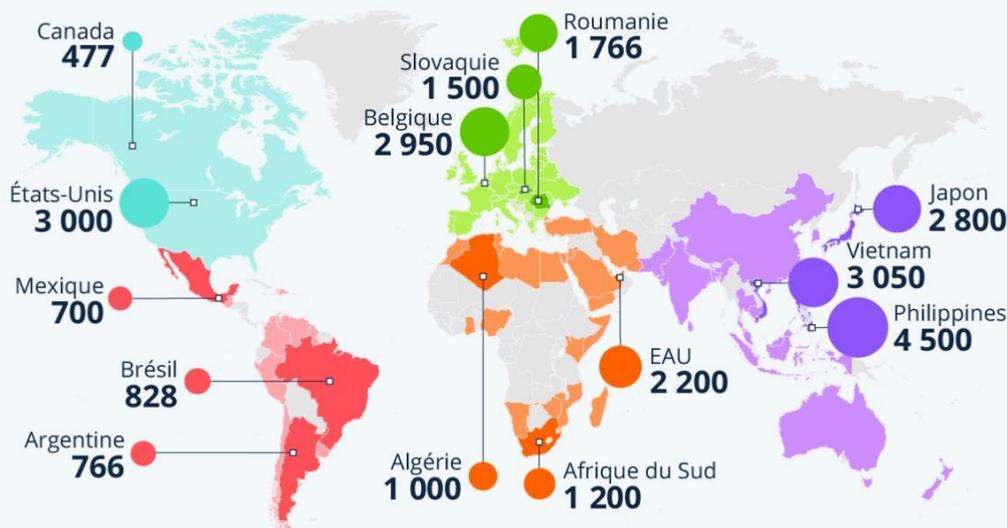
médias en lignes, services professionnels, les systèmes de santé, le transport et l'industrie du jeu vidéo (91). Il s'agit donc d'un premier exemple de dérives de l'utilisation de l'intelligence artificielle qui, en moins d'une dizaine d'années, est devenu une menace à différentes échelles, de la nuisance à un particulier (discours de Nancy Pelosi) à de l'ingérence au plus haut niveau d'état souverain (fausse vidéo du président Zelensky).

Dans le secteur de la santé, pour le moment aucun cas mentionnant l'utilisation de deepfake n'a été pour l'instant été déclaré cependant il est assez facile d'entrevoir ce que pourrait donner l'utilisation des deepfakes. Les conséquences d'une utilisation malveillante pourraient être graves avec par exemple la rédaction d'un faux rapport médical, basé sur des données falsifiées, qui pourrait être créé pour tromper des autorités de santé ou des professionnels de soins. Des questions éthiques et morales se posent sur la sécurité des données de santé des patients. Dans un cas extrême, un deepfake d'un médecin pourrait être utilisé pour prescrire des médicaments ou recommander des interventions médicales non nécessaires.

Intelligence artificielle : l'explosion des deepfakes



Pays ayant connu les plus fortes hausses de cas de fraude par deepfake de 2022 à 2023, par région (en %)*



L'étude couvre plus de 2 millions de cas de fraude à l'identité dans 224 pays/territoires. Toutes les données sont agrégées et anonymisées. * Régions telles que définies par la source. Source : Sumsb Identity Fraud Report 2023

Figure 27 : résultats du rapport « Sumsb Research : Global Deepfake Incidents Surge Tenfold from 2022 to 2023 » (Statistica) (92)

1.2) Enjeux économiques : la transformation des emplois

Il s'agit sûrement de la dérive liée à l'intelligence artificielle qui inquiète le plus. Si l'intelligence artificielle était surexploitée à un point où elle pourrait supplanter l'humain, qu'advierait-il de bon nombre d'emplois ? En effet, même si l'on peut supposer qu'une telle utilisation de l'intelligence artificielle pourrait nécessiter de créer de nouveaux emplois, il y en aurait un certain nombre d'autres qui serait à même d'opérer une transformation radicale. Une étude relayée par le Parlement Européen affirme que 14% des emplois au sein de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economique) pourraient être automatisés et que 32% supplémentaires verraient des changements drastiques dans leurs pratiques (93). Toutefois, ces chiffres sont à relativiser car l'automatisation complète d'un emploi en particulier est une

tâche bien spécifique et longue à mettre en place. Il est aussi admis qu'il serait bien plus facile d'automatiser des emplois requérant peu de qualifications. A titre d'exemple, on peut citer le service postal canadien qui envisageait de remplacer la livraison de courrier classique par une livraison faites par des drones. Ce projet n'a au final jamais aboutit. (94).

A priori on se dirigerait plus vers un paradigme de la transformation profonde des emplois notamment via une automatisation totale ou partielle, que vers une destruction pure et simple d'un grand nombre d'emplois. Selon un rapport de l'ILO (International Labor Organization), il s'agit d'un changement auquel il faudra s'adapter au plus vite, afin de ne pas le subir (Figure 28). Il est également important de préciser que l'arrivée de l'intelligence artificielle dans le monde du travail aura des impacts plus ou moins importants en fonction des professions touchées. Toujours selon le rapport de l'ILO, les professions les plus susceptibles de se voir exposées à l'IA générative sont les emplois administratifs puis les professions intermédiaires, suivies des professions intellectuelles et scientifiques (95).

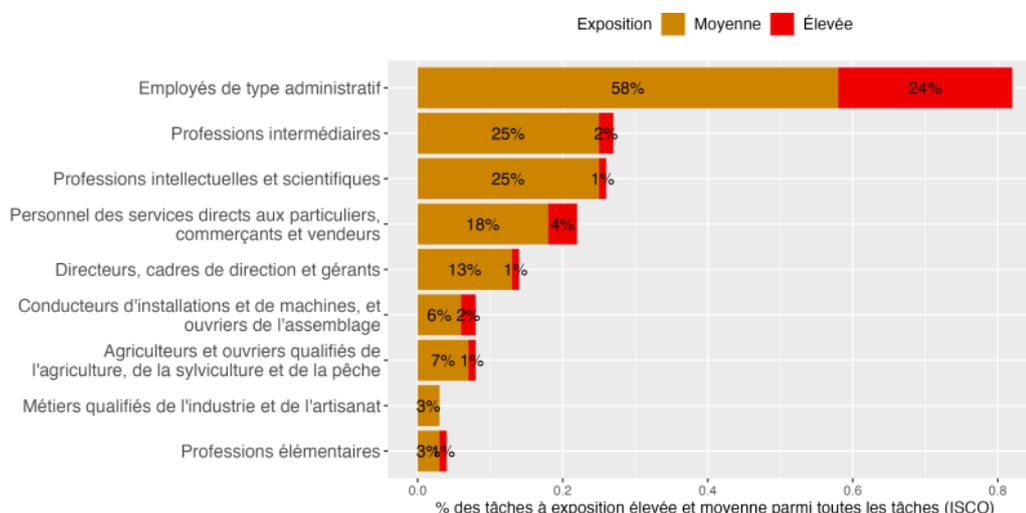


Figure 28 : tâches moyennement et fortement exposées à l'IA générative, par groupe professionnel (96)

Les pharmaciens se situent dans la catégorie professionnelle « professions intellectuelles et scientifiques » selon l'INSEE. Cette catégorie regroupe un

grand nombre de professions, dont celles ayant trait à la santé, comprenant donc les pharmaciens à la section 311F (97). Il est intéressant de noter que dans cette catégorie, on estime une exposition moyenne à hauteur de 25% pour les professions qui la composent. Ce seul chiffre est abstrait car on ne peut faire la part des professions plus ou moins impactées par l'IA générative. Dans le monde pharmaceutique, le secteur de l'industrie a déjà signé des contrats avec des entreprises spécialisées dans le développement des programmes à base d'intelligence artificielle. A l'heure actuelle, faute de retour d'expérience consolidé, il semble prématuré de tirer des conclusions mais la problématique est désormais soulevée, afin que la transition vers un nouveau modèle d'emploi s'effectue le mieux possible.

2) Enjeux juridiques

2.1) Première réglementation sur l'IA

L'intelligence artificielle apporte son lot de changements depuis quelques années et comme bon nombre de nouveaux outils technologiques, il est essentiel que son usage soit encadré et réglementé afin que son utilisation soit la plus saine possible. Jusqu'à peu, il n'y avait pas de loi en rapport avec l'intelligence artificielle. C'est donc en 2024 que la toute première réglementation des usages de l'intelligence artificielle a été publiée. Le Parlement européen a adopté la loi en mars 2024 et le 21 mai 2024, ce qu'on appelle l'« IAAct » a été adopté à son tour par le Conseil de l'Union Européenne (98). La loi s'applique progressivement sur une période de 3 ans, à partir de juin 2024. Cette nouvelle loi se veut autant opposable que les RGPD avec l'élaboration d'un régime de sanction financière en fonction des cas d'infractions.

2.2) Contours de l'utilisation de l'IA

Afin d'encadrer au mieux l'utilisation de l'intelligence artificielle, l'IA Act décrit un certain nombre de sanctions liées à des usages détournés et/ou mal intentionnés de l'IA. Les sanctions sont mentionnées dans l'article 99 dont l'entrée en vigueur est prévue pour le 2 août 2025. Il est mentionné à l'alinéa 4 que « Le non-respect de l'interdiction des pratiques d'IA visées à l'article 5 est passible d'amendes administratives pouvant aller jusqu'à 35 000 000 EUR ou, si le contrevenant est une entreprise, jusqu'à 7 % du chiffre d'affaires annuel mondial total réalisé au cours de l'exercice précédent, le montant le plus élevé étant retenu » (99). L'article 5 mentionné évoque l'ensemble des pratiques interdites en matière d'intelligence artificielle et figurant dans le registre « risque inacceptable ». Cet article est prévu pour rentrer en vigueur en février 2025. Pour comprendre ce qui est autorisé ou non en matière d'intelligence artificielle au sein de l'Union Européenne, l'IA Act possède un classement en 4 paliers de risques associés à l'utilisation de l'intelligence artificielle (100) :

- Palier 1 : Risque minimal
- Palier 2 : Risque spécifique en matière de transparence
- Palier 3 : Haut risque
- Palier 4 : Risque inacceptable

Règlement IA - Approche par les risques

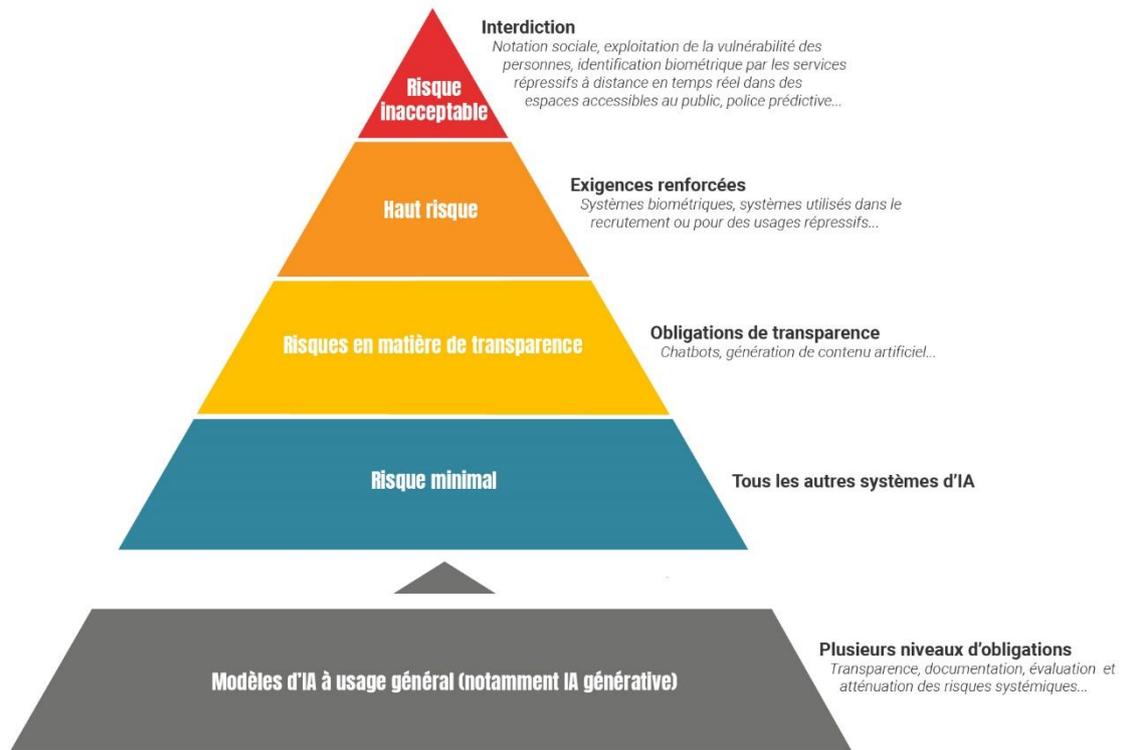


Figure 29 : classement des risques liés à l'utilisation de l'intelligence artificielle (101)

Le graphique présenté ci-dessus (Figure 29) inclut donc un certain nombre de mentions dans les utilisations interdites. Il est cependant important de préciser que ces interdictions pourront être levées dans de très rares cas le nécessitant (ex : recherches de personnes disparues ou préventions du risque d'attentat). Actuellement, si un nouveau système d'intelligence artificielle est créé et placé en palier 2 ou 3, alors le concepteur aura un certain nombre d'obligations à respecter, s'il souhaite que son nouveau système puisse être autorisé sur le territoire européen. A l'article 16 de la réglementation on retrouve les « obligations des fournisseurs de systèmes d'IA à haut risque ». Le système d'IA doit donc répondre à un ensemble de normes spécifiques, comme le fait de disposer d'un marquage CE. Le marquage CE s'obtient en s'assurant de la conformité à la réglementation du dispositif.

Cette nouvelle législation va donc permettre de donner un cadre à l'utilisation de l'intelligence artificielle, ce qui permettra à terme de disposer d'outils avec lesquels il sera possible de travailler en toute sécurité. C'est d'autant plus important pour le secteur de la santé. En effet, la plupart des données traitées dans ce secteur sont des données dites sensibles. C'est le cas des données de santé des patients, que ce soit dans le cadre de la pratique officinale ou dans l'exploitation de celles-ci dans des banques de données utilisées par l'industrie pharmaceutique. Il y a donc une nécessité d'obtenir des garanties quant à l'exploitation des données de santé par des programmes d'intelligence artificielle mettant en avant leur transparence sur ce sujet.

3) Enjeux environnementaux

3.1) Stockage et matériel

Une des principales préoccupations dans notre société actuelle est l'environnement et l'impact que l'être humain peut avoir dessus. Bien évidemment, l'arrivée de l'intelligence artificielle et son utilisation de plus en plus démocratisée pose la question de son impact sur l'environnement. Pour qu'un système d'intelligence artificielle fonctionne, il faut des serveurs informatiques capables de stocker de grandes quantités de données en réseaux. Un serveur informatique est une sorte d'ordinateur qui peut fournir un ensemble de services allant de l'hébergement de site web au stockage de données. Un serveur va posséder de grandes capacités de stockage, idéales pour la gestion de base de données dont on peut avoir besoin pour alimenter les systèmes d'intelligence artificielle (102). Les serveurs pourront être retrouvés dans ce qu'on appelle des « data center » (Figure 30), qui sont des infrastructures où l'on retrouve un réseau d'ordinateurs et d'espaces de stockage permettant d'abriter un grand nombre de données (103). On peut donc y retrouver un grand nombre de serveurs.

Pour avoir un ordre d'idée, on peut citer le plus grand data center de France, le « Paris Digital Park ». Il s'agit d'un bâtiment avec une surface de 40 000 m², soit 7 terrains de football, où l'on retrouve essentiellement des serveurs. Ce site a été mis à contribution lors des Jeux Olympiques de Paris 2024, notamment pour la diffusion des épreuves à l'international (104). Si le data center que l'on vient d'évoquer paraît déjà immense, certains ont une surface dépassant les 500 000 m², comme le « China Telecom Inner Mongolia Information Park », situé en Mongolie et qui contient plus d'1,2 millions de serveurs (105).

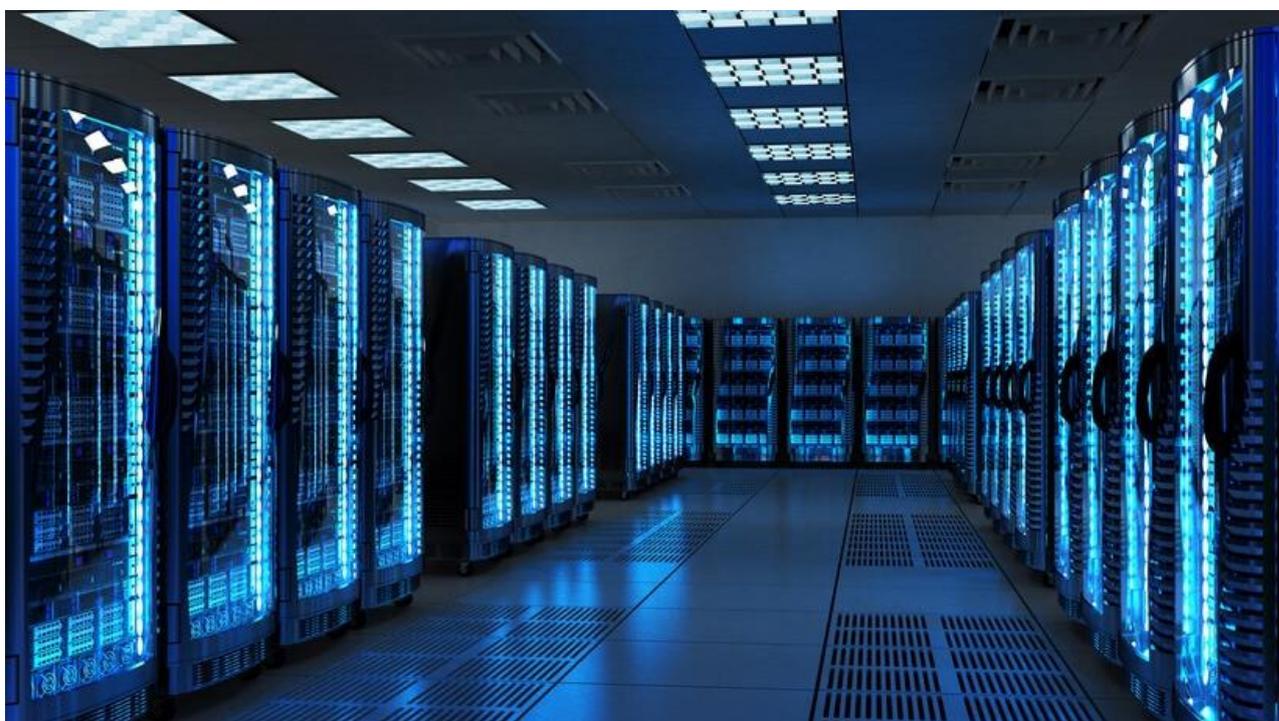


Figure 30 : photo d'un data center (106)

Aujourd'hui, de plus en plus de systèmes d'intelligence artificielle arrivent sur le marché et certains sont même devenus très connus, comme ChatGPT, développé par la société OpenAI. Encore plus récemment Google a sorti sa nouvelle IA appelée Gemini. Le lancement et le maintien en service de tels outils nécessitent l'ouverture exponentielle de data centers, très énergivores et donc à forte empreinte carbone. L'impact sur l'environnement a fait l'objet d'une étude conduite par l'université du Massachusets en 2019 (Figure 31). L'empreinte

carbone est mesurée selon le système métrique anglais, en pounds de CO₂. A titre de comparaison, l’empreinte carbone d’un être humain sur une année entière représente environ 11 000 pounds de CO₂ (soit 5 tonnes de CO₂), alors que l’entraînement d’un système d’intelligence artificielle peut avoir une empreinte d’environ 626 000 pounds de CO₂ (soit 280 tonnes de CO₂). En somme, l’entraînement d’un système d’IA représente l’empreinte carbone moyenne d’environ 56 humains (107). Pour précision, ici ne sont prises en compte que les émissions de CO₂ pour l’entraînement d’un modèle d’intelligence artificielle. Il faut aussi prendre en compte que l’utilisation de ce modèle, une fois l’entraînement achevé, entrainera des émissions supplémentaires

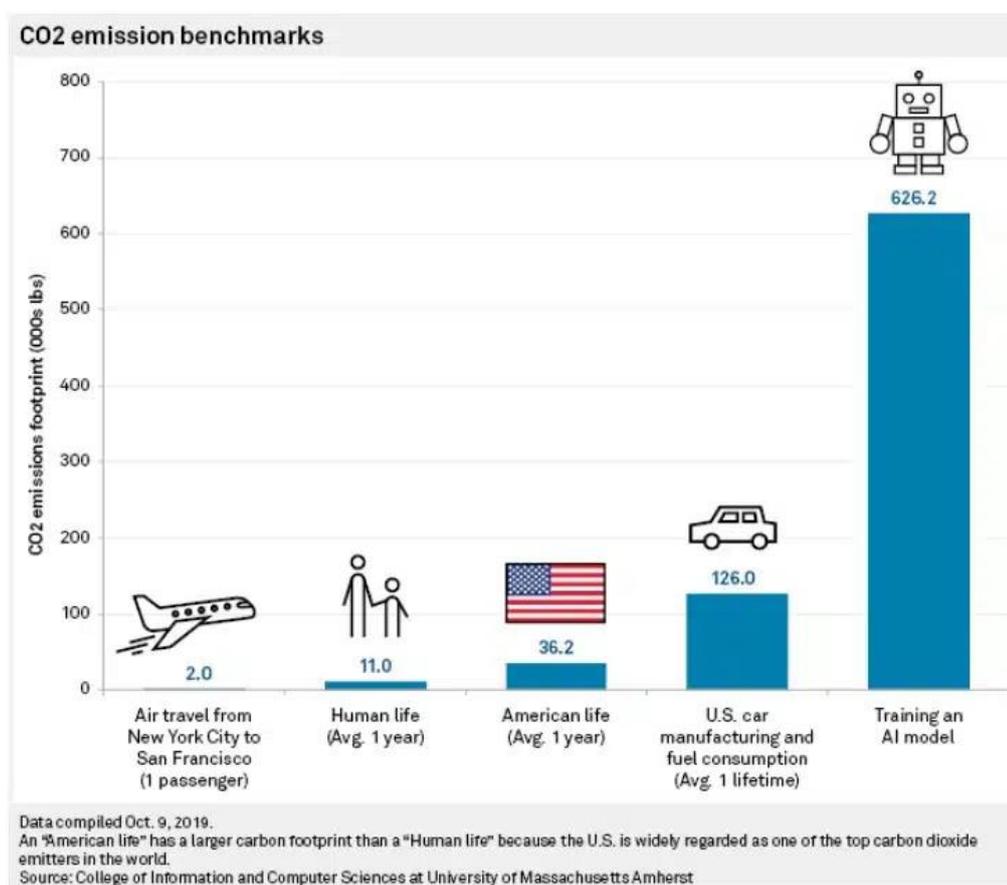


Figure 31 : graphique de l’empreinte carbone (108)

Même si aucune estimation n’a été faite à l’heure actuelle concernant le coût environnemental de l’intelligence artificielle utilisée dans le secteur pharmaceutique, il est toutefois possible de se faire une idée de l’impact

potentiel que cette technologie pourrait représenter. Tout d'abord les industries pharmaceutiques, au vu du grand nombre de données qu'elles génèrent et exploitent, auraient besoin d'une grande quantité de serveurs avec la puissance de calcul associée. Et si l'on regarde du côté officinal, en supposant qu'une grande partie des officines adoptent de tels outils afin d'optimiser leur pratique quotidienne, il faudrait composer avec une quantité de données non négligeable et également un grand besoin de serveurs pour les exploiter. Ce ne sont que des suppositions mais il est évident que l'utilisation de l'intelligence artificielle ne peut se faire sans envisager l'impact environnemental qu'elle peut avoir.

3.2) Puissance de calcul

Un autre aspect de l'IA, sur lequel des chercheurs d'OpenAI se sont intéressés concerne la puissance de calcul nécessaire pour la recherche sur des modèles d'intelligence artificielle. Selon ces chercheurs depuis 2012, il est nécessaire de doubler la puissance de calcul tous les 3,4 mois (109). Pour l'exemple, si on se base sur l'étude de janvier 2012 à janvier 2024, on constate alors une augmentation d'environ $2,2^{12}$ fois la puissance de calcul, ce qui est un chiffre complètement hors de proportions. Ce calcul permet également de mettre en lumière le coût environnemental que peut avoir l'intelligence artificielle aujourd'hui. Sur le long terme, le constat pourrait être davantage alarmant. Dans un contexte de changement climatique s'accroissant chaque année, le développement à grande vitesse de l'intelligence artificielle ainsi que l'ouverture exponentielle de data centers posent également un problème éthique. Une étude conduite en 2018 avance que d'ici 2040, les ICTs (Information and Communication Technology) pourraient représenter jusqu'à 14% des émissions globales, avec une part majeure attribuée aux infrastructures comme les data centers. L'intelligence artificielle pourrait avoir une part non négligeable dans ces émissions (110).

3.3) Déchets électroniques

Les déchets rejetés par la technologie d'intelligence artificielle sont regroupés dans un ensemble appelé « E-Waste » pour déchets électroniques. Il s'agit donc de produits électroniques non fonctionnels ou arrivés en fin de vie. Au début ce sont des EEE (Equipements Electriques et Electroniques). Ces EEE sont définis comme suit par la directive européenne 2012/19/UE, il s'agit « d'équipements fonctionnant grâce à des courants électriques ou à des champs électromagnétiques et les équipements de production, de transfert et de mesure de ces courants et champs, conçus pour être utilisés à une tension ne dépassant pas 1 000 volts en courant alternatif et 1 500 volts en courant continu. Parmi les produits concernés figurent par exemple les congélateurs, les téléviseurs, les téléphones, les panneaux photovoltaïques, les distributeurs de billets de banques, les ampoules, les sèche-cheveux, les vélos électriques, les jouets électriques, etc.» (111).

Afin d'avoir un ordre d'idée de ce que représentent les déchets électroniques, il est possible de consulter le « Global E-Waste Monitor ». Il s'agit d'un rapport rédigé chaque année par l'UNITAR (United Nation Institute for Training and Research). Dans le rapport de l'année 2024, il est évoqué qu'en 2022, 62 millions de tonnes de déchets électroniques ont été générés (Figure 32). Ce chiffre a presque doublé depuis 2010, et les projections indiquent que l'on pourrait dépasser les 80 millions de tonnes de déchets d'ici à 2030. Sur l'ensemble de ces déchets électroniques, le rapport estime à 22,3% la part de déchets collectés et recyclés correctement, ce qui laisse entrevoir un impact environnemental à grande échelle (112). Bien évidemment, l'intelligence artificielle à elle seule ne génère pas une telle quantité de déchets. Cependant, elle fait partie de ce problème plus global et son rythme de développement ainsi que les matériaux et outils nécessaires à son fonctionnement contribuent à ce problème.

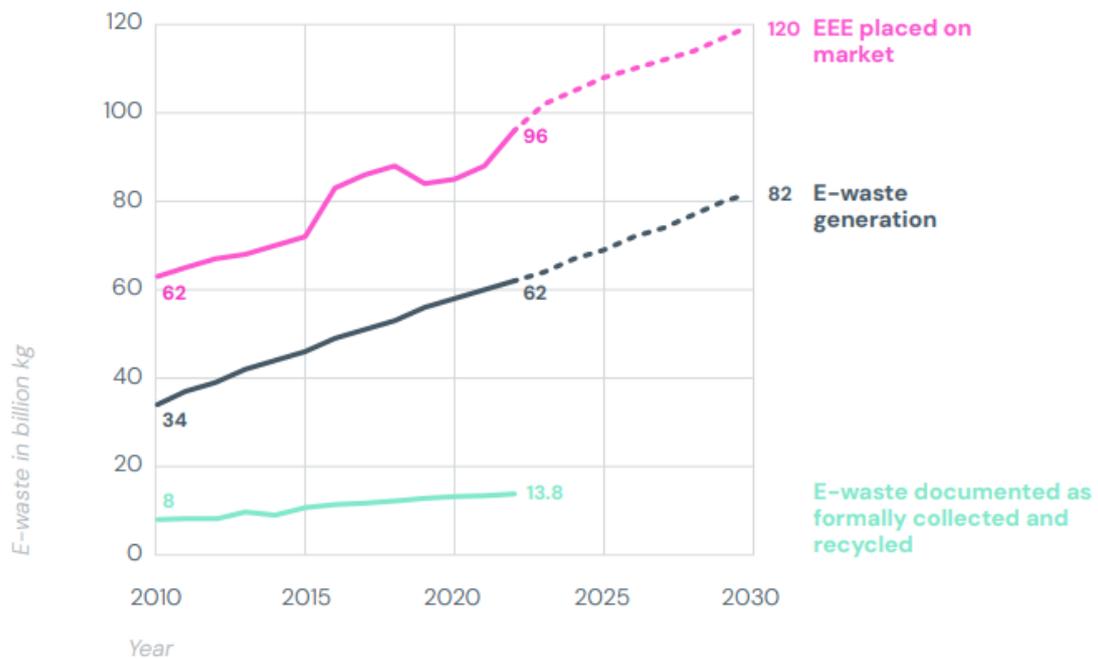


Figure 32 : nombre de millions de tonnes de déchets électroniques générés par année (113)

3.4) Une intelligence artificielle durable ?

Malgré les inquiétudes environnementales qu'elle suscite, il existe une marge de progression pour faire de l'intelligence artificielle un outil s'inscrivant dans le développement durable et même au service de celui-ci. En 2023 l'ESSCA (Ecole Supérieure des Sciences Commerciales d'Angers), une grande école de commerce, a fondé l' « AI for Sustainability Institute » composé de chercheurs travaillant sur le potentiel de l'intelligence artificielle dans la décarbonation et la préservation de l'environnement. Son directeur Dejan GLAVAS reconnaît le grand impact environnemental de l'intelligence artificielle mais nuance le propos en évoquant une utilisation plus raisonnée de l'intelligence artificielle (114). L'idée ici serait de passer « d'une IA de précision à une IA de l'efficacité », c'est-à-dire ne pas chercher le modèle le plus performant mais celui qui répond le mieux au besoin en réduisant les quantités de calculs, en privilégiant les modèles simples (en opposition aux réseaux de neurones). L'effet final recherché consiste à diminuer le plus possible la consommation énergétique liée à l'utilisation de l'intelligence artificielle, tout en

réduisant les déchets électroniques produits, grâce à une consommation raisonnée des matériaux et des composants. Il y a d'ailleurs déjà des exemples d'intelligence artificielle empruntant ce chemin. La société française « Another Brain » a choisi l'approche d'une nouvelle génération d'intelligence artificielle en créant un modèle d'IA « bio-inspiré » appelée « OrganicAI ». L'entreprise évoque son modèle comme « capable d'apprendre sans supervision, d'expliquer ses décisions, de fonctionner sans Big Data, sans cloud et en temps réel ; elle est également frugale en énergie » (115). Il s'agit donc là d'un nouveau format d'intelligence artificielle s'inscrivant dans une dynamique de développement durable et d'économie d'énergie.

V) Conclusion

En conclusion, l'intégration de l'intelligence artificielle dans le secteur pharmaceutique, et plus particulièrement en pharmacie d'officine, pourrait représenter une avancée majeure vers des pratiques de santé plus efficaces et personnalisées. Les applications de l'IA dans ce domaine permettraient d'améliorer la précision des diagnostics, d'optimiser la gestion des ressources et de faciliter le suivi des patients, renforçant ainsi le rôle central de l'officine comme acteur de santé de proximité. En automatisant certaines tâches et en améliorant la sécurité des prescriptions, l'IA permettrait aux pharmaciens de consacrer davantage de temps à la prise en charge personnalisée des patients et à l'accompagnement thérapeutique, par exemple dans le cadre des nouvelles missions du pharmacien.

Cependant, l'essor de l'IA en pharmacie d'officine n'est pas sans soulever des défis importants. Les questions de confidentialité des données, de réglementation stricte, et de respect des normes de sécurité imposent une vigilance accrue pour garantir que l'usage de ces technologies respecte les droits des patients et s'inscrive dans une démarche de soin éthique (que ce soit envers l'humain ou l'environnement)

Enfin, cette thèse met en lumière les perspectives futures de l'IA en pharmacie d'officine, appelant à une adoption réfléchie et progressive de ces outils, accompagnée de réglementations adaptées et d'un dialogue constant entre acteurs de la santé, législateurs et experts en IA. La pharmacie de demain, enrichie de solutions d'intelligence artificielle, pourra ainsi concilier innovation technologique, sécurité et éthique, tout en contribuant à améliorer l'accès aux soins et la qualité de vie des patients.

Bibliographie

1. In his Novel « Erewhon » Samuel Butler Describes Artificial Consciousness : History of Information [Internet]. [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=3850>
2. [Histoire des sciences] L'histoire de l'intelligence artificielle (IA) [Internet]. 2018 [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=qmwJx-r5vmw>
3. L'histoire de l'intelligence artificielle en 7 dates clefs [Internet]. 2023 [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.youtube.com/watch?v=dgJdPERKbqU>
4. L B. INTELLIGENCE-ARTIFICIELLE.COM. 2022 [cité 16 avr 2024]. Test de Turing - Un test pour mesurer l'intelligence artificielle. Disponible sur: <https://intelligence-artificielle.com/test-de-turing/>
5. Guerres mondiales - Alan Turing(23 juin 1912 - 7 juin 1954) - Herodote.net [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.herodote.net/Bio/Turing-biographie-VHVyaW5n.php>
6. The Meeting of the Minds That Launched AI - IEEE Spectrum [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://spectrum.ieee.org/dartmouth-ai-workshop>
7. clubic.com [Internet]. 2018 [cité 4 nov 2024]. HAL 9000 bientôt sur votre mur ? Disponible sur: <https://www.clubic.com/mag/actualite-846058-hal-9000-mur.html>
8. 25 Years Ago Today: How Deep Blue vs. Kasparov Changed AI Forever | AI Business [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://aibusiness.com/ml/25-years-ago-today-how-deep-blue-vs-kasparov-changed-ai-forever#close-modal>
9. Guinnebault C. Bridge the Gap with Cécile Guinnebault. 2021 [cité 4 nov 2024]. Intelligence artificielle v/s intelligence humaine : 5 leçons d'AlphaGo. Disponible sur: <https://bridge-the-gap-coaching.com/la-boite-a-outil-du-coach-systemique/strategie-jeu-de-go/alphago-intelligence-artificielle/>
10. Intelligence artificielle, de quoi parle-t-on ? [Internet]. [cité 29 mars 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/intelligence-artificielle/intelligence-artificielle-de-quoi-parle-t-on>
11. enseignementsup-recherche.gouv.fr [Internet]. [cité 15 oct 2024]. Intelligence artificielle (IA) : de quoi parle-t-on ? Disponible sur: <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/intelligence-artificielle-de-quoi-parle-t-91190>

12. Amah. Intelligence Artificielle, Machine Learning et Deep Learning : Quels liens et quelles différences ? [Internet]. Geek Mais Pas Que. 2019 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.geekmaispasque.com/2019/10/intelligence-artificielle-machine-learning-deep-learning-liens-differences/>
13. Apprentissage automatique [Internet]. [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/definition/apprentissage-automatique>
14. Différences entre les types de données structurées et non structurées [Internet]. [cité 9 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.oracle.com/fr/big-data/structured-vs-unstructured-data/>
15. Kassel R. Machine Learning & Clustering : Focus sur l’algorithme CAH [Internet]. Formation Data Science | DataScientest.com. 2020 [cité 25 oct 2024]. Disponible sur: <https://datascientest.com/machine-learning-clustering-focus-sur-algorithme-cah>
16. Turhan R. IA & Marketing : la promesse de la data intelligence ! (Part 2) [Internet]. Fanvoice. 2018 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.fanvoice.com/ia-marketing-la-promesse-de-la-data-intelligence-part-2/>
17. Apprentissage profond (deep learning) [Internet]. [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/definition/apprentissage-profond-deep-learning>
18. Que sont les réseaux neuronaux ? | IBM [Internet]. 2024 [cité 9 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/neural-networks>
19. myMaxicours [Internet]. [cité 4 nov 2024]. L’intelligence artificielle. Disponible sur: <https://www.maxicours.com/se/cours/l-intelligence-artificielle/>
20. Thèmes | Parlement européen [Internet]. 2020 [cité 16 avr 2024]. Intelligence artificielle : définition et utilisation. Disponible sur: <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20200827STO85804/intelligence-artificielle-definition-et-utilisation>
21. 20200827STO85804_fr.pdf [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/9/story/20200827STO85804/20200827STO85804_fr.pdf
22. Zaffagni M. Futura. [cité 6 nov 2024]. Facebook : une reconnaissance faciale presque humaine avec DeepFace. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/tech/actualites/internet-facebook-reconnaissance-faciale-presque-humaine-deepface-52925/>
23. Guide de l’intelligence artificielle dans le domaine de la santé [Internet]. Calmedica. 2021 [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://www.calmedica.com/lintelligence-artificielle-dans-le-domaine-de-la-sante/>

24. CORDIS | European Commission [Internet]. [cité 16 avr 2024]. Machine Learning Artificial Intelligence Early Detection Stroke Atrial Fibrillation | MAESTRIA Project | Fact Sheet | H2020. Disponible sur: <https://cordis.europa.eu/project/id/965286/fr>
25. France 3 Bourgogne-Franche-Comté [Internet]. 2024 [cité 16 avr 2024]. C'est une première en Côte-d'Or : l'intelligence artificielle « pour détecter les cancers plus rapidement ». Disponible sur: <https://france3-regions.francetvinfo.fr/bourgogne-franche-comte/cote-d-or/dijon/c-est-une-premiere-en-cote-d-or-l-intelligence-artificielle-pour-detecter-les-cancers-plus-rapidement-2927031.html>
26. Jalinière H. Sciences et Avenir. 2019 [cité 4 nov 2024]. Dépistage : l'IA du MIT qui prédit l'apparition du cancer du sein. Disponible sur: https://www.sciencesetavenir.fr/sante/cancer/une-intelligence-artificielle-pour-predire-le-cancer-du-sein_134056
27. Monnier J, L'Orphelin JM, Bataille M. Intelligence artificielle en dermatologie : implications pratiques. Ann Dermatol Vénéréologie - FMC [Internet]. 30 mars 2024 [cité 16 avr 2024]; Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667062324000680>
28. Diagnostic du cancer du sein : l'intelligence artificielle d'Ibex bientôt réalité clinique à l'Institut Curie | Institut Curie [Internet]. [cité 16 avr 2024]. Disponible sur: <https://curie.fr/actualite/publication/diagnostic-du-cancer-du-sein-lintelligence-artificielle-dibex-bientot-realite>
29. Sandbank J, Bataillon G, Nudelman A, Krasnitsky I, Mikulinsky R, Bien L, et al. Validation and real-world clinical application of an artificial intelligence algorithm for breast cancer detection in biopsies. Npj Breast Cancer. 6 déc 2022;8(1):1-11.
30. Sandbank J, Bataillon G, Nudelman A, Krasnitsky I, Mikulinsky R, Bien L, et al. Validation and real-world clinical application of an artificial intelligence algorithm for breast cancer detection in biopsies. Npj Breast Cancer. 6 déc 2022;8(1):1-11.
31. Rodler S, Ganjavi C, De Backer P, Magouliaitis V, Ramacciotti LS, De Castro Abreu AL, et al. Generative artificial intelligence in surgery. Surgery [Internet]. 6 avr 2024 [cité 30 avr 2024]; Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039606024001193>
32. Rodler S, Ganjavi C, De Backer P, Magouliaitis V, Ramacciotti LS, De Castro Abreu AL, et al. Generative artificial intelligence in surgery. Surgery. 1 juin 2024;175(6):1496-502.
33. PharmaCos-Média [Internet]. [cité 2 mai 2024]. Comment PharmIA a intégré l'intelligence artificielle pour répondre aux défis du pharmacien hospitalier. Disponible sur: <https://www.pharmacos-media.fr/dossier/comment-pharmia-a-integre-lintelligence-artificielle-pour-repondre-aux-defis-du-pharmacien-hospitalier-53009.html>

34. RM2011-103P.pdf [Internet]. [cité 22 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.igas.gouv.fr/IMG/pdf/RM2011-103P.pdf>
35. Histoire et place du pharmacien - Guide stage officinal d'initiation [Internet]. 2020 [cité 22 juill 2024]. Disponible sur: <https://cpcms.fr/guide-stage-initiation/knowledge-base/histoire-et-place-du-pharmacien/>
36. PHARMACIE : Etymologie de PHARMACIE [Internet]. [cité 22 juill 2024]. Disponible sur: <https://www.cnrtl.fr/etymologie/pharmacie/0>
37. La polypharmacie hier et aujourd'hui - Persée [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: https://www.persee.fr/doc/pharm_0035-2349_1979_num_67_241_1993
38. CNOP [Internet]. [cité 8 août 2024]. L'Ordre et son histoire. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/l-ordre/l-histoire/l-ordre-et-son-histoire>
39. Larousse É. Claude Galien en grec Klaudios Galênos en latin Claudius Galenus - LAROUSSE [Internet]. [cité 8 août 2024]. Disponible sur: https://www.larousse.fr/encyclopedie/personnage/Claude_Galien/120690
40. index.pdf [Internet]. [cité 8 août 2024]. Disponible sur: https://www.editions-ellipses.fr/index.php?controller=attachment&id_attachment=38493&srsltid=AfmBOooDqJWBgUIQSYIS-7I-Vx42P6gMdt5_RvWIDQCILyxww9aRAI9r
41. François B. FranceArchives. [cité 4 oct 2024]. Fondation de la Société de pharmacie de Paris. Disponible sur: https://francearchives.gouv.fr/fr/pages_histoire/38868
42. index.pdf [Internet]. [cité 4 oct 2024]. Disponible sur: https://www.editions-ellipses.fr/index.php?controller=attachment&id_attachment=31408&srsltid=AfmBOor_50A1XfT5iKaJ-_ZQUyg-C09KqD6O_rMFVHULRSrZQ3DUcnY2
43. Dillemann G, Michel ME. La réception des pharmaciens en France de la Révolution à l'application de la loi du 21 germinal an XI (1791-1813). 1984 [cité 25 sept 2024]; Disponible sur: https://www.persee.fr/doc/pharm_0035-2349_1984_num_72_260_2674#pharm_0035-2349_1984_num_72_260_T1_0053_0000
44. L'ancienne pharmacie Brun - une officine remarquable en plein coeur de Montélimar [Internet]. Maison Saint James. 2021 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.chambredhotemontelimar.fr/2021/07/04/lancienne-pharmacie-brun-une-officine-remarquable-en-plein-coeur-de-montelimar/>
45. CNOP [Internet]. [cité 4 nov 2024]. L'Ordre et son histoire. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/l-ordre/l-histoire/l-ordre-et-son-histoire>
46. Le Quotidien du Pharmacien [Internet]. [cité 28 mai 2024]. 20 757 pharmacies : une démographie stable, mais un avenir menacé. Disponible

- sur: <https://www.lequotidiendupharmacien.fr/exercice-pro/20-757-pharmacies-une-demographie-stable-mais-un-avenir-menace>
47. calameo.com [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Démographie Des Pharmaciens Panorama 2022. Disponible sur: <https://www.calameo.com/read/002449395d26b2d1c4ecf>
 48. calameo.com [Internet]. [cité 28 mai 2024]. Démographie Des Pharmaciens Panorama 2022. Disponible sur: <https://www.calameo.com/read/002449395d26b2d1c4ecf>
 49. CNOP [Internet]. [cité 29 sept 2024]. L'Ordre en un coup d'oeil. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/l-ordre/l-ordre-en-un-coup-d-oeil>
 50. FicheMetier_TitulaireOfficine-1.pdf [Internet]. [cité 31 mai 2024]. Disponible sur: https://www.lesmetiersdelapharmacie.fr/wp-content/uploads/2020/10/FicheMetier_TitulaireOfficine-1.pdf
 51. Lesaint S. Pharmacien adjoint en officine : études, mission, salaire [Internet]. ClubOfficine. 2023 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.clubofficine.fr/blog/les-metiers-de-la-pharmacie/metier-de-pharmacien-adjoint-en-officine/>
 52. Généralités sur l'exercice officinal - Guide de stage de pratique professionnelle en officine [Internet]. 2020 [cité 31 mai 2024]. Disponible sur: <https://cpcms.fr/guide-stage/knowledge-base/generalites-sur-lexercice-officinal/>
 53. bonnes-pratiques-de-dispensation-des-medicaments.pdf [Internet]. [cité 3 juin 2024]. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/mediatheque/fichiers/documents-pages/bonnes-pratiques-de-dispensation-des-medicaments>
 54. bilan-sur-la-securite-des-pharmaciens-2022.pdf [Internet]. [cité 2 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.ordre.pharmacien.fr/mediatheque/fichiers/communiques-de-presse/contenus-importes/bilan-sur-la-securite-des-pharmaciens-2022>
 55. pharmacies.fr LM des. Le Moniteur des pharmacie.fr. [cité 22 mai 2024]. Insécurité : les agressions grimpent en flèche dans les pharmacies - 10/04/2024 - Actu - Le Moniteur des pharmacies.fr. Disponible sur: <https://www.lemoniteurdespharmacies.fr/actu/actualites/actus-medicaments/insecurite-les-agressions-grimpent-en-fleche-dans-les-pharmacies.html>
 56. Franceinfo [Internet]. 2024 [cité 2 mai 2024]. « On atteint des chiffres record » : les agressions de pharmaciens en hausse de 30% en 2023, d'après un baromètre du Conseil de l'Ordre. Disponible sur: <https://www.francetvinfo.fr/faits-divers/on-atteint-des-chiffres-record-les->

agressions-de-pharmaciens-en-hausse-de-30-en-2023-d-apres-un-barometre-du-conseil-de-l-ordre_6478283.html

57. Europe 1 [Internet]. 2024 [cité 22 mai 2024]. Les vols dans les pharmacies se multiplient dans le nord de la France. Disponible sur: <https://www.europe1.fr/societe/les-vols-dans-les-pharmacies-se-multiplient-dans-le-nord-de-la-france-4239176>
58. Veesion | Logiciel de Vidéosurveillance Intelligente [Internet]. [cité 7 nov 2024]. Disponible sur: https://demo.veesion.io/fr-fr?utm_term=veesion&utm_campaign=092024+-+Bulldozer+-+Search+-+France+-+Lead&utm_content=Brand-Phrase&utm_source=google&utm_medium=search&hsa_acc=9569735886&hsa_cam=21786152616&hsa_grp=171771145827&hsa_ad=716742670521&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-937010708581&hsa_kw=veesion&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA57G5BhDUARIsACgCYnwGlqCvkZ0JAtu7BXLgTmqPuUuLw1tfIGvVUGlj6w1z4e3_T6UbUnAaAicAEALw_wcB
59. TF1 INFO [Internet]. 2024 [cité 22 mai 2024]. VIDÉO - Vols à l'étalage : ces nouvelles caméras alertent automatiquement en cas de « geste suspect ». Disponible sur: <https://www.tf1info.fr/high-tech/video-reportage-tf1-grace-a-l-intelligence-artificielle-ia-ces-cameras-detectent-les-voleurs-dans-les-commerces-2298846.html>
60. Digitale U. Le logiciel de détection des gestes suspects de la start-up Veesion n'est pas conforme au RGPD. 24 juin 2024 [cité 29 sept 2024]; Disponible sur: <https://www.usine-digitale.fr/article/le-logiciel-de-detection-des-gestes-suspects-de-la-start-up-veesion-n-est-pas-conforme-au-rgpd.N2214959>
61. d'État LC. Conseil d'État. [cité 29 sept 2024]. Décision n° 495153. Disponible sur: <https://www.conseil-etat.fr/fr/arianeweb/CE/decision/2024-06-21/495153>
62. Veesion veut tenir les voleurs à l'œil [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://paperjam.lu/article/veesion-veut-tenir-voleurs-a-o>
63. La robotisation des officines : une innovation technologique au service de la pharmacie [Internet]. CCRI. 2023 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://cabinetccri.com/la-robotisation-des-officines-une-innovation-technologique-au-service-de-la-pharmacie/>
64. Vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement du médicament [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.leem.org/presse/vulnerabilite-de-la-chaine-dapprovisionnement-du-medicament>
65. ici par France Bleu et France 3 [Internet]. 2024 [cité 30 sept 2024]. « On a plus de 5.000 médicaments en rupture » : Arnaud Verdenet, pharmacien responsable Syndicat USPO dans le Doubs - France Bleu. Disponible sur:

<https://www.francebleu.fr/infos/sante-sciences/on-a-plus-de-5000-medicaments-en-rupture-arnaud-verdenet-pharmacien-responsable-syndicat-uspo-dans-le-doubs-3175775>

66. Les Echos [Internet]. 2024 [cité 7 nov 2024]. Comment l'IA et le machine learning vont réinventer la supply chain. Disponible sur: <https://www.lesechos.fr/thema/articles/ia-et-machine-learning-ils-vont-reinventer-la-supply-chain-2083546>
67. POD [Internet]. [cité 30 sept 2024]. En quoi l'IA peut-elle aider à la gestion des stocks en pharmacie ? Disponible sur: <https://www.pod.fr/guide-pharmacie/pharmacie-comment-ia-optimise-gestion-stocks/>
68. Bernard H. Frandroid. 2023 [cité 2 nov 2024]. C'est quoi un LLM ? Comment fonctionnent les moteurs de ChatGPT, Google Bard et autres ? Disponible sur: https://www.frandroid.com/culture-tech/intelligence-artificielle/1852573_cest-quoi-un-llm-comment-fonctionnent-les-moteurs-de-chatgpt-google-bard-et-autres
69. Comment l'Intelligence Artificielle révolutionne l'administration [Internet]. [cité 2 nov 2024]. Disponible sur: https://www.esas-formation.fr/actualites/intelligence-artificielle-taches-administratives#Liberer_le_plein_potentiel_de_ChatGPT_pour_les_professionnels_de_ladministration
70. 20211005-Ralfss-2021-8-Dematerialisation-prescriptions-medicales.pdf [Internet]. [cité 4 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/2021-10/20211005-Ralfss-2021-8-Dematerialisation-prescriptions-medicales.pdf>
71. Population par âge – Tableaux de l'économie française | Insee [Internet]. [cité 2 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4277619?sommaire=4318291#graphique-figure3>
72. soins M de la santé et de l'accès aux, soins M de la santé et de l'accès aux. Ministère de la santé et de l'accès aux soins. [cité 2 nov 2024]. Iatrogénie. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/medicaments/glossaire/article/iatrogenie>
73. 2019-03-01-dp-lutte-iatrogenie-medicamenteuse-personnes-agees-cpam-pays-de-la-loire.pdf [Internet]. [cité 2 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.assurance-maladie.ameli.fr/sites/default/files/2019-03-01-dp-lutte-iatrogenie-medicamenteuse-personnes-agees-cpam-pays-de-la-loire.pdf>
74. Population par âge – Tableaux de l'économie française | Insee [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4277619?sommaire=4318291>

75. PharmIA [Internet]. 2024 [cité 4 oct 2024]. PharmIA | Analyse, contrôle et validation des prescriptions médicales et détection des situations à risque iatrogène en pharmacie clinique. Disponible sur: <https://www.pharmia.net/>
76. Thériaque [Internet]. [cité 29 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.theriaque.org/apps/contenu/accueil.php>
77. Keenturtle | Sécurisation et gestion des risques médicamenteux [Internet]. Keenturtle. [cité 2 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.keenturtle.com/pharmaclass-2/>
78. Keenturtle | Sécurisation et gestion des risques médicamenteux [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.keenturtle.com/pharmaclass-2/>
79. Metz. Fraudes aux fausses ordonnances : « C'est bien quatre à cinq fois par semaine », constate un pharmacien [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.republicain-lorrain.fr/sante/2023/08/23/fraudes-aux-fausses-ordonnances-c-est-bien-quatre-a-cinq-fois-par-semaine>
80. Franceinfo [Internet]. 2023 [cité 29 sept 2024]. REPORTAGE. « Tu peux passer dans autant de pharmacies que tu veux » : les fausses ordonnances de plus en plus nombreuses et de plus en plus faciles à se procurer. Disponible sur: https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/le-choix-franceinfo/reportage-fraude-a-l-assurance-maladie-les-fausses-ordonnances-de-plus-en-plus-nombreuses-et-de-plus-en-plus-faciles-a-se-procurer_6138465.html
81. Le Quotidien du Pharmacien [Internet]. [cité 30 sept 2024]. Une nouvelle appli pour détecter les fausses ordonnances. Disponible sur: <https://www.lequotidiendupharmacien.fr/exercice-pro/une-nouvelle-appli-pour-detecter-les-fausses-ordonnances>
82. Big data [Internet]. [cité 30 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/definition/big-data>
83. Qu'est-ce qu'une donnée de santé ? [Internet]. [cité 30 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/quest-ce-que-une-donnee-de-sante>
84. RGPD : de quoi parle-t-on ? [Internet]. [cité 30 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/rgpd-de-quoi-parle-t-on>
85. RGPD : pourquoi la faire respecter sur vos sites internet ? [Internet]. 2020 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.numacom.fr/blog/rgpd-pourquoi-la-faire-respecter-sur-vos-sites-internet>
86. IRIS_ProgIndusDef_SALA_avril-2024.pdf [Internet]. [cité 26 juill 2024]. Disponible sur: https://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2024/04/IRIS_ProgIndusDef_SALA_avril-2024.pdf
87. BFMTV [Internet]. [cité 26 juill 2024]. Piratée, une chaîne d'information ukrainienne diffuse un « deepfake » de Volodymyr Zelensky. Disponible sur:

https://www.bfmtv.com/tech/piratee-une-chaine-d-information-ukrainienne-diffuse-un-deepfake-de-volodymyr-zelensky_AN-202203170296.html

88. Le Figaro [Internet]. 2019 [cité 26 juill 2024]. «Deepfake»: une vidéo trafiquée de Nancy Pelosi relayée par des proches de Trump. Disponible sur: <https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/deepfake-une-video-trafiquée-de-nancy-pelosi-relayee-par-des-proches-de-trump-20190524>
89. Q&A: With Zelenskyy Surrender Hoax, the Feared Future of Deepfakes Is Here | UVA Today [Internet]. 2022 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://news.virginia.edu/content/qa-zelenskyy-surrender-hoax-feared-future-deepfakes-here>
90. Sumsb [Internet]. [cité 7 nov 2024]. Leading Identity Verification Service - 2024 G2's Top Pick. Disponible sur: <https://sumsub.com/>
91. Sumsb [Internet]. [cité 26 juill 2024]. Sumsb Research: Global Deepfake Incidents Surge Tenfold from 2022 to 2023. Disponible sur: <https://sumsub.com/newsroom/sumsub-research-global-deepfake-incidents-surge-tenfold-from-2022-to-2023/>
92. Sumsb [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Sumsb Research: Global Deepfake Incidents Surge Tenfold from 2022 to 2023. Disponible sur: <https://sumsub.com/newsroom/sumsub-research-global-deepfake-incidents-surge-tenfold-from-2022-to-2023/>
93. Thèmes | Parlement européen [Internet]. 2020 [cité 26 juill 2024]. Intelligence artificielle : opportunités et risques. Disponible sur: <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20200918STO87404/intelligence-artificielle-opportunites-et-risques>
94. Bettache M, Foisy L. Intelligence artificielle et transformation des emplois. *Quest Manag.* 2019;25(3):61-7.
95. Intelligence artificielle générative et emploi : comment assurer la transition | International Labour Organization [Internet]. 2023 [cité 29 juill 2024]. Disponible sur: <https://www.ilo.org/fr/publications/intelligence-artificielle-generative-et-emploi-comment-assurer-la>
96. Intelligence artificielle générative et emploi : comment assurer la transition | International Labour Organization [Internet]. 2023 [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.ilo.org/fr/publications/intelligence-artificielle-generative-et-emploi-comment-assurer-la>
97. pcs2003-311f-Pharmaciens libéraux | Insee [Internet]. [cité 29 juill 2024]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/pcs2003/professionRegroupee/311f>
98. Thèmes | Parlement européen [Internet]. 2023 [cité 1 oct 2024]. Loi sur l'IA de l'UE : première réglementation de l'intelligence artificielle. Disponible

sur: <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20230601STO93804/loi-sur-l-ia-de-l-ue-premiere-reglementation-de-l-intelligence-artificielle>

99. Article 99 : Sanctions | Loi de l'UE sur l'intelligence artificielle [Internet]. [cité 1 oct 2024]. Disponible sur: <https://artificialintelligenceact.eu/fr/article/99/>
100. Entrée en vigueur du règlement européen sur l'IA : les premières questions-réponses de la CNIL [Internet]. [cité 1 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/entree-en-vigueur-du-reglement-europeen-sur-lia-les-premieres-questions-reponses-de-la-cnil>
101. Entrée en vigueur du règlement européen sur l'IA : les premières questions-réponses de la CNIL [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/entree-en-vigueur-du-reglement-europeen-sur-lia-les-premieres-questions-reponses-de-la-cnil>
102. Serveur informatique : Qu'est-ce qu'un serveur informatique ? | Lenovo France [Internet]. [cité 1 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.lenovo.com/fr/fr/glossary/what-is-a-computer-server/>
103. Qu'est-ce qu'un centre de données ? | IBM [Internet]. 2022 [cité 21 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/data-centers>
104. Makowski G. Seine-Saint-Denis - L'actualité du département. 2024 [cité 21 oct 2024]. Le plus grand data center de France. Disponible sur: <https://seinesaintdenis.fr/actualite/emploi-entrepreneuriat/Le-plus-grand-data-center-de-France/>
105. Les enjeux majeurs des Datas Centers - PHOSPHORIS [Internet]. [cité 22 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.phosphoris.fr/fr/project/les-enjeux-majeurs-des-datas-centers/>
106. Déménager un data center : 7 étapes à retenir - Groupe i2T [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://i-2t.com/demenager-un-data-center/>
107. MIT Technology Review [Internet]. [cité 1 oct 2024]. Training a single AI model can emit as much carbon as five cars in their lifetimes. Disponible sur: <https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>
108. Environmental Sustainability And AI [Internet]. [cité 4 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.forbes.com/sites/glenngow/2020/08/21/environmental-sustainability-and-ai/>
109. The true cost of AI innovation | Scientific Computing World [Internet]. [cité 4 oct 2024]. Disponible sur: <https://www.scientific-computing.com/analysis-opinion/true-cost-ai-innovation>
110. Nordgren A. Artificial intelligence and climate change: ethical issues. J Inf Commun Ethics Soc. 1 janv 2023;21(1):1-15.

111. Équipements électriques et électroniques (EEE) [Internet]. [cité 7 nov 2024]. Disponible sur: <https://filieres-rep.ademe.fr/filieres-REP/filiere-EEE>
112. Baldé CP, Kuehr R, Yamamoto T, McDonald R, D'Angelo E, Althaf S, et al. THE GLOBAL E WASTE MONITOR 2024. 2024;
113. Baldé CP, Kuehr R, Yamamoto T, McDonald R, D'Angelo E, Althaf S, et al. THE GLOBAL E WASTE MONITOR 2024. 2024;
114. Digitale U. Alléger l'empreinte carbone de l'intelligence artificielle : rêve ou réalité ? 19 juill 2024 [cité 4 oct 2024]; Disponible sur: <https://www.usine-digitale.fr/editorial/alleger-l-empreinte-carbone-de-l-intelligence-artificielle-reve-ou-realite.N2216397>
115. Une autre vision de l'intelligence artificielle | AnotherBrain [Internet]. [cité 4 oct 2024]. Disponible sur: <https://anotherbrain.ai/fr>

Université de Lille
UFR3S-Pharmacie
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE
Année Universitaire 2024/2025

Nom : GOUPIL
Prénom : Thibault

Titre de la thèse : Utilisation de l'intelligence artificielle dans le monde pharmaceutique : l'officine, bientôt dotée d'intelligence artificielle

Mots-clés : Intelligence artificielle, officine, patients, données, médicaments, pharmacien

Résumé :

L'intelligence artificielle est une nouvelle technologie qui s'implante de plus en plus dans notre société. Avec le champ des possibles qu'ouvre un tel outil, on peut se questionner sur les bénéfices que cela pourrait amener dans le cadre d'une utilisation au sein de la pharmacie d'officine. L'enjeu de cette thèse est de définir ce qu'est l'IA et d'où elle vient avant de parcourir les perspectives qu'elle aurait à offrir au sein du monde officinal. Cette thèse aura aussi pour objectif de mettre en lumière les éventuels limites juridiques comme environnementales.

Membres du jury :

Président : Bertrand DECAUDIN, PU-PH, Biopharmacie, Pharmacie galénique et hospitalière

Assesseur(s) : Claire PINÇON, MCU, Biomathématiques

Membre(s) extérieur(s) :

- Léa CAGNIEUX, Spécialiste Senior Performance Qualité Lyo à GSK Saint Amand-les-Eaux
- Christophe KARAS, Pharmacien titulaire d'officine, Pharmacie des Terrils à Liévin