



**HAL**  
open science

# Évaluation des connaissances et représentations de l'intelligence artificielle en transplantation d'organe solide chez les patients et professionnels de santé

Léa Liaigre

► **To cite this version:**

Léa Liaigre. Évaluation des connaissances et représentations de l'intelligence artificielle en transplantation d'organe solide chez les patients et professionnels de santé. Sciences pharmaceutiques. 2023. dumas-04663687

**HAL Id: dumas-04663687**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04663687v1>**

Submitted on 29 Jul 2024

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

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

## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance.

La propriété intellectuelle du document reste entièrement celle du ou des auteurs. Les utilisateurs doivent respecter le droit d'auteur selon la législation en vigueur, et sont soumis aux règles habituelles du bon usage, comme pour les publications sur papier : respect des travaux originaux, citation, interdiction du pillage intellectuel, etc.

Il est mis à disposition de toute personne intéressée par l'intermédiaire de [l'archive ouverte DUMAS](#) (Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance).

Si vous désirez contacter son ou ses auteurs, nous vous invitons à consulter en ligne les annuaires de l'ordre des médecins, des pharmaciens et des sages-femmes.

Contact à la Bibliothèque universitaire de Médecine Pharmacie de Grenoble :

[bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr)

Année : 2023

**ÉVALUATION DES CONNAISSANCES ET REPRÉSENTATIONS DE  
L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN TRANSPLANTATION  
D'ORGANE SOLIDE CHEZ LES PATIENTS ET  
PROFESSIONNELS DE SANTÉ**

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

SPÉCIALITÉ : PHARMACIE HOSPITALIÈRE GÉNÉRALE

SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE PHARMACIE DE GRENOBLE

Le 20/10/2023

Par Mme Léa LIAIGRE

*[Données à caractère personnel]*

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :

Président du jury :

M. le Pr Pierrick BEDOUCH

Membres :

M. le Dr Sébastien CHANOINE (directeur de thèse)

M. le Pr Bruno DEGANO

Mme le Dr Dorothée LOMBARDO

Mme le Dr Marie Camille CHAUMAIS

L'UFR de Pharmacie de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.

## ENSEIGNANTS - CHERCHEURS Année 2023 / 2024

Doyen de la Faculté - Pr Michel SÈVE  
Vice-Doyen Pédagogie - Dr Pierre CAVAILLÈS  
Vice-Doyen Recherche – Pr Walid RACHIDI

STATUT	NOM	PRÉNOM	LABORATOIRE	HDR
MCF	ALDEBERT	DELPHINE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheREx	Oui
PU-PH	ALLENET	BENOÎT	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheMAS	Oui
AHU	AMEN	AXELLE		
Professeur Emérite	BAKRI	ABDELAZIZ	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	
MCF	BARDET	JEAN-DIDIER	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheMAS	
MCF	BATANDIER	CÉCILE	GIN-U1216 INSERM	
PU-PH	BEDOUC	PIERRICK	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheMAS	Oui
MAST	BELLET	BÉATRICE	-	
MCF	BOUCHERLE	BENJAMIN	DPM - UMR 5063 CNRS	
PU	BOUMENDJEL	AHCÈNE	LRB -INSERM U 1039	Oui
MCF	BOURGOIN	SANDRINE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	
MCF	BRETON	JEAN	LCIB – UMR E3 CEA	Oui
MCF	BRIANÇON-MARJOLLET	ANNE	HP2 – INSERM U1042	Oui
PU	BURMEISTER	WILHEM	UVHCI- UMI 3265 EMBL CNRS	Oui
PU-PH	BUSSER	BENOÎT	IAB-UMR 5309 CNRS- INSERM U1209	Oui
Professeur Emérite	CALOP	JEAN		
MCF	CAVAILLÈS	PIERRE	IAB-UMR 5309 CNRS- INSERM U1209	
MCU-PH	CHANOINE	SÉBASTIEN	CR UGA - INSERM U1209 - CNRS 5309	
MCF	CHOISNARD	LUC	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
MCU-PH	CHOVELON	BENOIT	DPM – UMR 5063 CNRS	
MAST	COMBE	JÉRÔME	-	
PU-PH	CORNET	MURIEL	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheREx	Oui
Professeur Emérite	DANEL	VINCENT	-	
Professeur Emérite	DECOUT	JEAN-LUC	DPM – UMR 5063 CNRS	
MCF Emérite	DELÉTRAZ-DELPORTE	MARTINE	LPSS – EAM 4129 LYON	
PR	DEMEILLIERS	CHRISTINE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	Oui
ATER	DETRAIT	MAXIMIN		
PU-PH	DROUET	CHRISTIAN	GREPI EA7408	Oui
PU	DROUET	EMMANUEL	IBS – UMR 5075 CEA CNRS	Oui
MCF	DURMORT	CLAIRE	IBS – UMR 5075 CEA CNRS	Oui

STATUT	NOM	PRÉNOM	LABORATOIRE	HDR
CDD	DURVILLE	SABINE		
PU-PH	FAURE	PATRICE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
MCF	FAURE-JOYEUX	MARIE	HP2 – INSERM U1042	Oui
PRCE	FITE	ANDRÉE	-	
MCU-PH	GARNAUD	CÉCILE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheReX	
PRAG	GAUCHARD	PIERRE-ALEXIS	-	
PU-PH	GERMI	RAPHAËLE	IBS – UMR 5075 CEA CNRS HIV & virus persistants Institut de Biologie Structurale	Oui
MCF	GÈZE	ANNABELLE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
MCF Émérite	GILLY	CATHERINE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
MCF	GONINDARD	CHRISTELLE	LECA – UMR CNRS 5553	Oui
MCF	GRENIÉ	MATTHIAS	LECA – UMR CNRS 5553	
Professeure Émérite	GRILLOT	RENÉE	-	
MCF	GUIEU	VALÉRIE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	
MCU-PH	HENNEBIQUE	AURÉLIE	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheReX	
MCF	HININGER-FAVIER	ISABELLE	LBFA – INSERM U1055	Oui
AHU	IHL	CORDELIA		
MCF	KHALEF	NAWEL	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	
MCF	KOTZKI	SYLVAIN	HP2 – UMR 51042	
MCF	KRIVOBOK	SERGE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
PHU	LEENHARDT	JULIEN	INSERM – U1039	
PU	LENORMAND	JEAN-LUC	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS, TheReX	Oui
AHU	LEO	CAROLINE		
MAST	LOGEROT	SOPHIE		
PU	MARTIN	DONALD	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	Oui
PRCE	MATTHYS	LAURENCE	-	
MCU-PH	MINOVÉS	MÉLANIE	HP2 – INSERM U1042	
PU	MOINARD	CHRISTOPHE	LBFA - INSERM U1055	Oui
PU-PH	MOSSUZ	PASCAL	IAB – INSERM U1209	Oui
MCF	MOUHAMADOU	BELLO	LECA – UMR 5553 CNRS	Oui
MCF	NICOLLE	EDWIGE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
MCF	OUKACINE	FARID	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
MCF	PERES	BASILE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
AHU	PERRIER	QUENTIN		
MCF	PEUCHMAUR	MARINE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
PU	PEYRIN	ERIC	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui

STATUT	NOM	PRÉNOM	LABORATOIRE	HDR
ATER	PEYRONNEL	CÉLIAN		
PU	RACHIDI	WALID	BGE/BIOMICS/ CEA	Oui
PU	RAVELET	CORINNE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
PU	RIBUOT	CHRISTOPHE	HP2 – INSERM U1042	Oui
Professeure Emérite	ROUSSEL	ANNE-MARIE	-	Oui
PU-PH	SÈVE	MICHEL	TIMC-IMAG UMR 5525 CNRS	Oui
MCF	SOUARD	FLORENCE	DPM – UMR 5063 CNRS	Oui
MCF	SPANIO	MONIQUE	IBS – UMR 5075 CEA CNRS	
MCF	TARBOURIECH	NICOLAS	IBS – UMR 5075 CEA CNRS	
AHU	TRUFFOT	AURÉLIE		
MCF	VANHAVERBEKE	CÉCILE	DPM – UMR 5063 CNRS	
AHU	VITALE	ELISA		
MCF	WARTHER	DAVID	DPM – UMR 5063 CNRS	
Professeur Emérite	WOUESSIDJEW	DENIS	DPM – UMR 5063 CNRS	

**AHU** : Assistant Hospitalo-Universitaire

**ATER** : Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherches

**BCI** : Biologie du Cancer et de l'Infection

**CHU** : Centre Hospitalier Universitaire

**CIB** : Centre d'Innovation en Biologie

**CRI** : Centre de Recherche INSERM

**CNRS** : Centre National de Recherche Scientifique

**DCE** : Doctorants Contractuels Enseignement

**DPM** : Département de Pharmacochimie Moléculaire

**HP2** : Hypoxie Physiopathologie Respiratoire et Cardiovasculaire

**IAB** : Institute for Advanced Biosciences

**IBS** : Institut de Biologie Structurale

**LAPM** : Laboratoire Adaptation et Pathogenèse des Microorganismes

**LBFA** : Laboratoire Bioénergétique Fondamentale et Appliquée

**LCBM** : Laboratoire Chimie et Biologie des Métaux

**LCIB** : Laboratoire de Chimie Inorganique et Biologie

**LECA** : Laboratoire d'Ecologie Alpine

**LPSS** : Laboratoire Parcours Santé Systémique

**LR** : Laboratoire des Radio pharmaceutiques

**MAST** : Maître de Conférences Associé à Temps Partiel

**MCF** : Maître de Conférences des Universités

**MCU-PH** : Maître de Conférences des Universités et Praticiens Hospitaliers

**PAST** : Professeur Associé à Temps Partiel

**PRAG** : Professeur Agrégé

**PRCE** : Professeur certifié affecté dans l'enseignement

**PU** : Professeur des Universités

**PU-PH** : Professeur des Universités et Praticiens Hospitaliers

**SyMMES** : Systèmes Moléculaires et nanoMatériaux pour l'Energie et la Santé

**TIMC-IMAG** : Laboratoire Technique de l'Imagerie, de la Modélisation

**UMR** : Unité Mixte de Recherche

**UVHCI** : Unit of Virus Host Cell Interactions

## Remerciements

### **A Monsieur le Professeur Pierrick BEDOUCH,**

Pour me faire l'honneur de présider ce jury. Merci pour vos précieux conseils depuis le début de mon internat et pour m'avoir donné le goût de la pharmacie clinique depuis le début de mes études de pharmacie. Veuillez trouver ici l'expression de toute ma reconnaissance.

### **A Monsieur le Docteur Sébastien CHANOINE,**

Pour avoir accepté de m'encadrer et m'avoir accompagnée dans ce projet, et dans tous les autres ! Merci pour ta disponibilité et tes nombreuses relectures malgré ton emploi du temps bien chargé, pour ta gentillesse, ton savoir et ta bonne humeur à toute épreuve. J'ai de la chance d'avoir été encadrée par toi.

### **A Monsieur le Professeur Bruno DEGANO,**

Pour avoir accepté de faire partie de mon jury. Merci pour votre encadrement au cours de mon semestre en pneumologie. Je vous assure de ma reconnaissance et de mon respect pour l'intérêt porté à mon travail.

### **A Madame le Docteur Dorothee LOMBARDO,**

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci pour ton aide à la diffusion de mon questionnaire, pour ton partage de connaissance et ta bienveillance au cours de ces nombreux staffs de pharmacie clinique.

### **A Madame le Docteur Marie Camille CHAUMAIS,**

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Soyez assurée de toute mon estime et de ma gratitude.

## **Aux personnes avec qui j'ai eu la chance de travailler**

### **A l'hépatogastro,**

Vous aurez toujours une place spéciale pour moi car vous m'aurez permis de découvrir l'internat et permis de traverser la période Covid avec de la joie et de nombreuses RCP nocturnes. Merci pour tout.

### **A l'équipe de radiopharmacie,**

Pour m'avoir fait découvrir le monde de la technie, m'avoir encadré de façon bienveillante et m'avoir permis, sans le vouloir, de gagner en confiance pour le reste de mon internat.

### **A l'équipe de l'Arsenal,**

Pour m'avoir permis de participer à mon échelle à la mise en place de l'Arsenal. Merci Assia et Mathilde pour ces moments de partage et ces fous-rires, j'étais heureuse d'aller au travail le matin grâce à vous, même quand c'était à 7h !

### **A l'URCC et l'HDJ onco,**

Dominique pour votre gentillesse et pour votre savoir-être précieux avec les patients. L'équipe de l'URCC, pour votre savoir, votre dynamisme, bonne humeur et pour tous les petits-déjeuners !

### **A l'équipe de pneumologie,**

Pour m'avoir permis de découvrir une spécialité qui me passionne. Merci spécialement à Quentin, tu es l'assistant que tout le monde rêve d'avoir ! Merci pour ta disponibilité, ta gentillesse, tes conseils et ton aide sur la plupart de mes projets. Merci spécifiquement pour ton aide précieuse à la diffusion de mon enquête.

### **Au CIC,**

Pour m'avoir fait découvrir le monde de la recherche et m'avoir donné envie d'en faire à mon tour. Merci Matthieu pour ta disponibilité et toutes les connaissances que tu m'as transmises avec une extrême bienveillance. Merci Alicia de m'avoir encadré avec gentillesse et humour, de m'avoir nourri (!), de m'avoir écoutée et épaulée quand j'en avais besoin. Je suis heureuse d'être un peu plus que ton interne aujourd'hui. Merci à toute l'équipe !

## **A ma famille**

### **A mes parents,**

Je vous dédie ce travail. Merci pour votre amour inconditionnel et votre soutien sans faille. Vous avez toujours cru en moi, même quand c'était mal parti, c'est grâce à vous que j'y suis arrivée ! Votre résilience, votre tolérance, votre humour, votre curiosité et tant d'autres qualités m'ont permis de grandir dans un foyer heureux et bienveillant et de devenir, je l'espère, quelqu'un de bien. Je chérie tous nos moments partagés et espère pouvoir en créer encore des milliers. Je suis si fière d'être votre fille, je vous aime plus que tout.

### **A Ilona,**

Ma petite sœur, je suis heureuse d'avoir pu grandir à tes côtés et fière de la personne de que tu es devenue et continues à devenir. La bonté, l'humour, l'intelligence et la réussite tu les as déjà, alors je te souhaite simplement d'être heureuse. Je t'aime tant.

### **A Samuel et Florent,**

Mes grand-frères, même si nous ne nous voyons pas assez, je sais pouvoir compter sur vous et j'espère pouvoir profiter plus de vous et de mes neveux à l'avenir !

### **A la famille Barthassat,**

Merci pour tous ces moments partagés, pour ce drôle d'humour propre à notre famille, pour votre force et résilience à toute épreuve. Je suis heureuse de vous avoir à mes côtés aujourd'hui.

### **A la famille Liaigre,**

Même si nous sommes loin, merci pour tous les beaux souvenirs d'enfance en Vendée, à 10 (parfois 15 !) dans la maison de papi et mamie. Je garde précieusement ces souvenirs et chaque moment passé avec vous sont des moments de joie.

## **A mes amis**

### **A Mathilde, Noémie et Célia,**

Mes amies depuis le premier jour de fac ! Nos (nombreuses) soirées parfois trop arrosées, défis en tout genre et voyages « pittoresques » ont rendus merveilleuses mes années de faculté de pharmacie. Je suis heureuse que malgré la distance et nos emplois du temps de ministre, nous trouvions toujours du temps pour nous voir. Vous pourrez toujours compter sur moi.

### **A Tiffany,**

Mon binôme, d'abord de TP puis dans la vie. Quelle chance de t'avoir comme amie ! C'est en partie grâce à toi et à ton soutien que j'ai réussi ce concours d'internat. Nos

goûters, gardes au labo de bio, vacances, sessions révisions et après-midi à ne rien faire à part être ensemble sont des moments que je n'oublierai jamais. Je sais que nous serons toujours présentes l'une pour l'autre, peu importe la distance. Merci également à tes sœurs et tes parents qui m'ont toujours accueilli les bras grands ouverts.

**A Pauline,**

Ma boussole depuis mon premier jour d'interne ! Je suis heureuse de pouvoir te compter parmi mes plus proches amies. Ce semestre en pneumologie à tes côtés (et nos pauses thés !) aura toujours une place spéciale dans mon internat. Je te souhaite de t'épanouir dans ton nouveau rôle de maman, mais je sais déjà que tu seras une mère formidable, et avec Antoine à tes côtés, tout ne peut que bien se passer !

**A Cordélia,**

Tes conseils, ta gentillesse, ton humour (je rirai toujours à toutes tes blagues) et ton intelligence font de toi une amie précieuse. Je remercie la vie de vous avoir mis sur ma route avec Pauline, sinon avec qui je pourrai faire vivre ma passion des jeux de société ? J'ai hâte de te voir en chef, je suis sûre que tu seras merveilleuse !

**A Othilie,**

Qui aurait cru que la petite externe pourrait un jour appeler son interne une amie ? Merci pour tes conseils, ta gentillesse sans limite et pour nos fameuses soirées bavardage/coca qui me manque depuis que tu es partie pour la Suisse ! Je suis heureuse de te voir heureuse et j'espère pouvoir te compter parmi mes amies pendant encore longtemps.

**A Alexandre, Edouard et Noémie,**

On ne s'est pas choisi mais je suis très heureuse de vous avoir à mes côtés, même si vous me poussez un peu trop du côté obscur de la force !! Merci Edouard pour ta gentillesse et pour ta disponibilité sans faille. Merci Noémie pour ton humour et ta confiance inexplicquée en mes compétences sportives. Merci Alex pour ton sarcasme légendaire, tes conseils et merci énormément d'avoir fait en sorte que je ne sois pas sans salle pour ma soutenance de thèse.

**A tous les autres,**

ZAC, Lénaïk, Claire, Anissa ... je n'ai pas la place de tous vous écrire un paragraphe (je suis déjà à 4 pages !) mais sachez que je vous remercie pour tout ce que vous m'apportez individuellement et je vous souhaite le meilleur !

**A tous ceux qui ont croisés ma route au cours de cet internat,**

Co-internes de pharmacie, de médecine, préparateurs et externes, je n'ai pas la place de tous vous citer mais je suis heureuse de vous avoir côtoyé, vous avez contribué à rendre mon internat unique.

**A Maxime,**

Mon compagnon depuis plus de deux ans déjà, et pour la vie j'espère. La vie avec toi est douce. Merci de me faire rire, de me nourrir, de me pousser à me dépasser et de m'entourer de ton amour. J'ai hâte de voir ce que l'avenir nous réserve ! Je t'aime.

**Aux cinq étoiles qui brillent au-dessus de ma tête, j'espère vous rendre fière.**

## Table des matières

1. Liste des abréviations.....	12
2. Lexique.....	13
<i>I. Introduction Générale.....</i>	<i>15</i>
<i>II. Article.....</i>	<i>26</i>
<i>III. Discussion générale.....</i>	<i>50</i>
<i>III. Conclusion.....</i>	<i>56</i>
<i>IV. Bibliographie.....</i>	<i>58</i>
<i>V. Annexes.....</i>	<i>66</i>
Annexe 1 : Protocole d'étude de TransplantIA, approuvé par la DRCI du CHU de Grenoble .....	67
Annexe 2 : Validation du protocole par le CPP .....	76
Annexe 3: Questionnaire à destination des patients transplantés d'organe solide selon le protocole TransplantIA .....	77
Annexe 4 : Questionnaire à destination des professionnels en transplantation selon le protocole TransplantIA .....	81

## 1. Liste des abréviations

AI : *Artificial Intelligence*

ASC : Aire sous la Courbe

CNN : *Convolutional neural network* / Réseau de Neurones  
Profonds

EDS : Entrepôt de Données de Santé

IA : Intelligence Artificielle

IS : Immunosuppresseur

PK : Pharmacocinétique

SNDS : Système National des Données de Santé

SOT : *Solid Organ Transplantation*

STP : Suivi Pharmacologique Thérapeutique

SVM : *Support Vector Machine*/ Séparateur à vastes marges

## 2. Lexique

**APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE** : Sous-domaines de l'intelligence artificielle où les systèmes informatiques apprennent à partir de données pour prendre des décisions ou effectuer des tâches sans programmation explicite, en identifiant des modèles et en s'adaptant automatiquement.

**CONNAISSANCE** : Ensemble de ce qu'on a appris ; notions, culture dans un domaine précis.

**INTELLIGENCE ARTIFICIELLE** : Domaine utilisant la construction de programmes et de données solides afin de résoudre des problèmes de façon plus satisfaisante que l'être humain.

**MÉDICAMENT A MARGE THÉRAPEUTIQUE ÉTROITE** : médicament pour lequel la différence entre la dose efficace et la dose toxique est faible. De ce fait, de faibles variations de dose ou de concentration peuvent entraîner une modification du rapport-bénéfice/risques.

**REPRÉSENTATION** : Manière dont les individus forment des images mentales, des concepts, des idées ou des modèles internes pour symboliser et stocker des informations sur le monde qui les entoure, leurs expériences passées, et leurs pensées futures. Elles jouent un rôle essentiel dans la perception, la cognition, la mémoire et la résolution de problèmes, permettant aux individus de traiter et d'interagir avec leur environnement.

TRANSPLANTATION D'ORGANE SOLIDE : Opération qui a pour objet de transplanter un organe fonctionnel d'un individu (donneur) à un autre (receveur), avec rétablissement de ses connexions vasculaires.

## I. Introduction Générale

La transplantation d'organe offre une seconde chance de vie à de nombreux patients atteints de maladies graves ou d'organes en défaillance. Cependant, au-delà de sa complexité médicale, la transplantation est également un processus qui regroupe des dimensions humaines profondes. Cette thèse d'exercice vise à explorer ces aspects concernant le développement de l'intelligence artificielle et son utilisation en transplantation d'organe solide. En évaluant les connaissances et les représentations des patients transplantés et des professionnels de santé impliqués concernant l'intégration de l'intelligence artificielle dans ce domaine, cette étude cherche à déterminer les défis, les opportunités et les besoins qui découlent de la convergence entre la médecine et la technologie.

### Intelligence Artificielle : concept et outils

L'intelligence artificielle (IA) est un terme général dont la définition et le concept ont évolué avec le temps. Dès 1950, Alan Turing ouvre la discussion sur l'IA et propose le test de Turing dans lequel un interrogateur humain tente de distinguer la réponse textuelle d'un humain de celle d'un ordinateur (1). Plus tard, Russel et Norving ont publié un ouvrage de référence exposant quatre définitions de l'IA : selon l'approche humaine, systèmes qui 1) pensent ou 2) agissent comme des êtres humains et selon l'approche idéale, systèmes qui 3) pensent ou 4) agissent rationnellement (2). John McCarthy, père fondateur de l'IA, l'a définie au colloque de Darmouth en 1956 comme « la science et l'ingénierie de la fabrication de machines intelligentes, en particulier de programmes informatiques intelligents ». Il précise qu'« elle est liée à la tâche similaire qui consiste à utiliser des ordinateurs pour comprendre l'intelligence humaine, mais l'IA ne doit pas se limiter aux méthodes qui sont biologiquement observables ». L'IA peut être définie comme un domaine utilisant la construction de programmes et de

données solides afin de résoudre des problèmes de façon plus satisfaisante que l'être humain.

Différents outils utilisant l'IA ont été développés au cours des années. Le plus connu, l'apprentissage automatique ou *machine learning* utilise des algorithmes pour résoudre des problèmes habituellement associés à l'intelligence humaine, sans être explicitement programmés, dont le but est d'apprendre automatiquement des modèles et des idées à partir de grandes quantités de données et de les utiliser à des fins de prédiction ou de décision. Le *machine learning* peut être divisé en plusieurs domaines, dont les trois principaux sont : 1) l'apprentissage supervisé, permettant de prédire une réponse à partir de données classifiées, 2) l'apprentissage non supervisé, permettant de découvrir des structures cachées dans les données non classifiées et 3) l'apprentissage par renforcement qui consiste à apprendre les actions à prendre, à partir d'expériences, de façon à optimiser une récompense quantitative au cours du temps (3). L'apprentissage profond, ou *deep learning*, peut également être mis en lumière tant son utilisation croît de façon exponentielle. Pouvant être supervisé ou non supervisé, le *deep learning* consiste en l'apprentissage de représentations de données en utilisant des couches cachées de réseaux de neurones artificiels (4). Dans chacun de ces domaines, de multiples outils ont été développés (Table 1).

Table 1: Tableau récapitulatif des principaux types de machine learning existants et exemples d'application. UMAP: Uniform manifold approximation and projection / tSNE : t-distributed stochastic neighbor embedding

Méthode d'IA	Description	Outils utilisés	Exemples d'application
Apprentissage supervisé	Utilisation de données classifiées pour entraîner un modèle à prédire une réponse	Régression : Lasso, Ridge, support vector regression	Classification d'images, reconnaissance de la parole

		<u>Classification</u> : Naive-Bayes classifiérs, arbres décisionnels, random forest, stochastic gradient boosting machines	
Apprentissage non supervisé	Utilisation de données non classifiées pour découvrir des structures cachées dans les données	K-means, UMAP, tSNE	Clustering de donnée, réduction de dimensions
Réseaux de neurones / Apprentissage profond	Apprentissage et représentation des données en ajustant les associations pondérées entre les canaux d'entrée à travers une hiérarchie de neurones ou de réseaux neuronaux.	Réseau de neurones convolutionnels, réseau de neurones récurrents, Réseau de neurones artificiels	Reconnaissance d'images, reconnaissance de la parole, traitement du langage naturel
Apprentissage par renforcement	Apprentissage par retour d'information grâce à l'interaction avec l'environnement, sous forme de récompenses ou de pénalités afin d'ajuster ses actions pour maximiser les récompenses au fil du temps.	Monte-carlo, Méthode de la différence temporelle (Q-Learning, Sarsa), Value-Iteration, Policy Iteration	Jeux, contrôle de robots, optimisation de stratégies

## Utilisation de l'intelligence artificielle en santé

Largement utilisée dans l'industrie et l'usage des réseaux sociaux, l'IA attire désormais l'intérêt du corps médical. Pour preuve de l'essor de l'usage de l'IA dans ce domaine, l'Union européenne a lancé en 2018 un programme coordonné sur l'IA dans le but de maximiser la compétitivité de l'Europe sur le marché mondial en termes d'IA dans tous les secteurs y compris la santé (5). En 2021, ce plan a été complété par le plan « coordonné révision » afin « d'accélérer les investissements dans l'IA, d'agir sur les stratégies et programmes et d'aligner la politique en matière d'IA afin d'éviter la fragmentation ». En avril 2022, la Délégation au numérique en santé a d'ailleurs publié des recommandations de bonnes pratiques de l'IA en santé dont le but était de définir un cadre éthique de l'usage de l'IA dans les services numériques de santé pour protéger les patients et éviter des dérives (5). Ces plans démontrent que l'usage de

l'IA est une véritable priorité à l'échelle du territoire français soutenu par un élan européen. Nous ne sommes qu'à l'aube du développement de l'IA et de son application à la santé. Il est donc d'autant plus important d'informer le grand public sur son usage dans ce domaine.

La disponibilité croissante des données de santé rend possible son application aux actes de diagnostic et de prédiction des maladies afin d'améliorer la prise en charge des patients. L'étude de grands échantillons est désormais possible grâce au développement des entrepôts de données de santé (EDS). Les EDS constituent un outil puissant permettant aux organismes de santé de gérer et d'utiliser d'importants volumes de données et fournissent une plateforme pour l'analyse des données afin d'améliorer la prise en charge des patients (6). En France, plusieurs hôpitaux ont créé des EDS stockant les données cliniques, biologiques et pharmaceutiques de leurs patients (7,8). En 2019, le Système National des Données de Santé (SNDS) a créé le Health Data Hub (HDH) qui associe 56 parties prenantes telles que Caisse Nationale de l'Assurance Maladie afin de « réunir, organiser et mettre à disposition des données, issues notamment du système national des données de santé et promouvoir l'innovation dans l'utilisation des données de santé » (9,10).

Les systèmes d'IA peuvent traiter ces données à l'aide d'algorithmes de *machine learning* et de techniques de traitement du langage naturel afin d'identifier des modèles et des informations qui seraient difficiles, voire impossibles, à détecter par l'homme. En outre, les EDS permettent d'entraîner les modèles d'IA à être plus précis et plus efficaces dans une variété de contextes, le profil des patients dans les entrepôts étant variés.

Tous les domaines de la médecine sont concernés par le développement de l'IA. En 2016, Gulshan et al. ont développé un algorithme de détection automatique, via *deep learning*, de la rétinopathie diabétique à partir de photographies de fond d'œil (12). En 2017, Esteva et al. ont créé une classification des lésions cutanées à l'aide de réseaux de neurones convolutionnels profonds (CNN), entraînés à partir de 129 450 images cliniques comprenant 2 032 maladies différentes dans le but d'améliorer la détection des cancers cutanés (13). En termes de résultats, le CNN atteint des performances comparables à celles des experts dermatologues testés, démontrant que cette IA est capable de classer les cancers de la peau avec un niveau de compétence comparable à celui des dermatologues. En améliorant les prises en charge, l'IA a également un impact positif sur les dépenses de santé, ce qui lui confère un intérêt particulier dans la dynamique actuelle de réduction des coûts de santé (14). Pour exemple, des chercheurs ont utilisé le *deep learning* pour créer un score de risque permettant d'identifier les patients présentant un risque élevé de septicémie à partir des données patients. Leurs résultats suggèrent que le *deep learning* permet de réduire de 53 % la mortalité liée à la septicémie et de 30 % les coûts liés à cette infection (15).

### Utilisation de l'intelligence artificielle en transplantation

Ces résultats rendent particulièrement intéressant l'usage de l'IA pour les problématiques de santé à forts coûts financiers et humains (décès, qualité de vie, comorbidités associées) telles que la transplantation d'organe solide.

À ce jour, la transplantation d'organe solide est la solution de dernier recours pour des milliers de patients atteints de maladies chroniques. Elle implique le transfert d'un organe sain d'un donneur vivant ou décédé vers un receveur dont l'organe est gravement endommagé ou dysfonctionnel. En 2022, selon l'Agence de Biomédecine,

5494 transplantations d'organes solides ont eu lieu en France dont 3376 rénales, 1294 hépatiques, 334 pulmonaires, 411 cardiaques et 8 transplantations cœur-poumon (16). La transplantation présente des défis majeurs tels que la disponibilité limitée d'organes compatibles et le risque du rejet du greffon par le système immunitaire du receveur dont l'apparition est limitée par une prise en charge immunosuppressive au long cours. Cette prise en charge représente elle-même un défi, car une immunosuppression trop faible expose au risque de rejet alors qu'une immunosuppression trop forte expose au risque d'effets indésirables des médicaments immunosuppresseurs (17).

Les activités de transplantation d'organe solide ont beaucoup évolué ces dernières années et chacune d'entre elles peut être exploitée par l'utilisation de l'IA, notamment dans un contexte d'augmentation de la demande et de la pénurie de greffons (18). Dans ce domaine, quatre problématiques clés ont suscité l'intérêt de l'IA : l'allocation d'organes et l'appariement donneur-receveur, l'analyse de précision des examens, la prédiction de survie posttransplantation et le suivi pharmacologique thérapeutique (STP). Le processus d'allocation et d'appariement donneur-receveur dépend de plusieurs facteurs : type d'organe greffé, compatibilité HLA, période pendant laquelle l'organe reste viable une fois prélevé, caractéristiques des patients, distance géographique... (19). L'IA pourrait considérablement renforcer la prise de décision, en harmonisant automatiquement les principes d'utilisation optimale et d'égalité d'accès. Les réseaux de neurones ont notamment été étudiés dès 2014 pour faciliter l'allocation des greffons hépatiques. Pour exemple, Briceno et al. ont réalisé une étude multicentrique visant à comparer l'apprentissage profond aux techniques classiques d'allocation des greffons en termes de survie et de perte de greffon à 3 mois (20). L'IA

a démontré de meilleures performances dans la prédiction de la probabilité de survie du greffon. Ces résultats ont ensuite été validés dans une cohorte de patients transplantés hépatiques du King's College Hospital (21). Depuis, plusieurs études utilisant les réseaux de neurones pour l'allocation des greffons et l'appariement donneur-receveur ont été réalisées et ont démontré leur intérêt (22,23). L'analyse de précision des examens est également primordiale dans le diagnostic et le suivi au long cours pour détecter précocement l'apparition de complication ou de dégradation du greffon. Dans ce domaine, la lecture d'imagerie, notamment histologique, est un excellent champ d'application de l'IA et a fait l'objet de nombreuses publications utilisant les réseaux neuronaux (24–28). La prédiction de la survie du greffon posttransplantation quant à elle, représente la majorité des publications sur l'utilisation de l'IA en transplantation d'organe solide. Les outils d'IA les plus utilisés sont les arbres de classification, réseaux de neurones et forêts aléatoires dont les performances sont généralement comparées à des modèles de régression traditionnels ou à des scores de prédiction clinique connus (29–33). En 2022, Yu et al., en comparant les modèles de prédiction de la survie après une transplantation hépatique, a montré que les algorithmes de *machine learning*, en particulier la forêt aléatoire, surpassaient la régression de Cox conventionnelle et les scores de survie traditionnels pour prédire la survie à 1 mois, 3 mois et 12 mois (34).

Enfin, plus récemment, la communauté scientifique s'est intéressée à l'usage de l'IA pour le STP des immunosuppresseurs. Ces derniers étant à marge thérapeutique étroite, caractérisée par des concentrations toxiques ou inefficaces proches des concentrations efficaces, tout déséquilibre est susceptible d'entraîner l'apparition d'effets indésirables ou d'un rejet (17). Actuellement, deux marqueurs sont disponibles

pour ajuster la dose individuelle d'IS : la concentration minimale dans le sang total (ou concentrations résiduelles), et l'aire sous la courbe (ASC). Bien que ce dernier soit théoriquement un meilleur marqueur de l'exposition, ce paramètre est plus difficile à mesurer que la concentration résiduelle en routine (en particulier sans l'utilisation de modèles pharmacocinétiques de population), justifiant sa moindre utilisation en pratique (35). L'IA représente donc une opportunité de faciliter l'utilisation de l'ASC en routine. Ce sujet fait déjà l'objet de publications pour différents types d'immunosuppresseurs(36–38).

### Connaissances et représentations de l'intelligence artificielle

L'une des principales limites de l'IA est sa compréhension et son acceptation par le grand public. L'essor de ChatGPT, agent conversationnel utilisant des techniques d'apprentissage supervisé et d'apprentissage par renforcement, en est un parfait exemple. Dès son lancement en novembre 2022, il a suscité l'intérêt du monde entier et comptait, en avril 2023, plus de 200 millions de comptes enregistrés (39). Globalement bien accueilli par le grand public, il suscite cependant diverses inquiétudes : détournements possiblement malveillants, informations trompeuses, voire fausses, risques de plagiat, etc. L'usage de l'IA reste encore aujourd'hui très controversé et l'évaluation des représentations et connaissances à son sujet représente une clé pour favoriser son acceptation.

La représentation et la connaissance sont deux domaines essentiels de notre expérience humaine qui interagissent de manière complexe pour nous permettre de comprendre le monde qui nous entoure (40). La représentation se réfère à la manière dont les individus conçoivent des modèles cognitifs, des symboles, images mentales

ou des schémas internes pour intégrer et manipuler des informations. Ces représentations mentales peuvent prendre différentes formes qui aident à percevoir, à penser et à interagir avec les autres. La représentation constitue la première étape de l'acquisition de connaissances (41). Cependant, la connaissance implique également la compréhension, l'interprétation et la contextualisation de ces données sensorielles. Elle résulte de la réflexion, de l'analyse, de la mémoire et de la communication. Ainsi, la connaissance reflète la capacité de l'individu à utiliser ces représentations pour résoudre des problèmes, prendre des décisions éclairées et démontrer une compréhension profonde d'un sujet donné.

En contexte de santé, la représentation et la connaissance jouent un rôle crucial dans la prise de décisions éclairées et la prestation de soins de qualité. La représentation en santé se rapporte à la manière dont les individus perçoivent leur état de santé, les symptômes, et les informations fournies par les professionnels de la santé. La connaissance implique la compréhension des informations médicales, des traitements disponibles et des implications de choix thérapeutiques. Pour évaluer la représentation et la connaissance en santé, divers outils peuvent être utilisés, tels que des questionnaires d'auto-évaluation, des entretiens cliniques et des tests de compréhension. Ces évaluations permettent aux professionnels de la santé d'adapter leurs interventions, de clarifier les informations pour les patients et d'améliorer la communication pour garantir des décisions de santé éclairées et une meilleure adhésion thérapeutique.

Représentations et connaissances de l'intelligence artificielle en santé

La représentation de l'usage de l'IA en santé a déjà été étudiée, démontrant un faible niveau de connaissance du public sur l'IA et une ambivalence dans sa représentation (42), entre sa capacité à améliorer la vie humaine et la perte de contrôle ainsi que les conséquences indésirables d'une utilisation de l'IA sans esprit critique. Fritsch et al. a par exemple proposé un questionnaire aux patients allemands sur leur représentation de l'usage de l'IA en santé (43). La moitié des répondants a évalué l'utilisation de l'IA en médecine comme positive ou très positive, et était plutôt ouverte à l'utilisation de l'IA en santé, mais sous supervision des médecins qui doivent conserver la responsabilité du diagnostic et de la thérapie. Une autre étude a été réalisée auprès du corps médical, comparant les connaissances et représentations des médecins diplômés et des étudiants sur l'usage de l'IA en santé via un questionnaire à la suite d'un webinaire sur ce sujet (44). Cette étude a montré des disparités liées au sexe ainsi qu'un manque de connaissances chez les étudiants et médecins diplômés.

Dans le domaine de la transplantation d'organe solide, les connaissances et représentations de l'usage de l'IA n'ont jamais été étudiées, que ce soit chez les patients ou chez les professionnels de santé concernés. L'objectif de ce travail était d'évaluer les représentations et connaissances des patients et professionnels impliqués dans la transplantation.

## II. Article

Title: Assessing knowledge and representation of artificial intelligence in solid organ transplantation: the TransplantIA study

## **Abstract**

### **Introduction:**

Artificial intelligence (AI) has become ubiquitous, with potential applications in healthcare, including solid organ transplantation (SOT). However, concerns about AI's impact on jobs, data privacy, and ethical issues persist. This study examines the knowledge and representations of AI in SOT among patients and healthcare professionals, a topic previously unexplored in the field.

### **Materials and Methods:**

A cross-sectional study was conducted in France between May 1st and August 30, 2023, involving SOT patients and healthcare professionals. The primary objective was to assess their knowledge and representations of AI in SOT. The survey included questions about socio-demographics, AI knowledge, and representations. Patients were recruited through associations, while healthcare professionals were engaged through the French Society of Transplantation.

### **Results:**

A total of 94 healthcare professionals and 224 patients participated in this study. Patients had limited knowledge of AI, while professionals displayed slightly higher levels of knowledge. Both groups had positive representations of AI in SOT but expressed concerns about dehumanization and AI errors. Patients favored AI as a complement rather than a replacement for medical professionals.

### **Conclusion:**

This study provides insights into the knowledge and perceptions of AI in SOT among

patients and healthcare professionals. As AI applications continue to expand in transplantation, it is essential to educate both groups to make informed decisions and ensure the responsible integration of AI into healthcare practices. Government authorities and educational institutions should prioritize AI information dissemination in the field of transplantation.

Keywords: Solid Organ Transplantation; Artificial intelligence; Knowledge; Representation

**Introduction:**

Unknown to the public in the early 2000s, the term artificial intelligence (AI) is now part of everyday language. Defined in 1956 by John McCarthy, the concept of AI has evolved and been refined over the years, but its objective remains the same: to use computers to understand human intelligence and solve problems more efficiently and satisfactorily than human beings (45). There are several types of AI, the most important being machine learning, defined as algorithms used for solving problems usually associated with human intelligence, without being explicitly programmed, whose aim is to automatically learn patterns and ideas from large quantities of data, and use them to make predictions or decisions (3). Today, AI is present in almost all areas of daily life such as finance, manufacturing, transportation, entertainment and especially health. Its interest health is immense as it would improve patient care and reduce healthcare costs. Numerous applications are beginning to emerge in all healthcare areas, such as diagnosis, monitoring and therapy(12,13,15). Solid organ transplantation (SOT) is a perfect example of a field in which AI could be applied in all the aspects previously presented. Four issues are beginning to be investigated by AI: organ allocation, precision analysis of examinations, prediction of post-transplant survival and therapeutic pharmacological monitoring(46,47). In 2021, 144 302 solid organ transplants were performed, according to the Global Observatory on Donation and Transplantation(48). This significant cohort of patients is associated with a rich multi-professional team including doctors, nurses, pharmacists, physiotherapists, etc. Several research projects are underway in this field and several concrete applications are already in place (20,27,49).

However, AI is the subject of many controversies, notably on the risk of job loss, data protection, ethics and responsibilities, risk of uncontrollable development of AI

systems, etc (50). Many subjects that crystallize concerns, this is why it is even more important to better understand the representation of patients and healthcare professionals and their level of knowledge to better inform them and improve their adherence(51). Knowledge is defined as an action, the fact of understanding, knowing the properties, characteristics, specific features of something. Representation is defined as a complex psychological operation by which the mind, by organizing sensory data, forms a representation of external objects and becomes aware of reality. Several trials have been conducted to study the level of knowledge and representations of patients and health professionals on the application of AI in health and showed generally positive representation(43,44). However, none has been conducted on the application of artificial intelligence to SOT. This study is therefore the first to investigate the level of knowledge and representation of patients and professionals involved in SOT.

## **Material and Methods:**

### Study design:

A cross-sectional study was conducted in France among SOT patients and healthcare professional between the 1st of May and 30 August 2023.

### Objectives of the study:

The primary objective of this study was to assess the level of knowledge and representations of SOT patients and healthcare professionals working with SOT. The primary endpoint was the analysis of open-ended questions and closed questionnaire items for both thematic.

Secondary objectives were to compare the level of knowledge and representations between different healthcare professionals on AI, to compare the level of knowledge and representation of AI among patients according to the transplanted organ and finally to compare the average level of knowledge and representation about AI of healthcare professionals and patients. The secondary endpoints were the comparison of averages obtained for each group.

#### Survey construction:

A systematic literature review was conducted to analyze systematic reviews and original articles on the application of AI to SOT on Pubmed, Embase and Cochrane. The main themes, identified through the systematic review, were used to develop a questionnaire, which was then distributed through a network of associates. STROBE checklist was provided for this cross-sectional study. A web-based questionnaire was generated based on the findings of the literature review.

The questionnaire was constructed around three main sections. The first section focused on respondent sociodemographic characteristics. The second section included statements to assess respondent's knowledge of AI in general, AI healthcare applications and AI applications on SOT. Respondents were asked to indicate their level of agreement with statements using a ten-point Likert scale. In this instance, one was understood as strong disagreement while ten was strong agreement with the statement. In the third section, respondents were asked to give their opinion about AI applications. Section three was also designed to gain insights into the perceived challenges involved in the development and implementation of AI with three open questions: 5 words that bring AI to mind, perceived risks, and opportunities.

Sampling selection:

All patients who had undergone at least one organ transplant were eligible for inclusion in the study. Healthcare professionals had to work in SOT, and could be specialist physicians, surgeons, pharmacists, residents or coordinating nurses. The patient selection was made through patient associations. The recruitment of health professionals was done through the French Society of Transplantation.

Ethical approval:

Participation in the study was voluntary and informed consent was obtained before completing the questionnaire. Ethical approval was obtained from the Personal Information Protection Commission (PCP) Ouest IV with a reference number of 2023-A00950-45.

Statistical analyses:

Continuous variables were expressed as means with corresponding standard deviations. Categorical variables were described using frequencies and percentages. Knowledge on IA was defined by weak (<5), consistent (5-6) and high (>7) level of knowledge. To assess patients' representations, a qualitative analysis of the answers to the open-ended questions posed to participants was carried out. Participants' responses were subjected to thematic coding, followed by content analysis to identify trends, recurring patterns and qualitative insights. Recurrent patterns correspond to frequently recurring elements in participants' answers. Qualitative insights correspond to the discovery of an unexpected perspective, an underlying motivation or a common sentiment shared by participants. To limit the subjectivity of the analysis of open-ended questions, two people independently analyzed the answers, and differences in

interpretation were discussed. Associations between healthcare professional type or transplanted organ types and knowledge or representation was assessed by linear regression. Considering that age could be a potential confounding factor on the level of knowledge and opinion about AI, the comparison of knowledge levels and representation between healthcare professional and patients was adjusted for age.

To assess the internal consistency of the questionnaire, a reliability analysis was carried out using Cronbach's index (52). An index greater than 0.7 indicates that the questionnaire was of good quality (53).

All statistical analyses were performed using RStudio (version 4.2.1). A p-value <0.05 was established as the threshold for statistical significance.

## **Results:**

A total number of 94 and 224 responses were obtained for healthcare professionals and patients respectively. Fifteen percent of responses were partial.

### **Internal consistency:**

Cronbach's alpha coefficient was equal to 0.728 (95%CI: 0.632 - 0.788) for the assessment of knowledge and 0.711 (95%CI: 0.12 - 0.802) for the assessment of representations among healthcare professionals.

Cronbach's alpha was equal to 0.645 (95%CI: 0.574 - 0.713) for the assessment of knowledge. It was equal to 0.461 (95%CI: 0.123 - 0.619) for the evaluation of patients' representations.

### **Patients:**

#### **Sociodemographic characteristics:**

Most patients lived in the Auvergne Rhone Alpes region (53.2%) and were male (56.4%). They were mostly over 50 years old (78.3%) and retired (40.5%). Among non-retired patients, employees, engineers and people with no profession were the most represented. The most common transplanted organ type was liver (61.5%), and almost all patients had undergone a single organ transplant, for an average of 9 years. (Table 1)

#### Artificial intelligence knowledge:

Most patients had already heard of AI (83.2%), and the main source of information was the media (71.2%). Their average declared level of knowledge was very low, with an average value of 2.4/10. The most familiar type of AI was the conversational agent (23.4%) but half of the patient did not know any type of AI. 42.8% had heard of the application of AI in healthcare; therefore the average declared level of knowledge was extremely low (1.3/10). A minority of patients had heard of AI in transplantation (11.5%) and consequently the average declared level of knowledge was close to zero (0.5/10). (Table 1)

#### Artificial intelligence representations:

Patient opinions were positive but close to the average (5.8/10). Approximately 70% of patients felt that AI would be of benefit in improving immunosuppressant monitoring, monitoring side effects, predicting rejection and the risk of complications. It should be noted that the use of AI to create new drugs was considered less important. (Table 1)

When asked to "give five words that come to mind when you think of artificial intelligence", 128 different words were mentioned, divided into 5 categories: legal framework, fields of application, definition and techniques used, positive points and



offered by AI. The application of AI to transplantation most requested by patients was donor-recipient matching (58.4%). On the other hand, the use of AI to predict the risk of morbidity and mortality was ranked last.

Most patients (65.7%) were willing to share all their health data for use by artificial intelligence in their care. 15.7% of patients were unwilling to share data because they did not trust AI. Most patients (66.7%) said they would like to find out more about AI after completing the questionnaire (Table 1).

### Comparisons:

Organ type was not associated with the level of knowledge about AI and patient representation. Representation was positively associated with the declared level of knowledge about AI ( $p=0.002$ ) and AI in healthcare ( $p=0.05$ ), the opinion being more positive as the level of knowledge increased. Representation was not associated with the level of knowledge of AI in transplantation, this level being too low ( $p=0.182$ ) (Table S1).

*Table 1: Description of patient responses by type of transplanted organ. AI : artificial intelligence / <sup>1</sup>: Pearson's Chi-squared test / <sup>2</sup>: Linear Model ANOVA*

	Heart (N=31)	Kidney (N=19)	Liver (N=134)	Lung (N=34)	Total (N=218)	p value
<b>Sex</b>						0.047 <sup>1</sup>
N-Miss	5	4	20	5	34	
Female	6 (23.1%)	10 (66.7%)	50 (43.9%)	14 (48.3%)	80 (43.5%)	
Male	20 (76.9%)	5 (33.3%)	64 (56.1%)	15 (51.7%)	104 (56.5%)	
<b>Age</b>						0.032 <sup>1</sup>
18 – 25 years old	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (2.9%)	1 (0.5%)	
26 – 35 years old	2 (6.5%)	2 (10.5%)	3 (2.3%)	1 (2.9%)	8 (3.7%)	
36 – 50 years old	7 (22.6%)	5 (26.3%)	17 (12.9%)	10 (29.4%)	39 (18.1%)	
51 – 65 years old	17 (54.8%)	6 (31.6%)	55 (41.7%)	12 (35.3%)	90 (41.7%)	
65 years old and more	5 (16.1%)	6 (31.6%)	57 (43.2%)	10 (29.4%)	78 (36.1%)	
<b>Number of transplantation</b>						< 001 <sup>1</sup>
N-Miss	1	0	3	0	4	
1	29 (96.7%)	11 (57.9%)	120 (91.6%)	32 (94.1%)	192 (89.7%)	
2	1 (3.3%)	8 (42.1%)	8 (6.1%)	2 (5.9%)	19 (8.9%)	

3	0 (0%)	0 (0%)	2 (1.5%)	0 (0%)	2 (0.9%)	
More than 3	0 (0%)	0 (0%)	1 (0.8%)	0 (0%)	1 (0.5%)	
<b>Year of the last transplantation</b>						0.149 <sup>2</sup>
N-Miss	1	0	2	0	3	
Mean (SD)	2014.2 (7.8)	2017.1 (7.1)	2013.6 (8.2)	2016.1 (5.6)	2014.4 (7.7)	
Range	1990 - 2023	2000 - 2023	1987 - 2023	2002 - 2023	1987 - 2023	
<b>I know about AI</b>						0.221 <sup>1</sup>
N-Miss	4	5	36	7	52	
No	1 (3.7%)	2 (14.3%)	19 (19.4%)	6 (22.2%)	28 (16.9%)	
Yes	26 (96.3%)	12 (85.7%)	79 (80.6%)	21 (77.8%)	138 (83.1%)	
<b>Context of AI knowledge</b>						0.398 <sup>1</sup>
N-Miss	5	6	46	9	66	
Entourage	1 (3.8%)	1 (7.7%)	2 (2.3%)	3 (12%)	7 (4.6%)	
Medias	18 (69.2%)	9 (69.2%)	65 (73.9%)	16 (64%)	108 (71.1%)	
Medical	1 (3.8%)	2 (15.4%)	8 (9.1%)	4 (16%)	15 (9.9%)	
Professional	6 (23.1%)	1 (7.7%)	13 (14.8%)	2 (8%)	22 (14.5%)	
<b>AI declared knowledge</b>						0.95 <sup>2</sup>
N-Miss	4	4	29	4	41	
Mean (SD)	3.3 (2)	2.5 (2.8)	2.4 (2.3)	1.8 (1.6)	2.4 (2.3)	
Range	0 - 7	0 - 8	0 - 10	0 - 5	0 - 10	
<b>I know about AI on healthcare</b>						0.976 <sup>1</sup>
N-Miss	6	4	36	7	53	
No	15 (60%)	9 (60%)	55 (56.1%)	16 (59.3%)	95 (57.6%)	
Yes	10 (40%)	6 (40%)	43 (43.9%)	11 (40.7%)	70 (42.4%)	
<b>AI on healthcare declared knowledge</b>						0.247 <sup>2</sup>
N-Miss	7	5	31	5	48	
Mean (SD)	1.9 (2.1)	1.4 (2.6)	1.3 (1.8)	0.9 (1.4)	1.3 (1.9)	
Range	0 - 9	0 - 9	0 - 9	0 - 5	0 - 9	
<b>I know about AI on transplantation</b>						0.84 <sup>1</sup>
N-Miss	4	5	30	6	45	
No	23 (85.2%)	11 (78.6%)	97 (93.3%)	22 (78.6%)	153 (88.4%)	
Yes	4 (14.8%)	3 (21.4%)	7 (6.7%)	6 (21.4%)	20 (11.6%)	
<b>AI on transplantation declared knowledge</b>						0.275 <sup>2</sup>
N-Miss	4	4	33	6	47	
Mean (SD)	0.9 (1.3)	0.6 (1.2)	0.4 (1)	0.4 (1.1)	0.5 (1.1)	
Range	0 - 4	0 - 4	0 - 6	0 - 5	0 - 6	
<b>Most popular applications</b>						0.42 <sup>1</sup>
N-Miss	5	6	50	9	70	
Medical imagery analysis	1 (3.8%)	2 (15.4%)	13 (15.5%)	4 (16%)	20 (13.5%)	
Morbidity-mortality prediction	1 (3.8%)	2 (15.4%)	20 (23.8%)	4 (16%)	27 (18.2%)	
Recipient-donor matching	17 (65.4%)	9 (69.2%)	46 (54.8%)	14 (56%)	86 (58.1%)	
Therapeutic follow up	7 (26.9%)	0 (0%)	5 (6%)	3 (12%)	15 (10.1%)	
<b>AI opinion</b>						0.372 <sup>2</sup>
N-Miss	7	6	52	14	79	
Mean (SD)	5.8 (2)	5.9 (2.3)	6 (2.3)	5 (2.4)	5.8 (2.3)	
Range	2 - 10	1 - 9	1 - 10	1 - 9	1 - 10	
<b>Data sharing</b>						0.238 <sup>1</sup>
N-Miss	10	7	56	12	85	
All the data you need for the best possible care	12 (57.1%)	9 (75%)	50 (64.1%)	17 (77.3%)	88 (66.2%)	
Some basic data (age, gender, region, etc.)	7.0 (33.3%)	0.0 (0.0%)	14.0 (17.9%)	3.0 (13.6%)	24.0 (18.0%)	
Very few data because I have limited confidence in artificial intelligence	2.0 (9.5%)	3.0 (25.0%)	14.0 (17.9%)	2.0 (9.1%)	21.0 (15.8%)	
<b>Find out more about AI</b>						0.066 <sup>1</sup>
N-Miss	11.0	8.0	64.0	16.0	99.0	
No	9.0 (45.0%)	0.0 (0.0%)	25.0 (35.7%)	5.0 (27.8%)	39.0 (32.8%)	
Yes	11.0 (55.0%)	11.0 (100.0%)	45.0 (64.3%)	13.0 (72.2%)	80.0 (67.2%)	

**Healthcare professionals:****Sociodemographic characteristics:**

Most of the professionals lived in the Auvergne Rhone Alpes region (53.7%). They were largely in the 25-36 age category (44.1%) and female (57.3%). Specialist physicians were the most represented professionals (68.5%). A significant proportion of medical and pharmacy residents took part in the questionnaire. The professionals worked almost exclusively in a university hospital setting (97.8%). The most common type of organ transplanted was the kidney (55.3%) (Table 2).

**Artificial intelligence knowledge:**

Almost all professionals had already heard of artificial intelligence (97.1%), in most cases via their professional environment. Their average declared level of knowledge was higher than that of patients, with an average value of 3.8/10. The most familiar type of AI was diagnostic algorithm and chatbot and was frequently associated with professional responders. The majority (93.6%) had heard of the application of AI in healthcare, but the average declared level of knowledge was low (3.3/10). (Table 2) Half had heard of the application of AI in transplantation (50.0%), and the average declared level of knowledge was even lower (2.4/10). 25.3% had already experimented with AI in their job, mostly represented by medical specialists, with moderate helpfulness (5.3/10). AI had been used for mortality prediction scores, immunosuppressant dose monitoring and graft allocation.

**Artificial intelligence representations:**

The representation of AI by professionals was rather positive (6.2/10), where 10 was a very positive opinion (Table 2).



Regarding the opportunities offered by AI, the main opportunities perceived were saving time (i.e. “*Optimize professionals' time by concentrating it where it is most needed*”) (13.8%) and limiting the risk of error equally (11.7%). Several applications were mentioned, better donor-recipient matching being the most cited. Followed by assistance with immunosuppressant management. It should be noted that 21 professionals had no opinion on these two questions. Half the professionals mentioned they would like to learn more about AI after completing the questionnaire. (Table 2)

### Comparisons:

Considering the type of profession, surgeons have a significantly higher level of declared knowledge than other professions for AI in general and applications in healthcare and transplantation (Table S2). The type of organ transplanted was associated with a different level of declared knowledge (Table 2). The opinion of AI was associated with the level of knowledge on global, applied to healthcare and transplantation AI (Table S2).

*Table 2: Description of healthcare professional responses by type of profession. AI : artificial intelligence / <sup>1</sup>: Pearson's Chi-squared test / <sup>2</sup>: Linear Model ANOVA*

	Coordination nurse (N=5)	Medical resident (N=5)	Pharmacist (N=2)	Pharmacy resident (N=11)	Specialist physician (N=63)	Surgeon (N=6)	Total (N=92)	p value
<b>Sex</b>								0.329 <sup>1</sup>
N-Miss	2.0	0.0	0.0	0.0	8.0	2.0	12.0	
Female	2.0 (66.7%)	4.0 (80.0%)	1.0 (50.0%)	9.0 (81.8%)	30.0 (54.5%)	1.0 (25.0%)	47.0 (58.8%)	
Male	1.0 (33.3%)	1.0 (20.0%)	1.0 (50.0%)	2.0 (18.2%)	25.0 (45.5%)	3.0 (75.0%)	33.0 (41.2%)	
<b>Age</b>								0.008
18 – 25 years old	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (18.2)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (2.4)	
26 – 35 years old	4 (80.0)	1 (20.0)	5 (100.0)	9 (81.8)	20 (35.1)	1 (50.0)	40 (47.1)	
36 – 50 years old	0 (0.0)	2 (40.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	24 (42.1)	1 (50.0)	27 (31.8)	
51 – 65 years old	1 (20.0)	2 (40.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	10 (17.5)	0 (0.0)	13 (15.3)	
65 years old and more	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (5.3)	0 (0.0)	3 (3.5)	
<b>Organ</b>								0.006 <sup>1</sup>

All	1 (20%)	0 (0%)	1 (50%)	2 (18.2%)	4 (6.3%)	0 (0%)	8 (8.7%)	
Liver	0 (0%)	1 (20%)	0 (0%)	2 (18.2%)	9 (14.3%)	3 (50%)	15 (16.3%)	
Heart	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (7.9%)	0 (0%)	5 (5.4%)	
Kidney	3 (60%)	4 (80%)	0 (0%)	1 (9.1%)	40 (63.5%)	3 (50%)	51 (55.4%)	
Lung	1 (20%)	0 (0%)	1 (50%)	6 (54.5%)	5 (7.9%)	0 (0%)	13 (14.1%)	
<b>I know about AI</b>								0.973 <sup>1</sup>
N-Miss	0	0	0	6	15	3	24	
No	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (4.2%)	0 (0%)	2 (2.9%)	
Yes	5 (100%)	5 (100%)	2 (100%)	5 (100%)	46 (95.8%)	3 (100%)	66 (97.1%)	
<b>Context of knowledge on AI</b>								0.19 <sup>2</sup>
Medias	1 (20%)	2 (40%)	0 (0%)	0 (0%)	0.1 6/52	0 (0%)	10 (12.7%)	
Medias-Entourage	0 (0%)	1 (20%)	0 (0%)	1 (10%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (2.5%)	
Professional	1 (20%)	1 (20%)	1 (50%)	6 (70%)	23 (40%)	3 (80%)	36 (45.6%)	
Professional-Entourage	1 (20%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (20%)	3 (10%)	0 (0%)	6 (7.6%)	
Professional-Medias	2 (40%)	1 (20%)	1 (50%)	0 (0%)	14 (30%)	0 (0%)	18 (22.8%)	
Medical	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (10%)	1 (20%)	7 (8.9%)	
<b>AI declared knowledge</b>								0.041 <sup>2</sup>
N-Miss	0	0	0	2	10	2	14	
Mean (SD)	4 (2.5)	3.2 (2.5)	3.5 (2.1)	2.3 (2.3)	4 (1.7)	6 (1.2)	3.9 (2)	
Range	0 - 7	1 - 7	2 - 5	0 - 7	1 - 8	5 - 7	0 - 8	
<b>I know about AI on healthcare</b>								0.590 <sup>1</sup>
N-Miss	1	0	0	2	11	2	16	
No	1 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (7.7%)	0 (0%)	5 (6.6%)	
Yes	3 (75%)	5 (100%)	2 (100%)	9 (100%)	48 (92.3%)	4 (100%)	71 (93.4%)	
<b>AI on healthcare declared knowledge</b>								0.065 <sup>2</sup>
N-Miss	1	0	0	2	10	2	15	
Mean (SD)	3 (3.6)	2.8 (1.8)	3 (1.4)	1.9 (2.4)	3.5 (1.9)	5.8 (1)	3.3 (2.1)	
Range	0 - 7	1 - 5	2 - 4	0 - 7	0 - 8	5 - 7	0 - 8	
<b>I know about AI on transplantation</b>								0.58 <sup>1</sup>
N-Miss	1	0	0	2	11	2	16	
No	1 (25%)	2 (40%)	1 (50%)	8 (88.9%)	25 (48.1%)	0 (0%)	37 (48.7%)	
Yes	3 (75%)	3 (60%)	1 (50%)	1 (11.1%)	27 (51.9%)	4 (100%)	39 (51.3%)	
<b>AI on transplantation declared knowledge</b>								0.17 <sup>2</sup>
N-Miss	1	0	0	2	10	2	15	
Mean (SD)	2.8 (3.2)	1.4 (1.7)	1 (1.4)	0.9 (2.7)	2.6 (2.5)	6.2 (1.7)	2.5 (2.6)	
Range	0 - 6	0 - 4	0 - 2	0 - 8	0 - 8	4 - 8	0 - 8	
<b>Use of AI</b>								0.448 <sup>1</sup>
N-Miss	1	0	0	2	10	2	15	
No	2 (50%)	5 (100%)	1 (50%)	8 (88.9%)	38 (71.7%)	3 (75%)	57 (74%)	
Yes	2 (50%)	0 (0%)	1 (50%)	1 (11.1%)	15 (28.3%)	1 (25%)	20 (26%)	
<b>AI opinion</b>								0.366 <sup>2</sup>
N-Miss	1	0	0	2	21	2	26	

Mean (SD)	6.5 (1)	6 (1.4)	6 (1.4)	5.6 (1)	6.2 (1.8)	7.8 (0.5)	6.2 (1.6)	
Range	5 - 7	5 - 8	5 - 7	4 - 7	3 - 10	7 - 8	3 - 10	
<b>Most popular application</b>								0.593 <sup>1</sup>
N-Miss	1	0	0	2	11	2	16	
Donor-recipient matching	2 (50%)	3 (60%)	0 (0%)	4 (44.4%)	19 (36.5%)	3 (75%)	31 (40.8%)	
Medical imagery analysis	1 (25%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (11.1%)	6 (11.5%)	1 (25%)	9 (11.8%)	
Morbidity-mortality prediction	0 (0%)	2 (40%)	1 (50%)	1 (11.1%)	18 (34.6%)	0 (0%)	22 (28.9%)	
Therapeutical follow up	1 (25%)	0 (0%)	1 (50%)	3 (33.3%)	9 (17.3%)	0 (0%)	14 (18.4%)	
<b>Find out more about AI</b>								0.120 <sup>1</sup>
N-Miss	1	1	0	2	20	2	26	
No	1 (25%)	1 (25%)	0 (0%)	3 (33.3%)	24 (55.8%)	0 (0%)	29 (43.9%)	
Yes	3.0 (75.0%)	3.0 (75.0%)	2.0 (100.0%)	6.0 (66.7%)	19.0 (44.2%)	4.0 (100.0%)	37.0 (56.1%)	

### **Comparison between patients and healthcare professionals**

Healthcare professionals had heard more about AI than patients in both global, health and transplant levels. This difference was very strong for the use of AI in healthcare ( $p < 0.001$ ) (Table S3). Similarly, professionals had a declared higher level of knowledge of AI than patients at both the global, health and transplant levels. There was no difference in the representation of AI in transplantation between the two groups. When looking at the impact of opinion on knowledge, knowledge is statistically and positively associated with opinion on artificial intelligence (Table S3).

### **Discussion:**

This study is the first to conjointly investigate the knowledge and representations of patients and professionals involved in transplantation. It highlighted a very low level of knowledge for both studied populations, although the level was even lower among patients than among healthcare professionals for all topics. Both patients and healthcare professionals had positive representation of the AI applied to transplantation but were afraid of dehumanization and error risk of the AI. These results suggest that the level of knowledge had impact on representation of AI.

Our results are consistent with previous studies. A systematic review of surveys on representations and knowledge of AI among healthcare students showed that they had a positive representation and a low level of knowledge of AI in healthcare (54). Moreover, qualitative analysis of patients' responses revealed that they perceived AI as assistance to the medical profession, indicating that patients considered AI as a complement but not a replacement. This was also stated as a risk of AI. Several studies have shown that patients, despite a positive representation, will always favor their doctor's opinion if the results are discordant, and agree to the use of AI but only if it remains under the doctor's supervision (55–57). York et al. conducted a study assessing patient confidence in the use of AI for radiographic fracture identification versus the radiologist (58). On a 10-point scale representing trust, the study population of 216 respondents rated their human radiologists at 9.2 points, while the AI tool received only 7.0 points, testifying to patients' trust for doctors. In this study, the main perceived risks were the risk of error and dehumanization. These results are in line with other studies that suggest individuals are likely to show a lack of confidence in the features of AI systems (59–61). Trust in AI-based tools proves to be an important factor influencing adoption decisions (62). In our study, professionals had the same concerns as patients, with the added risk of losing their ability to reason. Taken together, these results suggest that AI should remain an aid to healthcare professionals if they so wish, so as not to alter the professional-patient relationship.

The role of healthcare professionals is fundamental to the acceptability of AI in SOT. First and foremost, they are responsible for evaluating, implementing, and monitoring AI systems in clinical practices. Physicians, nurses, pharmacists, and surgeons must work closely together to integrate AI into transplant patient care processes. They must also ensure that AI is used ethically, respecting data privacy standards and

guaranteeing the security of sensitive medical information, which is an issue raised by patients in our study. Moreover, being on the first line of patient care, healthcare professionals have a decisive role to play in educating patients about the use of AI in their care. They need to explain AI's contribution in terms of personalizing care, reducing risks, and improving clinical outcomes. By establishing open communication and answering patients' questions, healthcare professionals can help improve the acceptability of AI. This is why close collaboration between healthcare professionals is essential to improve AI's acceptability and its proper use in healthcare. Pharmacists are in a pivotal position to integrate AI effectively and ethically into transplant care. Several studies have investigated the expanding role of pharmacists, and in particular demonstrated their contribution to patient acceptability of healthcare interventions such as vaccination (63,64). Their clinical expertise and role in medication management make them key players in the successful adoption of AI for the benefit of patients in collaboration with other healthcare professionals.

These results are relevant to all actors involved in the development and/or use of AI in medicine, such as physicians, AI developers, the healthcare industry, and regulatory authorities. They have an interest in developing strategies to guide the development and implementation of AI in healthcare for both professionals and patients. Indeed, the involvement of patients in their care is essential to promote adherence and therefore management (65). Knowledge of patients' representations enables us to adapt the strategies implemented. In 2018 the European Union launched a coordinated program on AI with the aim of maximizing Europe's competitiveness in the global market in terms of AI complemented in 2021 by the coordinated plan revision to "accelerate investment in AI, act on strategies and programs and align AI policy to avoid

fragmentation.”. In April 2022, the Délégation au numérique en santé published recommendations for good practice in AI in healthcare in order to define an ethical framework for the use of AI in digital healthcare services to protect patients and avoid abuses (5). These plans demonstrate that the use of AI is a real priority on a European scale, making it even more important to inform the public about the use of AI in healthcare. Specific interventions designed to fill identified knowledge gaps, such as educational programs or online resources, should be proposed.

This study has several limitations. One is the low response rate to the questionnaire in relation to the number of patients transplanted in France, which limits the statistical power of our study. The distribution of the type of organ transplanted in the questionnaire responses is not representative of the distribution of the transplant patient population. Kidney transplantation is the most frequent of all solid organ transplants, accounting for around 60% of transplants per year in France and 70% worldwide whereas kidney transplant patients represented only 8.7% of patients in the study (48). Moreover, the composition of our patient sample, recruited mainly from transplant associations, could introduce a bias. These patients are probably more involved and more informed about advances in transplantation, which could lead to an overestimation of the level of knowledge within the general patient population, although this is unlikely based on the results of the study. We also noted that a significant number of participants responded partially to our questionnaire, which may have an impact on data quality. These results should therefore be treated with caution in terms of generalizability. However, as this study is multicentric, it limits selection bias and promotes the generalizability of the results.

Considering the method of data collection, most of responses was online and the limitation of online survey is well known, in particular a high risk of selection bias excluding people without Internet access (66). Although semi-structured interviews and focus groups enabled us to capture patients' representations in depth, they also presented limitations in terms of subjectivity and the time required. Regarding qualitative analysis, it is a complementary approach to quantitative statistical analysis which provides richer and more nuanced information. However, we recognize its weaknesses, such as the subjectivity of interpretation. To take this subjectivity into account, two people analyzed the answers to the open-ended questions independently, and differences in interpretation were discussed.

Cronbach's alpha coefficient, although satisfactory for professionals, was not for patients, describing a poor internal consistency reliability of the questionnaire for this population. This may be explained by the fact that it is a self-administered questionnaire. Indeed, several factors related to the use of self-completion questionnaires can have an impact on the reliability of responses and, consequently, on Cronbach's coefficient. Social desirability bias or misunderstanding of the questionnaire can lead to variability in participants' responses and reduce internal consistency reliability (67,68). The halo effect should not be overlooked either, as respondents may be influenced by a previous question or by their general perception of the survey (69). In addition, as the results show, the patients had a low level of knowledge, which may have led to variability in the participants' responses. This variability may be due to inadequate formulation of the questions, which may have been too complex for the patients' level of knowledge of AI. Finally, the patient questionnaire contained a total of 27 items, including 3 open-ended questions. An excessive number of items reduce Cronbach's coefficient by increasing the probability

of introducing heterogeneous concepts (70). Pre-validation of the questionnaire on a small sample would have made it possible to modulate the number of items for each sub-section of the questionnaire with the use of psychometric criteria as item discrimination and test-retest agreement.

### **Conclusion:**

This is the first study investigating solid organ transplanted patients and healthcare professional on the use of AI on transplantation. This study showed a low level of knowledge for both patients and professionals, the level being lower for patients. The two groups had positive representation of the AI. Knowledge is statistically and positively associated with opinion on AI. Considering the exponential development of AI applications in transplantation, these results should encourage government authorities and educational establishments to better inform patients and professionals about the use of AI in transplantation.

## Supplemental materials

Table S1: Comparison of knowledge and opinion of solid organ transplanted patients \*

Represents the reference level. AI: artificial intelligence

	Estimate	95% confidence interval	p-value
<b>AI declared knowledge</b>			0.095
Liver*	2.38	1.95 ;2.81	
Kidney	0.152	-1.06 ;1.37	0.805
Heart	0.878	-0.07 ;1.83	0.07
Lung	-0.613	-1.53 ;0.29	0.185
<b>Healthcare AI declared knowledge</b>			0.247
Liver*	1.27	0.905 ;1.64	
Kidney	0.09	-0.97 ;1.15	0.874
Heart	0.64	-0.198 ;1.49	0.133
Lung	-0.41	-1.19 ;0.37	0.302
<b>Transplantation AI declared knowledge</b>			0.275
Liver*	0.39	0.17 ;0.61	
Kidney	0.21	-0.40 ;0.83	0.491
Heart	0.47	-0.01 ;0.945	0.06
Lung	0.04	-0.43 ;0.52	0.860
<b>AI opinion</b>			0.372
Liver*	6.0	5.50 ;6.50	
Kidney	-0.08	-1.42 ;1.26	0.91
Heart	-0.21	-1.25 ;0.83	0.693
Lung	-1.0	-2.12 ;0.12	0.08
AI declared knowledge	0.265	0.10 ;0.43	<b>0.002</b>
AI applied to healthcare declared knowledge	0.193	0.0 ;0.39	<b>0.05</b>
AI applied to transplantation declared knowledge	0.217	-0.10 ;0.54	0.182

Table S2: Comparison of knowledge and opinion of healthcare professionals. \* Represents

the reference level. AI: artificial intelligence

	Estimate	95% confidence interval	p-value
<b>AI declared knowledge</b>			0.04
Specialist physician*	2.37	-1.8 ;6.54	
Coordination nurse	-0.01	-1.82 ; 1.79	0.989
Medical resident	-0.67	-2.62 ;1.28	0.497
Pharmacist	-0.55	-3.33 ; 2.23	0.694
Pharmacy resident	-1.37	-3.01 ;0.27	0.101
Surgeon	2.04	0.04 ;4.05	<b>0.046</b>
<b>Healthcare AI declared knowledge</b>			0.06
Specialist physician*	1.21	-3.27 ;5.69	
Coordination nurse	-0.50	-2.64 ;1.64	0.642
Medical resident	-0.53	-2.63 ;1.56	0.613
Pharmacist	-0.46	-3.44 ;2.53	0.762
Pharmacy resident	-1.21	-2.97 ;0.55	0.176
Surgeon	2.31	0.16 ;4.46	<b>0.036</b>
<b>Transplantation AI declared knowledge</b>			0.17
Specialist physician*	1.26	-4.27 ;6.80	
Coordination nurse	0.08	-2.56 ;2.72	0.953
Medical resident	-0.86	-3.45 ;1.72	0.507
Pharmacist	-1.50	-5.19 ;2.19	0.419
Pharmacy resident	-1.26	-3.44 ;0.91	0.251
Surgeon	3.70	1.04 ;6.36	<b>0.007</b>
<b>AI opinion</b>			0.366
AI declared knowledge	0.3	0.10 ; 0.50	<b>0.004</b>
AI applied to healthcare declared knowledge	0.21	0.0 ; 0.42	<b>0.046</b>

AI applicated to transplantation declared knowledge	0.231	0.08 ; 0.39	<b>0.004</b>
---	-------	-------------	--------------

*Table S3: Comparison of knowledge and opinion between patients and healthcare professionals. \* Represents the reference level. AI: artificial intelligence*

	Estimate	95% confidence interval	p-value
AI declared knowledge	1.35	0.626 ;2.07	<b>&lt;0.001</b>
Know about AI	12.1	1.46 ;101	<b>0.021</b>
AI applicated to healthcare declared knowledge	2.15	1.49 ;2.81	<b>&lt;0.001</b>
Know about AI applicated to healthcare	22.00	7.12 ;67.94	<b>&lt;0.001</b>
AI applicated to transplantation declared knowledge	2.33	1.75 ;2.92	<b>&lt;0.001</b>
Know about AI applicated to transplantation	10.3	4.23 ;25.3	<b>&lt;0.001</b>
AI opinion	0.67	-0.15 ;1.48	0.107

### III. Discussion générale

## Nouvelles applications potentielles

Application la plus sollicitée par les patients et professionnels de santé, l'utilisation de l'IA pour l'appariement donneur-receveur ou *matching* représente une avancée majeure dans le domaine de la transplantation. L'IA peut jouer un rôle crucial dans l'identification des donneurs compatibles avec les receveurs, optimisant ainsi les chances de succès des transplantations d'organes. Elle peut prendre en compte de nombreux facteurs, tels que la compatibilité immunologique, la taille de l'organe, l'état de santé du donneur et du receveur, ainsi que d'autres paramètres cliniques et génétiques, pour déterminer la meilleure correspondance possible. Cette approche permet non seulement d'améliorer l'efficacité du processus de *matching*, mais aussi d'augmenter les chances de survie et de réduire les risques de rejet de l'organe transplanté. L'apprentissage profond, et notamment les réseaux de neurones profonds, représente la meilleure opportunité pour le *matching* et de nombreux travaux ont été publiés, majoritairement en transplantation hépatique (20–22). Cependant, la plupart des études étant observationnelles et très peu de cas de validation clinique du modèle étant disponibles, son applicabilité clinique reste limitée (21). De plus, des études appliquant ces méthodes à des bases de données plus grandes telles que *United Network for Organ Sharing* (UNOS) et *Organ Procurement and Transplantation Network* (OPTN) n'ont pas démontré de supériorité de l'IA dans l'allocation du greffon (71).

L'IA représente également une opportunité pour la découverte de médicaments dans le domaine de la transplantation, tel que les antibiotiques qui représentent une part majeure de la prise en charge des patients. Récemment, un réseau de neurones profonds a permis la découverte d'un nouvel antibiotique, l'halicine, issu d'un autre

médicament (72). Entraîné sur des molécules connues pour leur efficacité contre *Escherichia coli*, le réseau de neurones a ensuite été capable d'analyser plusieurs molécules et de prédire celles potentiellement efficaces. Une approche similaire pourrait être utilisée pour la découverte de nouveaux immunosuppresseurs. D'autres applications dans le domaine thérapeutique peuvent être envisagées. Par exemple, une étude étudiant l'adhésion médicamenteuse chez le patient transplanté rénal a également été retrouvée (73). Les techniques de *machine learning* étaient utilisées pour construire des modèles et trouver les variables prédictives de l'adhésion thérapeutique. La technique de *machine learning* ayant les meilleurs indicateurs de performance était le *Support Vector Machine* ou Séparateur à Vaste Marge (SVM). Le SVM est une méthode de classification supervisée dont l'objectif est de trouver une frontière de décision (ou hyperplan) qui sépare de manière optimale les données en différentes classes (74). Les variables prédictives de l'adhésion médicamenteuse étaient le soutien perçu par la famille, l'âge, l'état civil et l'utilisation d'un pilulier.

### Forces et limites de l'intelligence artificielle

L'IA dans les soins de santé représente l'un des sujets de recherche à la croissance la plus rapide en recherche médicale actuellement. Au cours des dernières années, le nombre de publications a montré une augmentation presque exponentielle. Cependant, la grande majorité des travaux se trouvent au stade expérimental et l'application en pratique clinique reste pour l'instant exceptionnelle (75). De nombreuses publications affirment toutefois que l'IA permettrait d'atteindre une performance non inférieure voir supérieure aux méthodes classiquement utilisées (76,77).

En effet, le *machine learning*, par comparaison aux modèles statistiques classiques, présente de multiples avantages tels que la possibilité d'analyser des données de grandes dimensions, ce qui lui confère une puissance et une précision élevées ainsi qu'une robustesse des hypothèses. Récemment, elles ont été largement utilisées pour prédire la dose de warfarine même si cela reste difficilement applicable (78).

Cependant, les méthodes d'IA ne font pas toujours preuve de supériorité. Bae et al. ont étudié l'intérêt des méthodes de *machine learning* en comparaison avec les méthodes d'analyses classiques sur la prédiction de divers résultats en transplantation rénale (79). Ils ont comparé deux méthodes d'IA (*gradient boosting* et *random forest*) à un modèle de Cox ou une régression logistique selon le résultat étudié. Leur étude n'a pas démontré de supériorité du *machine learning*, voire une moins bonne capacité de prédiction que les régressions ou modèles de Cox classiquement utilisés. Ces résultats sont corroborés par d'autres essais réalisés dans d'autres transplantations d'organes (80,81). Ces résultats doivent questionner sur l'apport du *machine learning* dans la pratique courante en termes de prédiction de survie, l'IA étant plus complexe à mettre en œuvre que les méthodes classiquement maîtrisées par le corps scientifique. En effet, si l'on se place d'un point de vue pharmacologique, on peut se demander si le *machine learning* remplacera l'analyse pharmacocinétique (PK), leurs objectifs et possibilités des analyses étant très différentes. Contrairement aux approches basées sur la pharmacocinétique dont l'objectif est de décrire les phénomènes physiologiques de l'effet de l'organisme sur le médicament par modélisation, l'objectif des modèles de *machine learning* est centré sur la précision, quels que soient le nombre et les types de covariables. Ainsi, les modèles de *machine learning* peuvent être utilisés comme estimateurs, mais avec une interprétabilité limitée. Enfin, les méthodes par *machine learning* ne permettent pas d'estimer des

paramètres pharmacocinétiques classiquement utilisés. Une revue de la littérature sur l'usage de l'IA en lecture d'imagerie médicale a par ailleurs montré que les essais cliniques ayant recours à l'IA avaient un risque de biais important et une faible disponibilité des données, nuisant à la qualité et pertinence des résultats (82).

L'IA nécessite une quantité importante de données brutes afin de s'entraîner avant de réaliser en aval l'analyse de données. Cela représente une limite importante dans son déploiement en transplantation. Les progrès réalisés en matière de performances informatiques, de stockage de données et de vitesse du réseau permettent une analyse de plus en plus efficace et sont une explication à son déploiement exponentiel depuis plusieurs années.

### Limites de l'évaluation des représentations et connaissances

Les méthodes d'évaluation de la représentation et de la connaissance, bien qu'essentielles pour comprendre la manière dont les individus perçoivent le monde qui les entoure et assimilent l'information, présentent des limites significatives. Ces évaluations sont souvent tributaires de la subjectivité des individus, de leur mémoire et des biais liés à leur désirabilité sociale (83). De plus, la variabilité individuelle et les différences culturelles peuvent compliquer la comparaison des résultats entre différentes personnes. Les évaluations peuvent également ne pas mesurer la profondeur de la compréhension d'un sujet, se concentrant souvent sur des informations superficielles.

Ainsi, le développement d'un questionnaire est une étape cruciale dans la collecte de données en recherche. Pour assurer sa qualité et sa pertinence, il est essentiel de prendre en compte à la fois la validité externe et la validité interne (84). La validité externe concerne la capacité du questionnaire à mesurer ce qu'il prétend mesurer et

à généraliser les résultats à une population plus large. Pour garantir cette validité, il est important de choisir un échantillonnage représentatif et d'utiliser des questions pertinentes et non biaisées. La validité interne, quant à elle, se rapporte à la précision des mesures prises par le questionnaire. Cela implique de s'assurer que les questions sont claires, sans ambiguïté, et qu'elles évaluent de manière fiable le concept ou la variable d'intérêt. Il est également important d'éviter les biais potentiels, tels que la formulation tendancieuse des questions, qui pourraient fausser les réponses. La cohérence interne et la structure interne sont essentielles pour s'assurer d'une bonne validité interne. Pour ce faire plusieurs mesures existent et peuvent être combinées : La cohérence interne peut être évaluée au moyen de la corrélation moyenne entre les éléments, de la corrélation entre un item et le score formée par tous les autres items supérieurs à 0,4 et du coefficient alpha de Cronbach supérieur à 0,7 (52,53). La structure interne peut être évaluée par une analyse factorielle exploratoire et confirmatoire via une modélisation représentant les relations entre les variables latentes et les variables manifestes (52).

Une autre façon de pallier aux limites précédemment définies est de combiner différentes approches d'évaluation pour obtenir une vision plus complète et nuancée de la représentation et de la connaissance humaines.

### III. Conclusion

**THÈSE SOUTENUE PAR :** Léa LIAIGRE

**TITRE :**

Evaluation des connaissances et représentations de l'intelligence artificielle en transplantation d'organe solide chez les patients et professionnels de santé.

**CONCLUSION :**

Depuis le début des années 2000, l'intelligence artificielle (IA) prend une place de plus en plus importante dans notre vie quotidienne. L'IA se définit comme l'utilisation d'algorithmes pour comprendre l'intelligence humaine et résoudre des problèmes de manière plus efficace que les humains. L'IA comprend plusieurs types, notamment l'apprentissage automatique, qui est le plus utilisé. L'IA est aujourd'hui largement utilisée dans divers domaines, y compris la santé dont le développement suit une courbe exponentielle. La transplantation d'organe solide est un exemple d'application de l'IA en santé, car elle présente un grand potentiel pour améliorer les soins aux patients dans ce domaine.

Cependant, l'IA suscite également des controverses, notamment en ce qui concerne la perte d'emploi, la protection des données, l'éthique et les responsabilités, ainsi que le risque de développement incontrôlable des systèmes d'IA. L'objectif de l'étude était d'évaluer grâce à un questionnaire le niveau de connaissance et la représentation de l'IA parmi les patients ayant subi une transplantation d'organe solide et les professionnels de la santé travaillant dans ce domaine. Les résultats montrent que les deux groupes déclarent un faible niveau de connaissance, bien que les professionnels de la santé déclarent avoir une connaissance légèrement supérieure. La représentation de l'IA est généralement positive dans les deux groupes, bien que des préoccupations subsistent, notamment en ce qui concerne les risques d'erreur et la déshumanisation de la médecine.

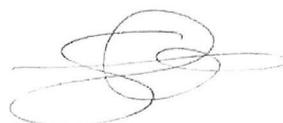
En conclusion, cette étude met en évidence la nécessité d'informer davantage les patients et les professionnels de la santé sur l'utilisation de l'IA dans la transplantation d'organes solides au vu du faible niveau de connaissance initial. Les résultats suggèrent que la représentation positive est statistiquement associée au niveau de connaissance déclaré, soulignant ainsi l'importance de l'éducation et de la sensibilisation à ce sujet.

**VU ET PERMIS D'IMPRIMER**

Grenoble, le : 03/10/2023

**LE DOYEN DE LA  
FACULTÉ DE PHARMACIE**

**LE DIRECTEUR / LA DIRECTRICE DE THÈSE**



Pr Michel SÈVE

Sébastien Chanoine



Pour la Présidente  
et par délégation  
Le Doyen de Pharmacie  
Pr. Michel SÈVE

## IV. Bibliographie

1. TURING AM. I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE. *Mind*. 1 oct 1950;LIX(236):433-60.
2. S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Third Edition. - ScienceDirect [Internet]. [cité 4 oct 2022]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370211000142?via%3Dihub>
3. Buhmann J, Kuhnel H. Unsupervised and supervised data clustering with competitive neural networks. In: [Proceedings 1992] IJCNN International Joint Conference on Neural Networks. 1992. p. 796-801 vol.4.
4. Schmidhuber J. Deep Learning in Neural Networks: An Overview. *Neural Netw.* janv 2015;61:85-117.
5. Plan coordonné sur l'analyse 2021 de l'intelligence artificielle | Bâtir l'avenir numérique de l'Europe [Internet]. 2023 [cité 31 mars 2023]. Disponible sur: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/policies/plan-ai>
6. Wyllie D, Davies J. Role of data warehousing in healthcare epidemiology. *J Hosp Infect.* avr 2015;89(4):267-70.
7. Cancé C, Madiot PE, Lenne C, Artemova S, Cohard B, Bodin M, et al. Cohort Creation and Visualization Using Graph Model in the PREDIMED Health Data Warehouse. *Stud Health Technol Inform.* 16 juin 2020;270:108-12.
8. Daniel C. La recherche clinique à partir d'entrepôts de données. L'expérience de l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (AP–HP) à l'épreuve de la pandémie de Covid-19. *Rev Médecine Interne.* 1 mai 2020;41(5):303-7.
9. Chapitre II : Plateforme des données de santé (Articles L1462-1 à L1462-2) - Légifrance [Internet]. [cité 29 sept 2023]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000038886837>
10. La Plateforme des données de santé (Health Data Hub) [Internet]. [cité 29 sept 2023]. Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/la-plateforme-des-donnees-de-sante-health-data-hub>
11. Daniel C. [Not Available]. *Rev Med Interne.* mai 2020;41(5):303-7.
12. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA.* 13 déc 2016;316(22):2402-10.
13. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature.* 2 févr 2017;542(7639):115-8.
14. La régulation des dépenses de santé | vie-publique.fr [Internet]. [cité 22 sept 2023]. Disponible sur: <http://www.vie-publique.fr/fiches/la-regulation-des-depenses-de-sante>

15. Rajkomar A, Oren E, Chen K, Dai AM, Hajaj N, Hardt M, et al. Scalable and accurate deep learning with electronic health records. *Npj Digit Med.* 8 mai 2018;1(1):1-10.
16. Biomedecine P. Agence de la biomédecine. 2023 [cité 28 juin 2023]. Chiffres 2022 de l'activité de prélèvement et de greffe d'organes et de tissus et Baromètre 2023 sur la connaissance et la perception du don d'organes en France. Disponible sur: <https://presse.agence-biomedecine.fr/chiffres-2022-de-lactivite-de-prelevement-et-de-greffe-dorganes-et-de-tissus-et-barometre-2023-sur-la-connaissance-et-la-perception-du-don-dorganes-en-france/>
17. De Martin E, Londoño MC, Emamaullee J, Lerut J, Potts J, Aluvihare V, et al. The optimal immunosuppression management to prevent early rejection after liver transplantation: A systematic review of the literature and expert panel recommendations. *Clin Transplant.* oct 2022;36(10):e14614.
18. Le rapport médical et scientifique 2022 est en ligne - Agence de la biomédecine [Internet]. 2023 [cité 22 sept 2023]. Disponible sur: <https://www.agence-biomedecine.fr/Le-rapport-medicalet-scientifique-2022est-en-ligne>
19. Messner F, Guo Y, Etra JW, Brandacher G. Emerging technologies in organ preservation, tissue engineering and regenerative medicine: a blessing or curse for transplantation? *Transpl Int Off J Eur Soc Organ Transplant.* juill 2019;32(7):673-85.
20. Briceño J, Cruz-Ramírez M, Prieto M, Navasa M, Ortiz de Urbina J, Orti R, et al. Use of artificial intelligence as an innovative donor-recipient matching model for liver transplantation: results from a multicenter Spanish study. *J Hepatol.* nov 2014;61(5):1020-8.
21. Ayllón MD, Ciria R, Cruz-Ramírez M, Pérez-Ortiz M, Gómez I, Valente R, et al. Validation of artificial neural networks as a methodology for donor-recipient matching for liver transplantation. *Liver Transplant Off Publ Am Assoc Study Liver Dis Int Liver Transplant Soc.* févr 2018;24(2):192-203.
22. Bertsimas D, Kung J, Trichakis N, Wang Y, Hirose R, Vagefi PA. Development and validation of an optimized prediction of mortality for candidates awaiting liver transplantation. *Am J Transplant Off J Am Soc Transplant Am Soc Transpl Surg.* avr 2019;19(4):1109-18.
23. Magruder JT, Shah AS, Crawford TC, Grimm JC, Kim B, Orens JB, et al. Simulated Regionalization of Heart and Lung Transplantation in the United States. *Am J Transplant Off J Am Soc Transplant Am Soc Transpl Surg.* févr 2017;17(2):485-95.
24. Piscaglia F, Cucchetti A, Benlloch S, Vivarelli M, Berenguer J, Bolondi L, et al. Prediction of significant fibrosis in hepatitis C virus infected liver transplant recipients by artificial neural network analysis of clinical factors. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* déc 2006;18(12):1255-61.
25. Roy M, Wang F, Vo H, Teng D, Teodoro G, Farris AB, et al. Deep Learning Based Accurate Hepatic Steatosis Quantification for Histological Assessment of Liver Biopsies. *Lab Investig J Tech Methods Pathol.* oct 2020;100(10):1367-83.

26. Forlano R, Mullish BH, Giannakeas N, Maurice JB, Angkathunyakul N, Lloyd J, et al. High-Throughput, Machine Learning-Based Quantification of Steatosis, Inflammation, Ballooning, and Fibrosis in Biopsies From Patients With Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Clin Gastroenterol Hepatol Off Clin Pract J Am Gastroenterol Assoc.* août 2020;18(9):2081-2090.e9.
27. Cesaretti M, Brustia R, Goumard C, Cauchy F, Poté N, Dondero F, et al. Use of Artificial Intelligence as an Innovative Method for Liver Graft Macrosteatosis Assessment. *Liver Transplant Off Publ Am Assoc Study Liver Dis Int Liver Transplant Soc.* oct 2020;26(10):1224-32.
28. Hermsen M, de Bel T, den Boer M, Steenberg EJ, Kers J, Florquin S, et al. Deep Learning-Based Histopathologic Assessment of Kidney Tissue. *J Am Soc Nephrol JASN.* oct 2019;30(10):1968-79.
29. Delen D, Oztekin A, Kong ZJ. A machine learning-based approach to prognostic analysis of thoracic transplantations. *Artif Intell Med.* mai 2010;49(1):33-42.
30. Kantidakis G, Putter H, Lancia C, Boer J de, Braat AE, Fiocco M. Survival prediction models since liver transplantation - comparisons between Cox models and machine learning techniques. *BMC Med Res Methodol.* 16 nov 2020;20(1):277.
31. Loupy A, Aubert O, Orandi BJ, Naesens M, Bouatou Y, Raynaud M, et al. Prediction system for risk of allograft loss in patients receiving kidney transplants: international derivation and validation study. *BMJ.* 17 sept 2019;366:l4923.
32. Speiser JL, Karvellas CJ, Wolf BJ, Chung D, Koch DG, Durkalski VL. Predicting daily outcomes in acetaminophen-induced acute liver failure patients with machine learning techniques. *Comput Methods Programs Biomed.* juill 2019;175:111-20.
33. Yasodhara A, Dong V, Azhie A, Goldenberg A, Bhat M. Identifying Modifiable Predictors of Long-Term Survival in Liver Transplant Recipients With Diabetes Mellitus Using Machine Learning. *Liver Transplant Off Publ Am Assoc Study Liver Dis Int Liver Transplant Soc.* avr 2021;27(4):536-47.
34. Yu YD, Lee KS, Man Kim J, Ryu JH, Lee JG, Lee KW, et al. Artificial intelligence for predicting survival following deceased donor liver transplantation: Retrospective multi-center study. *Int J Surg Lond Engl.* sept 2022;105:106838.
35. Brunet M, van Gelder T, Åsberg A, Haufroid V, Hesselink DA, Langman L, et al. Therapeutic Drug Monitoring of Tacrolimus-Personalized Therapy: Second Consensus Report. *Ther Drug Monit.* juin 2019;41(3):261-307.
36. Woillard JB, Labriffe M, Debord J, Marquet P. Tacrolimus Exposure Prediction Using Machine Learning. *Clin Pharmacol Ther.* août 2021;110(2):361-9.
37. Woillard JB, Labriffe M, Debord J, Marquet P. Mycophenolic Acid Exposure Prediction Using Machine Learning. *Clin Pharmacol Ther.* août 2021;110(2):370-9.
38. Labriffe M, Woillard J, Debord J, Marquet P. Machine learning algorithms to estimate everolimus exposure trained on simulated and patient pharmacokinetic profiles. *CPT Pharmacomet Syst Pharmacol.* août 2022;11(8):1018-28.

39. Les Echos [Internet]. 2023 [cité 1 août 2023]. Presque 200 millions d'utilisateurs pour ChatGPT. Disponible sur: <https://www.lesechos.fr/tech-medias/intelligence-artificielle/presque-200-millions-dutilisateurs-pour-chatgpt-1935775>
40. Rock I. Perception and knowledge. *Acta Psychol (Amst)*. 1 mai 1985;59(1):3-22.
41. Ph.D KJH, Ph.D RGM. *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*. OUP USA; 2012. 865 p.
42. McCradden MD, Sarker T, Paprica PA. Conditionally positive: a qualitative study of public perceptions about using health data for artificial intelligence research. *BMJ Open*. 28 oct 2020;10(10):e039798.
43. Fritsch SJ, Blankenheim A, Wahl A, Hetfeld P, Maassen O, Deffge S, et al. Attitudes and perception of artificial intelligence in healthcare: A cross-sectional survey among patients. *Digit Health*. 2022;8:20552076221116772.
44. Kansal R, Bawa A, Bansal A, Trehan S, Goyal K, Goyal N, et al. Differences in Knowledge and Perspectives on the Usage of Artificial Intelligence Among Doctors and Medical Students of a Developing Country: A Cross-Sectional Study. *Cureus*. janv 2022;14(1):e21434.
45. Sabharwal A, Selman B. S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Third Edition. *Artif Intell*. 30 avr 2011;175:935-7.
46. Balch JA, Delitto D, Tighe PJ, Zarrinpar A, Efron PA, Rashidi P, et al. Machine Learning Applications in Solid Organ Transplantation and Related Complications. *Front Immunol*. 2021;12:739728.
47. Connor KL, O'Sullivan ED, Marson LP, Wigmore SJ, Harrison EM. The Future Role of Machine Learning in Clinical Transplantation. *Transplantation*. 1 avr 2021;105(4):723-35.
48. Data (Charts and tables) [Internet]. GODT. [cité 29 sept 2023]. Disponible sur: <https://www.transplant-observatory.org/data-charts-and-tables/>
49. Niel O, Bastard P. Artificial intelligence improves estimation of tacrolimus area under the concentration over time curve in renal transplant recipients. *Transpl Int Off J Eur Soc Organ Transplant*. août 2018;31(8):940-1.
50. Fast E, Horvitz E. Long-Term Trends in the Public Perception of Artificial Intelligence. *Proc AAAI Conf Artif Intell* [Internet]. 12 févr 2017 [cité 20 sept 2023];31(1). Disponible sur: <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/10635>
51. Kleinsinger F. Understanding Noncompliant Behavior: Definitions and Causes. *Perm J*. 2003;7(4):18-21.
52. Nunnally: Psychometric theory - Google Scholar [Internet]. [cité 22 sept 2023]. Disponible sur: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Psychometric+Theory&author=JC+Nunnally&author=I+Bernstein&publication\\_year=1994&](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Psychometric+Theory&author=JC+Nunnally&author=I+Bernstein&publication_year=1994&)

53. Terwee CB, Bot SDM, de Boer MR, van der Windt DAWM, Knol DL, Dekker J, et al. Quality criteria were proposed for measurement properties of health status questionnaires. *J Clin Epidemiol*. janv 2007;60(1):34-42.
54. Mousavi Baigi SF, Sarbaz M, Ghaddaripouri K, Ghaddaripouri M, Mousavi AS, Kimiafar K. Attitudes, knowledge, and skills towards artificial intelligence among healthcare students: A systematic review. *Health Sci Rep*. 12 mars 2023;6(3):e1138.
55. Lennartz S, Dratsch T, Zopfs D, Persigehl T, Maintz D, Große Hokamp N, et al. Use and Control of Artificial Intelligence in Patients Across the Medical Workflow: Single-Center Questionnaire Study of Patient Perspectives. *J Med Internet Res*. 17 févr 2021;23(2):e24221.
56. Bigman YE, Gray K. People are averse to machines making moral decisions. *Cognition*. déc 2018;181:21-34.
57. Palmisciano P, Jamjoom AAB, Taylor D, Stoyanov D, Marcus HJ. Attitudes of Patients and Their Relatives Toward Artificial Intelligence in Neurosurgery. *World Neurosurg*. juin 2020;138:e627-33.
58. York T, Jenney H, Jones G. Clinician and computer: a study on patient perceptions of artificial intelligence in skeletal radiography. *BMJ Health Care Inform*. 13 nov 2020;27(3):e100233.
59. Sun TQ, Medaglia R. Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Gov Inf Q*. 1 avr 2019;36(2):368-83.
60. Esmaeilzadeh P. Use of AI-based tools for healthcare purposes: a survey study from consumers' perspectives. *BMC Med Inform Decis Mak*. 22 juill 2020;20:170.
61. Nelson CA, Pérez-Chada LM, Creadore A, Li SJ, Lo K, Manjaly P, et al. Patient Perspectives on the Use of Artificial Intelligence for Skin Cancer Screening. *JAMA Dermatol*. mai 2020;156(5):1-12.
62. Hengstler M, Enkel E, Duelli S. Applied artificial intelligence and trust—The case of autonomous vehicles and medical assistance devices. *Technol Forecast Soc Change*. 1 avr 2016;105:105-20.
63. Hogue MD, Grabenstein JD, Foster SL, Rothholz MC. Pharmacist Involvement with Immunizations: A Decade of Professional Advancement. *J Am Pharm Assoc*. 1 mars 2006;46(2):168-82.
64. Adekunle OA, Olson AW, Schommer JC, Brown LM. Influence of patient-pharmacist relationship on willingness to accept pharmacist-provided services. *J Am Pharm Assoc JAPhA*. 2023;63(3):760-768.e1.
65. Hibbard JH, Greene J. What the evidence shows about patient activation: better health outcomes and care experiences; fewer data on costs. *Health Aff Proj Hope*. févr 2013;32(2):207-14.
66. Andrade C. The Limitations of Online Surveys. *Indian J Psychol Med*. 13 oct 2020;42(6):575-6.

67. Adams SA, Matthews CE, Ebbeling CB, Moore CG, Cunningham JE, Fulton J, et al. The Effect of Social Desirability and Social Approval on Self-Reports of Physical Activity. *Am J Epidemiol.* 15 févr 2005;161(4):389-98.
68. Krumpal I. Determinants of social desirability bias in sensitive surveys: a literature review. *Qual Quant.* 1 juin 2013;47(4):2025-47.
69. Thorndike EL. A constant error in psychological ratings. *J Appl Psychol.* mars 1920;4(1):25-9.
70. Cortina JM. What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *J Appl Psychol.* 1993;78(1):98-104.
71. Guijo-Rubio D, Briceño J, Gutiérrez PA, Ayllón MD, Ciria R, Hervás-Martínez C. Statistical methods versus machine learning techniques for donor-recipient matching in liver transplantation. *PloS One.* 2021;16(5):e0252068.
72. Stokes JM, Yang K, Swanson K, Jin W, Cubillos-Ruiz A, Donghia NM, et al. A deep learning approach to antibiotic discovery. *Cell.* 20 févr 2020;180(4):688-702.e13.
73. Zhu X, Peng B, Yi Q, Liu J, Yan J. Prediction Model of Immunosuppressive Medication Non-adherence for Renal Transplant Patients Based on Machine Learning Technology. *Front Med.* 2022;9:796424.
74. Winters-Hilt S, Merat S. SVM clustering. *BMC Bioinformatics.* 1 nov 2007;8 Suppl 7(Suppl 7):S18.
75. Yin J, Ngiam KY, Teo HH. Role of Artificial Intelligence Applications in Real-Life Clinical Practice: Systematic Review. *J Med Internet Res.* 22 avr 2021;23(4):e25759.
76. Mao J, Chen Y, Xu L, Chen W, Chen B, Fang Z, et al. Applying machine learning to the pharmacokinetic modeling of cyclosporine in adult renal transplant recipients: a multi-method comparison. *Front Pharmacol.* 2022;13:1016399.
77. Ren B, He QY, Xu Q, Wang CX, Chen J, Zheng ZH, et al. [Prediction of mycophenolic acid exposure in renal transplantation recipients by artificial neural network]. *Yao Xue Xue Bao.* déc 2009;44(12):1397-401.
78. Zhang F, Liu Y, Ma W, Zhao S, Chen J, Gu Z. Nonlinear Machine Learning in Warfarin Dose Prediction: Insights from Contemporary Modelling Studies. *J Pers Med.* mai 2022;12(5):717.
79. Machine learning to predict transplant outcomes: helpful or hype? A national cohort study - Bae - 2020 - *Transplant International* - Wiley Online Library [Internet]. [cité 3 avr 2022]. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tri.13695>
80. Miller PE, Pawar S, Vaccaro B, McCullough M, Rao P, Ghosh R, et al. Predictive Abilities of Machine Learning Techniques May Be Limited by Dataset Characteristics: Insights From the UNOS Database. *J Card Fail.* juin 2019;25(6):479-83.

81. Luck M, Sylvain T, Cardinal H, Lodi A, Bengio Y. Deep Learning for Patient-Specific Kidney Graft Survival Analysis [Internet]. arXiv; 2017 [cité 1 août 2023]. Disponible sur: <http://arxiv.org/abs/1705.10245>
82. Nagendran M, Chen Y, Lovejoy CA, Gordon AC, Komorowski M, Harvey H, et al. Artificial intelligence versus clinicians: systematic review of design, reporting standards, and claims of deep learning studies. *The BMJ*. 25 mars 2020;368:m689.
83. Kline P. *The Handbook of Psychological Testing*. Psychology Press; 2000. 756 p.
84. Bolarinwa OA. Principles and Methods of Validity and Reliability Testing of Questionnaires Used in Social and Health Science Researches. *Niger Postgrad Med J*. déc 2015;22(4):195.

## V. Annexes

## Annexe 1 : Protocole d'étude de TransplantIA, approuvé par la DRCI du CHU de Grenoble

VERSION 1.0 DU 14/04/2020

	<b>Modèle type du questionnaire d'autoévaluation pour les RIPH type 3 ne portant pas sur un produit de santé</b>
---	--

### Modèle type du questionnaire d'autoévaluation pour les recherches mentionnées au 3° de l'article L1121-1 du code de la santé publique ne portant pas sur un produit mentionné à l'article L5311-1 du code de la santé publique

La recherche a pour objet le développement des connaissances biologiques ou médicales	<input checked="" type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
La recherche est effectuée sous la direction et sous la surveillance d'un médecin ou d'une personne qualifiée justifiant d'une expérience appropriée (conformément à l'article L1121-3 du code de la santé publique)	<input checked="" type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
La recherche est réalisée dans un lieu disposant des moyens humains, matériels et techniques adaptés à la recherche et compatibles avec les impératifs de sécurité des personnes qui s'y prêtent	<input checked="" type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
La recherche ne relève pas de la liste mentionnée au 2° de l'article L. 1121-1 du code de la santé publique	<input checked="" type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non
La recherche ne porte pas sur un produit mentionné à l'article L5311-1 du code de la santé publique	<input checked="" type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non

Si vous avez répondu non à l'une des questions précédentes votre recherche ne relève pas de la procédure applicable aux recherches non interventionnelles ne portant pas sur un produit mentionné à l'article L5311-1 du code de la santé publique. Dans cette hypothèse nous vous invitons à vous rapprocher d'un centre de ressources dont la liste est disponible sur le site SI-RIPH

Si vous avez répondu oui à l'ensemble des questions, votre recherche est une recherche non interventionnelle ne portant pas sur un produit mentionné à l'article L5311-1 du code de la santé publique.

Sous réserve que vous ayez également réalisé une déclaration de conformité à une méthodologie de référence homologuée par la commission nationale de l'informatique et des libertés conformément à l'article 11 de la loi 78-17 du 06 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, votre recherche relève de la procédure mentionnée au II de l'article 17 de l'ordonnance du 22 avril 2020 portant diverses mesures prise pour faire face à l'épidémie de covid-19.

A ce titre vous devez répondre aux questions ci-dessous sur la base de votre protocole de recherche :

<b>TITRE DE LA RECHERCHE</b>	Evaluation des connaissances et perceptions de l'intelligence artificielle en transplantation d'organe solide
<b>ACRONYME DE LA RECHERCHE</b>	TransplantIA
<b>NUMERO D'ENREGISTREMENT</b>	2023-A00950-45

<b>PROMOTEUR</b>	<p>CHU GRENOBLE ALPES</p> <p>Courriel : <a href="mailto:amandzo@chu-grenoble.fr">amandzo@chu-grenoble.fr</a></p> <p>Adresse : Délégation à la Recherche Clinique et à l'Innovation Pavillon Dauphiné CS 10217, 38043 Grenoble Cedex 09</p> <p>Téléphone : 04 76 76 68 16</p>
<b>DELEGUE A LA PROTECTION DES DONNEES</b>	<p>David ROZIER</p> <p>Adresse : Direction du CHU Grenoble-Alpes CS 10217 38043 GRENOBLE Cedex 9</p> <p>Courriel : <a href="mailto:protection-donnees@chu-grenoble.fr">protection-donnees@chu-grenoble.fr</a></p>
<b>RESPONSABLE SCIENTIFIQUE</b>  <b>(directeur de thèse ou de mémoire)</b>	<p>Nom, Prénom et Fonction : Dr CHANOINE Sébastien, pharmacien</p> <p>Courriel : <a href="mailto:SChanoine@chu-grenoble.fr">SChanoine@chu-grenoble.fr</a></p> <p>Adresse : CHU Grenoble Alpes, CS 10217-38043 Grenoble cedex 9</p> <p>Téléphone : 04 76 76 54 97</p>
<b>I/ INTERET ET PERTINENCE DE LA RECHERCHE</b>	<p><b>CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE LA RECHERCHE (750 SIGNES ENVIRON)</b></p> <p>La transplantation d'organe solide est le traitement de dernière chance pour les maladies d'organes en phase terminale. En France, 51860 patients sont transplantés et le nombre de candidats en attentes de transplantation a doublé en 10 ans (1). Parallèlement aux progrès considérables réalisés au cours des dernières décennies, de nouveaux défis sont apparus. La disparité croissante entre la demande et l'offre d'organes exige une sélection et un appariement optimaux des patients et des donneurs (2). L'amélioration de la survie à long terme des greffons et des patients nécessite un diagnostic et une gestion des complications post-transplantation fondés sur des données (3). L'abondance croissante de données cliniques, génétiques, radiologiques et métaboliques dans le domaine de la transplantation a suscité un intérêt croissant pour l'application d'outils d'intelligence artificielle (IA) dans le but d'optimiser l'immunosuppression et la prise en charge globale des patients (4-5).</p> <p>Cependant, la majorité de ces applications n'existe qu'à l'état préclinique et le domaine de l'intelligence artificielle reste encore méconnu du grand public. Au vu des potentielles applications de l'IA et de l'intérêt grandissant de la recherche à ce sujet, il est indispensable d'évaluer la connaissance et les perceptions des personnes directement impliquées dans la transplantation d'organe solide.</p> <p><b>OBJECTIF PRINCIPAL ET CRITERE DE JUGEMENT PRINCIPAL (750 SIGNES ENVIRON)</b></p> <p>Évaluer les connaissances et perceptions des patients transplantés d'organe solide et professionnels de santé travaillant en lien avec la transplantation d'organes solides.</p>

	<p><b>CRITERE DE JUGEMENT</b></p> <p>Analyse des verbatim et données des questions fermées du questionnaire. Comparaison des moyennes obtenues par les sous-groupes de patients et de professionnels de santé et analyses des verbatims en les regroupant par thématiques.</p> <p><b>OBJECTIF(S) SECONDAIRE(S) ET CRITERE(S) DE JUGEMENT SECONDAIRE(S) (1500 SIGNES ENVIRON)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comparer le niveau de connaissances entre les différents professionnels de santé sur l'intelligence artificielle</li> <li>2. Comparer les perceptions entre les différents professionnels de santé sur l'intelligence artificielle</li> <li>3. Comparer le niveau de connaissances sur l'intelligence artificielle des patients en fonction de l'organe transplanté</li> <li>4. Comparer la perception sur l'intelligence artificielle des patients en fonction de l'organe transplanté</li> <li>5. Comparer le niveau de connaissance moyen sur l'intelligence artificielle des professionnels de santé et des patients</li> <li>6. Comparer les niveaux de perception de l'intelligence artificielle des professionnels de santé et des patients</li> </ol> <p><b>CRITERE DE JUGEMENT</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comparaison des moyennes obtenues par les différents types de professionnels de santé</li> <li>2. Analyse des verbatims en les regroupant par thématique</li> <li>3. Comparaison des moyennes obtenues par les patients en fonction de l'organe transplanté</li> <li>4. Analyse des verbatims en les regroupant par thématique</li> <li>5. Comparaison des moyennes globales obtenues entre patients et professionnels de santé</li> <li>6. Analyse des verbatims en les regroupant par thématique</li> </ol>
<p><b>2/ QUALIFICATION DES INVESTIGATEURS ET ADEQUATION DES MOYENS</b></p>	<p><b>INVESTIGATEUR OU, LE CAS ECHEANT, INVESTIGATEUR COORDONNATEUR</b></p> <p>Nom, Prénom et Fonction : Pr Pierrick BEDOUCH, pharmacien Courriel : pbedouch@chu-grenoble.fr</p> <p><b>LIEUX DE LA RECHERCHE</b></p> <p>Adresse (s) : Pole pharmacie du CHU Grenoble Alpes Téléphone : 04 76 76 54 97</p>

<b>3/ ORGANISATION DE L'ETUDE</b>	<p><b>SCHEMA D'ETUDE (DESCRIPTION SYNTHETIQUE, 750 SIGNES ENVIRON)</b></p> <p>Il s'agit d'une étude prospective, observationnelle et multicentrique.</p> <p>Le questionnaire sera soumis en ligne sur la plateforme LimeSurvey aux professionnels de santé travaillant en lien avec la transplantation d'organe solide et patients transplantés d'organe solide du CHU Grenoble Alpes (CHUGA). Pour les patients suivis au CHUGA, le questionnaire pourra être proposé lors des consultations pharmaceutiques habituellement réalisées lors d'une venue pour suivi de sa transplantation d'organe.</p> <p>Il sera également proposé aux professionnels de santé des différents centres transplantateurs de France via les fédérations de chaque spécialité d'organe, ainsi qu'à l'ensemble des patients transplantés d'organes en France via les associations de patients.</p>
	<p><b>METHODOLOGIE (DONT ANALYSE STATISTIQUE, 750 SIGNES ENVIRON)</b></p> <p>QUESTIONNAIRE</p> <p>Modalités de passation :</p> <p>– questionnaire administré par : <input type="checkbox"/>courrier ; <input checked="" type="checkbox"/>internet ; <input type="checkbox"/>téléphone ; <input checked="" type="checkbox"/>face à face ; <input type="checkbox"/>autre (préciser) :</p> <p>– questionnaire administré en : <input checked="" type="checkbox"/>une fois ; <input type="checkbox"/>plusieurs fois (préciser le nombre de passation) :</p> <p>Type de questionnaires : <input type="checkbox"/>validé <input checked="" type="checkbox"/>non validé</p> <p>Justification questionnaire non validé : premier questionnaire de ce type en France, élaboré sur la base d'une revue de la littérature préexistante sur ce sujet.</p> <p>Les données seront stockées dans un serveur sécurisé du CHU Grenoble Alpes. Les données seront anonymes pour être intégrées dans la base de données. Un identifiant sera attribué à chaque volontaire lors de son inclusion.</p> <p>Les données catégorielles seront rapportées sous forme de fréquence, pourcentage, et les données continues sous forme de moyenne et écart-type ou médiane et intervalle interquartile si elles ne suivent pas une distribution normale. La normalité des variables quantitatives sera testée par vérification graphique.</p> <p>Les variables continues seront comparées à l'aide d'un test de Student si les conditions d'applications sont valides (ou Mann-Whitney le cas échéant). Les variables catégorielles seront comparées à l'aide d'un test du Chi2 (ou test de Fisher si les conditions de validité ne sont pas respectées). Le coefficient alpha de Crohnbach sera également calculé pour évaluer la cohérence interne du questionnaire.</p> <p>Nous considérerons les valeurs <math>p &lt; 0,05</math> comme significatives. L'analyse statistique sera effectuée avec le logiciel RStudio (version 4.2.1).</p>

<p><b>EFFECTIF (JUSTIFICATION, HYPOTHESES, ECHANTILLONNAGE, EN FONCTION DE LA NATURE DE L'ETUDE, 750 SIGNES ENVIRON)</b></p> <p>Selon l'agence de biomédecine, 65240 patients adultes sont porteurs vivants d'une transplantation d'organe solide en France. En prenant en compte un taux de participation de 10%, nous estimons interroger environ 6500 patients.</p> <p>Concernant le personnel hospitalier, à partir des données de l'agence de biomédecine, nous estimons qu'il existe environ 2400 professionnels de santé travaillant dans la transplantation d'organe solide. En prenant en compte un taux de participation de 10%, nous estimons interroger environ 240 professionnels.</p>
<p><b>CRITERES D'INCLUSION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Âge supérieur ou égal à 18 ans</li> <li>- Patients transplantés d'organe solide ou professionnel de santé travaillant dans la transplantation</li> <li>- Non opposition à l'étude</li> </ul>
<p><b>CRITERES DE NON-INCLUSION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sujet sous tutelle ou sujet privé de liberté</li> <li>- transplantation de cellules souches hématopoïétiques</li> </ul>
<p><b>DUREE PREVISIONNELLE</b></p> <p>de participation par personne : 5 à 10 minutes</p> <p>de la recherche : 6 mois</p>
<p>Une collection biologique ou la conservation d'échantillons au-delà de la durée de l'étude est prévue : <input type="checkbox"/>oui - <input checked="" type="checkbox"/>non</p>
<p>La recherche est organisée pour répondre aux objectifs fixés : <input checked="" type="checkbox"/>oui <input type="checkbox"/>non</p>

<b>4/ ABSENCE DE RISQUES ET DE CONTRAINTES DE LA RECHERCHE</b>	<p>La recherche implique la réalisation d'actes qui relèvent de l'Arrêté fixant la liste des recherches mentionnées au 3o de l'article L. 1121-1 du code de la santé publique : <input type="checkbox"/>oui <input checked="" type="checkbox"/>non</p> <p>Si oui, préciser la nature et les caractéristiques des actes ou procédures impliqués par le protocole de recherche, en plus des soins habituels qui ne doivent pas être décrits</p>					
	Acte/ Procédure	Technique et conditions	Fréquence	Durée	Volume/pr élévement	Volume total
<p>Indiquer si la recherche peut comporter un risque psychologique et dans l'affirmative les dispositions prises pour en tenir compte (750 signes environ)</p> <p>NA</p>						

<b>5/ PROTECTION DES DONNEES PERSONNELLES</b>	<p><b>LISTE DES DONNEES PERSONNELLES RECUEILLIES</b> (en conformité avec le RGPD)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Données démographiques (sexe, tranche d'âge, localisation, métier exercé, organe transplanté...)</li> <li>- Résultats du questionnaire (variables continues pour niveau de connaissance, variables catégorielles pour perception et craintes...)</li> </ul>
	<p>Les données collectées sont adéquates, pertinentes et limitées à ce qui est nécessaire au regard des objectifs de la recherche <input checked="" type="checkbox"/>oui <input type="checkbox"/>non</p>
<b>6/ RECRUTEMENT ET INFORMATION DES PERSONNES</b>	<p><b>MODALITES DE RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS</b> (procédures, documents, délais de réflexion):</p> <p>Cette étude sera proposée aux patients transplantés au CHUGA à l'aide d'une affiche avec un QR code à l'entrée des services concernés et proposée par mail aux professionnels concernés. La sélection des patients se fera au sein du CHU de Grenoble par affichage dans les services où des patients transplantés d'organe solide sont suivis. Le recrutement des professionnels de santé du CHUGA se fera par mail. La sélection des patients non pris en charge au CHUGA sera réalisée par le biais d'association de patients. Pour les professionnels d'autres centres, le recrutement se fera par le biais de la société de française de transplantation.</p>
	<p><b>INFORMATION ET NON- OPPOSITION</b></p> <p>Les modalités d'information sont conformes aux dispositions de l'article L112-1 du code de la santé publique <input checked="" type="checkbox"/>oui <input type="checkbox"/>non</p> <p>Afin d'assurer la traçabilité de la non opposition,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-une copie de la lettre d'information remise au sujet est scannée et jointe au dossier médical ;</li> <li>-la personne ayant délivré l'information insère également une note dans le dossier médical au jour de la venue du patient précisant la non opposition de ce dernier</li> </ul> <p>La lettre d'information sera disponible sur LimeSurvey et visible avant le démarrage du questionnaire avec possibilité d'opposition via le numéro d'anonymat donné lors du remplissage. Dans le cas où le questionnaire sera soumis en face-à-face aux patients suivis au CHUGA au cours de consultations pharmaceutiques, la lettre d'information sera remise en main propre.</p>

	<p><b>POPULATIONS PARTICULIERES</b></p> <p>La recherche nécessite l'inclusion de populations particulières <input type="checkbox"/>oui <input checked="" type="checkbox"/>non</p> <p>Si oui, justifier :</p> <p>-Les conditions de l'article L112-1 du code de la santé publique sont respectées dans le cas où la recherche porte sur des mineurs non émancipés des majeurs protégés ou des majeurs hors d'état d'exprimer leur consentement : <input type="checkbox"/>oui <input type="checkbox"/>non <input checked="" type="checkbox"/>non concerné</p> <p>-Les conditions de l'article L112-1 du code de la santé publique sont respectées dans le cas où la recherche porte sur des femmes enceintes ou allaitantes : <input type="checkbox"/>oui <input type="checkbox"/>non <input checked="" type="checkbox"/>non concerné</p>
--	---

<p><b>7/ DECLARATION DU PROMOTEUR</b></p>	<p>Je soussigné(e) CHU Grenoble Alpes, représenté par Mme Monique SORRENTINO, la Directrice générale</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Que l'intérêt de la recherche est sans commune mesure avec le risque prévisible encouru par les personnes qui se prêtent à cette recherche</li> <li>- Que le respect de la personne qui se prête à la recherche prime sur les seuls intérêts de la recherche et de la société</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p><b>Date et Signature</b></p> <p>26/04/23 </p> </div> <div style="text-align: right; margin: 10px 0;">  </div> <p>Les sanctions pénales prévues aux articles L1126-1 et suivants du code de la santé publique s'appliquent en cas de fausse déclaration ou de non-respect des dispositions prévues aux articles L112-1 et suivants du code de la santé publique</p>
---	--

Par délégation,  
la Directrice de la DRS  
Dr C. DUCKI

## Annexe 2 : Validation du protocole par le CPP

**COMITE DE PROTECTION DES PERSONNES OUEST IV – NANTES**
**Comité de protection des personnes Ouest IV**  
**Avis sur une demande initiale**
**CPP**

**Nom du CPP :** Comité de protection des personnes Ouest IV  
**Adresse :** Immeuble CAP-OUEST - Maison de la Recherche en Santé, 2<sup>e</sup> étage - 53, chaussée de la Madeleine 44000 NANTES France  
**Courriel :** bureau@cpp-ouest4.fr  
**Téléphone :** 0253482880

**Promoteur / Demandeur**

**Promoteur :** CHU GRENOBLE ALPES  
**Représentant légal (UE) :** -  
**Mandataire :** -

**Dossier**

Étude référence CPP : 23/153\_3 / Avis Final

**Numéro SI :** 23.01575.000153  
**Numéro national :** 2023-A00950-45  
**Référence interne :** 38RC23.0137 TRANSPLANT-IA  
**Règlementation :** Loi Jardé  
**Qualification :** Catégorie 3  
**Produit ou acte :** Hors produits de santé (produits non mentionnés à l'article L.5311-11 du code de la santé publique)  
**Investigateur :** Pr Bedouch

**Titre :** **Evaluation des connaissances et perceptions de l'intelligence artificielle en transplantation d'organe solide**

Le Comité de Protection des Personnes OUEST IV a examiné ce dossier lors de sa séance plénière du 6 juin 2023, au cours de laquelle l'analyse du rapporteur désigné par le président a été présentée à l'ensemble des membres. Aucun conflit d'intérêt n'a été déclaré par les membres délibérants et le quorum pour cette séance a été validé. A l'issue des délibérations, le CPP Ouest IV a voté un avis réservé, téléchargé sur la plateforme RIPH2G le 12/06/2021.

Les rapporteurs en charge du dossier ont analysé le dossier réponse aux réserves votées, téléchargé par le promoteur sur la plateforme RIPH2G le 14/06/2021.

L'ensemble des remarques du comité a été pris en compte et les modifications effectuées aux documents correspondent aux attentes du comité. Les rapporteurs du dossier et/ou le président du CPP Ouest IV valident ainsi la transmission de l'avis favorable par la levée des réserves votées lors de la séance du 06/06/2023, conformément au mandat donné par les membres.

Le comité émet un **AVIS FAVORABLE** pour cette recherche.

Conformément à l'article R1123-26 du CSP, si dans le délai de deux ans suivant l'avis du CPP la recherche n'a pas débuté, cet avis devient caduc. Il convient ainsi au promoteur d'informer sans délai le CPP de la date effective de commencement de la recherche (art. R1123-40 du CSP), ainsi que de la date effective de fin de la recherche (art. R1123-66 du CSP).

## Annexe 3: Questionnaire à destination des patients transplantés d'organe solide selon le protocole TransplantIA

Version 1.1 du 12/06/2023

	<p style="text-align: center;">Enquête sur la connaissance et les perceptions de l'intelligence artificielle en transplantation d'organe solide</p>
---	---

Dans l'optique d'améliorer la prise en charge des patients transplantés, l'équipe pharmaceutique vous propose de répondre à ce questionnaire portant sur les connaissances et perceptions des patients transplantés sur l'usage de l'intelligence artificielle en transplantation. Vos réponses sont anonymes. La réponse au questionnaire vous prendra entre 2 et 5 minutes.

Vous êtes...  un homme  une femme

A quelle tranche d'âge appartenez-vous ?  18 – 25 ans  26 – 35 ans  
 36 – 50 ans  51 – 65 ans  65 ans et plus

Quel est votre département de résidence ? : .....

Quel type de métier exercez-vous ? :

1. Agriculteur/trice exploitant(e)s
2. Artisan(e)s
3. Commerçant(e)s
4. Chef(fe)s d'entreprise
5. Profession libérale
6. Cadres administratifs et techniques de la fonction publique
7. Cadres des services administratifs et commerciaux d'entreprise
8. Professeur(e)s de l'éducation supérieure
9. Ingénieur(e)s et cadres techniques d'entreprise
10. Professeurs de l'enseignement primaire et professionnel
11. Professions intermédiaires de la santé et du travail social
12. Religieux(ses)
13. Professions intermédiaires de la fonction publique (administration, sécurité)
14. Professions intermédiaires administratives et commerciales des entreprises
15. Technicien(nne)s
16. Agent(e)s de maîtrise
17. Employé(e)s
18. Ouvrier(e)s
19. Conducteur(rice)s de véhicule de transport
20. Retraité
21. Sans profession

Combien de transplantation avez-vous subi ?  1  2  3  Plus de 3

Quel(s) type(s) d'organe vous a été transplanté ?  cœur  foie  poumon  rein

En quelle année avez-vous eu votre dernière transplantation ?

.....

Avez-vous déjà entendu parler de l'intelligence artificielle ?  Oui  Non

Si oui à la question précédente, dans quel contexte avez-vous entendu parler d'intelligence artificielle ?

Version 1.1 du 12/06/2023

- Professionnel
- Médical
- Sociétal
- Médias
- Autre (si autre, précisez votre réponse.....)

Comment évaluez-vous votre connaissance à ce sujet ?

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Pas de connaissance										Maîtrise totale du sujet

Quel(s) type(s) d'algorithm(e)s d'intelligence artificielle connaissez-vous ?

- Algorithmes d'aide au diagnostic médical
- Apprentissage automatique (statistique supervisée ou non supervisée)
- Apprentissage approfondi (reconnaissance d'image ou traitement du langage)
- Agent conversationnel ou chatbot
- Autre (si autre, précisez votre réponse : .....
- Aucun

Donnez 5 mots qui vous viennent à l'esprit lorsque vous pensez à l'intelligence artificielle.

Avez-vous déjà entendu parler de l'intelligence artificielle en santé ?  Oui  Non

Comment évaluez votre connaissance à ce sujet ?

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Pas de connaissance										Maîtrise totale du sujet

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec ces affirmations ?

- L'intelligence artificielle va remplacer les médecins pour la réalisation et l'évaluation des examens médicaux  Oui  Non
- L'intelligence artificielle fait mieux qu'un être humain  Oui  Non
- L'intelligence artificielle me fait peur  Oui  Non
- L'intelligence artificielle est l'avenir de la santé  Oui  Non
- Pour produire un nouveau médicament innovant, les entreprises pharmaceutiques devraient alimenter leurs algorithmes d'Intelligence Artificielle en utilisant les données médicales des patients  Oui  Non
- L'utilisation de l'intelligence artificielle requiert une protection totale des données de santé  Oui  Non

Version 1.1 du 12/06/2023

Avez-vous déjà entendu parler de l'intelligence artificielle dans le domaine de la transplantation ?

Oui  Non

Comment évaluez votre connaissance à ce sujet ?

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Pas de connaissance										Maîtrise totale du sujet

Vous trouverez ci-dessous plusieurs types d'applications de l'intelligence artificielle en transplantation, veuillez les classer par ordre d'intérêt pour vous (1 = intérêt le plus important) :

- Modèle de prédiction de morbi-mortalité (Prédiction du risque de mortalité ou de complications liée aux maladies)
- Correspondance donneur-receveur (Compatibilité génétique et virale entre le donneur d'organe et le receveur)
- Lecture d'imagerie (Lecture de scanner, radiologie, IRM normalement réalisées par un médecin)
- Suivi pharmacologique thérapeutique (dosages sanguins répétés et régulier des immunosuppresseurs ou agents anti-infectieux)

Sur une échelle de 1 à 10, quel est votre avis sur l'intelligence artificielle ?

<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Très négatif										Très positif

Quels seraient pour vous les risques de l'intelligence artificielle dans le domaine de la transplantation ?

Quelles seraient pour vous les opportunités offertes par l'intelligence artificielle dans le domaine de la transplantation ?

Version 1.1 du 12/06/2023

Je trouve que l'usage de l'intelligence artificielle pour :

	Un bénéfice	Une violation des droits en tant que patient	Un manque d'éthique	Une in équité à l'égard de certains patients	Une exploitation de mes données médicales à d'autres fins que ma prise en charge	Avis neutre
Améliorer le diagnostic des complications de la transplantation (ex : infections) est...						
Mieux prédire le risque de rejet est...						
Créer de nouveaux médicaments est...						
Améliorer l'optimisation du suivi des immunosuppresseurs (concentrations sanguines) est...						
Améliorer la surveillance des effets indésirables est...						

Que seriez-vous prêt(e) à partager avec une intelligence artificielle pour votre prise en charge ?

- Toutes les données nécessaires pour bénéficier de la meilleure prise en charge possible  
 Quelques données de base (âge, sexe, région, etc...)  
 Très peu de données car j'ai peu confiance en l'IA

Allez-vous vous renseigner au sujet de l'intelligence artificielle après ce questionnaire ?

- Oui  Non

### **Nous vous remercions de votre participation**

*Le déclarant est informé qu'il peut exercer son droit d'accès prévu par la loi française "Informatique et Libertés" (article 40) aux informations le concernant ainsi que son droit de rectification auprès de l'équipe pharmaceutique du CHU de Grenoble.*

## Annexe 4 : Questionnaire à destination des professionnels en transplantation selon le protocole TransplantIA

Version 1.1 du 12/06/2023

### Enquête sur la connaissance et les perceptions de l'intelligence artificielle en transplantation d'organe solide

Vous êtes...  un homme  une femme

A quelle tranche d'âge appartenez-vous ?  18 – 25 ans  26 – 35 ans  
 36 – 50 ans  51 – 65 ans  65 ans et plus

Quel est votre département de résidence ? : .....

Quel métier exercez-vous ? :  chirurgien  médecin spécialiste  infirmier(e) de coordination  pharmacien  interne en médecine  interne en pharmacie  
 médecin généraliste  autre  
Si autre, précisez : ....

Dans quelle structure exercez-vous ?  Centre hospitalier universitaire  Centre hospitalier  
 Clinique à but lucratif  Clinique à but lucratif  Etablissement de soin de suite et de réadaptation  autre  
Si autre, précisez : ....

Dans quel(s) type(s) de transplantation d'organe solide êtes-vous spécialisé ?  cœur  foie  poumon  rein

Avez-vous déjà entendu parler de l'intelligence artificielle ?  Oui  Non

Dans quel contexte avez-vous entendu parler d'intelligence artificielle ?  
 Professionnel  
 Médical  
 Sociétal  
 Médias  
 Autre (si autre, dans quel contexte ? .....)

Comment évaluez votre connaissance à ce sujet ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pas de connaissance										Maîtrise totale du sujet

Quel(s) type(s) d'algorithme(s) d'intelligence artificielle connaissez-vous ?

- Algorithmes d'aide au diagnostic médical
- Apprentissage automatique (statistique supervisée ou non supervisée)
- Apprentissage profondi (reconnaissance d'image ou traitement du langage)
- Agent conversationnel ou chatbot
- Autre (si autre, explicitez votre réponse : .....)
- Aucun

Version 1.1 du 12/06/2023

Donnez 5 mots qui vous viennent à l'esprit lorsque vous pensez à l'intelligence artificielle.

--

Avez-vous déjà entendu parler de l'intelligence artificielle en santé ?  Oui  Non

Comment évaluez votre connaissance à ce sujet ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pas de connaissance										Maîtrise totale du sujet

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec ces affirmations ?

- L'intelligence artificielle va remplacer les médecins pour la réalisation et l'évaluation des examens médicaux  Oui  Non
- L'intelligence artificielle fait mieux qu'un être humain  Oui  Non
- L'intelligence artificielle me fait peur  Oui  Non
- L'intelligence artificielle est l'avenir de la santé  Oui  Non
- Pour produire un nouveau médicament innovant, les entreprises pharmaceutiques devraient alimenter leurs algorithmes d'Intelligence Artificielle en utilisant les données médicales des patients  Oui  Non
- L'utilisation de l'intelligence artificielle requiert une protection totale des données de santé  Oui  Non

Avez-vous déjà entendu parler de l'intelligence artificielle dans le domaine de la transplantation d'organes solides ?  Oui  Non

Comment évaluez votre connaissance à ce sujet ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pas de connaissance										Maîtrise totale du sujet

Avez-vous déjà pu expérimenter l'utilisation d'intelligence artificielle dans l'exercice de vos fonctions ?  Oui  Non

Version 1.1 du 12/06/2023

Si oui, quel(s) type(s) d'intelligence artificielle avez-vous utilisé et dans quel(s) contexte(s)/objectif(s) ?

--

Si oui, sur une échelle de 1 à 10, à quel point avez-vous trouvé ça utile ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inutile										Indispensable

Vous trouverez ci-dessous plusieurs types d'applications de l'intelligence artificielle en transplantation, veuillez les classer par ordre d'intérêt selon vous (1 = intérêt le plus important) :

- Modèle de prédiction de morbi-mortalité (Prédiction du risque de mortalité ou de complications liée aux maladies)
- Correspondance donneur-receveur (Compatibilité génétique et virale entre le donneur d'organe et le receveur)
- Lecture d'imagerie (Lecture de scanner, radiologie, IRM normalement réalisées par un médecin)
- Suivi pharmacologique thérapeutique (dosages sanguins répétés et régulier des immunosuppresseurs ou agent anti-infectieux)

Sur une échelle de 1 à 10, quel est votre avis sur l'intelligence artificielle ?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Très négatif										Très positif

Quels seraient pour vous les risques de l'intelligence artificielle dans le domaine de la transplantation d'organes solides ?

--

Version 1.1 du 12/06/2023

Quelles seraient les opportunités offertes par l'intelligence artificielle dans le domaine de la transplantation d'organes solides ?

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec ces affirmations ?

- L'intelligence artificielle va remplacer les médecins pour la réalisation et l'évaluation des examens médicaux  Oui  Non
- L'intelligence artificielle fait mieux qu'un être humain  Oui  Non
- L'intelligence artificielle me fait peur  Oui  Non
- L'intelligence artificielle est l'avenir de la santé  Oui  Non
- Pour produire un nouveau médicament innovant, les entreprises pharmaceutiques devraient alimenter leurs algorithmes d'Intelligence Artificielle en utilisant les données médicales des patients  Oui  Non

Je trouve que l'usage des algorithmes de l'intelligence artificielle pour :

	Un bénéfice	Une violation des droits en tant que patient	Un manque d'éthique	Une in-équité à l'égard de certains patients	Une exploitation des données médicales des patients	Avis neutre
Améliorer le diagnostic des complications de la transplantation (ex : infections) est...						
Mieux prédire le risque de rejet est...						
Créer de nouveaux médicaments est...						
Améliorer l'optimisation du suivi des immunosuppresseurs (concentrations sanguines) est...						
Améliorer la surveillance des effets indésirables est...						

Allez-vous vous renseigner au sujet de l'intelligence artificielle après ce questionnaire ?

Oui  Non



# Serment de Galien



« Je jure en présence des Maîtres de la Faculté, des Conseillers de l'Ordre des Pharmaciens et de mes condisciples :

**D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.**

**D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.**

**De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.**

**Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque ».**