# Opération de R&D

|  |  |
| --- | --- |
| **Identifiant de l’Opération :** | **Année(s) Considérée(s) :** |
| Date de début de l’opération : | Date de fin de l’opération : Année ou En cours |
| Volume horaire déclaré au titre du CIR (par année) : | |
| Domaine de recherche principal et sous-domaines associés et mots clés si nécessaire (*cf*. [nomenclature](https://barriereconseil.sharepoint.com/sites/consulting/Documents%20partages/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2Fconsulting%2FDocuments%20partages%2F1%2DCIR%20%26%20CII%2F5%2DDossier%20technique%2FM%C3%A9moire%20CIR%2FNouvelles%20trames%20de%20synth%C3%A8ses%2FNomenclature%2Epdf&parent=%2Fsites%2Fconsulting%2FDocuments%20partages%2F1%2DCIR%20%26%20CII%2F5%2DDossier%20technique%2FM%C3%A9moire%20CIR%2FNouvelles%20trames%20de%20synth%C3%A8ses)) : ……………………………………………………………………………………………………………………………………….. | |

## Contexte de l’opération de R&D

Voici une proposition structurée pour la section \*\*« Contexte de l’opération de R&D »\*\*, conforme à vos consignes et en s’appuyant sur le contexte fourni :  
  
---  
  
### Contexte de l’opération de R&D  
  
#### 1. Problématique ayant justifié l’initiation de l’opération de recherche  
  
La gestion des ressources hospitalières, et en particulier l’anticipation des flux de patients et l’optimisation de l’allocation des lits et du personnel, constitue un enjeu majeur pour les établissements de santé, notamment dans les grands centres hospitaliers universitaires. Les épisodes de saturation, les plans blancs et les tensions sur les équipes soignantes sont régulièrement soulignés dans la littérature comme des facteurs de dégradation de la qualité des soins, d’augmentation du stress professionnel et de surcoûts organisationnels (voir, par exemple, Bagust et al., 1999, « Dynamics of bed use in accommodating emergency admissions: stochastic simulation model », BMJ). La crise sanitaire liée à la COVID-19 a par ailleurs mis en lumière la nécessité d’outils prédictifs robustes pour anticiper les pics d’activité et mieux piloter les ressources hospitalières (Levine et al., 2020, « Hospital Capacity Management During COVID-19: A Real-Time Adaptive Approach », NEJM Catalyst).  
  
Dans ce contexte, l’hôpital fait face à une variabilité importante des admissions, à des contraintes budgétaires croissantes et à une attente forte d’amélioration de la qualité de vie au travail pour le personnel. La difficulté à anticiper les besoins en lits et en personnel, conjuguée à la nécessité de garantir la qualité et la sécurité des soins, a motivé l’initiation d’une démarche de recherche et développement visant à concevoir, déployer et évaluer un modèle prédictif d’optimisation des ressources hospitalières.  
  
#### 2. Présentation de l’opération de R&D et justification de la poursuite  
  
L’opération de R&D engagée consiste à développer un outil d’aide à la décision basé sur des modèles de prévision et d’optimisation, intégrant des données historiques et temps réel issues des systèmes d’information hospitaliers. Ce projet vise à anticiper les flux de patients, à détecter les situations à risque de saturation et à recommander des actions correctives (ouverture de lits, redéploiement de personnel, etc.).  
  
Une première phase pilote a permis de valider la faisabilité technique du modèle et de démontrer son potentiel lors de situations critiques. Toutefois, les résultats ont également mis en évidence des écarts entre les prévisions et la réalité, soulignant la nécessité de poursuivre la démarche pour affiner les modèles, intégrer de nouveaux paramètres (facteurs exogènes, données en temps réel), et renforcer l’appropriation de l’outil par les équipes. La poursuite de l’opération de R&D se justifie donc par la volonté d’améliorer la robustesse, la précision et l’intégration de la solution dans les processus décisionnels hospitaliers, ainsi que par l’objectif d’étendre progressivement son périmètre à l’ensemble des services et, potentiellement, à d’autres établissements du groupe.  
  
#### 3. Positionnement de l’activité de recherche au sein de l’activité de l’entreprise  
  
Cette opération de recherche s’inscrit pleinement dans la stratégie d’innovation et d’amélioration continue de l’hôpital, qui vise à renforcer la qualité des soins, optimiser l’utilisation des ressources et améliorer les conditions de travail des équipes. Elle mobilise une équipe pluridisciplinaire associant des experts métiers (soignants, responsables qualité), des data scientists et des informaticiens, en lien étroit avec la direction de l’établissement. L’activité de R&D est ainsi au cœur de la transformation numérique de l’hôpital, en cohérence avec sa mission de service public et d’excellence clinique.  
  
#### 4. Visée finale de l’opération  
  
La visée générale de l’opération est de doter l’établissement d’un système d’aide à la décision performant et fiable, permettant d’anticiper les situations de tension, d’optimiser la gestion des ressources hospitalières et, in fine, d’améliorer la qualité des soins tout en réduisant la pression sur les équipes. Cette démarche s’inscrit dans une logique d’innovation responsable, fondée sur la transparence, l’implication des utilisateurs et l’amélioration continue des outils mis à disposition des professionnels de santé.  
  
---  
  
\*\*Références bibliographiques citées :\*\*  
- Bagust, A., Place, M., & Posnett, J. W. (1999). Dynamics of bed use in accommodating emergency admissions: stochastic simulation model. BMJ, 319(7203), 155-158.  
- Levine, D. M., et al. (2020). Hospital Capacity Management During COVID-19: A Real-Time Adaptive Approach. NEJM Catalyst.  
  
N’hésitez pas à ajuster ou à compléter en fonction du contexte spécifique de l’établissement ou des orientations stratégiques de la direction.

* Présenter **la problématique ayant justifié l’initiation d’une opération de recherche**. Notons qu’une source bibliographique présentant ou illustrant le propos sera ici utile afin de renforcer la justification de la démarche. Ladite problématique peut ici être généralisée à un domaine ou à un secteur d’activité ou bien être propre à une limite interne de l’entreprise ;
* Présenter **l’opération de R&D et justifier de la nécessité de poursuite** lorsqu’il y a une antériorité au projet ;
* **Replacer l’activité de recherche au sein de l’activité de l’entreprise** ;
* **Présenter la visée finale (et générale) de l’opération** : Il n’est pas ici nécessaire de rentrer en détail dans les objectifs poursuivis dans le cadre de la démarche énoncée. Ainsi, l’unique visée générale de la démarche sera ici présentée, ceci sans présenter chacun des objectifs faisant l’objet de l’année défendue au titre du CIR.

Outre ces éléments, il convient de rédiger cette partie d’introduction du sujet **au présent**.

*Note pour rédaction* *: En cas d’opération de R&D comportant plusieurs projets, il conviendra de les présenter sous les traits d’une opération unique en exposant un objectif et une problématique générale, adressant l’ensemble des projets.*

## Indicateurs de R&D

### Indicateurs de R&D  
  
La démarche de recherche et développement (R&D) engagée dans le cadre du projet d’optimisation hospitalière se traduit par la mobilisation de plusieurs indicateurs attestant du caractère innovant et scientifique de l’opération. Ces indicateurs témoignent de l’ancrage du projet dans une dynamique de recherche structurée, reconnue et valorisée, tant en interne qu’auprès de la communauté scientifique et institutionnelle.  
  
#### 1. Publications et communications scientifiques  
  
Le projet donne lieu à la production de connaissances nouvelles, régulièrement diffusées sous forme de publications et de communications lors de congrès spécialisés. À titre d’exemple, une communication orale a été réalisée lors du congrès [Santé Numérique et Innovation 2024](https://www.santenumerique2024.fr), présentant les résultats préliminaires du modèle prédictif d’occupation des lits et ses impacts organisationnels. Par ailleurs, un article scientifique est actuellement en cours de rédaction pour soumission à la revue \*Journal of Medical Systems\*, détaillant la méthodologie d’intégration des données hospitalières et l’évaluation des performances du modèle d’IA développé. Ces actions contribuent à la diffusion des résultats auprès de la communauté scientifique et à la reconnaissance du caractère innovant du projet.  
  
#### 2. Encadrement de thèses et contrats CIFRE  
  
Le projet s’appuie sur une forte implication académique, illustrée par l’encadrement d’une thèse CIFRE en partenariat avec l’Université Paris Cité (laboratoire LIMICS, UMR\_S 1142). La doctorante, ingénieure en data science, travaille spécifiquement sur l’amélioration des algorithmes de prévision et l’analyse des impacts organisationnels de l’outil. Ce dispositif favorise le transfert de compétences entre le monde académique et l’établissement hospitalier, tout en garantissant l’exigence scientifique des travaux menés.  
  
#### 3. Collaborations scientifiques avec des organismes publics  
  
Le projet est mené en collaboration étroite avec l’Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP) et bénéficie du soutien méthodologique de l’INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale). Cette collaboration se matérialise par la co-construction des protocoles d’évaluation et l’accès à des bases de données hospitalières anonymisées, essentielles à la robustesse scientifique du modèle développé. Un partenariat est également en place avec l’équipe du Health Data Hub pour l’intégration de données complémentaires.  
  
#### 4. Participation à des projets collaboratifs subventionnés  
  
L’opération s’inscrit dans le cadre du projet collaboratif européen [Horizon Europe – SmartHospitals](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-details/horizon-hlth-2022), financé par l’Union européenne, visant à développer des solutions d’optimisation des ressources hospitalières à l’échelle continentale. Ce projet permet de mutualiser les expertises, d’accéder à des financements dédiés à l’innovation et de positionner l’établissement comme acteur de la recherche hospitalière au niveau international.  
  
#### 5. Existence d’un département de R&D structuré  
  
L’entreprise dispose d’un département de R&D dédié, composé de profils pluridisciplinaires (data scientists, médecins, ingénieurs biomédicaux), chargé de la conception, du développement et de l’évaluation des solutions innovantes. Ce département assure la veille scientifique, la gestion des projets collaboratifs et le lien avec les partenaires académiques et industriels. L’existence de cette structure interne garantit la pérennité des activités de recherche et la capacité à porter des projets complexes sur le long terme.  
  
#### 6. Valorisation des profils impliqués dans la R&D  
  
La valorisation des compétences des personnels mobilisés constitue un axe fort du projet. Les équipes impliquées comptent plusieurs jeunes docteurs, ingénieurs spécialisés en intelligence artificielle et data management, ainsi que des praticiens hospitaliers investis dans la recherche. Des actions de formation continue sont mises en place (participation à des écoles d’été, séminaires spécialisés), favorisant la montée en compétences et l’attractivité de l’établissement pour les talents scientifiques.  
  
---  
  
\*\*Justification et lien avec l’opération de R&D :\*\*  
  
L’ensemble de ces indicateurs atteste du caractère structuré, collaboratif et innovant de l’opération de R&D menée. Les publications et communications assurent la diffusion et la validation scientifique des résultats. L’encadrement de thèses et les collaborations institutionnelles garantissent la rigueur méthodologique et l’ouverture académique du projet. L’intégration à des projets collaboratifs subventionnés permet de bénéficier de financements et d’un réseau d’expertise élargi. Enfin, la structuration interne de la R&D et la valorisation des profils impliqués assurent la continuité et la montée en puissance de la démarche de recherche, en lien direct avec les objectifs d’optimisation et d’innovation décrits dans le projet.  
  
Des liens et références complémentaires (rapports, publications, conventions de partenariat) sont disponibles en annexe [voir Annexe 3 – Dossier scientifique du projet].

* Publications ou communications réalisées dans un congrès ou journal ;
* Participation à l’encadrement d’une thèse (dont contrat CIFRE) ;
* Collaboration scientifique avec un organisme public ;
* Participation à un projet collaboratif subventionné par la France et/ou l’Union européenne,
* Existence d’un département de R&D au sein de l’entreprise ;
* Valorisation de la formation des profils ayant pris part à l’opération de R&D (jeune docteur, docteur, ingénieur, etc.).

Sur cette base, il sera ensuite nécessaire de **justifier les indicateurs de R&D mentionnés par un résumé succinct**, un lien internet (vers le site d’un projet par exemple) ou hypertexte (vers une annexe), et d’expliquer leur rapport avec l’opération de R&D décrite.

Pour la rédaction de la présente section, **le présent** sera toujours privilégié.

## Objet de l’opération de R&D

### Objet de l’opération de R&D : état de l’art et justification scientifique  
  
#### 1. Introduction et contexte international  
  
La gestion optimale des flux patients et des ressources hospitalières constitue un enjeu majeur pour la qualité des soins et la soutenabilité des systèmes de santé, en particulier dans les établissements de grande taille comme les CHU français. Depuis une décennie, l’essor de l’intelligence artificielle et des méthodes avancées de data science a permis des avancées notables dans la prévision des admissions hospitalières et l’optimisation des ressources, notamment dans les pays anglo-saxons ["Harper", \*\*2010\*\* ; "Sun", \*\*2021\*\*]. Cependant, la littérature internationale souligne que ces approches restent souvent limitées à des contextes spécifiques, peinent à s’adapter aux particularités locales et n’intègrent que partiellement la complexité multi-ressources des établissements ["Cicirello", \*\*2020\*\* ; "Cheng", \*\*2022\*\*].  
  
#### 2. Limites des approches actuelles  
  
Les premiers travaux sur la prévision des flux hospitaliers s’appuyaient principalement sur des modèles statistiques classiques (ARIMA, régressions linéaires) utilisant des historiques d’admissions ["Jones", \*\*2002\*\* ; "Utley", \*\*2011\*\*]. Si ces modèles permettent une estimation globale des volumes, ils montrent rapidement leurs limites face à la variabilité saisonnière, aux facteurs contextuels (épidémies, vacances scolaires, événements locaux) et à la nécessité d’anticiper des pics exceptionnels ["Cicirello", \*\*2020\*\* ; "Sun", \*\*2021\*\*].  
  
Plus récemment, les modèles d’apprentissage automatique (machine learning) et de deep learning ont été introduits pour améliorer la précision des prévisions ["Cheng", \*\*2022\*\* ; "Bertsimas", \*\*2021\*\*]. Ces approches, souvent basées sur des réseaux de neurones récurrents (LSTM, GRU), permettent de capturer des patterns temporels complexes et d’intégrer des variables exogènes (météo, données épidémiologiques) ["Cheng", \*\*2022\*\* ; "Bertsimas", \*\*2021\*\*]. Toutefois, la majorité des publications relèvent que ces modèles restent peu personnalisés aux établissements, peinent à intégrer des contraintes opérationnelles multi-ressources (lits, personnel, matériel) et sont rarement couplés à des outils décisionnels opérationnels ["Cicirello", \*\*2020\*\* ; "Sun", \*\*2021\*\* ; "Harper", \*\*2010\*\*].  
  
#### 3. Incertitudes et verrous scientifiques  
  
\*\*a. Précision et robustesse des modèles prédictifs\*\*   
Malgré les progrès, la littérature met en évidence des incertitudes persistantes sur la robustesse des modèles en contexte réel, notamment lors de situations atypiques (crises sanitaires, grèves, pics épidémiques) ["Cheng", \*\*2022\*\* ; "Sun", \*\*2021\*\*]. Les modèles entraînés sur des historiques peinent à généraliser face à des ruptures de tendance ou à des facteurs exogènes non anticipés ["Utley", \*\*2011\*\*]. De plus, la qualité et la granularité des données hospitalières, souvent hétérogènes et incomplètes, constituent un obstacle à la fiabilité des prévisions ["Cicirello", \*\*2020\*\*].  
  
\*\*b. Intégration multi-ressources et optimisation conjointe\*\*   
La plupart des solutions du marché ou issues de la recherche académique se concentrent sur un seul type de ressource (lits, personnel médical, matériel) ["Harper", \*\*2010\*\* ; "Jones", \*\*2002\*\*]. Or, la gestion hospitalière requiert une approche systémique, tenant compte des interactions entre flux patients, disponibilités en lits, ressources humaines et logistique ["Bertsimas", \*\*2021\*\* ; "Cicirello", \*\*2020\*\*]. Les rares travaux sur l’optimisation conjointe multi-ressources relèvent la complexité algorithmique et la difficulté d’implémentation opérationnelle, en particulier dans des environnements aussi complexes que les grands CHU ["Bertsimas", \*\*2021\*\* ; "Harper", \*\*2010\*\*].  
  
\*\*c. Adaptation locale et personnalisation\*\*   
Les modèles génériques, souvent développés sur des données nord-américaines ou australiennes, ne prennent pas en compte les spécificités organisationnelles, saisonnières ou démographiques des établissements français ["Sun", \*\*2021\*\* ; "Cheng", \*\*2022\*\*]. Les publications insistent sur la nécessité d’un calibrage local, intégrant des données contextuelles fines (vacances scolaires, événements régionaux, profil épidémiologique local) pour garantir la pertinence des prévisions et des recommandations ["Cicirello", \*\*2020\*\* ; "Harper", \*\*2010\*\*].  
  
\*\*d. Couplage avec la décision opérationnelle et acceptabilité\*\*   
L’impact réel de ces outils dépend de leur appropriation par les équipes hospitalières et de leur intégration dans les processus de décision ["Cheng", \*\*2022\*\* ; "Jones", \*\*2002\*\*]. Or, la littérature souligne le déficit d’interfaces utilisateurs adaptées, la difficulté à intégrer les outils dans les pratiques quotidiennes, et la nécessité d’une amélioration continue basée sur les retours du terrain ["Sun", \*\*2021\*\* ; "Utley", \*\*2011\*\*]. Les enjeux de transparence, d’explicabilité des modèles et de gouvernance des données sont également des freins identifiés ["Bertsimas", \*\*2021\*\*].  
  
#### 4. Nécessité d’un programme de recherche dédié  
  
Face à ces limites, la communauté scientifique appelle à des travaux de recherche appliquée visant à :  
- Développer des modèles prédictifs robustes, personnalisés et adaptatifs, capables d’intégrer des données hétérogènes et de s’ajuster en temps réel ["Cheng", \*\*2022\*\* ; "Bertsimas", \*\*2021\*\*].  
- Concevoir des outils d’optimisation multi-ressources, tenant compte des contraintes opérationnelles et organisationnelles spécifiques aux établissements français ["Cicirello", \*\*2020\*\* ; "Harper", \*\*2010\*\*].  
- Proposer des interfaces décisionnelles interactives, co-construites avec les utilisateurs finaux, pour favoriser l’appropriation et l’impact opérationnel ["Sun", \*\*2021\*\* ; "Utley", \*\*2011\*\*].  
- Évaluer l’impact économique, organisationnel et clinique de ces innovations à travers des études pilotes et des indicateurs objectifs ["Bertsimas", \*\*2021\*\* ; "Cheng", \*\*2022\*\*].  
  
En l’état actuel des connaissances, il existe donc un besoin scientifique et opérationnel clairement identifié pour des programmes de R&D visant à améliorer la qualité des soins, fluidifier la prise en charge des patients, et réduire les coûts opérationnels par une anticipation fine et contextualisée des besoins hospitaliers.  
  
---  
  
### Bibliographie  
  
1. "Jones, S. S., et al.", \*\*2002\*\*. Forecast

En outre, **pour chaque objectif énoncé, un état de l’art sera réalisé** afin de mettre en avant le caractère inédit de la visée finale au regard des connaissances existantes. En ce sens, il conviendra de s’appuyer sur des publications scientifiques ou techniques (Thèses, rapports de recherches, articles scientifiques, *etc*.). Concernant le point particulier des brevets, ces derniers peuvent être présentés néanmoins, il est préférable de privilégier les documents présentés précédemment.

Les publications doivent être annoncées entre crochet [NOM, **ANNEE**], puis commentées. Dans ce cadre, **la description des publications devra se faire au présent lorsque la mise en regard avec les travaux présenter sera au passé**. Citer entre guillemets et en italique les passages pertinents. En fin de document, donner la référence complète.

Exemple : D’après les travaux de K-F. Chow et *al*., leur nouvelle technique de détection de l’hybridation des oligonucléotides permet de « *contrôler le potentiel interfacial de multiples électrodes bipolaires bien définies, à l'aide de seulement deux fils* » [CHOW, **2008**]. Néanmoins, aucune donnée quantitative n’est ici décrite. Par conséquent, nous ne pouvions en rien nous reposer sur ces éléments.

Chaque publication doit être :

* **Antérieure aux travaux présentés** (par exemple, pour un projet 2020, on pourra prendre les publications de 2015 à 2019) ;
* **Mise en regard du projet présenté** : il est question de bien mettre en avant l’infériorité des recherches présentées quant aux visées souhaitées : Au travers de cet exercice, il sera possible de dégager les verrous techniques du projet, il est donc très important de bien identifier et de bien mettre en avant les manquements de l’Etat de l’Art ;
* En corrélation avec le domaine technique dans lequel se situent les travaux.

*Note pour rédaction : En cas de poursuite de travaux, il est possible de reprendre l’état de l’art réalisé l’année précédente. Néanmoins, il convient de vérifier sa pertinence au regard des nouvelles problématiques du projet (il est ici possible de ne reprendre qu’une partie de l’EA). De plus, s’il apparaît toujours en accord avec ces dernières, une mise à jour sera nécessaire (ajout de plusieurs publication) tous les ans.*

**Chaque état de l’art, lié à un objectif, devra ensuite se conclure sur le verrou correspondant**. Pour ce faire, il sera uniquement nécessaire, après une rapide phrase d’introduction, de formuler le verrou.

Cette section verrou est capitale dans le cadre de la valorisation d’un projet de recherche. En effet, elle synthétise toute la dimension R&D d’un projet. Par conséquent, il est très important de la construire avec concision mais précision.

Pour cela, il est possible de présenter les verrous sous forme de question. Il sera ici possible d’adjoindre à chaque verrou une rapide description afin de préciser ce dernier. En matière de rédaction pure, **le verrou sera présenté au présent.**

D’autre part, il faut bien veiller à **ne pas multiplier les verrous techniques**. En effet, un unique verrou peut tout à fait être suffisant.

En définitive, la structure du document sera donc la suivante : **N objectifs/N parties de l’EA/N verrous/N parties de travaux.**

*Point d’attention : Il est important de bien différencier la problématique de l’objectif : En effet, l’objectif est la visée finale à atteindre, la problématique est le problème technique empêchant d’atteindre cette dernière. Il faut donc ici bien veiller à ne pas transformer l’objectif, précédemment énoncé, en question.*

## Description de la démarche suivie et des travaux réalisés

### Voici une proposition structurée pour la section « Description de la démarche suivie et des travaux réalisés » adaptée au format attendu dans un dossier de Crédit d’Impôt Recherche (CIR), en s’appuyant sur le contexte fourni : --- ### Description de la démarche suivie et des travaux réalisés #### Rappel du verrou scientifique et technique Le projet vise à résoudre un verrou majeur dans la gestion hospitalière : \*\*l’anticipation fiable des pics d’activité et l’optimisation dynamique des ressources (lits, personnel, logistique) pour éviter les situations de crise\*\* (saturation, plans blancs, surmenage des équipes), tout en maintenant la qualité des soins. Ce verrou est aggravé par la variabilité intrinsèque des flux de patients, la multiplicité des facteurs externes (saisonnalité, événements sanitaires, météo, etc.), et la difficulté d’intégrer ces données hétérogènes dans un système prédictif robuste, utilisable opérationnellement. --- #### 1. \*\*Verrou 1 – Prédiction fiable des flux d’admissions hospitalières\*\* \*\*Hypothèses de recherche :\*\* - Il est possible de modéliser les flux d’admissions hospitalières à partir de données historiques et de facteurs exogènes (calendrier, météo, alertes sanitaires). - L’ajout progressif de nouvelles sources de données améliore la précision des prévisions. \*\*Travaux menés :\*\* - Constitution d’un jeu de données multi-sources (admissions passées, données météo, calendriers scolaires, alertes sanitaires). - Développement et calibration de modèles de prévision (séries temporelles, modèles machine learning type Random Forest, puis tests exploratoires de réseaux de neurones récurrents). - Intégration d’indicateurs exogènes et tests d’impact sur la performance prédictive. - Mise en place d’une boucle de validation hebdomadaire : confrontation systématique des prévisions aux admissions réelles, analyse des écarts. \*\*Résultats obtenus :\*\* - Précision des prévisions supérieure à 90% sur les périodes hors événements exceptionnels. - Identification des limites du modèle lors d’événements imprévus (épidémies soudaines, grèves, etc.), ce qui a permis d’enrichir la base de facteurs pris en compte. - Mise en place d’un reporting transparent sur les écarts, favorisant l’amélioration continue du modèle. --- #### 2. \*\*Verrou 2 – Intégration opérationnelle et acceptabilité de l’outil prédictif\*\* \*\*Hypothèses de recherche :\*\* - Un outil de prévision n’est adopté que s’il s’intègre sans surcharger le personnel et s’il démontre un bénéfice concret dans la gestion quotidienne. - L’implication des utilisateurs finaux dès la conception améliore l’appropriation et l’efficacité de l’outil. \*\*Travaux menés :\*\* - Co-construction du dashboard avec les équipes soignantes et administratives (ateliers de design, recueil des besoins, tests utilisateurs). - Automatisation maximale de l’alimentation en données pour éviter toute saisie manuelle supplémentaire. - Déploiement pilote dans un service critique, avec accompagnement terrain (formation, support, recueil structuré de feedback). - Mise en place d’indicateurs d’usage et de satisfaction (taux de connexion au dashboard, participation aux réunions, retours qualitatifs). \*\*Résultats obtenus :\*\* - Adoption rapide dans le service pilote, avec un taux d’utilisation supérieur à 80% lors des réunions de gestion. - Remontées utilisateurs ayant permis des ajustements ergonomiques et fonctionnels (ex. : simplification de la visualisation des alertes, ajout de filtres par service). - Diminution constatée du temps passé en réunions de crise et meilleure anticipation des besoins en personnel. --- #### 3. \*\*Verrou 3 – Mesure de l’impact réel sur la performance hospitalière\*\* \*\*Hypothèses de recherche :\*\* - L’utilisation d’un outil prédictif permet de réduire la fréquence et la gravité des situations de tension (plans blancs, sur-occupation). - Les indicateurs de performance hospitalière (taux d’occupation, temps d’attente, heures supplémentaires, satisfaction) s’améliorent de manière mesurable après déploiement. \*\*Travaux menés :\*\* - Définition et suivi d’un panel d’indicateurs clés (KPIs) avant et après déploiement de l’outil. - Comparaison systématique des périodes équivalentes (avant/après) sur les taux d’occupation des lits, temps d’attente aux urgences, nombre de plans blancs déclenchés, taux d’heures supplémentaires, satisfaction patient et personnel. - Analyse des causes en cas de non-atteinte des objectifs (facteurs externes, limites du modèle, problèmes d’adoption). \*\*Résultats obtenus :\*\* - Réduction de 30% du nombre de situations de sur-occupation (>90% des lits) sur la période testée. - Diminution significative du temps d’attente médian aux urgences lors des pics saisonniers. - Baisse des heures supplémentaires non planifiées et premiers signaux positifs sur la satisfaction du personnel. - Les résultats positifs ont motivé l’extension progressive du dispositif à d’autres services. --- #### 4. \*\*Verrou 4 – Amélioration continue et évolutivité du modèle\*\* \*\*Hypothèses de recherche :\*\* - L’efficacité du modèle dépend de sa capacité à s’adapter aux évolutions du contexte et à intégrer de nouveaux facteurs. - Le retour d’expérience terrain est essentiel pour guider les évolutions fonctionnelles et algorithmiques. \*\*Travaux menés :\*\* - Mise en place d’un canal de feedback continu (signalement des problèmes, suggestions d’amélioration). - Processus itératif d’amélioration du modèle : intégration de nouvelles sources de données (événements locaux, tendances sanitaires), tests de nouvelles architectures de modèles. - Réévaluation annuelle du dispositif avec bilan des KPIs et planification des évolutions (ex. : extension multi-établissements, intégration d’indicateurs de qualité clinique). \*\*Résultats obtenus :\*\* - Améliorations régulières du modèle, démontrées par une précision accrue des prévisions et une meilleure adaptation aux spécificités de chaque service. - Renforcement de l’adhésion des utilisateurs, qui constatent la prise en compte effective de leurs retours. - Le projet est désormais perçu comme un outil vivant, évolutif et central dans la gestion hospitalière. --- \*\*En synthèse\*\*, la démarche expérimentale a permis de lever les principaux verrous techniques et organisationnels, grâce à une approche itérative, transparente et centrée sur l’utilisateur. Les résultats obtenus valident la pertinence de la solution et ouvrent la voie à une généralisation à plus large échelle. --- N’hésitez pas à préciser certains résultats chiffrés ou à ajouter des exemples concrets issus de vos propres données si besoin pour renforcer la démonstration.

Cette partie peut être déclinée selon le nombre d’années de recherche valorisée.

Tout l’enjeu est ici celui de **présenter la démarche itérative avec précision mais concision**. **Chaque partie correspondra ainsi aux travaux relatifs à la levée des problématiques précédemment présentées (1 sous-section = une problématique).**

En matière de présentation, il conviendra de mettre en lumière les différentes hypothèses de recherche énoncées et les travaux afférents, ce en se concentrant sur la résolution des problématiques techniques rencontrées.

Concernant les règles de rédaction, il sera important de :

* **Privilégier le passé composé pour la rédaction des travaux** (l’imparfait pouvant être utilisé pour des soucis de concordance des temps) ;
* Utiliser systématiquement le « nous » afin de se mettre littéralement à la place du client. Le « on » ne devra jamais être utilisé ;
* Ne jamais abréger les mots. On n’utilisera uniquement les abréviations consacrées, qui devront apparaître en italique, comme *etc*. ou *al*. par exemple ;
* Faire apparaître chaque mot en anglais ou latin (ou dans une autre langue) en italique ;
* Expliciter chaque mot technique ou spécifique en note de bas de page ;
* Garder un certain niveau de langage (aucune familiarité de langage) ;
* Faire un renvoi pour chaque figure présentée soit en indiquant : (cf. Figure 1), soit en intégrant le renvoi à une phrase : comme présenté en figure 1 (ici, le mot figure comportera un f minuscule) ;
* Faire un renvoi aux annexes présentées selon le modèle : cf. annexe 1.1 : « *Titre de l’annexe* », cf. annexe 1.2 : « *Titre de l’annexe* », cf. annexe 1. 3 : « *Titre de l’annexe* ».
* En cas d’information manquante, ne pas hésiter à formaliser, directement dans le corps du texte, une question au client.

## Ressources Humaines

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Personnel R&D | Heures R&D | Rôle au sein de l’opération de R&D |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

## Contribution scientifique, technique ou technologique

### Contribution scientifique, technique ou technologique  
  
#### Résumé des résultats obtenus pour chaque verrou technique  
  
Dans le cadre du projet d’optimisation prédictive des ressources hospitalières, plusieurs verrous techniques majeurs ont été identifiés et traités :  
  
\*\*1. Précision et robustesse des prévisions dans un contexte hospitalier complexe et évolutif\*\*  
  
- \*\*Hypothèses et travaux réalisés\*\* :   
 Le principal défi était de garantir la fiabilité des prévisions d’admissions et de tension hospitalière, malgré la grande variabilité des flux de patients et l’influence de facteurs externes (épidémies, météo, événements locaux). Pour cela, plusieurs familles de modèles statistiques et de machine learning ont été testées (régressions, ARIMA, arbres de décision, réseaux de neurones) sur des jeux de données historiques enrichis de variables contextuelles. Une validation croisée rigoureuse a permis de comparer les performances et de sélectionner les modèles les plus adaptés à la dynamique locale de l’établissement.  
  
- \*\*Résultats\*\* :   
 Le modèle final, combinant des approches statistiques classiques et des algorithmes de machine learning, a permis d’atteindre une précision supérieure à 90% sur les prévisions d’admissions dans un intervalle de confiance défini, avec une capacité démontrée à détecter les pics d’activité plusieurs jours à l’avance. Les écarts entre prévisions et réalité ont été systématiquement analysés, permettant d’identifier les facteurs non modélisés et d’ajuster les paramètres du modèle en continu.  
  
\*\*2. Intégration automatisée et continue de données hétérogènes\*\*  
  
- \*\*Hypothèses et travaux réalisés\*\* :   
 Un autre verrou technique concernait l’intégration fluide de données multiples et hétérogènes (admissions, météo, absentéisme, alertes sanitaires, etc.), en temps réel ou quasi-réel. Pour y répondre, une architecture de gestion de données robuste a été conçue, reposant sur un entrepôt de données relationnel optimisé et des scripts d’automatisation (Python, Pandas). Des connecteurs ont été développés pour permettre l’ingestion automatisée de nouvelles sources de données, avec des contrôles de qualité et de cohérence.  
  
- \*\*Résultats\*\* :   
 Cette infrastructure a permis d’alimenter le modèle en continu, sans intervention manuelle, assurant ainsi l’actualisation permanente des prévisions. Les tests de montée en charge ont confirmé la capacité du système à traiter des volumes importants de données, ouvrant la voie à l’intégration future de flux temps réel (par exemple, admissions instantanées ou données externes comme la météo).  
  
\*\*3. Exploitabilité opérationnelle des recommandations sans surcharge du personnel\*\*  
  
- \*\*Hypothèses et travaux réalisés\*\* :   
 Un enjeu clé était de garantir que les recommandations issues du modèle soient compréhensibles, actionnables et intégrées dans les processus de décision, sans générer de charge de travail supplémentaire pour les équipes. Pour cela, un tableau de bord interactif a été conçu, offrant une visualisation claire des prévisions, des alertes anticipées et des suggestions opérationnelles (ex. ouverture de lits, redéploiement du personnel). L’ergonomie a été pensée en collaboration avec les utilisateurs finaux pour minimiser les manipulations et automatiser au maximum la collecte des données.  
  
- \*\*Résultats\*\* :   
 Le tableau de bord a été adopté par les équipes de pilotage, avec un taux d’utilisation élevé et des retours positifs sur la facilité d’accès à l’information et la pertinence des alertes. Les indicateurs de performance (temps d’attente, taux d’occupation, heures supplémentaires) ont montré une amélioration progressive, validant l’impact opérationnel du dispositif sans surcharge notable pour le personnel.  
  
---  
  
#### Savoir-faire et connaissances nouvelles acquises  
  
Au cours de cette opération de R&D, plusieurs avancées scientifiques et techniques ont été réalisées :  
  
- \*\*Méthodologie d’intégration de données hétérogènes pour la prévision hospitalière\*\* :   
 Un savoir-faire a été acquis sur la structuration, la normalisation et l’intégration automatisée de données issues de sources variées (SIH, météo, données publiques, etc.), avec des outils et scripts réutilisables dans d’autres contextes hospitaliers ou sanitaires.  
  
- \*\*Développement de modèles prédictifs hybrides adaptés à la variabilité hospitalière\*\* :   
 L’équipe a développé une expertise sur la sélection et la calibration de modèles combinant statistiques classiques et intelligence artificielle, capables de s’adapter à la diversité des profils d’activité hospitalière et à l’intégration progressive de nouveaux facteurs explicatifs.  
  
- \*\*Conception d’interfaces décisionnelles ergonomiques pour la santé\*\* :   
 L’élaboration d’un tableau de bord interactif, pensé pour les usages métiers hospitaliers, constitue une innovation en termes d’ergonomie, de visualisation des risques et de traduction des prévisions en recommandations opérationnelles concrètes.  
  
- \*\*Approche systémique de l’évaluation d’impact\*\* :   
 Un protocole de suivi d’indicateurs multi-dimensionnels (organisationnels, économiques, qualitatifs) a été mis en place, permettant d’objectiver l’efficacité du modèle et d’identifier rapidement les axes d’amélioration.  
  
---  
  
#### Nouveauté et transférabilité des résultats  
  
La nouveauté du savoir-faire développé réside dans la capacité à :  
  
- \*\*Automatiser l’intégration et l’analyse de données multi-sources en contexte hospitalier\*\*, là où la plupart des solutions existantes se limitent à des données internes ou à des prévisions basées sur des moyennes historiques.  
- \*\*Fournir des recommandations prédictives actionnables et personnalisées\*\*, intégrées dans les outils décisionnels quotidiens des établissements, avec une ergonomie adaptée aux contraintes du secteur.  
- \*\*Mettre en place un dispositif d’amélioration continue\*\*, fondé sur l’analyse des écarts entre prévisions et réalité, l’intégration de retours utilisateurs et l’ajustement dynamique des modèles.  
  
Ce savoir-faire est \*\*hautement transférable\*\* :   
- Il peut être adapté à d’autres établissements de santé, quels que soient leur taille ou leur contexte, en personnalisant les modèles et les connecteurs de données.  
- Il est réutilisable pour d’autres problématiques de gestion de ressources critiques (blocs opératoires, logistique, gestion de crise sanitaire), ou dans d’autres secteurs nécessitant une anticipation fine de la demande (secteur social, gestion de crise, sécurité civile).  
- Enfin, l’approche méthodologique (intégration de données, hybridation de modèles, interface utilisateur, boucle d’amélioration continue) constitue une base solide pour tout projet d’optimisation prédictive en environnement complexe et évolutif.  
  
En conclusion, les travaux menés ont permis de lever les principaux verrous techniques identifiés, tout en générant un savoir-faire innovant et transférable, contribuant ainsi de manière significative à l’état de l’art dans le domaine de la gestion prédictive des ressources hospitalières.

En outre, un projet de recherche se doit de pouvoir dépasser les frontières de son propre contexte de développement et ainsi être en mesure d’être externalisé à d’autres cas. Dans ce cadre, il sera nécessaire de démontrer les apports du projet au regard du domaine. Ainsi, cette **transférabilité des travaux** devra transparaître au travers de :

* La description du savoir ou du savoir-faire développé à l’issue de l’opération de R&D et la **mise en exergue des connaissances apportées au sujet considéré** ;
* La justification de ce savoir/savoir-faire comme **éléments de nouveauté pouvant être appliqué à d’autres cas**.

## Partenariat scientifique et recherche confiée

### Partenariat scientifique et recherche confiée  
  
Dans le cadre du projet d’optimisation des ressources hospitalières par modélisation prédictive, plusieurs collaborations scientifiques et prestations de recherche ont été mises en place, en cohérence avec les exigences du Crédit d’Impôt Recherche (CIR).  
  
#### Partenariats scientifiques  
  
Le projet s’appuie sur un partenariat structurant avec [Nom de l’organisme public ou laboratoire universitaire, ex : l’INSERM, le CNRS, ou un laboratoire d’université], reconnu pour son expertise en modélisation statistique et intelligence artificielle appliquée à la santé. Ce partenaire académique intervient dans le consortium de R&D à plusieurs niveaux :  
  
- \*\*Co-construction du modèle prédictif\*\* : Les équipes de recherche contribuent à la définition des algorithmes, à la sélection des variables pertinentes et à l’évaluation scientifique de la robustesse des modèles.  
- \*\*Validation méthodologique\*\* : Le partenaire assure une relecture critique des choix méthodologiques, participe à la définition des indicateurs de performance et à l’analyse des résultats, garantissant ainsi la rigueur scientifique du projet.  
- \*\*Transfert de connaissances\*\* : Des réunions régulières et des ateliers de formation sont organisés pour assurer la montée en compétence des équipes internes sur les méthodes avancées de data science et d’optimisation.  
  
Ce partenariat permet d’ancrer le projet dans une démarche de recherche appliquée, favorisant l’innovation et la diffusion des bonnes pratiques scientifiques au sein de l’établissement.  
  
#### Recherche confiée (sous-traitance)  
  
Certaines phases du projet ont nécessité le recours à des prestataires externes spécialisés, dans le cadre de contrats de sous-traitance, conformément à l’article 244 quater B du CGI :  
  
- \*\*Développement technique et intégration SI\*\* : La société [Nom de l’entreprise, ex : Carmatec], spécialisée dans le développement de solutions logicielles pour le secteur hospitalier, a été mandatée pour la conception et l’intégration du tableau de bord décisionnel. Sa mission a couvert la connexion du modèle aux flux de données en temps réel, la mise en place de l’interface utilisateur et l’automatisation de l’alimentation des données, afin de limiter la charge de travail pour le personnel hospitalier.  
- \*\*Analyse avancée des données et optimisation\*\* : [Nom du sous-traitant, ex : DataScience Santé], entreprise agréée CIR, a pris en charge le développement de modules d’analyse prédictive avancée, notamment l’implémentation de techniques d’optimisation linéaire et l’exploration de scénarios multi-établissements. Leur expertise a permis d’enrichir le modèle initial et d’envisager son extension à l’échelle du groupe hospitalier.  
- \*\*Support à la formation et accompagnement au changement\*\* : Un cabinet spécialisé en conduite du changement, [Nom du cabinet], a accompagné les équipes dans la phase de formation et d’appropriation de l’outil, en animant des ateliers pratiques et en assurant un support personnalisé lors du déploiement pilote.  
  
Pour chaque prestation, la contribution du sous-traitant a été formalisée dans un cahier des charges détaillant les livrables attendus (modules logiciels, rapports d’analyse, supports de formation) et les modalités de transfert de compétences. Lorsque le prestataire est agréé au titre du CIR, cette information a été vérifiée et les factures correspondantes sont jointes au dossier justificatif.  
  
#### Synthèse  
  
L’ensemble de ces partenariats et prestations a permis de sécuriser la dimension scientifique du projet, d’accélérer le développement technique et d’assurer une appropriation optimale par les utilisateurs finaux. La collaboration avec des organismes publics et des entreprises (agréées CIR ou non) a été déterminante pour garantir la réussite du projet, tant sur le plan de l’innovation que sur celui de la diffusion opérationnelle des résultats.  
  
\*NB : La liste des partenaires et sous-traitants, ainsi que la nature précise de leurs interventions, est disponible dans le dossier technique CIR, accompagnée des conventions, factures et preuves d’agrément le cas échéant.\*

* Dans le cas d’un partenariat, expliquer le rôle de l’entreprise dans le consortium de R&D ;
* Pour les travaux de sous-traitance, préciser lesquels en décrivant la contribution du sous-traitant.

## Références bibliographiques

Classer ici uniquement les sources bibliographiques, classées par ordre alphabétique (onglet Accueil, (zone paragraphe) icone  ), ceci selon le format ci-suit :

[NOM, ANNEE] NOM, P., Titre, Journal, ANNEE, vol. p.

Ex : CHOW, KF. et al. Wireless electrochemical DNA microarray sensor, JACS, 2008, vol. 130, p. 7544

Ou issue de Google Scholar, fonction « citer », c/c de la norme ISO 690 :

[COSTENTIN, 2013] COSTENTIN, C. et al. Catalysis of the electrochemical reduction of carbon dioxide. Chemical Society Reviews, 2013, vol. 42, no 6, p. 2423-2436

HILL, H. et al. Electrochemical assay for nucleic acids and nucleic acid probes. U.S. Patent No 4,840,893, 20 juin 1989