

h e g

Haute école de gestion
Genève

Approche géo-informatique et urbaniste en santé numérique pour maximiser les dons dans les communautés sous représentées



Hôpitaux
Universitaires
Genève

DON DU SANG

Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES

Par :

José David BOUZO CUEVA

Conseiller au travail de Bachelor :

David-Zacharie ISSOM, Professeur HES assistant

Genève, le 19 septembre 2025

Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)

Filière Informatique de Gestion

Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute école de gestion de Genève, en vue de l'obtention du titre Bachelor of Science HES-SO en Informatique de gestion.

L'étudiant a envoyé ce document par email à l'adresse remise par son directeur de mémoire afin qu'il l'analyse à l'aide du logiciel de détection de plagiat COMPILATIO.

L'étudiant accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans le travail de Bachelor, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celle du conseiller au travail de Bachelor, du juré et de la HEG.

« J'atteste avoir réalisé seul le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie, et je déclare avoir eu recours à des outils d'intelligence artificielle générative, conformément aux directives du module 66-61 »

Fait à Genève, le 19 septembre 2025

José David BOUZO CUEVA

Préface

Le présent travail de Bachelor s'inscrit dans le cadre de ma formation en Informatique de gestion à la Haute École de Gestion de Genève. Il constitue l'aboutissement d'un parcours académique où se sont conjuguées connaissances théoriques, compétences pratiques et réflexions interdisciplinaires.

L'élaboration de ce mémoire a représenté un défi stimulant, à la croisée de plusieurs domaines tels que la santé publique, l'urbanisme et la géo-informatique. Mon objectif a été de démontrer, à travers une approche innovante, comment les outils numériques et les méthodes de modélisation peuvent contribuer à répondre à un enjeu sociétal majeur qui est la pénurie et la sous-représentation dans le don de sang.

Au-delà de la réalisation technique, ce travail a également été une expérience personnelle formatrice. Il m'a permis de développer des capacités d'analyse critique, de gestion de projet et de communication scientifique, tout en renforçant ma sensibilité aux dimensions sociales et éthiques des innovations technologiques.

Je souhaite que ce mémoire puisse contribuer, à son échelle, à alimenter la réflexion sur l'intégration des technologies numériques dans le domaine de la santé et à ouvrir des perspectives pour de futures recherches et applications concrètes.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mon Professeur accompagnant, M. David-Zacharie Issom, pour son accompagnement, ses conseils éclairés et la qualité de son suivi tout au long de ce travail de Bachelor.

Ma reconnaissance va également à mes camarades de l'HEG, avec qui j'ai partagé cette aventure et dont les moments de camaraderie et de complicité ont enrichi ce parcours.

J'adresse aussi mes sincères remerciements aux personnes rencontrées lors des entretiens pour leur disponibilité et la richesse de leurs échanges. Un merci particulier à M. François Freitas, Infirmier Responsable d'Équipe de Soins au CTS, à Mme Valérie Montellier Delaigue, suppléante de la responsable des collectes aux HUG, ainsi qu'à Mme Serena Baldelli, chargée de communication aux HUG. Leurs contributions ont été déterminantes pour enrichir ce travail et l'ancrer dans la réalité du terrain.

Enfin, toute ma reconnaissance va à ma famille, qui a su m'encourager et me soutenir avec patience et bienveillance durant toute cette période exigeante. Un merci particulier à ma partenaire, pour sa présence constante, sa compréhension et son appui dans les moments de doute comme dans les réussites.

***À la mémoire de ma Tante Dora,
dont le souvenir m'a inspiré et accompagné tout au long de ce travail.***

Résumé

Le don de sang constitue un enjeu majeur de santé publique, mais son organisation souffre de limites structurelles, particulièrement dans les milieux urbains. À Genève, la baisse du nombre de dons, combinée à la sous-représentation de certaines populations, fragilise l'approvisionnement en produits sanguins, notamment pour les groupes rares. Cette situation engendre non seulement des risques médicaux, mais aussi des coûts économiques et sociaux importants. Face à ce constat, ce travail explore l'apport d'une approche géo-informatique et urbaniste intégrée à un jumeau numérique pour optimiser la planification des collectes mobiles du sang. L'objectif principal est de montrer comment une telle démarche pourrait améliorer l'accessibilité des sites et renforcer la diversité des donneurs. La méthodologie adoptée combine une analyse qualitative et quantitative, intégrant des données géospatiales, socio-démographiques et logistiques dans un modèle conceptuel d'optimisation basé sur la programmation linéaire en nombres entiers, simulé via Azure Digital Twins et illustré par une interface interactive. Les résultats de cette démonstration conceptuelle indiquent que de tels outils pourraient permettre d'identifier des scénarios de collecte plus équitables et efficaces. La prise en compte de sites universitaires ou multiculturels améliorerait la couverture territoriale, favoriserait la participation de primo-donneurs et réduirait les coûts logistiques, tout en tenant compte des contraintes réelles (temps de trajet, disponibilité des équipes, chaîne du froid). En définitive, ce travail propose une innovation interdisciplinaire combinant santé publique, urbanisme et business analyse. Il ne vise pas à développer un prototype opérationnel, mais à démontrer la faisabilité et la pertinence d'un jumeau numérique comme levier prometteur pour renforcer l'efficacité, l'équité et la durabilité du système transfusionnel à Genève, avec un potentiel de réplication dans d'autres contextes urbains.

Table des abréviations

API	Application Programming Interface
BMC	Business Model Canvas
CPLEX	Optimisation solver d'IBM (IBM ILOG CPLEX Optimization Studio)
CRS	Croix-Rouge Suisse
CRM	Customer Relationship Management
CSV	Comma-Separated Values (format de fichier)
CTS	Centre de Transfusion Sanguine
GIS	Geographic Information System
HEG	Haute École de Gestion de Genève
HUG	Hôpitaux Universitaires de Genève
ISO	International Organization for Standardization
KPI	Key Performance Indicator
MILP	Mixed-Integer Linear Programming
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PESTEL	Politique, Économique, Socioculturel, Technologique, Environnemental, Légal
SQL	Structured Query Language
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TB	Travail de Bachelor
VRP	Vehicle Routing Problem
VPC	Value Proposition Canvas

Table des matières

Déclaration	i
Préface	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xi
1. Introduction	1
1.1 Contexte général	1
1.1.1 Situation mondiale.....	1
1.1.2 Impact économique.....	3
1.1.3 Contraintes logistiques	4
1.2 Problématique	5
1.2.1 Bilan mondial	5
1.2.2 Constat genevois	7
1.2.3 Zone exploratoire	8
1.3 Intérêt pour la thématique	9
1.4 Présentation du projet BEEMyBlood	10
1.5 Objectifs du travail	12
1.6 Hypothèse de recherche	13
1.6.1 Questions de recherche	13
1.6.1.1 Données et modélisation	13
1.6.1.2 Conception et développement du prototype.....	13
1.6.1.3 Validation et pertinence	13
2. Développement	14
2.1 État de la littérature	14
2.1.1 Introduction	14
2.1.2 Géomatique et planification logistique	15
2.1.2.1 Utilisation des systèmes d'information géographique	15
2.1.2.2 Travaux sur l'optimisation des itinéraires	15
2.1.2.3 Cas spécifiques au don de sang	16
2.1.3 Mobilisation des donneurs sous-représentés	16
2.1.3.1 Facteurs socio-démographiques et culturels	16
2.1.3.2 Stratégies de mobilisation	17
2.1.4 Jumeaux numériques en santé publique	18
2.1.4.1 Définition de jumeaux numériques	18
2.1.4.2 Applications actuelles en santé	19
2.1.4.3 Limites et défis actuels	20
2.1.5 Optimisation en santé par MILP	21
2.1.6 Synthèse de l'Etat de la littérature	22
2.2 Méthodologie	23

2.2.1	Approche générale.....	23
2.2.2	Analyse qualitative	24
2.2.2.1	Méthodes employées	24
2.2.2.2	Recueil de données.....	24
2.2.2.3	Objectif scientifique de l'analyse qualitative	24
2.2.3	Analyse quantitative	25
2.2.3.1	Sources de données.....	25
2.2.3.2	Méthodes de traitement.....	25
2.2.4	Conception du prototype	26
2.2.4.1	Calcul des indicateurs par le SIG	26
2.2.4.2	Intersection démographique des populations couvertes.....	26
2.2.4.3	Construction de la fonction objective.....	26
2.2.4.3.1	Formule	26
2.2.4.3.2	Score	26
2.2.4.3.3	Définition de ASIG.....	27
2.2.4.3.4	Agrégation linéaire normalisée.....	27
2.2.4.3.5	Normalisation	27
2.2.4.3.6	Solveur	27
2.2.4.4	Simulation et orchestration.....	27
2.2.4.5	Interface utilisateur	28
2.2.4.6	Développement du prototype	28
2.2.4.6.1	Cascade	28
2.2.4.6.2	Agile.....	29
2.2.4.7	Limites et contraintes.....	29
2.3	Solution	30
2.3.1	Analyse qualitative	30
2.3.1.1	Evaluation stratégique du marché.....	30
2.3.1.2	Approche du PESTEL	32
2.3.1.2.1	Politique.....	32
2.3.1.2.2	Economique	32
2.3.1.2.3	Socio-culturel.....	32
2.3.1.2.4	Technologique.....	32
2.3.1.2.5	Environnemental	32
2.3.1.2.6	Légal.....	33
2.3.1.3	Etude du SWOT	35
2.3.1.3.1	Forces	35
2.3.1.3.2	Faiblesses	35
2.3.1.3.3	Opportunités.....	36
2.3.1.3.4	Menaces.....	36
2.3.1.4	Analyse intégrée.....	37
2.3.1.4.1	Convergences favorables	37
2.3.1.4.2	Contraintes et menaces	37
2.3.1.4.3	Complémentarités stratégiques	37
2.3.1.4.4	Conclusion.....	37
2.3.1.5	Proposition de valeur et modèle d'affaires	38
2.3.1.6	Exploration du Value Proposition Canvas.....	40
2.3.1.6.1	Alignement besoins proposition de valeur	40
2.3.1.6.2	Pain relievers.....	40
2.3.1.6.3	Gain creators.....	41
2.3.1.7	Etude du Business Model Canvas	43
2.3.1.7.1	Cohérence de la proposition de valeur avec les segments de clients ..	43
2.3.1.7.2	Ressources clés et activités stratégiques	43
2.3.1.7.3	Partenariats et écosystème.....	43

2.3.1.7.4	Structure de coûts et sources de revenu	44
2.3.1.7.5	Opportunités et risques	44
2.3.1.8	Mise en relation VPC et BMC.....	45
2.3.2	Analyse quantitative	46
2.3.2.1	Données géographiques	46
2.3.2.2	Données socio-démographiques.....	46
2.3.2.3	Données logistiques	47
2.3.2.4	Pipeline de traitement.....	48
2.3.3	Conception du prototype	49
2.3.3.1	Architecture conceptuelle	49
2.3.3.1.1	Diagramme des composants	49
2.3.3.1.2	Catégories de données	50
2.3.3.1.3	La base relationnelle	50
2.3.3.1.4	Les modules de traitement analytique	51
2.3.3.1.5	Module de simulation et d'orchestration.....	52
2.3.3.1.6	Interaction entre modules.....	52
2.3.3.1.7	L'interface utilisateur	52
2.3.3.2	Planification annuelle des collectes sur sites pré-définis	53
2.3.3.2.1	Problème traité	53
2.3.3.2.2	Données requises	53
2.3.3.2.3	Construction d'un score par site-date-créneau	54
2.3.3.2.4	Rôle des composant du prototype	54
2.3.3.2.5	Restitution dans le jumeau numérique.....	54
2.3.3.3	Développement concret de la solution	54
2.3.3.3.1	Module SIG	54
2.3.3.3.2	Module d'optimisation MILP	54
2.3.3.3.3	Module de simulation et d'orchestration Azure Digital Twins	55
2.3.3.3.4	SIG & Azure Digitale Twins pour le prototype.....	55
2.4	Résultat.....	57
2.4.1	Cas appliqué Haute Ecole de Gestion	57
2.4.2	Planification hebdomadaire optimisée	58
2.4.3	Définition des indicateurs retenus.....	58
2.4.4	Conception de la maquette.....	59
2.4.5	Module de simulation de collecte	60
2.4.5.1	Configuration de la collecte	61
2.4.5.2	Estimation des donations	61
2.4.5.3	Visualisation cartographique	61
2.4.5.4	Synthèse des paramètres sélectionnés	61
2.4.6	Module de gestion des collectes	62
2.4.6.1	Tableau de bord centralisé.....	63
2.4.6.2	Actions rapides	63
2.4.6.3	Planification et suivi des collectes	63
2.4.7	Liste des événements	64
2.4.7.1	Calendrier intégré	65
2.4.7.2	Filtres et recherche.....	65
2.4.7.3	Liste des collectes	65
2.4.8	Module de gestion du stock sanguin	66
2.4.8.1	Suivi par groupe sanguin.....	67
2.4.8.2	Indicateurs globaux	67
2.4.8.3	Alertes et recommandations.....	67
2.4.8.4	Outils de gestion.....	67

2.4.9	Module de planification avancée	68
2.4.9.1	Outils de planification	69
2.4.9.2	Recommandations automatiques	69
2.4.9.3	Métriques de performance	69
2.4.10	Module de communication et campagnes	70
2.4.10.1	Indicateurs clés de communication	71
2.4.10.1.1	Gestion des campagnes	71
2.4.10.2	Suivi opérationnel	71
2.4.11	Création d'une campagne de communication.....	72
2.4.11.1	Configuration de la campagne	73
2.4.11.2	Programmation	73
2.4.11.3	Aperçu en temps réel	73
2.4.11.4	Validation et lancement	73
2.4.12	Modèles de messages	74
2.4.12.1	Bibliothèque de modèles prédéfinis	75
2.4.12.2	Personnalisation des messages.....	75
2.4.12.3	Actions rapides	75
2.4.13	Gestion des contacts.....	76
2.4.13.1	Indicateurs globaux	77
2.4.13.2	Annuaire des responsables de collecte.....	77
2.4.13.3	Outils de gestion et de communication	77
2.4.14	Paramètres système	78
2.4.14.1	Paramètres généraux.....	79
2.4.14.2	Apparence et ergonomie	79
2.4.14.3	Navigation étendue.....	79
2.4.15	Diverses simulations et analyse des créneaux	80
2.4.15.1	Gestion des sites de collecte.....	81
2.4.15.2	Ordre recommandé et priorisation.....	81
2.4.15.3	Analyse détaillée des créneaux optimaux	81
2.4.15.4	Insights d'optimisation	81
2.4.15.5	Actions disponibles.....	81
2.4.16	Conclusion des mockups présentés	82
3.	Discussions :	83
3.1.1	Le cas du Milk Supply Chain	83
3.1.2	Transposabilité au domaine transfusionnel	83
3.2	Analyse des flux de personnes.....	84
3.2.1	Pourquoi les flux sont essentiels	84
3.2.2	Portée de ce travail	84
3.2.3	Des sources existantes exploitables.....	84
3.2.4	Perspectives de recherche	85
4.	Limites	86
4.1	Viabilité économique incertaine.....	86
4.1.1	Tension structurelle	86
4.1.2	Dépendance aux financements publics	86
4.1.3	Valeur pourtant stratégique	86
4.1.4	Limites organisationnelles et communicationnelle	87

4.2	La planification des collectes comme wicked problem.....	88
4.2.1	Une multiplicité d'acteurs et d'intérêts	88
4.2.2	Des contraintes contradictoires	88
4.2.3	Une incertitude inhérente	88
4.2.4	Le rôle du prototype	88
5.	Conclusion.....	89
5.1	Conclusion générale.....	89
5.1.1	Une problématique de santé publique complexe	89
5.1.2	Apports scientifiques et méthodologiques	90
5.1.3	Vers une opportunité de transformation	90
	Postface	91
	Bibliographie	92
	Annexe 1 : interview centre de transfusion sanguine	97
	Annexe 2 : interview responsable Communication HUG.....	105

Liste des tableaux

Tableau 1 : Impacts de la pénurie de sang par région	6
Tableau 2 : Obstacles au don du sang	7
Tableau 3 : Estimation des dons du sang attendus par jour et créneau horaire.....	57
Tableau 4 : Exemple de semaine optimisée	58

Liste des figures

Figure 1 : Répartition dons de sang VS population mondiale	1
Figure 2 : Conséquences d'une transfusion de sang non conforme	3
Figure 3 : PESTEL	31
Figure 4 : SWOT	34
Figure 5 : Value Proposition Canva	39
Figure 6 : Business Model Canva.....	42
Figure 7 : Diagramme des composants	49
Figure 8 : Simulation de collecte.....	60
Figure 9 : Gestion des collectes	62
Figure 10 : Liste des événements.....	64
Figure 11 : Gestion du stock sanguin	66
Figure 12 : Planification avancée.....	68
Figure 13 : Communication et campagnes	70
Figure 14 : Campagne de communication	72
Figure 15 : Modèles de messages.....	74
Figure 16 : Gestion des contacts	76
Figure 17 : Paramètres système.....	78
Figure 18 : Analyse des créneaux	80
Figure 19 : Diverses simulations.....	80

1. Introduction

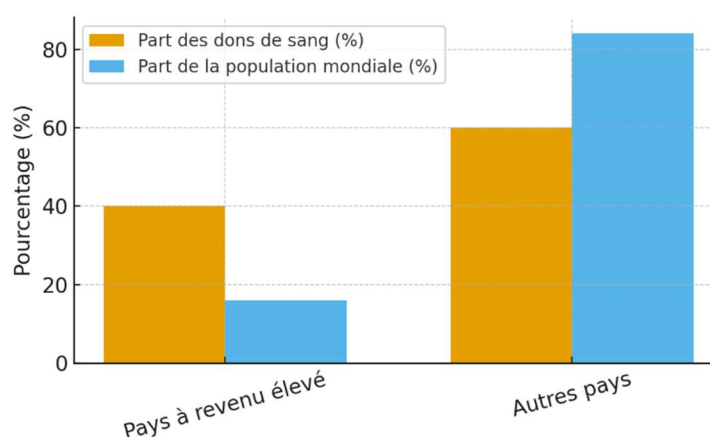
1.1 Contexte général

1.1.1 Situation mondiale

Le don de sang constitue un pilier fondamental de la médecine moderne. Il est indispensable dans de nombreux traitements médicaux, notamment les interventions chirurgicales, les accouchements à risque, les cancers hématologiques et les maladies chroniques (Établissement Français du Sang 2021a). Pourtant, la disponibilité de produits sanguins reste un défi majeur à l'échelle mondiale (WHO 2025).

Selon l'Organisation mondiale de la santé, plus de 118 millions de dons de sang sont collectés chaque année, mais ce chiffre demeure insuffisant pour répondre à la demande mondiale, surtout dans les pays à faible revenu ou à démographie complexe (WHO 2025). Même dans les pays industrialisés, la fidélisation des donneurs constitue un enjeu critique, environ 30 % des donneurs ne reviennent pas après leur premier don (Lourençon et al. 2011). En Suisse, seulement 2,5 % de la population donne régulièrement son sang, alors que la World Health Organization (WHO) recommande aux pays développés un taux de 3 à 5 dons pour 1 000 habitants par an pour assurer l'autosuffisance en produits sanguins. Cette différence met en évidence un déficit de dons et la nécessité de renforcer la fidélisation des donneurs des Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG) fait face à une diminution constante du nombre de dons, avec une perte estimée à 100 dons par mois début 2024, soit une baisse de 9 % par rapport à l'année précédente (HUG 2024). Cette pénurie est particulièrement problématique pour les groupes sanguins rares, dont la compatibilité est cruciale pour certains patients chroniques (Établissement Français du Sang 2021b).

Figure 1 : Répartition dons de sang VS population mondiale



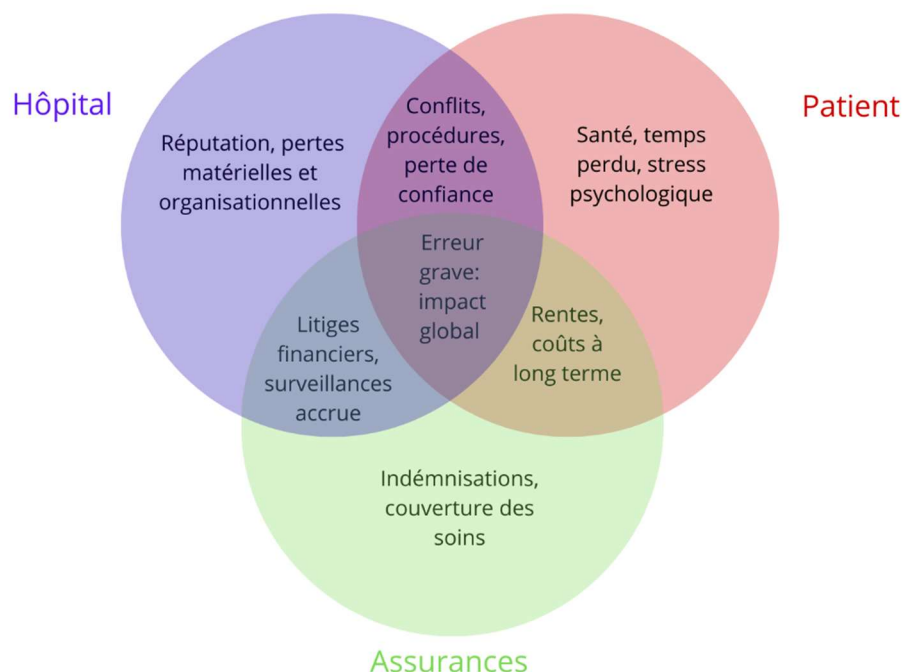
(WHO 2025)

Face à cette réalité, plusieurs initiatives ont été mises en place, tant au niveau national qu'au sein des institutions locales comme les HUG, afin d'encourager le don de sang, notamment auprès des jeunes adultes, considérés comme une population clé pour renouveler le vivier de donneurs réguliers. Des campagnes innovantes, telles que celles basées sur le rétrogaming ou les partenariats avec des influenceurs, ont vu le jour pour répondre aux nouvelles habitudes numériques et tenter de rendre le don plus accessible et attractif (HUG 2024). Cependant, malgré ces efforts, le taux de rétention des donneurs reste faible, et certaines populations demeurent largement sous-représentées, notamment les personnes issues de la diversité culturelle, alors même qu'elles sont souvent détentrices de phénotypes rares. Cette situation souligne les limites des approches actuelles qui, bien qu'utiles, ne suffisent pas à garantir un approvisionnement en sang stable, diversifié et durable (Transfusion CRS 2023; Spratling, Lawrence 2019).

1.1.2 Impact économique

Au-delà des enjeux strictement médicaux, la pénurie de sang engendre également des coûts économiques et sociaux considérables. Chaque retard ou impossibilité de transfusion peut se traduire par des hospitalisations prolongées, une aggravation des comorbidités, voire des décès évitables (Raykar et al. 2021; WHO 2017). Ces situations augmentent la charge sur le système de santé en termes de journées d'hospitalisation, d'utilisation de ressources médicales intensives et de perte de productivité des patients touchés. On estime que les déficits de sang entraînent non seulement un stress accru pour les soignants et les familles, mais aussi des pertes économiques mesurables liées aux incapacités de longue durée et aux coûts de traitement supplémentaires (Raykar et al. 2021; WHO 2022a). Dans le cas de Genève, chaque poche manquante ne représente pas seulement un risque vital pour un patient, mais aussi un coût direct non négligeable pour les HUG, Toner et al. montre que l'acquisition d'une seule unité de sang peut atteindre environ 170 CHF pour les hôpitaux, sans même compter les surcoûts liés à la logistique ou à la gestion des pénuries, et un coût indirect pour la collectivité, renforçant l'urgence d'adopter des stratégies innovantes pour stabiliser et sécuriser l'approvisionnement sanguin (Toner et al. 2011; Tribune de Genève 2025).

Figure 2 : Conséquences d'une transfusion de sang non conforme



1.1.3 Contraintes logistiques

Par ailleurs, les contraintes logistiques liées à l'organisation des collectes représentent un autre facteur limitant. Les tournées de collecte sont souvent planifiées selon des critères de convenance ou d'opportunité (disponibilité de salles, proximité des infrastructures hospitalières), sans véritable prise en compte de la distribution géographique des populations cibles ni des dynamiques urbaines réelles (Halbout et al. 2015). Certaines zones densément peuplées, comme les quartiers universitaires ou multiculturels, restent peu couvertes par les collectes mobiles, tandis que d'autres secteurs souffrent d'un accès limité aux transports publics. Par conséquent, cela complique l'accès aux HUG et constitue un frein supplémentaire à la participation au don de sang, comme l'illustre une enquête internationale menée auprès de plus de 12 000 étudiants, qui identifie la difficulté d'accès aux sites de collecte comme l'un des principaux obstacles (Eltewacy et al. 2024). Dans ce contexte, la mobilisation des donneurs repose encore trop souvent sur l'initiative individuelle, plutôt que sur une stratégie proactive et adaptée au territoire. Cela démontre la nécessité d'explorer de nouvelles approches, fondées sur l'analyse des données spatiales et territoriales, l'aménagement urbain intelligent et l'exploitation d'outils numériques d'aide à la planification pour renforcer l'impact des campagnes de don (Halbout et al. 2015).

1.2 Problématique

1.2.1 Bilan mondial

À l'échelle planétaire, la pénurie de sang apparaît comme un défi transversal qui touche à la fois la santé publique, l'organisation des systèmes de soins et la résilience économique. Si les répercussions locales diffèrent selon les contextes, plusieurs tendances communes se dégagent.

- **Fidélisation insuffisante des donneurs** : dans la majorité des pays, une part importante des donneurs ne revient pas après leur premier don, ce qui fragilise la stabilité des stocks et complique la planification à long terme (WHO 2022b).
- **Pression croissante liée aux maladies chroniques** : l'augmentation mondiale des cancers, des pathologies cardiovasculaires et des interventions chirurgicales lourdes alimente une demande soutenue et durable en produits sanguins (Raykar et al. 2021).
- **Pertes logistiques significatives** : une proportion non négligeable des poches collectées est perdue, soit parce que les délais de conservation sont dépassés, soit parce que les unités disponibles ne correspondent pas aux besoins spécifiques des patients (Ahmadimanesh, Safabakhsh, Sadeghi 2023).
- **Inégalités d'accès persistantes** : alors que certains pays à revenu élevé disposent de systèmes relativement sécurisés, les pays à revenu faible ou intermédiaire peinent encore à garantir un approvisionnement minimal, exposant des populations entières à des soins différés ou inadaptés (PAHO 2022).

Ce panorama mondial révèle que la pénurie de produits sanguins n'est pas un phénomène circonscrit à certaines régions, mais bien une problématique globale et systémique. Elle met en évidence la nécessité de développer des stratégies locales adaptées aux réalités culturelles et organisationnelles tout en renforçant les initiatives coordonnées à l'échelle internationale pour améliorer la sécurité transfusionnelle.

Tableau 1 : Impacts de la pénurie de sang par région

Région	Conséquences principales	Référence
Inde	~60 000 décès maternels évitables/an ; coûts hospitaliers accrus	(Jenny et al. 2017)
Afrique subsaharienne	Perte de productivité, surcharge des équipes médicales	(Raykar et al. 2021)
Europe	Plusieurs milliers de CHF par poche manquante (urgences, substitution, hospitalisation)	(WHO 2022a)

Malgré les campagnes de sensibilisation, certaines populations demeurent largement sous-représentées dans les dispositifs de don de sang. C'est notamment le cas des jeunes adultes, des étudiants et des populations issues de la diversité culturelle, qui présentent pourtant une plus grande probabilité de posséder des groupes sanguins rares, indispensables pour le traitement de patients chroniques nécessitant des transfusions régulières. Cette sous-représentation fragilise la constitution de réserves diversifiées et adaptées aux besoins réels et met en lumière la nécessité de développer des stratégies ciblées, qu'il s'agisse de campagnes dans les universités, de partenariats avec des associations communautaires ou d'initiatives numériques pour toucher les jeunes générations (Spratling, Lawrence 2019; WHO 2022a).

1.2.2 Constat genevois

Dans des milieux urbains comme Genève, ces groupes peuvent rencontrer plusieurs obstacles à l'accès au don :

- Centralisation des points de collecte
- Horaires inadaptés
- Manque de transport
- Absence de communication ciblée

Ces difficultés logistiques et sociales réduisent l'efficacité des campagnes et aggravent les inégalités dans l'accès au don. Malgré les efforts, il devient de plus en plus difficile de motiver de nouveaux donateurs réguliers, ce qui nécessite plus de personnel et de ressources financières pour maintenir l'approvisionnement national en produits sanguins (CRS 2023).

Par ailleurs, les tournées mobiles ne reposent pas sur des outils décisionnels exploitant les données géographiques, démographiques et comportementales. Le potentiel des approches géo-informatiques reste sous-utilisé dans le domaine de la santé publique, notamment pour organiser les collectes de manière plus efficiente (Ruby et al. 2025).

Tableau 2 : Obstacles au don du sang

Catégorie d'obstacle	Exemples concrets	Conséquence sur la participation
Logistiques	Sites éloignés, horaires inadapté	Moins d'accessibilité
Socio-culturelle	Méfiance institutionnelle, langue	Désengagement
Psychologiques	Peur des aiguilles, fausses croyances	Décrochage
Informationnelle	Manque de communication ciblée	Faible visibilité des campagnes

1.2.3 Zone exploratoire

La problématique centrale de ce projet réside donc dans le manque d'un système numérique intégré, capable de cibler les communautés sous-représentées grâce à l'analyse spatiale, jumeaux numériques et à la planification urbaine. L'objectif est d'optimiser les tournées mobiles en tenant compte de critères géographiques, sociaux et sanitaires, pour améliorer à la fois l'accessibilité, la participation et la diversité des dons (Adreani et al. 2023).

En intégrant ces dimensions territoriales et comportementales dans une logique de santé publique, ce projet vise à développer des outils d'aide à la décision capables de renforcer l'équité et l'efficacité du système transfusionnel. Une telle approche permettrait également de mieux anticiper les besoins critiques en groupes sanguins rares, en alignant les efforts de collecte sur les profils immuno-hématologiques des populations ciblées (Halbout et al. 2015; Adreani et al. 2023; Ruby et al. 2025).

1.3 Intérêt pour la thématique

L'intérêt de cette thématique réside dans le constat que, malgré l'importance vitale du don de sang, la planification des collectes mobiles reste aujourd'hui largement empirique. Les sites et horaires sont souvent choisis selon des critères de convenance ou d'opportunité, sans véritable stratégie fondée sur une analyse territoriale ou socio-démographique (World Health Organization 2016; WHO 2022a). Comme le dit la Dre Waldwogl, médecin adjointe agrégée et responsable de laboratoire FAMH, le système actuel fonctionne aléatoirement, sans outil d'aide à la décision permettant d'optimiser l'accessibilité des collectes ou de cibler efficacement les communautés sous-représentées.

Dans ce contexte, aucune solution numérique intégrée n'est actuellement déployée pour soutenir la logistique transfusionnelle à Genève. Les initiatives existantes se limitent à des campagnes de communication ou à des actions ponctuelles (HUG 2024; CRS 2023), qui, bien que pertinentes, ne permettent pas de répondre durablement aux pénuries ni aux besoins spécifiques en groupes sanguins rares (WHO 2022a).

La pertinence de ce projet tient donc à sa capacité d'innovation en mobilisant :

- La géo-informatique
- La logistique urbaine
- Les outils de business analyse

Il ouvre la voie à une approche structurée et fondée sur les données. Ce travail contribue non seulement à combler un vide méthodologique, mais aussi à renforcer l'efficacité, l'équité et la résilience du système de collecte sanguine (Halbout et al. 2015; Ruby et al. 2025). Par ailleurs, il s'inscrit dans une logique pragmatique, l'outil envisagé vise à être compatible avec les réalités économiques et le fonctionnement du système capitaliste actuel, en proposant une solution qui allie viabilité technique, durabilité financière et bénéfices sociétaux (WHO 2022a).

En ce sens, ce projet illustre la valeur ajoutée d'une démarche interdisciplinaire appliquée à un enjeu de santé publique majeur, là où, jusqu'à présent, l'organisation se faisait sans vision d'ensemble ni anticipation.

1.4 Présentation du projet BEEMyBlood

Le projet BEEMyBlood est une initiative de santé publique et d'innovation numérique qui vise à répondre à la problématique persistante de la pénurie de sang, un enjeu vital aussi bien à l'échelle mondiale que locale. Malgré les progrès organisationnels et les campagnes de sensibilisation, de nombreux systèmes de santé, y compris celui de Genève, peinent à maintenir des niveaux suffisants de dons réguliers. Les besoins restent particulièrement élevés pour certains patients atteints de pathologies chroniques ou onco-hématologiques, qui nécessitent des transfusions répétées et adaptées à des profils sanguins spécifiques. Dans ce contexte, la stabilité et la diversité de l'approvisionnement en sang deviennent des priorités stratégiques pour les institutions de santé.

BEEMyBlood propose d'apporter une réponse innovante en s'appuyant sur les technologies numériques, l'intelligence artificielle et les outils d'optimisation. L'ambition est triple, renforcer l'engagement et la fidélisation des donateurs, optimiser la chaîne logistique de la collecte et de la distribution, et moderniser la gestion des données liées au don et à la transfusion. Pour y parvenir, le projet se décline en plusieurs sous-projets complémentaires :

- **Sous-projet 1** : Amélioration de la gestion des collectes et engagement des donateurs

Ce volet explore des stratégies numériques innovantes, telles que la gamification ou les campagnes interactives, afin d'augmenter le nombre de dons, en particulier parmi les jeunes et pour les groupes sanguins rares.

- **Sous-projet 2** : Optimisation de la logistique et du matchmaking

L'objectif est de concevoir des algorithmes capables de rapprocher rapidement les donateurs et les receveurs selon des critères de compatibilité fine, tout en optimisant la chaîne d'approvisionnement pour réduire les pertes et accélérer la distribution des produits sanguins.

- **Sous-projet 3** : Approche géo-informatique et urbaniste en santé numérique

Ce dernier axe, au cœur du présent mémoire, vise à développer un prototype de jumeau numérique pour optimiser la planification des tournées de collecte, identifier les zones stratégiques sous-représentées et améliorer l'intégration des dispositifs mobiles dans le tissu urbain genevois.

C'est précisément ce sous-projet 3 qui constitue la base du présent travail de Bachelor. Il répond à un double défi, accroître le volume global des dons et assurer une diversité suffisante des groupes sanguins collectés. Certaines communautés, jeunes adultes, étudiants, populations issues de la diversité culturelle, restent en effet largement sous-représentées dans les dispositifs actuels, alors même qu'elles détiennent souvent des phénotypes rares. Par ailleurs, la centralisation des sites de collecte et le manque de flexibilité logistique peuvent constituer des freins majeurs à la participation. L'approche interdisciplinaire proposée, mobilisant géomatique, urbanisme et santé publique, cherche à lever ces obstacles et à renforcer la résilience du système transfusionnel.

1.5 Objectifs du travail

L'objectif principal de ce travail de Bachelor est de concevoir un jumeau numérique appliqué à la collecte de sang en milieu urbain, dans le contexte genevois. Cet outil vise à fournir une plateforme de simulation et de planification permettant d'optimiser les tournées de collecte, d'améliorer l'accessibilité des donateurs. La démarche adaptée s'appuie non seulement sur une analyse géo-informatique et logistique, mais également sur l'application des compétences acquises au cours de la formation à la Haute Ecole de Gestion (HEG), notamment dans les domaines de business analyse, de la gestion de projets et de l'informatique décisionnelle.

Plus spécifiquement, ce travail poursuit les objectifs suivants :

- Analyser le contexte territorial et organisationnel actuel du don de sang à Genève, à travers l'exploitation de données démographiques, logistiques et socio-démographiques. Cet objectif mobilise les outils de collecte et d'analyse de données enseignés en gestion, afin de dresser un diagnostic précis et argumenté des limites actuelles.
- Développer un prototype de jumeau numérique, en mobilisant des compétences en modélisation, business analyse et gestion de l'information. Le modèle intégrera des données géospatiales et logistiques pour simuler différents scénarios de collecte, anticiper les pénuries et optimiser la planification des tournées.
- Évaluer la pertinence du modèle proposé à travers une démarche participative, incluant des entretiens ciblés et/ou un sondage court auprès des donateurs, non-donneurs et professionnels de santé. Cette étape repose sur les méthodes de recueil et d'analyse qualitative étudiées à la HEG et vise à aligner le développement technique avec les besoins concrets des acteurs concernés.

En définitive, ce travail cherchera à démontrer qu'un jumeau numérique, conçu grâce à une combinaison de méthodes issues de la santé publique, de l'urbanisme et de la business analyse, peut constituer un levier innovant pour améliorer la performance, l'équité et la durabilité du système transfusionnel. En intégrant des compétences acquises dans le cadre de la formation à la HEG, il illustre également la valeur ajoutée d'une approche interdisciplinaire où les savoirs en gestion et en analyse décisionnelle sont mis au service d'une problématique de santé publique.

1.6 Hypothèse de recherche

Sur la base du cadre théorique mobilisé et des éléments contextuels présentés, il est possible de formuler un ensemble d'hypothèses de recherche destinées à orienter l'analyse et à permettre leur mise à l'épreuve empirique.

1.6.1 Questions de recherche

1.6.1.1 Données et modélisation

La première interrogation porte sur les données nécessaires pour concevoir un tel outil. Quelles informations géographiques, logistiques et socio-démographiques doivent être mobilisées, et sous quels formats ? Comment traduire dans le modèle les contraintes réelles du terrain, qu'elles soient territoriales, organisationnelles ou sociales, telles que l'accessibilité, la disponibilité des ressources ou le facteur temps ?

1.6.1.2 Conception et développement du prototype

La deuxième interrogation concerne la construction du jumeau numérique. Comment concevoir un prototype capable de simuler et d'optimiser la planification des collectes ? Quelles technologies, systèmes d'information géographique, bases de données, outils de simulation, sont les plus adaptées ? Et comment proposer une interface interactive, simple d'utilisation, permettant aux responsables de collectes de tester différents scénarios en fonction des lieux, des fréquences ou encore des horaires ?

1.6.1.3 Validation et pertinence

Enfin, une dernière série de questions concerne la validation et l'utilité du prototype. Dans quelle mesure l'outil développé est-il pertinent et utilisable pour améliorer la diversité et l'accessibilité du don de sang à Genève ? Quels retours peut-on recueillir auprès des parties prenantes, Transfusion Croix-Rouge Suisse (CRS), associations étudiantes, communautés issues de la diversité culturelle, donneurs potentiels, pour affiner et ajuster le modèle ? Quels indicateurs, tels que la distance moyenne aux sites de collecte, le taux de couverture territoriale ou la diversité des donneurs, permettent d'en mesurer l'efficacité et d'en envisager la transférabilité à d'autres contextes ?

2. Développement

2.1 État de la littérature

2.1.1 Introduction

L'état de l'art vise à explorer les approches existantes et les connaissances scientifiques pertinentes pour comprendre la problématique du don de sang en milieu urbain et identifier les pistes d'innovation possibles. Quatre grands axes de recherche ont été retenus :

- La géomatique et la planification logistique, qui permettent d'analyser et d'optimiser l'accessibilité territoriale aux collectes de sang à l'aide de systèmes d'information géographique (SIG) et de modèles logistiques (Halbout et al. 2015; Ruby et al. 2025).
- La mobilisation des donneurs sous-représentés, qui s'intéresse aux facteurs socio-culturels, psychologiques et comportementaux influençant la participation, ainsi qu'aux stratégies déployées pour accroître l'engagement des populations ciblées (Spratling, Lawrence 2019; CRS 2023).
- Les jumeaux numériques en santé publique, qui représentent une innovation technologique émergente et offrent un potentiel de transformation dans la planification et la gestion des collectes de sang (Adreani et al. 2023; Wajid et al. 2025).
- La programmation linéaire en nombres entiers mixtes (MILP) est utilisée pour modéliser des problèmes complexes d'optimisation, comme la localisation des sites de collecte, l'affectation des ressources ou la planification des tournées. Elle permet d'intégrer des contraintes logistiques, géographiques et humaines pour proposer des solutions efficaces à l'organisation du don de sang (Bertsimas, D. & Tsitsiklis, J.N. 1997; Kumar et al. 2023).

Cette structuration progressive permet de partir d'approches déjà éprouvées pour déboucher sur un champ encore peu exploré (jumeaux numériques), qui constitue le cœur innovant de ce travail.

2.1.2 Géomatique et planification logistique

2.1.2.1 Utilisation des systèmes d'information géographique

Les SIG sont aujourd'hui incontournables dans l'analyse spatiale appliquée à la santé publique. Ils permettent de cartographier l'accessibilité, de localiser les zones sous-desservies et de mettre en évidence les inégalités territoriales. Les SIG offrent la possibilité de superposer des données démographiques, socio-économiques et sanitaires pour produire des cartes dynamiques qui rendent visibles les disparités d'accès. Dans le domaine médical, ces outils ont, par exemple, été mobilisés pour évaluer la répartition géographique des hôpitaux et des cliniques, mais aussi pour planifier des services mobiles tels que des unités de dépistage (Ruby et al. 2025; Halbout et al. 2015).

Appliqués au don de sang, les SIG constituent un cadre pertinent pour identifier les zones à fort potentiel de donateurs et améliorer la localisation des collectes mobiles. Ils permettent non seulement de cibler les quartiers ou communautés sous-représentés, mais aussi de simuler l'impact d'un nouveau point de collecte sur l'accessibilité pour les populations environnantes (Halbout et al. 2015; Ruby et al. 2025).

2.1.2.2 Travaux sur l'optimisation des itinéraires

La planification de collectes mobiles ne se limite pas à identifier des emplacements stratégiques : elle exige également de résoudre un problème logistique complexe, celui des itinéraires optimaux. Cette problématique est généralement abordée à travers le Vehicle Routing Problem (VRP), un modèle central en recherche opérationnelle (Toth, Vigo 2002).

Toth et Vigo (2014) proposent une synthèse complète des méthodes exactes et heuristiques développées pour résoudre le VRP et ses nombreuses variantes, telles que la gestion de flottes hétérogènes, les contraintes de capacité ou encore les fenêtres temporelles. Pour des problèmes de grande taille, l'apport des métaheuristiques, telles que le recuit simulé, la recherche taboue ou les algorithmes génétiques, a été particulièrement souligné (Laporte, Osman 1995).

Ces approches sont directement transposables au domaine de la santé. Notamment, elles ont été utilisées pour optimiser les tournées de transport de médicaments et d'échantillons biologiques. Dans le cas du don de sang, leur application permettrait de réduire les coûts de déplacement des équipes mobiles, d'améliorer la couverture géographique et de garantir une meilleure efficacité des campagnes (Toth, Vigo 2002; Laporte, Osman 1995).

2.1.2.3 Cas spécifiques au don de sang

Malgré le potentiel des SIG et des modèles d'optimisation, les applications directes au don de sang restent limitées. La majorité des études existantes se concentre sur la localisation optimale de centres fixes, c'est-à-dire la détermination de sites permanents pour maximiser l'accessibilité, plutôt que sur la planification dynamique de collectes mobiles (Beliën, Forcé 2012; Şahin, Süral 2007).

Comme le note la World Health Organization (WHO 2022a), les collectes mobiles représentent pourtant une part essentielle de l'approvisionnement en produits sanguins, notamment dans les grandes villes où la mobilité des populations est importante. L'absence de travaux intégrant la dimension spatio-temporelle propre aux collectes mobiles, incluant les contraintes de déplacement, de temps de stationnement et de disponibilité des donneurs, révèle une lacune scientifique majeure. Cette lacune justifie le développement de recherches appliquées combinant géomatique et optimisation logistique, afin de concevoir des modèles spécifiquement adaptés à la planification des collectes mobiles de sang.

2.1.3 Mobilisation des donneurs sous-représentés

2.1.3.1 Facteurs socio-démographiques et culturels

La participation au don de sang est fortement influencée par des variables socio-démographiques et culturelles. Les facteurs déterminants incluent l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, la situation socio-économique, mais aussi les croyances et valeurs culturelles. Les jeunes adultes, les populations issues de la migration et certains groupes minoritaires sont souvent sous-représentés parmi les donneurs réguliers. Plusieurs explications ont été avancées, telles que : le manque d'information, la méfiance envers les institutions de santé, le sentiment de non-appartenance, ou encore d'autres contraintes pratiques (horaires de travail, mobilité, garde des enfants)(Spratling, Lawrence 2019; Ferguson et al. 2012; CRS 2023).

La littérature montre aussi que des perceptions négatives ou des croyances erronées constituent des freins psychologiques tels que peur de la douleur, crainte des aiguilles, inquiétude quant aux effets sur la santé, ou encore idées reçues sur la compatibilité des groupes sanguins (Ferguson et al. 2012). Ces facteurs démontrent que la mobilisation des donneurs sous-représentés ne peut se limiter à une stratégie uniforme ; elle doit prendre en compte la diversité des profils et des barrières spécifiques (Estep et al. 2008; Tan et al. 2014).

2.1.3.2 Stratégies de mobilisation

Face à ces constats, plusieurs stratégies ciblées ont été mises en place :

- **Campagnes ciblées** : Les campagnes de communication orientées vers des publics spécifiques (jeunes, étudiants, communautés culturelles) ont montré une efficacité supérieure aux messages généraux. Elles utilisent des codes visuels, des lieux de diffusion et des récits adaptés aux réalités sociales des groupes visés (Bednall, Bove 2011):
- **Partenariats communautaires** : L'implication d'acteurs locaux (associations, universités, organisations religieuses, réseaux communautaires), favorise la confiance et l'appropriation du message. Les partenariats de proximité augmentent la probabilité d'un premier don, qui constitue souvent un prédicteur de dons réguliers (Lozano, Cid, Müller 2013).
- **Utilisation des réseaux sociaux et outils numériques** : Les plateformes numériques permettent de diffuser rapidement des messages personnalisés, de créer des communautés de donateurs et d'envoyer des rappels automatisés. Ces outils, déjà utilisés par plusieurs établissements de transfusion, facilitent la fidélisation des donateurs en exploitant des canaux de communication privilégiés par les jeunes générations (Ferguson et al. 2012).

Ces stratégies démontrent que la mobilisation efficace des donateurs sous-représentés repose sur une approche multicanale et contextualisée, combinant actions de communication et partenariats ancrés localement.

2.1.4 Jumeaux numériques en santé publique

2.1.4.1 Définition de jumeaux numériques

Le concept de *jumeau numérique* a été formalisé par Grieves & Vickers (2017) comme un « *modèle numérique dynamique reflétant un système réel en temps réel ou quasi-temps réel* ». Contrairement à une simple simulation statique, le jumeau numérique est un système évolutif, connecté en permanence à des flux de données réelles, permettant de mettre à jour en continu l'état d'un objet ou d'un système complexe (Grieves, Vickers 2017)

Dans le champ de la santé, il s'agit d'une représentation virtuelle vivante qui reproduit le fonctionnement d'un patient, d'un service hospitalier ou d'un réseau de soins dans son ensemble. Cette approche ne se limite pas à décrire le réel, elle intègre des capacités prédictives (simulation de scénarios futurs) et prescriptives (aide à la décision), ce qui en fait un outil particulièrement puissant pour les décideurs.

La littérature distingue deux grandes déclinaisons de jumeaux numériques en santé :

- **Les jumeaux numériques cliniques** : ils concernent le niveau individuel, par illustration la modélisation du cœur pour prédire l'effet d'un traitement, la simulation d'un poumon pour anticiper l'évolution d'une maladie respiratoire ou encore la modélisation du génome pour tester virtuellement des thérapies personnalisées (Vallée 2023).
- **Les jumeaux numériques populationnels et territoriaux** : ils concernent la santé publique et portent sur des systèmes collectifs. On retrouve par exemple la simulation des flux de patients dans un hôpital, la modélisation des services d'urgence à l'échelle d'une ville, ou la planification territoriale des soins dans un système régional (Khan et al. 2023).

Ces derniers sont au cœur de ce travail, car ils permettent de croiser des données sociodémographiques, environnementales et logistiques pour anticiper l'impact des décisions organisationnelles sur des populations entières (Khan et al. 2023; Vallée 2023).

2.1.4.2 Applications actuelles en santé

Bien que les jumeaux numériques en santé publique soient encore dans une phase expérimentale, plusieurs cas d'usage concrets sont déjà documentés :

- Planification hospitalière :

Les hôpitaux font face à des pressions croissantes liées à l'augmentation des admissions, au vieillissement de la population et aux crises sanitaires. Les jumeaux numériques permettent de simuler l'occupation des lits, la disponibilité des équipes soignantes et l'allocation des ressources hospitalières. Certains travaux ont montré que ces modèles aident à anticiper les pics de fréquentation (ex. épidémies de grippe ou pandémie de COVID-19) et à ajuster l'organisation interne (De Oliveira El-Warrak, Miceli de Farias 2025). Ils sont également utilisés pour tester différents scénarios d'aménagement des infrastructures, comme l'ouverture de nouvelles unités ou la réorganisation de services (Khan et al. 2023).

- Suivi et optimisation des flux patients :

Un autre domaine d'application concerne l'optimisation des parcours patients. Dans les services d'urgences, les jumeaux numériques permettent de modéliser les flux, d'identifier les goulets d'étranglement et de proposer des ajustements organisationnels afin de réduire les temps d'attente (Penverne et al. 2024). Dans les blocs opératoires, ils servent à améliorer la coordination entre les interventions, à optimiser l'utilisation des salles et à éviter des pertes de temps liées à une mauvaise planification (Khan et al. 2023).

- Optimisation logistique des ressources médicales :

La gestion des ressources critiques est une autre application prometteuse. Des jumeaux numériques ont été mobilisés pour optimiser la distribution de vaccins lors de la pandémie de COVID-19, en intégrant les contraintes de chaîne du froid, la mobilité des populations et les capacités de stockage (De Oliveira El-Warrak, Miceli de Farias 2025). D'autres études portent sur la répartition dynamique d'équipements hospitaliers (respirateurs, médicaments, poches de sang), avec pour objectif d'augmenter la résilience face aux crises sanitaires (Khan et al. 2023).

En résumé, les applications actuelles montrent que le jumeau numérique constitue déjà un outil opérationnel d'aide à la décision dans plusieurs domaines : organisation hospitalière, fluidité des parcours de soins et logistique médicale.

2.1.4.3 Limites et défis actuels

Malgré son potentiel, le recours aux jumeaux numériques en santé publique se heurte à plusieurs limites importantes :

- Dépendance à la qualité et à l'intégration des données :

L'efficacité d'un jumeau numérique repose sur la qualité, la complétude et l'actualisation des données collectées. Or, les systèmes de santé restent marqués par des difficultés d'interopérabilité et des bases de données fragmentées (Khan et al. 2023).

- Complexité de mise à jour et de maintenance :

Maintenir un modèle numérique dynamique exige des ressources humaines qualifiées (data scientists, ingénieurs systèmes) ainsi qu'une infrastructure technologique robuste. Cette complexité rend les projets coûteux et difficiles à généraliser (Vallée 2023).

- Manque d'exemples dans le domaine transfusionnel :

Bien que des applications existent dans la logistique hospitalière ou la vaccination, les expérimentations portant spécifiquement sur la médecine transfusionnelle ou la planification des collectes de sang sont rares. La WHO (2022) rappelle pourtant que l'organisation des collectes et la disponibilité des produits sanguins demeurent des enjeux critiques à l'échelle mondiale (WHO 2022a).

- Enjeux éthiques et de gouvernance :

L'utilisation de données sensibles pose des problèmes de confidentialité, de conformité réglementaire, comme par exemple le règlement général sur la protection des données (RGPD), et de biais algorithmiques, avec un risque de reproduire des inégalités existantes si aucune vigilance n'est exercée (Popa et al. 2021).

2.1.5 Optimisation en santé par MILP

La programmation linéaire en nombres entiers (MILP) constitue une classe de modèles de recherche opérationnelle particulièrement adaptée à la planification stratégique et à l'allocation de ressources sous contraintes. Contrairement aux modèles de type VRP, centrés sur l'optimisation de tournées, les MILP permettent de formuler des problèmes plus généraux, intégrant à la fois des variables binaires de décision et des contraintes de capacité, temporelles ou organisationnelles (De Oliveira El-Warrak, Miceli de Farias 2025).

En santé publique, les MILP ont été mobilisés dans plusieurs domaines :

- La planification des blocs opératoires
- L'optimisation des lits hospitaliers
- La distribution de vaccins et de médicaments
- La gestion des chaînes d'approvisionnement pharmaceutiques

Leur intérêt réside dans leur capacité à intégrer simultanément des objectifs multiples et des contraintes complexes, tout en offrant, lorsque le problème est solvable, des solutions optimales ou quasi-optimales (Penverne et al. 2024).

Dans le domaine transfusionnel, la littérature montre que les MILP ont surtout été appliqués à la gestion des stocks et à la distribution des produits sanguins, mais rarement à la planification dynamique des collectes. Cette absence d'applications spécifiques constitue une lacune scientifique notable, alors même que ces modèles sont parfaitement adaptés à la sélection spatio-temporelle de sites et à l'affectation d'équipes mobiles (Popa et al. 2021).

Ainsi, l'intégration d'un modèle MILP au sein d'un jumeau numérique constitue une contribution originale, en combinant la robustesse d'une approche mathématique éprouvée avec les données géographiques et socio-démographiques issues d'un SIG, afin de proposer une planification optimisée et contextualisée des collectes mobiles de sang.

2.1.6 Synthèse de l'Etat de la littérature

La revue de la littérature met en évidence quatre axes de recherche complémentaires susceptibles de contribuer à une meilleure organisation des collectes de sang en milieu urbain.

Premièrement, la géomatique et les méthodes d'optimisation logistique constituent des instruments analytiques puissants pour évaluer l'accessibilité territoriale et planifier la localisation des ressources. Si les SIG permettent d'identifier les zones sous-desservies et de simuler l'impact de nouveaux sites de collecte, les modèles de type VRP offrent un cadre de référence pour l'optimisation des déplacements. Toutefois, la majorité des travaux recensés demeurent centrés sur la localisation de centres fixes, sans véritable prise en compte de la dynamique propre aux collectes mobiles.

Deuxièmement, la littérature consacrée à la mobilisation des donneurs sous-représentés souligne l'influence déterminante de variables socio-démographiques, culturelles et psychologiques dans la participation. Si les campagnes ciblées, les partenariats communautaires et l'usage des outils numériques ont démontré une certaine efficacité, ces stratégies demeurent essentiellement comportementales et rarement articulées aux dimensions spatiales et organisationnelles.

Troisièmement, les jumeaux numériques en santé publique apparaissent comme une innovation technologique émergente. Leur capacité à représenter dynamiquement des systèmes complexes et à intégrer des flux de données en temps réel ouvre des perspectives importantes en matière de planification hospitalière, d'optimisation des flux de patients et de gestion logistique. Toutefois, aucune étude ne documente à ce jour leur application spécifique au domaine transfusionnel et, plus particulièrement, à l'organisation des collectes mobiles.

Enfin, la MILP offre un cadre mathématique robuste pour l'allocation optimale de ressources sous contraintes multiples. Ces modèles ont été appliqués avec succès à divers contextes de santé, mais leur utilisation demeure marginale dans le champ transfusionnel, où les recherches se sont davantage concentrées sur la gestion des stocks que sur la planification opérationnelle des collectes.

2.2 Méthodologie

2.2.1 Approche générale

La méthodologie adoptée repose sur une démarche hypothético-déductive (Yin 2018), expérimentation technologique. L'hypothèse postule qu'un jumeau numérique, intégrant des données géographiques, logistiques et socio-démographiques, constitue un outil pertinent pour optimiser la planification des collectes sanguines et améliorer l'accessibilité des communautés sous-représentées à Genève.

Cette recherche mobilise une approche mixte (Castro et al. 2010), combinant :

- **Une dimension qualitative**, orientée vers la compréhension des déterminants stratégiques et organisationnels à travers l'analyse de l'environnement et des perceptions des acteurs ;
- **Une dimension quantitative**, centrée sur l'exploitation de données spatiales et démographiques via un Système d'Information Géographique (SIG) pour produire des indicateurs mesurables ;
- **Une dimension technologique**, conçu numérique, testé au travers de simulations de scénarios.

La combinaison de ces dimensions s'inscrit dans une logique de triangulation méthodologique (Denzin 2012), ce qui garantit la validité interne en assurant la rigueur des méthodes employées, la validité externe en favorisant la transférabilité des résultats et la fiabilité en permettant la reproductibilité du processus.

2.2.2 Analyse qualitative

La première phase, de nature exploratoire, visait à contextualiser le projet et à identifier les variables pertinentes à intégrer dans le modèle.

2.2.2.1 Méthodes employées

- PESTEL, afin d'examiner les déterminants macro-environnementaux influençant la collecte sanguine.
- SWOT, pour mettre en évidence les forces et faiblesses du dispositif existant, ainsi que les opportunités et menaces de l'environnement externe.
- Value Proposition Canvas, pour analyser l'adéquation entre les besoins des donneurs et la proposition de valeur du dispositif.
- Business Model Canvas pour modéliser l'écosystème institutionnel et partenarial.

2.2.2.2 Recueil de données

Des entretiens semi-directifs (Brinkmann, Kvale 2018) doivent être menés auprès d'acteurs clés (responsables du Centre de transfusion Suisse (CTS)/HUG, CRS, associations étudiantes, relais communautaires, donneurs). L'échantillon (n≈10) a respecté le principe de saturation thématique (Guest, Bunce, Johnson 2006)

2.2.2.3 Objectif scientifique de l'analyse qualitative

Cette phase visait à cibler les variables stratégiques et à comprendre les contraintes organisationnelles et sociales. Elle n'a pas produit d'indicateurs chiffrés, mais a orienté la sélection des métriques intégrées dans le SIG, conformément aux recommandations de Kvale (2008) sur le rôle exploratoire des entretiens qualitatifs dans la construction d'outils analytiques (Brinkmann, Kvale 2018).

2.2.3 Analyse quantitative

La deuxième phase consiste à collecter et préparer les données nécessaires au calcul des indicateurs.

2.2.3.1 Sources de données

- **Géographiques** : localisation des sites de collecte, réseau routier et transports publics (TPG), contraintes urbaines.
- **Socio-démographiques** : répartition par âge, proportion d'étudiants, diversité culturelle.
- **Logistiques** : capacités des équipes mobiles, disponibilité des véhicules, contraintes de chaîne du froid.

2.2.3.2 Méthodes de traitement

- Intégration des données dans une base relationnelle type PostgreSQL/PostGIS, Azure SQL Database.
- Nettoyage et normalisation selon des standards d'interopérabilité
- Géocodage et structuration

2.2.4 Conception du prototype

La conception du prototype s'appuie sur une chaîne complète, allant du calcul des indicateurs par le SIG à la restitution des résultats dans un tableau de bord interactif.

2.2.4.1 Calcul des indicateurs par le SIG

Logiciels : QGIS v3.28, ArcGIS Pro v3.0, PostGIS 3.3.

Procédure :

- Géocodage des sites dans PostGIS.
- Génération d'isochrones (10–15 min, marche/TP).

2.2.4.2 Intersection démographique des populations couvertes

- Calcul des indicateurs
 - ACC_{P50} = temps médian d'accès.
 - COV_{15} = proportion à ≤ 15 minutes.
 - POP_{TARGET} = proportion de 18–30 ans accessibles.
 - $DIVERSITY_S$ = indice de Shannon.
 - FT_{RATE} = proportion attendue de primo-donneurs.
 - $EQUITY_{GINI}$ = équité territoriale.

2.2.4.3 Construction de la fonction objective

2.2.4.3.1 Formule

$$\max \sum_{i,t,h} Dons_attendus(i,t,h) \cdot y_{i,t,h} \quad \text{avec } y_{i,t,h} \in \{0,1\}$$

2.2.4.3.2 Score

$$Dons_attendus(i,t,h) = R_i \times F_{jour}(i,t) \times F_{saison}(i,t) \times F_{heure}(i,h) \times ASIG(i,t,h)$$

- R_i = rendement historique
- $F_{jour}, F_{saison}, F_{heu}$ = Coefficients temporels estimés sur séries historiques.
- $ASIG(i,t,h) = f(COV_{15}, ACC_{P50}, POP_{TARGET}, DIVERSITY_S)$ = fonction d'accessibilité intégrant la couverture spatiale

2.2.4.3.3 Définition de ASIG

$$ASIG(i, t, h) = g(COV_{15}(i, t, h), ACC_{P50}(i, t, h)) \times w(POP_{TARGET}(i, t, h), DIVERSITY_S(i, t, h))$$

2.2.4.3.4 Agrégation linéaire normalisée

$$g = \alpha_1 \widehat{COV}_{15} + \alpha_2 \widehat{big}(1 - \widehat{ACC}_{P50} \setminus big), \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1$$

$$w = \beta_1 \widehat{POP}_{TARGET} + \beta_2 \widehat{DIVERSITY}_S, \quad \beta_1 + \beta_2 = 1$$

2.2.4.3.5 Normalisation

$$\hat{X}(i, t, h) = \frac{X(i, t, h) - \min X}{\max X - \min X}$$

2.2.4.3.6 Solveur

Implémentation sous Python 3.11 (Pyomo / OR-Tools), solveur CBC ou Gurobi.

2.2.4.4 Simulation et orchestration

- **Azure SQL Database** est utilisé pour centraliser l'ensemble des jeux de données ainsi que les résultats produits par le solveur.
- **Azure Digital Twins** sert à simuler différents scénarios optimisés, par exemple l'activation ou la désactivation de sites et les variations selon les horaires.
- Les résultats obtenus sont ensuite recalculés, stockés et préparés afin de pouvoir être restitués de manière exploitable.

2.2.4.5 Interface utilisateur

- Maquette : Figma.
- Technologies front-end : React + Leaflet.
- Tableau de bord :
 - Cartes interactives des sites activés et zones couvertes.
 - Indicateurs clés :
(ACC_{P50} , COV_{15} , $EQUITY_{GINI}$, POP_{TARGET} , $DIVERSITY_S$, FT_{RATE})
 - Comparaison entre scénarios optimisés et baseline (planification actuelle).
- Validation conceptuelle : Des scénarios illustratifs (campus universitaire vs site périphérique) ont été simulés, confirmant la capacité du modèle à améliorer l'accessibilité et l'équité territoriale.

2.2.4.6 Développement du prototype

Le développement méthodologique adopté dans ce travail se caractérise par une approche hybride, combinant la rigueur séquentielle de la méthode en cascade pour les phases amont (analyses qualitatives et quantitatives), et la flexibilité de la méthodologie agile (Scrum) pour les phases aval (conception et développement du prototype).

2.2.4.6.1 Cascade

L'analyse qualitative et l'analyse quantitative sont conduites selon une logique séquentielle : identification des variables stratégiques (PESTEL, SWOT, Canvas), puis collecte et traitement des données (SIG, bases relationnelles).

Ces étapes suivent une structure linéaire car elles dépendent d'entrées bien définies (entretiens, données ouvertes, données HUG/CRS) et produisent des sorties stabilisées (indicateurs calculés via le SIG) servant directement à la modélisation.

2.2.4.6.2 Agile

La conception et le développement du jumeau numérique se réalise en mode Scrum (Beck, K. & Andres, C. 2004).

Organisation en plusieurs sprints courts (2–3 semaines) avec les rituels agiles :

- Sprint Planning (planification des objectifs de sprint),
- Daily Meetings (suivi quotidien),
- Sprint Review (démonstration du module développé),
- Sprint Retrospective (amélioration continue).

Déroulement des sprints :

- Sprint 0 (préparatoire) : définition du backlog, choix technologiques (Python, PostGIS, Azure, React), mise en place GitHub.
- Sprint 1 : base de données relationnelle (PostgreSQL/PostGIS), import et structuration des données.
- Sprint 2 : développement des modules SIG pour les indicateurs (ACC_{P50} , COV_{15} , POP_{TARGET} , $DIVERSITY_S$)
- Sprint 3 : implémentation du moteur MILP, formulation de la fonction objectif et intégration des contraintes.
- Sprint 4 : orchestration et simulation via Azure Digital Twins.
- Sprint 5 : interface utilisateur (React), maquettes sous Figma.
- Sprint 6 (intégration finale) : tests unitaires (PyTest), validation globale, comparaison baseline vs scénario optimisé.

2.2.4.7 Limites et contraintes

- Accès restreint aux données sensibles (confidentialité, RGPD).
- Simplification de certaines contraintes logistiques pour maintenir la faisabilité académique.
- Prototype limité à une simulation hors temps réel (l'intégration temps réel constitue une future perspective).

2.3 Solution

2.3.1 Analyse qualitative

2.3.1.1 Evaluation stratégique du marché

Avant d'entamer la conception technique et le développement du prototype, il était indispensable de situer le projet dans son environnement global. En effet, une solution numérique, aussi innovante soit-elle, ne peut être pertinente que si elle est solidement ancrée dans les réalités économiques, sociales, institutionnelles et organisationnelles de son domaine d'application. L'objectif n'est pas uniquement de produire un outil fonctionnel, mais de développer une solution réaliste, durable et adoptable par les acteurs concernés.

Dans ce cadre, la première étape du travail a consisté à conduire une analyse qualitative du contexte stratégique. Cette démarche vise à identifier les déterminants majeurs du système de collecte de sang à Genève. Elle répond directement à la question de recherche relative à la compréhension du cadre institutionnel, organisationnel et socioculturel dans lequel pourrait s'insérer une innovation de type jumeau numérique.

Deux outils méthodologiques complémentaires ont été mobilisés :

- **Le PESTEL**, particulièrement adapté à l'examen de l'environnement externe, permet d'analyser successivement les facteurs politiques, économiques, socioculturels, technologiques, environnementaux et légaux. Il met en lumière les tendances de fond et les contraintes structurelles qui influencent directement l'organisation des collectes de sang.
- **Le SWOT**, en articulation avec le PESTEL, intègre les dimensions internes et externes. Il met en évidence les forces et faiblesses actuelles du dispositif genevois, ainsi que les opportunités et menaces de l'environnement externe.

L'association de ces deux outils fournit une base qualitative solide pour comprendre les conditions de faisabilité et d'acceptabilité du projet. Le PESTEL éclaire les déterminants structurels externes, tandis que le SWOT offre une vision stratégique intégrée, articulant ressources internes et dynamiques contextuelles. Ensemble, ils permettent de dégager une compréhension critique du terrain, préalable indispensable à la construction d'une solution numérique alignée avec les besoins et contraintes des acteurs concernés.

Figure 3 : PESTEL

PESTEL



2.3.1.2 Approche du PESTEL

2.3.1.2.1 Politique

Le système de santé suisse est réputé pour son efficacité et sa gouvernance centralisée en matière transfusionnelle, garantissant des normes strictes de sécurité. Toutefois, l'introduction de solutions numériques doit s'aligner avec les politiques nationales de santé publique et les institutions en charge de la transfusion. À l'échelle européenne, les réglementations de l'EMA et de l'UE renforcent également l'autosuffisance et la coopération transfrontalière, ce qui complexifie la gouvernance mais ouvre la voie à des synergies entre États membres.

2.3.1.2.2 Economique

La Suisse bénéficie d'un financement solide du secteur de la santé, permettant l'investissement dans des solutions innovantes. Bien que le coût initial d'un jumeau numérique soit élevé, les bénéfices attendus en matière d'efficacité logistique et de réduction du gaspillage compensent à long terme. Néanmoins, les coûts logistiques liés aux pertes et aux trajets inefficaces constituent un défi majeur, renforçant l'intérêt d'outils numériques pour optimiser l'allocation des ressources sans compromettre la qualité des soins.

2.3.1.2.3 Socio-culturel

La participation au don de sang varie fortement selon l'âge, l'origine culturelle et le niveau de confiance dans les institutions. Les jeunes adultes et les populations issues de la migration demeurent sous-représentés, ce qui justifie des stratégies numériques ciblées pour accroître leur engagement.

2.3.1.2.4 Technologique

Les jumeaux numériques constituent une innovation émergente dans la santé publique, permettant de simuler des scénarios, d'anticiper les flux et d'optimiser la logistique. Leur intégration en Suisse est facilitée par un environnement favorable à la santé numérique.

2.3.1.2.5 Environnemental

L'optimisation des trajets de collecte contribue à réduire l'empreinte carbone et s'inscrit dans la stratégie suisse de durabilité. Le recours à des véhicules électriques ou hybrides renforcerait encore cet impact positif.

2.3.1.2.6 *Légal*

La sécurité transfusionnelle et la traçabilité des produits sanguins sont encadrées par des lois strictes (RGPD en Europe, LPD en Suisse). Tout projet doit intégrer les principes de *Privacy by Design* et *Security by Default* afin d'assurer la conformité et la protection des données sensibles. L'ajout d'une approche *Equity by Design* permet en outre de garantir un accès équitable et inclusif, élément clé pour renforcer l'acceptabilité du projet auprès des différentes communautés de donateurs et receveurs.

Figure 4 : SWOT

ANALYSE SWOT



2.3.1.3 Etude du SWOT

2.3.1.3.1 Forces

Le projet repose sur une technologie avancée combinant jumeau numérique et SIG, offrant des capacités accrues de planification, de simulation et d'optimisation logistique. Cette approche permet une gestion prédictive des besoins, la réduction des coûts logistiques et la minimisation des pertes liées à une mauvaise planification. La Suisse constitue par ailleurs un environnement favorable grâce à son système de santé performant et financé de manière solide (OECD 2022). Le soutien institutionnel d'acteurs clés tels que les HUG et la CRS confère une légitimité et une crédibilité accrues au projet. Enfin, le recours à une telle solution contribuerait à réduire la dépendance vis-à-vis des importations de sang en provenance d'autres pays, renforçant l'autosuffisance transfusionnelle.

2.3.1.3.2 Faiblesses

Le projet nécessite un investissement initial élevé pour le développement et le déploiement des infrastructures numériques. La dépendance à une technologie complexe constitue également un risque en cas de défaillance technique, pouvant perturber la gestion opérationnelle des collectes (Cardoen, Demeulemeester, Beliën 2010). L'interopérabilité avec les systèmes de santé existants reste un défi majeur, compte tenu de l'hétérogénéité des bases de données hospitalières (Khan et al. 2023). Enfin, l'acceptation sociale de ces outils peut être limitée, certaines catégories de population notamment les personnes âgées se montrant plus réticentes à l'usage d'outils numériques (Ferguson et al. 2012).

2.3.1.3.3 Opportunités

Le projet ouvre la voie à l'utilisation d'applications mobiles et de techniques de gamification pour stimuler la participation des jeunes donneurs, souvent sous-représentés (Bednall, Bove 2011). L'optimisation des collectes dans des zones stratégiques pourrait favoriser la diversité des donneurs et améliorer la disponibilité de groupes sanguins rares (Spratling, Lawrence 2019). Sur le plan environnemental, l'intégration de véhicules électriques et la coopération avec les transports publics s'inscrivent dans la stratégie suisse de durabilité (Office fédéral du développement territorial 2022). Enfin, une adoption réussie en Suisse pourrait permettre une diffusion internationale de ce modèle innovant, offrant une renommée accrue aux institutions impliquées et bénéficiant d'un contexte de faible concurrence sur ce type de solution.

2.3.1.3.4 Menaces

Le projet se confronte à un cadre réglementaire strict en matière de transfusion sanguine et de protection des données personnelles (Swissmedic 2019). Le respect du RGPD et de la Loi fédérale suisse sur la protection des données (LPD) est une contrainte lourde pouvant ralentir l'adoption (EU 2018). La concurrence potentielle d'autres solutions numériques plus simples ou moins coûteuses représente également un risque, tout comme d'éventuelles restrictions budgétaires ou réorientations politiques (Popa et al. 2021).

2.3.1.4 Analyse intégrée

2.3.1.4.1 Convergences favorables

Les facteurs technologiques et environnementaux du PESTEL (maturité de la santé numérique, priorité nationale à la durabilité) renforcent les forces et opportunités identifiées dans le SWOT, intégration du jumeau numérique et des SIG pour optimiser la planification, réduction de l'empreinte carbone par l'optimisation des tournées, et accroissement de la légitimité grâce au soutien institutionnel.

2.3.1.4.2 Contraintes et menaces

Les dimensions légales, économiques et politiques du PESTEL (cadre réglementaire strict, coûts initiaux élevés, gouvernance centralisée) se reflètent dans les faiblesses et menaces du SWOT, dépendance à une infrastructure coûteuse, défis d'interopérabilité et sensibilité aux réglementations en matière de données de santé. Ces contraintes constituent des verrous potentiels à l'adoption.

2.3.1.4.3 Complémentarités stratégiques

Le croisement des deux analyses met en évidence que la réussite du projet dépend de la capacité à transformer ces contraintes en leviers :

- Faire de la conformité réglementaire un gage de confiance,
- Aligner l'optimisation écologique sur les politiques publiques,
- Mobiliser le soutien des acteurs institutionnels (HUG, CRS) pour atténuer les résistances organisationnelles.

2.3.1.4.4 Conclusion

L'analyse intégrée montre que *le projet* évolue dans un environnement globalement favorable, mais exige une anticipation des contraintes juridiques, économiques et socioculturelles. En combinant les opportunités externes avec ses forces internes, le projet peut se positionner comme une solution innovante et crédible pour la planification des collectes mobiles de sang.

2.3.1.5 Proposition de valeur et modèle d'affaires

Trois entretiens menés auprès d'acteurs clés du système transfusionnel genevois ont permis d'identifier les principaux besoins, contraintes et attentes, constituant ainsi la base qualitative du Value Proposition Canvas (VPC) et du Business Model Canvas (BMC) :

- Monsieur François Freitas, Infirmier Responsable d'Équipe de Soins au CTS, a mis en évidence les contraintes cliniques et logistiques quotidiennes liées à la disponibilité des produits sanguins et à l'organisation des collectes.
- Madame Montellier Delaigue Valérie, suppléante de la responsable des collectes aux HUG, a précisé les critères actuels de choix des sites et les difficultés rencontrées pour mobiliser les donateurs dans certains quartiers.
- Madame Serena Baldelli, chargée de communication aux HUG, a souligné les stratégies de sensibilisation existantes, ainsi que leurs limites, notamment pour atteindre les jeunes adultes et les communautés multiculturelles.

Ces apports ont permis de construire le VPC, en identifiant clairement les *pain points*, les *gains* attendus et la proposition de valeur du projet *BeMyBlood*.

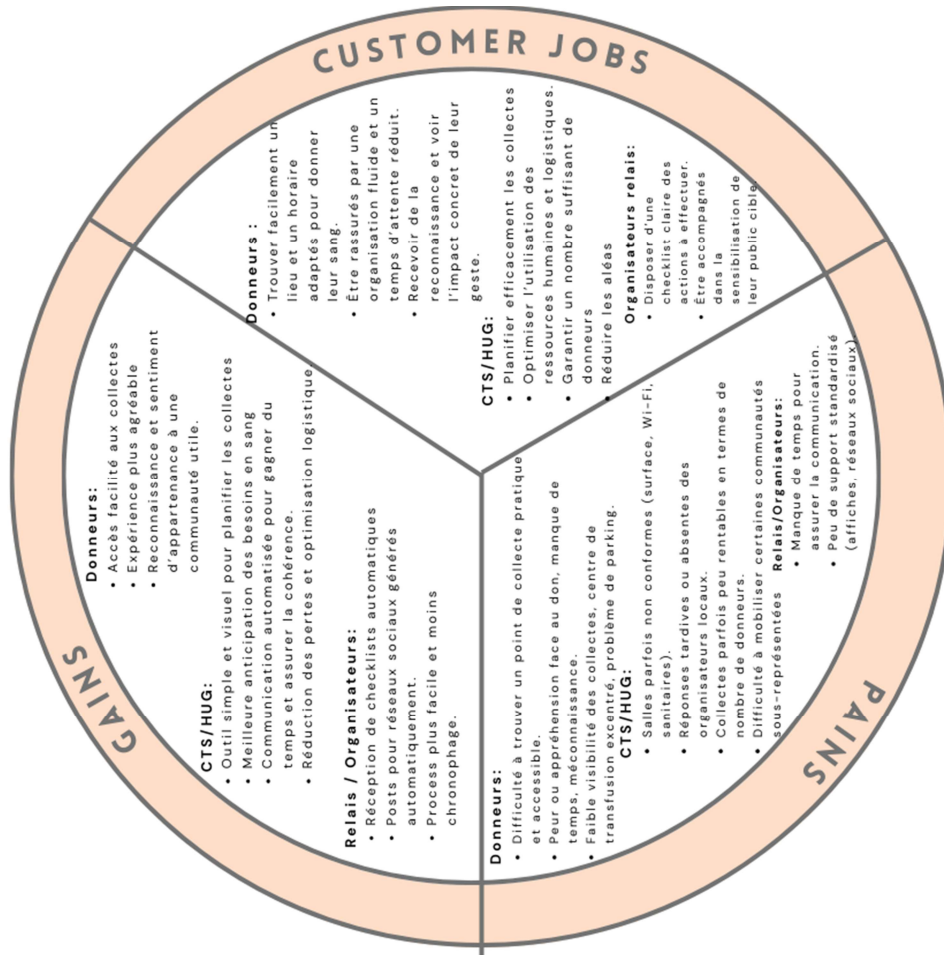
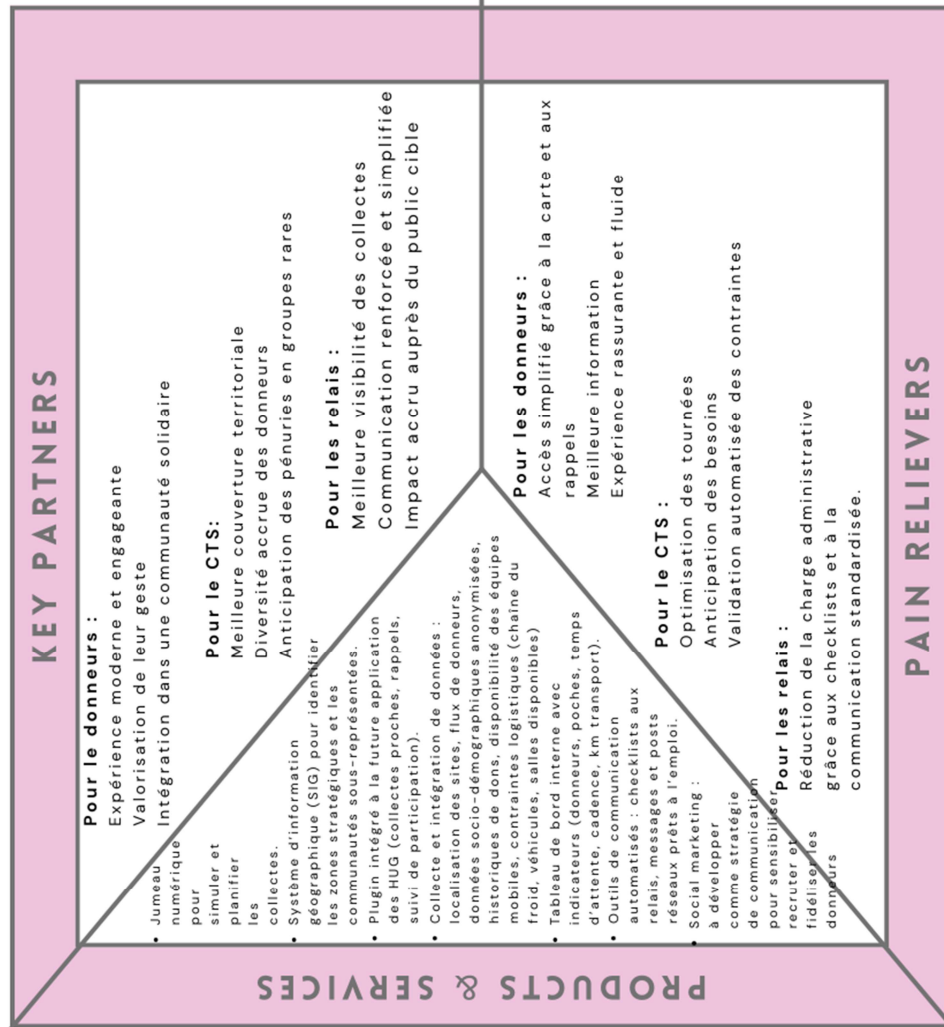
En parallèle, ils ont nourri le BMC, en précisant :

- Les segments de clients
- Les partenariats clés
- Les canaux de communication
- Les ressources essentielles
- La structure de coûts et de revenus

Cette double analyse a ainsi permis de relier les besoins exprimés par les acteurs du terrain à un modèle organisationnel et partenarial cohérent, garantissant que la solution proposée ne se limite pas à une innovation technique, mais qu'elle soit également réaliste, adoptable et durable dans son environnement d'application.

Figure 5 : Value Proposition Canvas

VALUE PROPOSITION CANVAS



VALUE PROPOSITION

CUSTOMER SEGMENT

2.3.1.6 Exploration du Value Proposition Canva

2.3.1.6.1 Alignement besoins proposition de valeur

Les donneurs de sang, en particulier les jeunes adultes et les populations issues de la diversité culturelle, rencontrent des difficultés d'accessibilité (localisation des sites, horaires, faible visibilité des collectes) ainsi que des freins psychologiques (peur de l'aiguille, manque d'information, représentations négatives). La solution BeMyBlood répond à ces attentes en facilitant l'accès via des outils de géolocalisation et des rappels personnalisés, en simplifiant l'expérience par la réduction des temps d'attente et la mise à disposition d'informations claires, et en renforçant l'engagement grâce à la gamification et à la valorisation symbolique du geste de don. Ces fonctionnalités seront directement intégrées comme plugin à la future application des HUG et soutenues par des actions de social marketing.

Les responsables du CTS doivent faire face à des contraintes logistiques structurelles, notamment l'indisponibilité ponctuelle des salles, une planification annuelle rigide et la faible réactivité des relais communautaires. L'outil proposé réduit ces contraintes par l'optimisation des tournées, l'automatisation de la communication (checklists, publications standardisées sur les réseaux sociaux) et la mise à disposition d'un tableau de bord centralisé, facilitant la visualisation et le pilotage opérationnel. Ce tableau intègre en outre les données socio-démographiques, logistiques et historiques de dons. Les relais organisateurs (universités, communes, associations) pourraient bénéficier quant à eux d'outils normalisés de préparation et de communication locale, réduisant leur charge de travail et améliorant la coordination avec le CTS.

2.3.1.6.2 Pain relievers

Les entretiens ont mis en évidence des difficultés récurrentes liées à la logistique (infrastructures inadéquates, absence de Wi-Fi, problèmes d'accès et de stationnement), à la communication (manque de visibilité des collectes, faible réactivité des relais) et à la mobilisation des communautés sous-représentées. La solution proposée apporte des solutions opérationnelles en instaurant un système de validation préalable des infrastructures, en automatisant l'envoi de notifications aux relais et aux donneurs, et en améliorant l'anticipation des besoins à travers une allocation optimisée des ressources. Un tableau de bord unifié permettra de suivre ces indicateurs et de renforcer l'anticipation opérationnelle. Ces fonctionnalités réduisent le risque d'annulation ou d'inefficacité des collectes et allègent la charge organisationnelle du CTS et des partenaires locaux.

2.3.1.6.3 *Gain creators*

La solution génère de nouveaux bénéfices au-delà de la réduction des difficultés. Pour les donneurs, l'expérience est rendue plus attractive et valorisante, favorisant leur fidélisation et stimulant le recrutement de primo-donneurs. Pour le CTS, l'outil contribue à accroître la diversité des donneurs en ciblant plus efficacement les communautés multiculturelles, tout en renforçant l'efficacité logistique et la gestion prédictive des besoins en groupes rares. Ces gains reposent sur l'exploitation des données collectées et analysées via le système. Pour les relais, l'impact et la visibilité des collectes sont renforcés grâce à des outils de communication standardisés, automatisés et mieux adaptés aux contextes locaux. Une stratégie de social marketing est également prévue afin d'amplifier la sensibilisation.

Figure 6 : Business Model Canva

BUSINESS MODEL CANVAS



2.3.1.7 Etude du Business Model Canvas

2.3.1.7.1 Cohérence de la proposition de valeur avec les segments de clients

La proposition de valeur repose sur l'utilisation d'un jumeau numérique et d'outils géo-informatiques pour optimiser la planification des collectes de sang. Elle répond aux besoins des CTS/HUG en matière d'efficacité logistique et d'anticipation des besoins, aux attentes des donateurs en termes d'accessibilité et d'expérience simplifiée et valorisée, ainsi qu'aux exigences des relais organisateurs concernant la standardisation des tâches et la communication automatisée. Elle contribue également à l'autosuffisance en produits sanguins, réduisant les coûts liés aux importations, aux transferts d'urgence et aux hospitalisations prolongées. Paradoxalement, cette réduction des dépenses génère un bénéfice économique indirect pour le système de santé et la collectivité, en améliorant la continuité des soins et la productivité des patients.

2.3.1.7.2 Ressources clés et activités stratégiques

Les ressources identifiées incluent les technologies numériques comme SIG, cloud ou application mobile, les données géospatiales et les partenariats institutionnels. Les activités stratégiques portent sur le développement et la maintenance du prototype, la collecte et l'analyse des données, ainsi que la mise en œuvre de campagnes de communication ciblées. L'implication d'équipes pluridisciplinaires (data scientists, urbanistes, professionnels de santé) constitue un facteur déterminant de faisabilité.

2.3.1.7.3 Partenariats et écosystème

Les partenaires clés comprennent le CTS/HUG et la Croix-Rouge Suisse, à la fois utilisateurs et prescripteurs du système. Les universités, associations étudiantes et communautés locales assurent un rôle de relais dans la mobilisation des donateurs, en particulier les jeunes et les populations multiculturelles. Les partenariats avec les transports publics et les entreprises de mobilité renforcent la dimension durable et inclusive du projet. Cet écosystème diversifié accroît la légitimité et l'impact de la solution.

2.3.1.7.4 Structure de coûts et sources de revenu

La structure des coûts est dominée par le développement technologique (application, SIG, cloud), la gestion des données et la communication digitale. Ces investissements initiaux élevés sont compensés par les économies générées via l'optimisation logistique et la réduction des pertes. Les sources de revenus reposent sur un modèle hybride : financements publics, contrats institutionnels avec le CTS/CRS et partenariats privés avec des acteurs de la mobilité et de la technologie. Au-delà des revenus institutionnels et partenariats, le projet permet de réaliser des économies de santé mesurables, en limitant les journées d'hospitalisation, les complications médicales et les transferts coûteux. Ces gains économiques peuvent être considérés comme une source de valeur ajoutée indirecte pour les hôpitaux et les assurances.

2.3.1.7.5 Opportunités et risques

Les opportunités identifiées concernent l'accroissement de la diversité des donneurs, la réduction des coûts logistiques, la contribution aux objectifs environnementaux et le potentiel d'expansion internationale. Les risques majeurs résident dans l'acceptation hétérogène des technologies par certaines populations, les contraintes réglementaires strictes liées à la transfusion sanguine et à la protection des données, ainsi que la dépendance à une infrastructure technologique fiable et sécurisée.

2.3.1.8 Mise en relation VPC et BMC

L'analyse croisée du VPC et du BMC montre une forte cohérence entre les besoins exprimés par les acteurs du terrain et la structuration organisationnelle et économique.

D'abord, la correspondance entre les besoins des utilisateurs (donneurs, CTS, relais organisateurs) identifiés dans le VPC et les segments de clients du BMC confirme l'adéquation de la proposition de valeur. Par exemple, les jeunes adultes et les communautés multiculturelles, mentionnés comme groupes difficiles à mobiliser dans le VPC, apparaissent explicitement comme segments stratégiques dans le BMC.

De même, les pains relievés du VPC trouvent leur traduction directe dans les ressources et activités clés du BMC :

- La validation des infrastructures est prise en charge par le module SIG,
- Les notifications automatiques s'appuient sur les outils numériques et le cloud,
- L'optimisation logistique repose sur l'algorithme MILP. Ainsi, ce qui est formulé comme une réponse aux difficultés des acteurs est intégré dans la conception même du modèle.

Les gain creators du VPC correspondent aux opportunités stratégiques mises en évidence dans le BMC, telles que :

- L'augmentation de la diversité des donneurs,
- La réduction des coûts logistiques,
- Ou encore le potentiel de réplication à l'international. Cela montre que les bénéfices individuels décrits dans le VPC se traduisent en avantages collectif et stratégiques dans le BMC.

Enfin, les deux outils convergent dans l'identification des risques et contraintes. Les limites relevées dans le VPC (acceptabilité sociale, réticences face aux outils numériques) recourent les menaces identifiées dans le BMC (cadre réglementaire strict, dépendance à l'infrastructure technologique). Leur articulation permet d'anticiper les verrous d'implémentation et de souligner que la réussite du projet dépendra autant de la robustesse technique que de l'adhésion des acteurs.

2.3.2 Analyse quantitative

Le choix des données intégrées dans le jumeau numérique s'appuie sur des fondements scientifiques reconnus en santé publique et en géo-informatique. Comme l'ont montré Goodchild et Li (2012), la robustesse d'un modèle repose sur la qualité, la diversité et la capacité des données à être croisées dans une approche intégrée. Dans cette perspective, trois familles de données ont été mobilisées : géographiques, socio-démographiques et logistiques (Goodchild, Li 2012).

2.3.2.1 Données géographiques

Les données spatiales constituent un socle essentiel pour l'évaluation de l'accessibilité. La WHO souligne que la prise en compte des contraintes territoriales est indispensable pour réduire les inégalités d'accès aux soins (WHO 2020). Dans ce projet, elles incluent la localisation des sites de collecte, le réseau routier et de transports publics (TPG), ainsi que les contraintes urbaines (zones piétonnes, chantiers).

Ces données sont intégrées dans une base relationnelle enrichie avec PostGIS et exploitées à travers ArcGIS pour générer des isochrones à 10 et 15 minutes, construire des matrices origine-destination (OD) et calculer des indicateurs tels que :

- ACC_P50 : temps médian d'accès au site le plus proche,
- COV_15 : proportion de la population située à ≤ 15 minutes,
- EQUITY_GINI : indice de Gini mesurant l'équité territoriale.

Les études de Longley et al. (2015) montrent que la couverture des services mobiles en milieu urbain se situe généralement entre 15 et 30 % des populations ciblées. Dans ce cadre, une collecte organisée sur le campus universitaire peut atteindre environ 24 % des 18–30 ans à moins de 15 minutes, contre 9 % pour un site périphérique, ce qui reflète les écarts observés dans d'autres recherches de planification spatiale (Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. & Rhind, D.W. 2015).

2.3.2.2 Données socio-démographiques

Les variables socio-démographiques sont déterminantes pour comprendre la participation au don (Godin et al. 2007). Dans ce projet, les données pourraient provenir de Statistique Genève et des portails open data cantonaux. Elles incluent la distribution de la population par âge, la densité résidentielle, la proportion d'étudiants et la diversité culturelle.

Ces données sont croisées avec les zones d'accessibilité produites par le SIG pour pondérer les potentiels territoriaux et alimenter le module de ciblage du jumeau numérique. Les indicateurs dérivés sont :

- POP_TARGET : population de 18–30 ans couverte,
- DIVERSITY_S : indice de Shannon mesurant l'hétérogénéité culturelle,
- FT_RATE : proportion attendue de primo-donneurs.

La littérature insiste sur l'importance de la diversité pour garantir la disponibilité de phénotypes sanguins rares (Godin et al. 2007; Bouligny, Maher, Grant 2023). Ainsi, une collecte organisée dans un quartier multiculturel comme Onex un samedi permettrait logiquement d'augmenter l'indice de diversité, par exemple de 0,42 à 0,58, tout en mobilisant davantage de primo-donneurs.

2.3.2.3 Données logistiques

La faisabilité opérationnelle dépend directement des contraintes organisationnelles. Büsing et al. (2021) soulignent que le succès des services mobiles de santé repose autant sur la logistique que sur le potentiel territorial. Les données utilisées proviennent des HUG et de Transfusion CRS Suisse, incluant la disponibilité des véhicules, la capacité des équipes mobiles et la chaîne du froid (Büsing et al. 2021).

Selon la littérature opérationnelle, la productivité d'une équipe mobile varie entre 6 et 8 dons par heure (Büsing et al. 2021). Pour un site disposant de 8 lits et d'une équipe de 6 soignants, un rendement de 7 dons/h est réaliste, soit environ 28 dons sur 4 heures. En optimisant le créneau en fin de journée, la productivité peut atteindre 30 dons (+7 %), ce qui rejoint les observations de Godin et al. (2012) sur l'influence des horaires sur la participation des jeunes (Godin et al. 2007).

2.3.2.4 Pipeline de traitement

Le pipeline suit une logique de reproductibilité et d'interopérabilité :

- Centralisation et ingestion des données via API, CSV et GeoJSON dans PostGIS
- Nettoyage et normalisation selon des standards internationaux (ISO 8000)

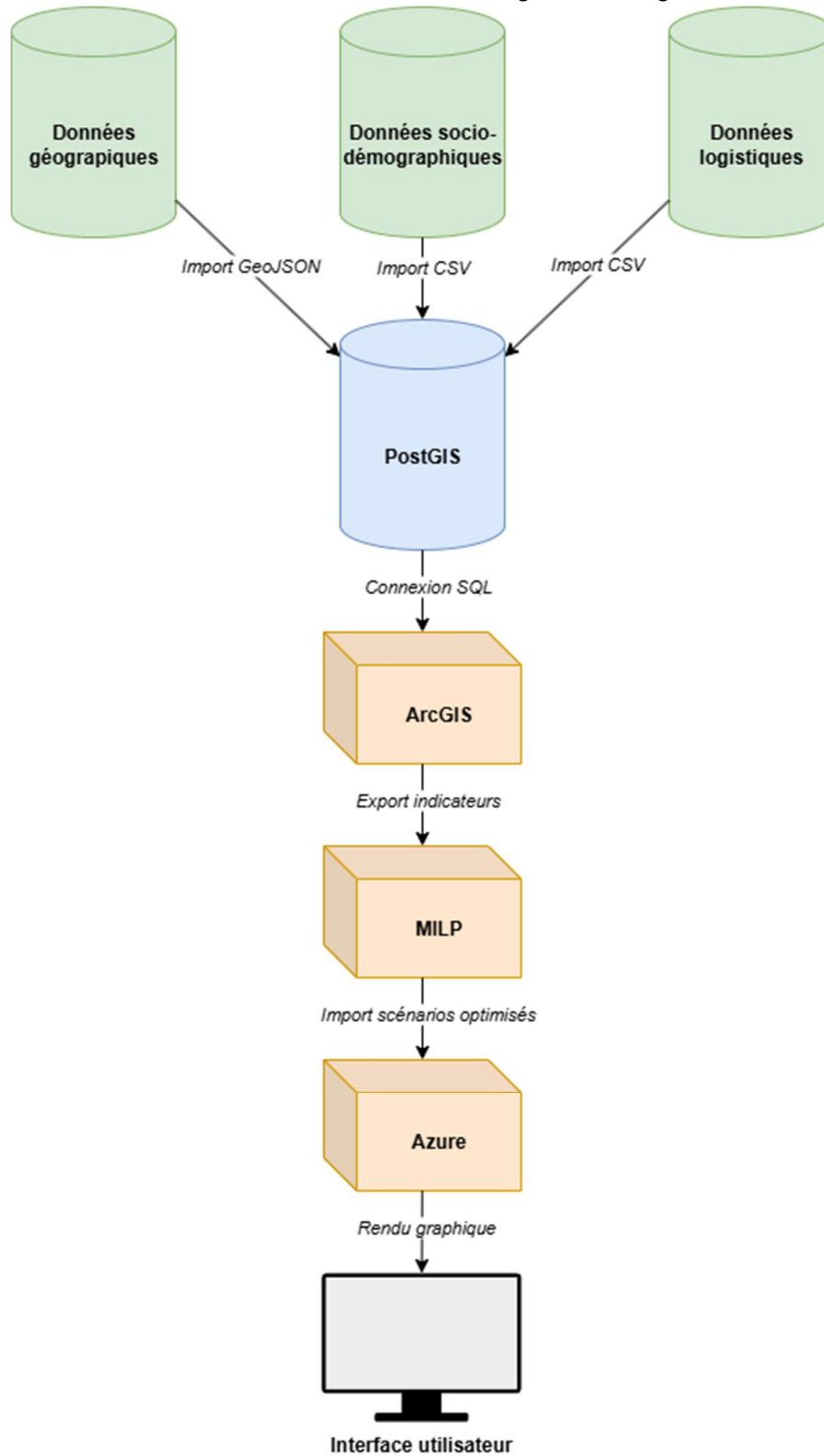
Le pipeline suit une logique de reproductibilité et d'interopérabilité. Les données sont d'abord centralisées et ingérées depuis différentes sources (API, fichiers CSV et GeoJSON) dans l'environnement PostGIS. Elles font ensuite l'objet d'un nettoyage et d'une normalisation conformément aux standards internationaux, en particulier la norme ISO 8000 sur la qualité des données, garantissant leur cohérence, leur exactitude et leur interopérabilité. Cette approche assure une base fiable et structurée, indispensable pour les étapes ultérieures d'analyse, de simulation et de restitution des résultats

2.3.3 Conception du prototype

2.3.3.1 Architecture conceptuelle

2.3.3.1.1 Diagramme des composants

Figure 7 : Diagramme des composants



L'illustration ci-dessus présente l'architecture fonctionnelle envisagée pour le prototype de jumeau numérique appliqué à la planification des collectes mobiles de sang. Cette architecture traduit une logique d'intégration progressive des données, de traitement analytique et de restitution décisionnelle, selon un enchaînement rigoureux inspiré des bonnes pratiques en géomatique et en recherche opérationnelle.

2.3.3.1.2 *Catégories de données*

En premier lieu, trois catégories de données constituent les fondements du système.

Données géographiques

Les données géographiques regroupent la localisation des sites de collecte, les réseaux de transport (routier et public), les zones piétonnes ainsi que les contraintes urbaines (chantiers, accessibilités restreintes).

Données socio-démographiques

Les données socio-démographiques, fournissent des indicateurs relatifs à la distribution de la population par âge, à la diversité culturelle, à la densité urbaine, au groupe sanguin, à la localité des donneurs.

Données logistiques

Enfin, les données logistiques, en provenance des Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG) et de Transfusion CRS Suisse, intègrent des paramètres critiques tels que la disponibilité des équipes mobiles, la capacité des véhicules, la gestion des ressources matérielles et les contraintes de la chaîne du froid.

2.3.3.1.3 *La base relationnelle*

Ces informations hétérogènes sont centralisées et normalisées au sein d'une base relationnelle PostGIS. Le choix de ce système de gestion s'explique par sa robustesse éprouvée, qui constitue un standard de référence pour le traitement des données spatiales complexes (Stonebraker & Rowe, 1986). Cette base joue ainsi un double rôle :

- Elle garantit la cohérence et l'interopérabilité des jeux de données.
- Elle sert de socle unique pour alimenter l'ensemble des modules de traitement.

2.3.3.1.4 Les modules de traitement analytique

À partir de cette base commune, deux modules distincts mais interconnectés assurent les traitements analytiques :

Module SIG (Système d'Information Géographique)

Il calcule les isochrones et les indicateurs d'accessibilité spatiale. Ces mesures permettent de quantifier l'équité territoriale et de détecter des zones insuffisamment couvertes.

Module d'optimisation temporelle (MILP)

Contrairement aux approches classiques de type VRP, non pertinentes ici puisque les sites sont prédéfinis et qu'un seul est visité par jour, l'optimisation porte sur le choix du jour et du créneau horaire pour chaque site.

Formulation du modèle :

Variable binaire :

$$y_{i,t,h} = \begin{cases} 1 & \text{si le site est planifié à la date et au créneau} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Objectif :

Maximiser le nombre de dons attendus

$$\max_{i,t,h} \sum Dons_attendus(i, t, h) \cdot y_{i,t,h}$$

avec

$$Dons_attendus(i, t, h) = R_i \times F_{jour}(i, t) \times F_{saison}(i, t) \times F_{heure}(i, h) \times A_{SIG}(i, t, h)$$

Contraintes principales :

- Pas de collectes le vendredi ($t \in \{\text{lundi--jeudi}\}$).
- Un site planifié par jour ($\sum_{i,h} y_{i,t,h} \leq 1$).

Respect des contraintes logistiques (durée max du staff, chaîne du froid, disponibilité des véhicules).

Ce problème correspond à un modèle de programmation linéaire en nombres entiers (MILP). Sa résolution peut être confiée à des solveurs spécialisés tels que CPLEX, Gurobi ou CBC, largement utilisés en recherche opérationnelle (Toth, Vigo 2002).

2.3.3.1.5 Module de simulation et d'orchestration

Ce module constitue la couche intégrative. Il connecte virtuellement les entités (sites, populations, ressources, événements) et orchestre leurs interactions.

Il permet de tester divers scénarios de calendrier (baseline vs optimisé, créneaux alternatifs, ajout ou suppression de sites).

Il mesure leur impact sur des indicateurs systémiques (nombre total de dons, couverture territoriale, coût par don, émissions de CO₂).

2.3.3.1.6 Interaction entre modules

Les interactions entre modules sont essentielles :

Le SIG fournit au module MILP les données d'accessibilité nécessaires au calcul du score de dons attendus.

Les résultats de l'optimisation alimentent la couche de simulation, qui orchestre les scénarios en intégrant simultanément les dimensions spatiales, logistiques et démographiques.

Ainsi, la simulation ne repose pas sur un modèle abstrait, mais bien sur une articulation de calculs spécialisés validés scientifiquement.

2.3.3.1.7 L'interface utilisateur

Enfin, l'interface utilisateur constitue la couche finale de restitution. Conformément au Technology Acceptance Model (Davis 1989), son design se veut simple et intuitif, afin de favoriser l'adoption par les coordinateurs logistiques et les acteurs institutionnels.

Elle offre un tableau de bord interactif permettant :

- De visualiser des cartes d'accessibilité,
- D'examiner les calendriers optimisés,
- De comparer les résultats des scénarios simulés.

Indicateurs restitués :

- Accessibilité moyenne (ACC_P50),
- Couverture territoriale (COV_15),
- Rendement horaire (YIELD_H),
- Coût par don,
- Kilomètres parcourus,
- Émissions de CO₂,
- Indice de diversité des donateurs.

2.3.3.2 Planification annuelle des collectes sur sites pré-définis

2.3.3.2.1 Problème traité

On considère un portefeuille fixe de sites et un horizon de planification d'un an, découpé en dates éligibles (lundi–jeudi, vendredi exclu). L'objectif est de déterminer, pour chaque site, les dates et créneaux horaires qui maximisent les dons attendus, sous contraintes opérationnelles (équipes, ressources, chaîne du froid, indisponibilités site) et réglementaires internes (espacement minimal entre deux collectes sur un même site).

2.3.3.2.2 Données requises

- **Historique des collectes par site (HUG/CRS)** : estimation d'un rendement de R_i (dons/heure) et profils temporels (variations par mois, par jour de semaine, par heure)
- **Calendriers spécifiques au site** (fermetures, vacances d'entreprise, grands événements internes) : transformés en facteurs d'attractivité.
- **Calendriers territoriaux** (vacances scolaires, festivals, jours fériés) : intégrés comme modulateurs saisonniers.
- **Accessibilité spatio-temporelle (SIG)** : matrices d'accessibilité ($\leq 10/15$ min) par créneau horaire autour de chaque site.
- **Contraintes logistiques** : équipes, véhicules, chaîne du froid, durée max/jour, indisponibilités.

2.3.3.2.3 Construction d'un score par site–date–créneau

$Dons_attendus(i, t, h) = R_i \times F_{jour}(i, t) \times F_{saison}(i, t) \times F_{heur}(i, h) \times A_{SIG}(i, t, h) \times E_{site}(i, t)$
où :

- R_i : rendement historique du site (médiane dons/h)
- F : coefficients correcteurs (jour, saison, heure)
- $A_{SIG}(i, t, h)$: score d'accessibilité dérivé du SIG
- $E_{site}(i, t)$: bonus/pénalités liés aux événements propres au site

2.3.3.2.4 Rôle des composant du prototype

- **SIG** : $A_{SIG}(i, t, h)$: score calculé par le SIG et identifiant les contraintes spatiales
- **Optimisation (MILP)** : sélectionne les créneaux optimaux pour maximiser les dons attendus.
- **Azure Digital Twins** : simule et compare le calendrier baseline vs optimisé et mesure l'impact sur les KPI.

2.3.3.2.5 Restitution dans le jumeau numérique

- **Entrée** : matrice $Dons_attendus(i, t, h)$, contraintes et blackouts.
- **Sortie** : calendrier annuel optimisé + KPI (Dons/an, COV_15, coût/don, CO₂, équilibre zones).
- **Usage** : mise à jour trimestrielle en cas d'événements exogènes (travaux TPG, fermeture site, changements RH).

2.3.3.3 Développement concret de la solution

2.3.3.3.1 Module SIG

- Importation des données (GeoJSON/CSV).
- Génération des isochrones 10–15 min (TPG/OSM).
- Calcul d'indicateurs (COV_15, ACC_P50, Gini).

2.3.3.3.2 Module d'optimisation MILP

Le moteur MILP, implémenté sous Pyomo ou OR-Tools, intègre :

- Les données du SIG.
- Les rendements historiques et coefficients temporels.
- Les contraintes logistiques (staff, véhicules, chaîne du froid).

Il retourne un calendrier optimisé de collectes.

2.3.3.3.3 Module de simulation et d'orchestration Azure Digital Twins

Chaque entité est représentée comme un nœud dans le jumeau numérique. Les résultats MILP sont simulés afin de comparer plusieurs scénarios. Azure calcule l'impact sur les indicateurs systémiques et restitue les résultats via un tableau de bord (mockup sous Figma/Power BI).

2.3.3.3.4 SIG & Azure Digitale Twins pour le prototype

Selon CTS, un seul site de collecte est planifié par jour, l'optimisation ne porte pas sur une tournée multi-sites, mais sur le choix du créneau horaire et du jour qui maximise le nombre de dons attendus, tout en respectant les contraintes organisationnelles.

Planification et optimisation mono-site

Lorsque les sites sont connus à l'avance et qu'un seul site est visité par jour, l'optimisation consiste à sélectionner le meilleur créneau horaire. Les paramètres considérés incluent :

- Le rendement historique du site (dons/heure),
- La variation attendue de participation selon l'heure (courbes de show-up),
- Le potentiel local fourni par le SIG (% de la population cible à moins de 15 minutes),
- Les contraintes opérationnelles (durée maximale de travail, pauses, chaîne du froid).

L'objectif est de maximiser le nombre de dons attendus, estimés de manière simplifiée par la formule :

$$Dons_{attendus} \approx R_{historique} \times F_{horaire} \times A_{accessibilite}$$

Simulation et orchestration (Azure Digital Twins)

Les résultats issus du SIG et du module de planification sont intégrés afin de tester différents scénarios (ex. extension horaire, changement de jour, ajout d'une équipe). Le moteur de simulation calcule ensuite les impacts sur des indicateurs clés : dons/jour, rendement horaire (YIELD_H), couverture territoriale (COV_15), coût par don, émissions de CO₂.

Organisation méthodologique

Le projet est organisé selon une démarche hybride combinant cascade pour les phases préparatoires et Scrum pour le développement du prototype.

Étapes en cascade

- **Analyse des besoins et cadrage**
 - Entretiens avec acteurs (CTS/HUG, CRS, associations étudiantes, donateurs).
 - Cahier des charges fonctionnel et technique.
- **Analyse qualitative**
 - Outils : PESTEL, SWOT, Value Proposition Canvas.
 - Identification des variables stratégiques.
- **Collecte et préparation des données**
 - Données géographiques, socio-démographiques et logistiques.
 - Nettoyage, normalisation, géocodage dans PostGIS.
- **Production des indicateurs SIG**
 - Calcul : accessibilité (ACC), couverture (COV), diversité (Shannon), équité territoriale, etc.
 - Résultats intégrés dans la base de données.

Étapes en Scrum (itératives)

Organisation en sprints de 2 à 3 semaines avec Sprint Planning, Daily Meetings, Sprint Review et Retrospective.

- **Sprint 0 (préparatoire)** : définition du backlog produit, choix technologique, mise en place GitHub.
- **Sprint 1** : construction de la base relationnelle PostGIS et intégration des données.
- **Sprint 2** : développement des modules SIG (ACC, COV, POP, DIVERSITY).
- **Sprint 3** : implémentation du moteur d'optimisation MILP.
- **Sprint 4** : simulation et orchestration via Azure Digital Twins.
- **Sprint 5** : conception de l'interface utilisateur (React, maquettes Figma).
- **Sprint 6** : intégration finale, tests unitaires (PyTest), validation avec baseline et scénarios optimisés.

Points de contrôle

- Fin de chaque sprint : démonstration du module développé.
- Milestones :
 - M1 : fin de la cascade (indicateurs validés),
 - M2 : prototype fonctionnel (Sprint 5),
 - M3 : intégration finale et validation (Sprint 6).

2.4 Résultat

2.4.1 Cas appliqué Haute Ecole de Gestion

Afin d'illustrer concrètement la solution du projet, un exemple a été construit sur le site HEG.

Formule générale :

$$Dons_{attendus} = R_{historique} \times F_{heure} \times F_{saison} \times A_{SIG}$$

- $R_{HEG} \approx 5,8$ dons/heure
- Facteur horaire : $F_{midi} = 1,00$, $F_{soir} = 1,20$
- Saison (mars) : $F_{mars} = 1,10$
- Accessibilité selon les jours : $A_{Lun} = 1,02$, $A_{Mar} = 1,05$, $A_{Mer} = 1,08$, $A_{Jeu} = 1,12$

Tableau 3 : Estimation des dons du sang attendus par jour et créneau horaire

Jour	Créneau	Calcul (arrondi)	Dons attendus
Lundi	12h–16h	$5,8 \times 1,00 \times 1,10 \times 1,02 \approx 22$	22–23
Lundi	17h–20h	$5,8 \times 1,20 \times 1,10 \times 1,02 \approx 27$	27–28
Mardi	12h–16h	$5,8 \times 1,00 \times 1,10 \times 1,05 \approx 23$	23–24
Mardi	17h–20h	$5,8 \times 1,20 \times 1,10 \times 1,05 \approx 28$	28–29
Mercredi	12h–16h	$5,8 \times 1,00 \times 1,10 \times 1,08 \approx 25$	25–26
Mercredi	17h–20h	$5,8 \times 1,20 \times 1,10 \times 1,08 \approx 31$	31–32
Jeudi	12h–16h	$5,8 \times 1,00 \times 1,10 \times 1,12 \approx 26$	26–27
Jeudi	17h–20h	$5,8 \times 1,20 \times 1,10 \times 1,12 \approx 33$	33–34

L'analyse visuelle met en évidence une hiérarchie claire entre les créneaux horaires. Les collectes organisées en soirée génèrent en moyenne 25 % de dons supplémentaires par rapport à celles de midi, avec un pic observé le jeudi soir (≈ 33 – 34 dons), suivi du mercredi soir (≈ 31 – 32 dons). À l'inverse, les créneaux du lundi demeurent globalement moins favorables.

Dans ce contexte, le modèle d'optimisation privilégiera naturellement les plages maximisant la fonction objective, c'est-à-dire le jeudi soir en première intention, complété par le mercredi soir comme alternative prioritaire.

2.4.2 Planification hebdomadaire optimisée

En appliquant la même démarche à d'autres sites simulés, une semaine optimisée peut être proposée. Chaque site se voit attribuer le jour et le créneau les plus performants, tout en évitant les chevauchements.

Tableau 4 : Exemple de semaine optimisée

Jour	Site recommandé	Créneau	Dons attendus
Lundi	Campus – Uni	12:00–16:00	24–26
Mardi	Administration – Lancy	11:00–15:00	22–24
Mercredi	Siège – Nations	17:00–20:00	27–29
Jeudi	HEG – Battelle	17:00–20:00	33–34

- Les collectes en journée (lundi, mardi) conviennent aux sites académiques et administratifs.
- Les collectes en soirée (mercredi, jeudi) maximisent les dons attendus.
- La répartition équilibre diversité des profils et rendement global.

2.4.3 Définition des indicateurs retenus

Afin de structurer la conception du prototype, quatre indicateurs principaux ont été retenus :

- Nombre de collectes prévues (planification),
- Couverture territoriale (%) (accessibilité géographique),
- Diversité des donateurs (%) (inclusivité),
- Distance moyenne (km) (proximité des sites).

Ces indicateurs constituent le socle du modèle conceptuel et guident les choix organisationnels.

2.4.4 Conception de la maquette

L'aboutissement de ce travail se matérialise par une série de maquettes conceptuelles (mockups), représentant le prototype d'un tableau de bord destiné à la planification et à l'optimisation des collectes de sang. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une application fonctionnelle, ces maquettes traduisent la logique d'optimisation développée et constituent un support visuel et stratégique pour les parties prenantes. Elles visent à démontrer le potentiel d'un outil numérique dédié, en intégrant les dimensions géographiques, logistiques et décisionnelles du projet.

L'ensemble des maquettes se structure en plusieurs modules complémentaires :

- **Barre de navigation supérieure** : elle offre un accès direct aux fonctionnalités principales (calendrier, simulation avancée, indicateurs clés), garantissant une expérience utilisateur intuitive.
- **Zone centrale** : une carte interactive fictive de Genève constitue le cœur du dispositif. Elle permet de naviguer et de visualiser les sites de collecte, différenciés en trois catégories : existants (bleu), optimisés (vert) et proposés (orange). Cette visualisation spatiale facilite l'identification des zones stratégiques et des opportunités de diversification.
- **Colonne de gauche Simulation** : ce panneau s'active lorsqu'un site ou un emplacement est sélectionné. Il intègre des champs simples (sélection de la date, créneau horaire, fréquence des collectes) et un bouton « Estimer les dons », permettant de projeter rapidement le potentiel d'un scénario.
- **Colonne de droite Indicateurs clés** : ce module présente, sous forme de cartes colorées et de graphiques synthétiques, les principaux indicateurs retenus (accessibilité, couverture territoriale, diversité des donateurs, équité spatiale, distance moyenne, proportion de primo-donneurs). Il permet une comparaison immédiate entre la situation actuelle et les scénarios simulés.
- **Fonctionnalité d'optimisation MILP** : illustrée à travers un bloc dédié, elle met en évidence la capacité du modèle à sélectionner automatiquement les créneaux optimaux en fonction des contraintes définies (logistiques, temporelles et démographiques).

Ces maquettes offrent une vision intégrée du futur outil : un environnement interactif où les responsables des collectes peuvent tester différents scénarios, visualiser leur impact et ajuster leurs décisions en fonction des résultats affichés. Elles constituent un premier pas vers une application opérationnelle, mais devront être enrichies et ajustées par une co-construction avec les acteurs de terrain, afin de refléter fidèlement leurs besoins pratiques et organisationnels.

2.4.5 Module de simulation de collecte

Figure 8 : Simulation de collecte



BeeMyBlood
Planification et optimisation - Genève

Simulation

Collectes Communication Paramètres

Diverses simulations

● Système actif

Simulation de collecte

Configurez les paramètres et analysez les prévisions de donations

Configuration de la simulation

Date de collecte
20.12.2024

Heure de début
10:00

Heure de fin
16:00

Lieu de collecte
Plaine de Plainpalais Mobile

Adresse du lieu
Adresse personnalisée (optionnelle)
Adresse par défaut: Place de Plainpalais, 1204 Genève

Estimer les donations

Paramètres sélectionnés

Date
vendredi 20 décembre

Horaires
10:00 - 16:00

Lieu
Plaine de Plainpalais
Place de Plainpalais, 1204 Genève

Zone de simulation - Genève

Visualisation de la zone d'influence pour la collecte sélectionnée



Le module de simulation illustre les possibilités offertes par le prototype pour planifier et optimiser les collectes mobiles de sang. L'interface associe un panneau de configuration à gauche et une carte interactive à droite, permettant à l'utilisateur d'expérimenter différents scénarios et d'obtenir des prévisions de participation.

Les principales fonctionnalités visibles sur le mockup sont les suivantes :

2.4.5.1 Configuration de la collecte

- Sélection de la date de la collecte.
- Définition d'une plage horaire.
- Choix du lieu de collecte parmi les sites proposés.
- Option d'adresse personnalisée, permettant de tester de nouveaux sites potentiels.

2.4.5.2 Estimation des donations

- Bouton d'action « Estimer les donations » déclenchant le calcul des prévisions.
- Génération d'une estimation fondée sur les paramètres saisis.

2.4.5.3 Visualisation cartographique

- Carte interactive de Genève avec mise en évidence des sites stratégiques.
- Représentation des zones d'influence spatiales par des cercles colorés permettant d'identifier la couverture territoriale.
- Visualisation des chevauchements entre sites et mise en évidence des éventuelles zones mal desservies.


2.4.5.4 Synthèse des paramètres sélectionnés

- Encadré récapitulatif affichant la date, les horaires et le lieu retenus.
- Fonction de traçabilité utile pour comparer différents scénarios de simulation.

Ce mockup illustre ainsi une approche combinant simplicité de saisie des données et restitution visuelle intuitive, afin de soutenir la prise de décision dans l'organisation des collectes de sang et de renforcer la planification stratégique.

2.4.6 Module de gestion des collectes

Figure 9 : Gestion des collectes



BeeMyBlood
Planification et optimisation - Genève

Diverses simulations

● Système actif

Simulation

Collectes

Communication

Paramètres

+ Nouvelle collecte

Gestion des collectes

Planifiez, organisez et suivez toutes vos collectes de sang

Tableau de bord

Liste des événements

Stock sanguin

Planification

Collectes à venir
4

Participants inscrits
854

Donations collectées
390

Collectes actives
1

Actions rapides

- + Programmer une collecte
- 👤 Gérer les inscriptions
- 📊 Voir les statistiques
- 📍 Analyser les sites

Taux de remplissage
71%

Prochaines collectes

- 📍 **Collecte de Noël - Centre-ville**
20/12/2024 09:00-17:00 Plaine de Plainpalais Planifié
- 📍 **Don du sang - HUG**
17/12/2024 08:00-16:00 Hôpitaux Universitaires de Genève En cours
- 📍 **Collecte Urgente - Réserves Basses**
22/12/2024 08:00-20:00 Centre de Transfusion Planifié
- 📍 **Collecte Nouvel An**
28/12/2024 10:00-16:00 Plaine de Plainpalais Planifié

Le module de gestion permet de planifier, organiser et suivre l'ensemble des collectes de sang. Il centralise les informations clés dans un tableau de bord intuitif, facilitant la prise de décision des responsables en affichant à la fois des indicateurs de suivi et des actions rapides.

Les fonctionnalités visibles sur ce mockup sont les suivantes :

2.4.6.1 Tableau de bord centralisé

- Nombre total de collectes à venir.
- Nombre de participants déjà inscrits.
- Volume de donations collectées.
- Indicateur de taux de remplissage des réserves sanguines.
- Nombre de collectes actives en cours.

2.4.6.2 Actions rapides

- Programmer une nouvelle collecte.
- Gérer les inscriptions des participants.
- Consulter et analyser les statistiques.
- Évaluer la performance et la pertinence des différents sites de collecte.

2.4.6.3 Planification et suivi des collectes

- Liste des collectes planifiées avec intitulé, date, horaire et lieu.
- Visualisation de l'état d'avancement de chaque collecte.
- Indicateur de progression par collecte.

Ce module illustre une approche intégrée de la planification et du suivi opérationnel. En combinant un suivi statistique en temps réel et une planification proactive, il renforce la capacité des institutions à assurer un approvisionnement régulier et sécurisé en produits sanguins.

2.4.7 Liste des événements

Figure 10 : Liste des événements

Tableau de bord
Liste des événements
Stock sanguin
Planification

Calendrier

<
September 2025
>

Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
		31	1	2	3	4
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	1	2	3	4

mercredi 17 septembre 2025
Aucun événement

Filtres et recherche

10 événement(s) trouvé(s) • Date sélectionnée: 17/09/2025

Tous les statuts
Tous les types

Collecte de Noël - Centre-ville

📅 20/12/2024 ⌚ 09:00-17:00 📍 Plaine de Plainpalais

👤 95/120 inscrits 🌡️ 8°C

Collecte spéciale de fin d'année avec animations et vin chaud offert

Planifié
79% rempli

Don du sang - HUG

📅 17/12/2024 ⌚ 08:00-16:00 📍 Hôpitaux Universitaires de Genève

👤 142/150 inscrits 🌡️ 5°C

Excellente participation du personnel hospitalier

active
95% rempli

Ce module permet de visualiser et de gérer l'ensemble des collectes de sang planifiées. L'interface combine un calendrier interactif, des filtres de recherche et une liste détaillée des événements, facilitant le suivi et l'organisation des campagnes.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.7.1 Calendrier intégré

- Sélection directe d'une date pour afficher les collectes correspondantes.
- Visualisation claire des jours comportant des événements programmés.
- Indication des jours sans collecte pour simplifier la planification.

2.4.7.2 Filtres et recherche

- Barre de recherche pour retrouver rapidement une collecte par nom ou mot-clé.
- Filtres par statut et par type d'événement.
- Indication du nombre total d'événements correspondant à la recherche.

2.4.7.3 Liste des collectes

- Présentation de chaque collecte avec titre, date, horaire et lieu précis.
- Indicateurs de participation : nombre d'inscrits et nombre effectif de dons réalisés.
- Informations contextuelles comme la météo prévue ou des notes sur la participation.
- Suivi de l'avancement via des pourcentages de remplissage.
- Actions rapides disponibles pour chaque collecte (visualisation, modification, suppression).

Ce module illustre la capacité du prototype à offrir une vue d'ensemble structurée et filtrable des collectes de sang, permettant aux responsables de mieux coordonner leurs campagnes et d'anticiper les besoins logistiques et humains.

2.4.8 Module de gestion du stock sanguin

Figure 11 : Gestion du stock sanguin



Le module de gestion du stock sanguin permet un suivi en temps réel de la disponibilité des produits par groupe sanguin, tout en intégrant des alertes critiques et des recommandations opérationnelles. Il combine une visualisation détaillée des niveaux de stock et des outils d'aide à la décision, afin d'anticiper les pénuries et d'assurer la continuité des soins.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.8.1 Suivi par groupe sanguin

- Affichage du stock actuel par groupe (O+, O-, A+, A-, B+, B-, AB+, AB-).
- Comparaison avec les seuils minimum, optimal et maximum.
- Visualisation des unités proches de l'expiration (3, 7 et 14 jours).
- Indicateurs dynamiques de collecte et d'utilisation sur les 7 derniers jours.

2.4.8.2 Indicateurs globaux

- Total des unités disponibles.
- Nombre de groupes sanguins en situation critique, optimale ou basse.
- Volume de produits arrivant prochainement à expiration.

2.4.8.3 Alertes et recommandations

- Signalement des stocks critiques (ex. O- en dessous du seuil minimal).
- Alertes en cas de niveaux bas pour certains groupes.
- Indication du nombre d'unités proches de l'expiration.
- Confirmation des groupes en situation optimale.

2.4.8.4 Outils de gestion

- Actualisation des données en temps réel.
- Déclenchement d'actions ciblées, comme une collecte urgente pour un groupe critique.
- Accès à un rapport détaillé et à l'historique des mouvements.
- Statistiques générales sur l'efficacité des collectes et le taux d'utilisation.

Ce module met en évidence la capacité du prototype à transformer la gestion du stock sanguin en un processus proactif et piloté par les données, renforçant la sécurité transfusionnelle et l'efficacité organisationnelle.

2.4.9 Module de planification avancée

Figure 12 : Planification avancée

The interface displays the following components:

- Navigation Bar:**
 - Tableau de bord
 - Liste des événements
 - Stock sanguin
 - Planification (Active)
- Planification avancée**
 - Outils de planification et d'optimisation des collectes
 - Optimiser les sites
- Recommandations automatiques**
 - Zone sous-desservie détectée**
Secteur Meyrin-Vernier nécessite plus de collectes
 - Période optimale identifiée**
Mercredi 15h-19h montre le meilleur taux de participation
- Analyser la demande**
 - Rapport d'activité
- Métriques de performance**
 - Taux de remplissage moyen: 78%
 - Temps de planification moyen: 12 jours
 - Taux d'annulation: 3%

Le module de planification avancée est conçu pour optimiser la stratégie des collectes en identifiant automatiquement les zones prioritaires et les périodes les plus favorables. Il propose des outils d'aide à la décision combinant optimisation spatiale, anticipation de la demande et suivi des performances.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.9.1 Outils de planification

- Optimiser les sites de collecte afin de maximiser la couverture territoriale.
- Analyser la demande pour anticiper les besoins transfusionnels.
- Générer un rapport d'activité consolidé pour le suivi global.

2.4.9.2 Recommandations automatiques

- Détection des zones sous-desservies.
- Identification des périodes optimales de collecte.

2.4.9.3 Métriques de performance

- Suivi du taux de remplissage moyen des collectes.
- Indication du temps moyen nécessaire pour planifier une collecte.
- Taux d'annulation des événements prévus.

Ce module illustre le potentiel d'une approche prédictive et proactive de la planification des collectes de sang, en combinant recommandations automatiques et indicateurs de performance, afin d'orienter les décideurs vers les choix les plus efficaces et durables.

2.4.10 Module de communication et campagnes

Figure 13 : Communication et campagnes

The screenshot displays the 'Communication et campagnes' interface. At the top left, the BeeMyBlood logo and tagline 'Planification et optimisation - Genève' are visible. The main header includes navigation options: 'Diverses simulations', 'Système actif', 'Collectes', 'Simulation', 'Communication', 'Paramètres', and a 'Nouvelle campagne' button. The central navigation bar features 'Tableau de bord', 'Campagnes', 'Modèles', and 'Contacts'. The 'Campagnes' section is active, showing a dashboard with four key metrics: 'Messages envoyés' (1,250), 'Taux d'ouverture' (71%), 'Clics' (245), and 'Conversions' (89). Below this, a list of recent campaigns is shown, including 'Campagne SMS' (1250 sent, 71% open), 'Newsletter Mensuelle' (0 sent, 0% open), and 'Notifications Push' (0 sent, 0% open).

BeeMyBlood
Planification et optimisation - Genève

Communication et campagnes
Gérez vos campagnes de communication avec les donneurs

Diverses simulations • Système actif

Collectes Simulation Communication Paramètres

Nouvelle campagne

Tableau de bord Campagnes Modèles Contacts

Messages envoyés **1,250**

Taux d'ouverture **71%**

Clics **245**

Conversions **89**

Campagnes récentes

- Campagne SMS**
Messages de rappel pour les donneurs réguliers
1250 envoyés
71% ouverture
Actif
- Newsletter Mensuelle**
Informations sur les prochaines collectes
0 envoyés
0% ouverture
Brouillon
- Notifications Push**
Alertes urgentes pour pénuries de sang
0 envoyés
0% ouverture
Programmé

Le module de communication est dédié à la gestion des interactions avec les donateurs. Il centralise les campagnes de sensibilisation et de fidélisation, tout en offrant un suivi statistique des performances. Cette fonctionnalité vise à renforcer la participation aux collectes en optimisant la diffusion des messages et en diversifiant les canaux utilisés.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.10.1 Indicateurs clés de communication

- Nombre total de messages envoyés.
- Taux d'ouverture des messages.
- Nombre de clics générés par les campagnes.
- Taux de conversion mesurant les inscriptions effectives.

2.4.10.1.1 Gestion des campagnes

- Lancement d'une nouvelle campagne directement depuis le tableau de bord.
- Liste des campagnes récentes avec type, statut et indicateurs associés.
- Possibilité de créer et gérer différents canaux de communication :
 - Campagnes SMS : rappels pour les donateurs réguliers.
 - Newsletters : informations générales sur les prochaines collectes.
 - Notifications push : alertes urgentes en cas de pénurie.

2.4.10.2 Suivi opérationnel

- Distinction claire entre les campagnes actives, programmées et en brouillon.
- Suivi de la performance par campagne (envois, taux d'ouverture, statut).

Ce module illustre la capacité du prototype à articuler communication ciblée et suivi analytique, renforçant la mobilisation des donateurs par des messages personnalisés et mesurables en temps réel.

2.4.11 Création d'une campagne de communication

Figure 14 : Campagne de communication

The screenshot displays a mobile application interface for creating a communication campaign. At the top, there is a navigation bar with three tabs: 'Tableau de bord' (Dashboard), 'Campagnes' (Campaigns), and 'Contacts'. The 'Campagnes' tab is currently selected.

The main content area is titled 'Créer une campagne' (Create a campaign) and is divided into two sections:

- Campagnes:** This section contains several input fields:
 - Type de campagne:** A dropdown menu with 'Campagne SMS' selected.
 - Titre de la campagne:** A text input field with the example text 'Ex: Rappel don de sang décembre'.
 - Groupe cible:** A dropdown menu with 'Sélectionner le groupe' selected.
 - Message:** A large text area for writing the message, with a character count 'Caractères: 0/160 (SMS)' and a 'Programmation' field showing 'jj.mm.aaaa'.
- Contacts:** This section shows a preview of the message being sent. It includes a green dot indicating 'SMS' and the text: 'Système de collecte de sang', 'Votre message apparaîtra ici...', and 'Envoyé depuis l'application Blood Collection System'.

At the bottom right of the form, there is a dark blue button with a white arrow and the text 'Programmer la campagne' (Schedule the campaign).

Ce module permet de créer et de programmer des campagnes de communication ciblées, afin de mobiliser les donateurs par différents canaux (ici via SMS). L'interface combine des champs de configuration simples et un aperçu en temps réel du message, garantissant clarté et efficacité.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.11.1 Configuration de la campagne

- Sélection du type de campagne.
- Définition d'un titre pour identifier rapidement la campagne.
- Choix du groupe cible (par exemple : donateurs réguliers, nouveaux inscrits, groupe sanguin spécifique).
- Rédaction du message, limité à 160 caractères pour correspondre au format SMS.

2.4.11.2 Programmation

- Sélection de la date et de l'heure d'envoi.
- Possibilité de planifier à l'avance une campagne récurrente ou ponctuelle.

2.4.11.3 Aperçu en temps réel

- Visualisation immédiate du message tel qu'il sera reçu par le destinataire.
- Mention de l'expéditeur institutionnel (« Système de collecte de sang ») pour assurer la transparence et la confiance.

2.4.11.4 Validation et lancement

- Bouton d'action « Programmer la campagne » pour confirmer l'opération.

Ce module illustre l'importance d'une communication proactive et personnalisée, intégrée directement dans le système de gestion des collectes, afin de maximiser la participation et de fidéliser les donateurs.

2.4.12 Modèles de messages

Figure 15 : Modèles de messages

Tableau de bord Campagnes Modèles Contacts

Modèles de messages
Modèles prédéfinis pour vos communications

Rappel de don
Bonjour (nom), votre prochain don de sang est prévu le (date) à (heure). Merci de confirmer votre présence.
[Modifier](#) [Utiliser](#) Rappel

Remerciement
Merci (nom) pour votre don de sang du (date). Grâce à vous, nous sauvons des vies !
[Modifier](#) [Utiliser](#) Remerciement

Appel urgent
URGENT: Pénurie de sang de type (groupe_sanguin). Votre don peut sauver des vies. RDV possible aujourd'hui.
[Modifier](#) [Utiliser](#) Urgence

Le module des modèles de messages propose une bibliothèque de contenus prédéfinis pour faciliter la communication avec les donateurs. Il permet d'envoyer rapidement des rappels, des remerciements ou des alertes urgentes, tout en offrant la possibilité de personnaliser les textes.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.12.1 Bibliothèque de modèles prédéfinis

- Rappel de don : message automatique confirmant la date et l'heure d'un rendez-vous pour un don.
- Remerciement : message personnalisé adressé aux donateurs après leur contribution.
- Appel urgent : message d'alerte en cas de pénurie pour un groupe sanguin spécifique.

2.4.12.2 Personnalisation des messages

- Utilisation de champs dynamiques ({nom}, {date}, {heure}, {groupe_sanguin}) pour un envoi adapté à chaque destinataire.
- Possibilité de modifier le texte avant envoi afin de l'ajuster au contexte.

2.4.12.3 Actions rapides

- Boutons « Utiliser » pour lancer directement une campagne basée sur le modèle.
- Boutons « Modifier » pour adapter le message avant diffusion.

Ce module illustre l'importance d'une communication structurée et réactive, qui permet de combiner gain de temps opérationnel et personnalisation des échanges, afin de renforcer la fidélisation des donateurs et d'optimiser la réactivité en cas de besoin urgent.

2.4.13 Gestion des contacts

Figure 16 : Gestion des contacts

Tableau de bord
Campagnes
Modèles
Contacts

Total contacts

12

Actifs

11

Sites couverts

12

Dernière MAJ

16/01

Responsables de collecte
Contacts des responsables de sites et coordinateurs

🔍 Rechercher par nom, site ou rôle...

➕ Ajouter un contact

📄 Tous les statuts

Dr. Marie Dubois Actif

Responsable collecte

📍 Hôpitaux Universitaires de Genève
Service de transfusion

🕒 Lun-Ven 8h-17h

📞 +41 22 372 8145

✉️ marie.dubois@hug.ch

📅 Dernier contact: 15/01/2024

Notes: Coordinatrice principale pour les collectes d'urgence

Pierre Martin Actif

Coordinateur terrain

📍 Centre-Ville Genève
Croix-Rouge Genève

🕒 Lun-Sam 9h-18h

📞 +41 22 543 7821

✉️ pierre.martin@croixrouge.ch

📅 Dernier contact: 12/01/2024

Notes: Spécialisé dans l'organisation des collectes mobiles

Le module de gestion des contacts permet de centraliser les informations relatives aux responsables de collecte et aux coordinateurs terrain. Il facilite la communication et la coordination en donnant un accès rapide aux coordonnées, aux rôles et aux disponibilités de chaque interlocuteur clé.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.13.1 Indicateurs globaux

- Nombre total de contacts enregistrés.
- Nombre de contacts actifs.
- Nombre de sites couverts par ces contacts.
- Date de la dernière mise à jour des informations.

2.4.13.2 Annuaire des responsables de collecte

- Fiches détaillées pour chaque contact (nom, rôle, organisation, site de rattachement).
- Précision des horaires de disponibilité.
- Ajout de notes descriptives (ex. spécialisé dans les collectes mobiles, responsable des urgences).

2.4.13.3 Outils de gestion et de communication

- Recherche par nom, site ou rôle.
- Filtrage des contacts par statut.
- Boutons d'action pour contacter directement par téléphone, e-mail ou via un lien externe.
- Possibilité d'ajouter de nouveaux contacts.

Ce module illustre la capacité du prototype à renforcer la coordination interinstitutionnelle et la réactivité opérationnelle, en mettant à disposition un carnet d'adresses dynamique et directement relié à l'organisation des collectes.

2.4.14 Paramètres système

Figure 17 : Paramètres système

BeeMyBlood
Planification et optimisation - Genève

Paramètres système
Configuration et personnalisation du système de collecte

Simulation Collectes Communication Paramètres

Diverses simulations ● Système actif

Sauvegarder

Général Notifications Carte Données Sécurité Avancé

Paramètres généraux

Nom de l'organisation
Centre de transfusion sanguine de Genève

Adresse principale
Rue du Grand-Pré 2, 1202 Genève

Contact principal
+41 22 123 45 67

Email
contact@transfusion-geneve.ch

Langue du système
Français

Fuseau horaire
Europe/Zurich

Apparence

Thème
Système

Couleur principale

Mode compact
Interface plus condensée

Animations
Transitions et effets visuels

Le module des paramètres système permet de configurer et de personnaliser l'ensemble de la plateforme de gestion des collectes. Il donne accès aux informations organisationnelles essentielles tout en offrant des options de personnalisation visuelle et fonctionnelle, afin d'adapter l'outil aux besoins spécifiques de chaque institution.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.14.1 Paramètres généraux

- Définition du nom de l'organisation.
- Indication de l'adresse principale, du contact téléphonique et de l'email de référence.
- Paramétrage de la langue du système.
- Définition du fuseau horaire.

2.4.14.2 Apparence et ergonomie

- Choix du thème visuel de l'interface.
- Sélection de la couleur principale parmi plusieurs options.
- Activation d'un mode compact pour une interface plus condensée.
- Gestion des animations (transitions et effets visuels).

2.4.14.3 Navigation étendue

- Accès à d'autres onglets de configuration :
 - Notifications
 - Carte
 - Données
 - Sécurité
 - Avancé
- Sauvegarde des paramètres via un bouton dédié.

Ce module illustre la volonté d'offrir une flexibilité institutionnelle et une expérience utilisateur personnalisée, garantissant l'adaptabilité de la plateforme à différents contextes organisationnels et culturels.

2.4.15 Diverses simulations et analyse des créneaux

Figure 19 : Diverses simulations

Diverses simulations

Ajoutez plusieurs sites de collecte pour obtenir des recommandations optimisées avec dates et créneaux

Sites de collecte + Ajouter un site

Site 1 ✕

Nom du site
HEG

Site 2 ✕

Nom du site
UNIMAIL

▶ Générer les recommandations

✔ Ordre recommandé

1 HEG Priorité haute 📅 23/09/2025
🕒 09:00-12:00

Créneau optimal identifié - Maximum d'affluence

2 UNIMAIL Priorité moyenne 📅 01/10/2025
🕒 14:00-17:00

Optimisation des ressources humaines

Gain total estimé
+23 donateurs

Donneurs totaux
122

Efficacité moyenne
92%

Figure 18 : Analyse des créneaux

🎯 Analyse des créneaux optimaux

Recommandations pour maximiser le nombre de donateurs

Site	Créneau optimal	Donneurs estimés	Gain potentiel	Efficacité	Raison
HEG	23/09/2025 🕒 09:00-12:00 mardi	👤 55	📈 +12	91%	Mercredi 14h-17h: pic de particip
UNIMAIL	01/10/2025 🕒 14:00-17:00 mercredi	👤 67	📈 +11	93%	Mardi matin: disponibilité maxime

✔ Appliquer ces créneaux
⚠ Ajuster manuellement

📈 Insights d'optimisation

- Les créneaux en milieu de semaine (mardi-jeudi) montrent 30% de participation en plus
- Les horaires 17h-19h sont optimaux pour la population active (+40% de donateurs)
- Éviter les lundis et vendredis qui montrent des taux de participation plus faibles
- Les matinées 9h-12h sont préférées par les donateurs réguliers et les retraités

Le module de simulation avancée permet d'optimiser l'ordre plusieurs sites de collecte et d'identifier les créneaux horaires les plus efficaces. Il génère automatiquement des recommandations basées sur des critères d'affluence, de disponibilité et d'optimisation des ressources humaines.

Les principales fonctionnalités visibles sur ce mockup sont :

2.4.15.1 Gestion des sites de collecte

- Possibilité d'ajouter plusieurs sites.
- Paramétrage individuel pour chaque site afin de simuler différents scénarios.
- Génération de recommandations automatiques sur la base des données saisies.

2.4.15.2 Ordre recommandé et priorisation

- Classement des sites selon leur priorité.
- Indication du créneau optimal identifié pour chaque site.
- Estimation du gain potentiel en nombre de donateurs (ex. +23 donateurs).

2.4.15.3 Analyse détaillée des créneaux optimaux

- Présentation par site du créneau recommandé (date, horaire).
- Estimation des donateurs attendus et du gain potentiel.
- Indicateurs d'efficacité (ex. 91 % pour HEG, 93 % pour UNIMAIL).
- Justification du choix (ex. pic de participation en milieu de semaine).

2.4.15.4 Insights d'optimisation

- Conseils stratégiques : privilégier le mardi-jeudi (+30 %), éviter les lundis et vendredis, cibler les horaires 17h–19h pour les actifs.
- Identification des matinées comme créneaux favorables aux donateurs réguliers et retraités.

2.4.15.5 Actions disponibles

- Application directe des créneaux recommandés.
- Ajustement manuel possible pour adapter les recommandations aux contraintes organisationnelles.

Ce module met en évidence le potentiel du prototype à proposer une planification optimisée et prédictive, en transformant l'analyse des données en recommandations concrètes et directement applicables pour maximiser la participation aux collectes.

2.4.16 Conclusion des mockups présentés

L'ensemble des interfaces présentées illustre un prototype conceptuel visant à optimiser la planification, la gestion et la communication autour des collectes de sang. Ces mockups permettent de visualiser différentes dimensions du processus, allant de la simulation des collectes à la gestion du stock sanguin, en passant par la planification avancée, la communication ciblée, la coordination des contacts et la personnalisation du système.

Ils constituent avant tout une preuve de concept, démontrant la faisabilité et la cohérence d'un tel outil de support décisionnel. Toutefois, ces maquettes n'ont pas vocation à représenter une application pleinement fonctionnelle. Leur rôle est de matérialiser une vision d'ensemble et d'ouvrir la discussion sur les fonctionnalités pertinentes à intégrer.

Pour transformer ces mockups en un système opérationnel, une étape essentielle consisterait à impliquer les acteurs de terrain coordinateurs de collectes, responsables hospitaliers, associations de donneurs afin de préciser les besoins réels, les contraintes organisationnelles et les priorités fonctionnelles. Ce dialogue avec les professionnels garantirait que l'outil final ne soit pas uniquement techniquement performant, mais également adapté aux usages concrets, ergonomique et véritablement utile à la pratique quotidienne.

En ce sens, ces mockups doivent être compris comme un cadre exploratoire, ouvrant la voie à un processus collaboratif de co-conception entre chercheurs, développeurs et praticiens du domaine transfusionnel.

3. Discussions :

3.1.1 Le cas du Milk Supply Chain

Un champ d'application particulièrement documenté concerne la filière laitière, où les contraintes logistiques sont particulièrement exigeantes en raison de la périssabilité du produit, de la nécessité de maintenir une chaîne du froid continue et de la variabilité saisonnière de la production. Le concept de milk supply chain désigne l'ensemble des opérations allant de la collecte dans les exploitations agricoles à la transformation industrielle, puis à la distribution auprès des consommateurs finaux.

L'introduction de jumeaux numériques dans ce domaine a permis de :

- Modéliser les flux physiques et informationnels à l'échelle de la chaîne complète,
- Optimiser les tournées de collecte en tenant compte des contraintes de temps, de volume et de qualité sanitaire,
- Simuler des perturbations (pannes, retards, conditions climatiques extrêmes) et évaluer leur impact sur la continuité de l'approvisionnement,
- Améliorer la résilience systémique, en proposant des stratégies alternatives face aux aléas (Zhang et al., 2025).

Cette littérature illustre la pertinence des jumeaux numériques pour les chaînes logistiques de produits sensibles, où la détérioration rapide des ressources impose une planification rigoureuse et une anticipation permanente.

3.1.2 Transposabilité au domaine transfusionnel

La comparaison avec la filière transfusionnelle apparaît particulièrement féconde. Comme le lait, les produits sanguins sont soumis à des contraintes de conservation strictes, à une variabilité de la disponibilité (fluctuation du nombre de donneurs) et à une demande hospitalière difficilement prévisible. La transposition des approches développées dans le milk supply chain vers le blood supply chain constitue donc une piste prometteuse, en particulier pour optimiser les collectes mobiles, réduire les pertes liées à l'expiration des poches et renforcer la durabilité du système transfusionnel.

3.2 Analyse des flux de personnes

L'un des aspects non intégrés dans le cadre de ce travail concerne l'analyse des flux de personnes, c'est-à-dire l'étude des mouvements quotidiens de la population dans l'espace urbain. Or, ces dynamiques de mobilité constituent un facteur déterminant pour comprendre et optimiser la participation au don de sang. La planification des collectes mobiles ne repose pas seulement sur la localisation résidentielle des donneurs potentiels, mais également sur leurs trajectoires quotidiennes : trajets domicile-travail, fréquentation des universités, visites dans les centres commerciaux ou participation à des événements culturels.

3.2.1 Pourquoi les flux sont essentiels

La littérature en logistique urbaine et en santé publique souligne que la mobilité des personnes influence directement l'efficacité des services mobiles (Moturi et al. 2022). Dans le cas du don de sang, programmer une collecte à proximité d'un campus en fin de journée ou dans une zone de transit fortement fréquentée peut augmenter considérablement la participation, sans nécessiter de campagnes supplémentaires. En revanche, ignorer ces flux risque de conduire à organiser des collectes dans des lieux accessibles mais peu fréquentés aux moments choisis, entraînant une sous-performance logistique.

3.2.2 Portée de ce travail

Dans ce travail de Bachelor, l'approche adoptée s'est limitée à des indicateurs statiques. L'absence de données empiriques sur les flux de mobilité a empêché d'intégrer cette dimension dans le prototype conceptuel. Ce choix méthodologique, dicté par les contraintes d'accès aux données, réduit la pertinence de l'optimisation proposée, elle ne tient pas compte de la temporalité et des rythmes urbains, pourtant essentiels pour mobiliser efficacement les donneurs.

3.2.3 Des sources existantes exploitables

En Suisse, plusieurs sources pourraient être mobilisées dans une future perspective. Les données de mobilité fournies par Swisscom permettent, grâce aux signaux des antennes mobiles, de reconstruire les trajets quotidiens de la population de manière anonymisée (Swisscom 2023). De même, les données en open data des TPG renseignent sur la fréquentation des lignes de transport, les arrêts les plus utilisés et les flux horaires (TPG 2024). Enfin, des approches basées sur la modélisation des flux sont déjà utilisées pour optimiser d'autres services urbains, comme la vaccination ou la gestion des urgences (Liu et al. 2024).

3.2.4 Perspectives de recherche

L'intégration des flux de personnes constituerait une avancée majeure pour renforcer la validité opérationnelle du prototype. Elle permettrait de passer d'une logique purement territoriale à une approche spatio-temporelle, où les sites et horaires de collecte seraient choisis en fonction des moments et lieux de forte fréquentation. Cela offrirait la possibilité de cibler les zones où les donneurs potentiels sont réellement présents et disponibles, et non uniquement où ils résident. Une telle approche améliorerait la couverture, réduirait le risque de sous-participation et favoriserait une meilleure adéquation entre l'offre et la demande transfusionnelle.

4. Limites

4.1 Viabilité économique incertaine

La mise en place d'un jumeau numérique appliqué à la collecte de sang suppose des investissements significatifs en infrastructures technologiques, en ressources humaines spécialisées (data scientists, ingénieurs systèmes, experts en santé publique) et en gouvernance des données. Or, le système de santé est déjà soumis à de fortes pressions budgétaires. En Suisse comme ailleurs, les institutions transfusionnelles doivent trouver un équilibre entre l'efficacité économique et l'accessibilité des soins, dans un contexte de rationalisation croissante des dépenses (OECD 2022).

4.1.1 Tension structurelle

La littérature souligne que les innovations numériques en santé ne peuvent être pérennes sans un modèle économique viable (Khairat et al. 2018). Dans le cas du don de sang, la valeur ajoutée d'un système optimisé (meilleure couverture, diversité accrue, anticipation des pénuries) doit être mise en balance avec les coûts engendrés : acquisition de données, licences logicielles, interopérabilité avec les systèmes hospitaliers, formation du personnel. Ces coûts initiaux peuvent freiner l'adoption, surtout dans un domaine où la chaîne transfusionnelle repose sur des financements publics et associatifs.

4.1.2 Dépendance aux financements publics

En Suisse, les collectes de sang sont principalement organisées par les Hôpitaux universitaires et la Croix-Rouge. Leur budget repose sur des subventions publiques et sur la facturation des produits sanguins aux hôpitaux (CRS 2023). L'introduction d'une innovation numérique à forte intensité technologique risque de peser sur ce modèle déjà contraint. Sans financement complémentaire, qu'il soit institutionnel, cantonal ou national, la viabilité économique d'un tel dispositif demeure incertaine.

4.1.3 Valeur pourtant stratégique

Paradoxalement, l'argument économique peut aussi jouer en faveur du prototype. En améliorant la planification, il pourrait réduire les coûts liés aux collectes inefficaces, limiter les pertes de produits sanguins (actuellement estimées entre 5 et 10 % selon l'OMS, (2022) et optimiser l'utilisation des ressources humaines. L'enjeu n'est donc pas uniquement technologique, mais aussi organisationnel et stratégique (WHO 2022a).

4.1.4 Limites organisationnelles et communicationnelle

Au-delà des considérations économiques et technologiques, la viabilité d'un dispositif numérique appliqué à la collecte sanguine dépend étroitement de la qualité des processus communicationnels entre les acteurs impliqués. Le système transfusionnel s'appuie sur une pluralité d'institutions centres de transfusion, hôpitaux universitaires, associations de donneurs, autorités publiques et partenaires académiques dont la coordination constitue une condition nécessaire à l'efficacité globale.

Cependant, la littérature en management des organisations souligne que la fragmentation de la communication interinstitutionnelle représente une source récurrente de vulnérabilité dans les systèmes de santé (Braithwaite et al., 2017). Dans le cas particulier des collectes de sang, des retards de transmission d'information, des doublons administratifs ou des ruptures de communication lors de la planification des campagnes peuvent générer des inefficiences majeures tels que diminution de la participation des donneurs, mobilisation sous-optimale des ressources humaines, voire annulation d'événements programmés.

Ces dysfonctionnements organisationnels traduisent une limite structurelle à la mise en place d'outils numériques de planification. Sans mécanismes de gouvernance de l'information clairement définis et sans protocoles de communication standardisés, les innovations technologiques risquent de se heurter à des défaillances de coordination, réduisant leur portée stratégique. Renforcer la robustesse et l'interopérabilité des circuits de communication apparaît dès lors comme une condition indispensable à l'intégration d'un jumeau numérique dans le système transfusionnel.

4.2 La planification des collectes comme wicked problem

La planification des collectes de sang illustre parfaitement ce que Rittel et Webber (1973) ont défini comme un wicked problem : un problème complexe, systémique, et sans solution unique ni définitive (Rittel, Webber 1973).

4.2.1 Une multiplicité d'acteurs et d'intérêts

La collecte de sang mobilise de nombreux acteurs tels que l'institutions de santé, pouvoirs publics, associations de donneurs, communautés locales, bénévoles. Chacun poursuit des objectifs spécifiques tels que la sécuriser l'approvisionnement, réduire les coûts, améliorer la participation, protéger la santé des donneurs, garantir l'équité d'accès. Ces objectifs peuvent entrer en tension, rendant difficile la mise en place d'une solution consensuelle.

4.2.2 Des contraintes contradictoires

Les collectes doivent concilier plusieurs contraintes souvent antagonistes :

- Efficacité logistique vs équité territoriale,
- Réduction des coûts vs couverture élargie,
- Standardisation des procédures vs adaptation locale.

Ces contradictions reflètent l'essence même des wicked problems, toute solution proposée résout une partie du problème tout en en créant d'autres.

4.2.3 Une incertitude inhérente

À cela s'ajoute une forte incertitude. Le comportement des donneurs est difficile à anticiper, il dépend de facteurs sociaux, culturels et psychologiques, en plus des contraintes pratiques (horaires, accessibilité). De même, la demande hospitalière en produits sanguins peut varier de façon imprévisible, en fonction des urgences, des épidémies ou des évolutions démographiques.

4.2.4 Le rôle du prototype

Le prototype conçu dans ce travail n'échappe pas à cette complexité. En tant que maquette conceptuelle, il n'a pas vocation à résoudre la totalité du problème, mais à contribuer partiellement à sa gestion. Il offre un outil de simulation permettant d'éclairer la prise de décision, sans pour autant supprimer les tensions inhérentes au système transfusionnel.

5. Conclusion

5.1 Conclusion générale

5.1.1 Une problématique de santé publique complexe

L'hypothèse de recherche formulée postulait qu'un modèle géo-informatique, conçu sous la forme d'un jumeau numérique intégrant des données territoriales, logistiques et socio-démographiques, pouvait contribuer à améliorer la planification des collectes mobiles de sang à Genève. À l'issue de ce travail, cette hypothèse peut être considérée comme partiellement corroborée. Le prototype conceptuel élaboré a démontré la faisabilité d'une telle démarche et sa capacité à éclairer la prise de décision, en particulier par l'optimisation de l'accessibilité territoriale et la prise en compte de la diversité des donneurs.

Les réponses aux questions de recherche peuvent être précisées de la manière suivante :

- **Données et modélisation** : la typologie des données pertinentes a été définie et un pipeline de traitement conforme aux standards d'interopérabilité a été proposé. Cette étape peut être considérée comme pleinement réalisée.
- **Conception et développement du prototype** : l'architecture conceptuelle a été élaborée et traduite dans une maquette illustrant le fonctionnement d'un futur jumeau numérique. Cette étape peut être considérée comme réalisée, mais exclusivement sur un plan conceptuel et sans mise en œuvre technique ni simulation effective.
- **Validation et pertinence** : la pertinence du dispositif a été discutée à travers une analyse qualitative et des entretiens exploratoires, mais aucune validation empirique sur le terrain n'a encore été menée. Cette dimension demeure non réalisée.

Ainsi, ce travail doit être interprété avant tout comme une preuve de concept et une démonstration de faisabilité méthodologique, ouvrant la voie à des développements empiriques et techniques futurs.

5.1.2 Apports scientifiques et méthodologiques

La valeur scientifique de ce mémoire réside moins dans les résultats empiriques produits que dans la construction d'un cadre conceptuel mobilisant des approches complémentaires, l'analyse qualitative des acteurs et de leur environnement, l'exploitation quantitative de données spatiales et socio-démographiques, et la conception d'un prototype décisionnel fondé sur des méthodes de recherche opérationnelle. Chaque étape de ce projet pourrait à elle seule constituer un objet de recherche distinct, qu'il s'agisse d'un approfondissement qualitatif des représentations organisationnelles, d'un enrichissement quantitatif par l'intégration de données spatio-temporelles plus fines ou encore d'un développement informatique aboutissant à un prototype pleinement fonctionnel.

5.1.3 Vers une opportunité de transformation

Au-delà de la démonstration conceptuelle, ce travail met en lumière une véritable opportunité de transformation dans l'organisation des collectes de sang. L'intégration d'approches géo-informatiques, d'outils de simulation et de méthodes d'optimisation ne se limite pas à un exercice académique : elle ouvre la possibilité de refonder les pratiques actuelles en s'appuyant sur des données objectives, une meilleure anticipation des besoins et une mobilisation accrue des communautés sous-représentées.

Cette démarche témoigne du potentiel des jumeaux numériques en santé publique pour passer d'une logique réactive à une planification proactive, capable de concilier équité, efficacité et durabilité. En plaçant l'innovation technologique au service de l'humain, elle offre un levier concret pour améliorer la résilience du système transfusionnel et, plus largement, renforcer l'équité dans l'accès aux soins.

Ainsi, loin de constituer une simple expérimentation conceptuelle, ce travail illustre la capacité d'une approche interdisciplinaire à ouvrir de nouvelles voies de gouvernance et d'action collective. Il démontre que des solutions innovantes, ancrées dans les réalités urbaines, peuvent contribuer à transformer durablement les pratiques de santé publique.

Postface

La réalisation de ce travail de Bachelor a constitué un véritable parcours d'apprentissage, à la fois académique et personnel. Ce mémoire n'a pas seulement été l'occasion d'approfondir des connaissances théoriques en géo-informatique, en logistique et en santé publique. Il m'a également permis de mesurer l'importance de la rigueur scientifique, de la gestion de projet et de l'interdisciplinarité dans la conduite d'une recherche appliquée.

Au fil des étapes, j'ai pris conscience des défis que représente la mise en place d'outils numériques dans un domaine aussi sensible que la transfusion sanguine. Les contraintes liées aux données, aux aspects organisationnels et aux enjeux éthiques ont renforcé ma conviction que l'innovation technologique ne peut être pertinente que si elle reste au service de l'humain, dans une logique d'accessibilité, d'équité et de durabilité.

Au terme de ce parcours, je retiens que chaque travail de recherche est avant tout une ouverture. Une ouverture vers de nouvelles pistes d'exploration, mais aussi vers des collaborations futures, où la complémentarité des savoirs peut produire un véritable impact sociétal.

Bibliographie

ADREANI, Lorenzo et al., 2023. *Smart City Digital Twin Framework for Real-Time Multi-Data Integration and Wide Public Distribution*. arXiv:2309.13394. arXiv. arXiv:2309.13394. DOI 10.48550/arXiv.2309.13394. arXiv:2309.13394 [cs]

AHMADIMANESH, Monireh, SAFABAKHSH, Hamid Reza et SADEGHI, Sedigheh, 2023. Designing an optimal model of blood logistics management with the possibility of return in the three-level blood transfusion network. *BMC Health Services Research*. Vol. 23, no 1, p. 1304. DOI 10.1186/s12913-023-10240-0.

BECK, K. & ANDRES, C., 2004. *Extreme Programming Explained: Embrace Change*. [en ligne]. 2004. Disponible à l'adresse : <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/extreme-programming-explained-embrace-change/P200000000118/9780321278654> [consulté le 11 juillet 2025].

BEDNALL, Timothy C. et BOVE, Liliana L., 2011. Donating Blood: A Meta-Analytic Review of Self-Reported Motivators and Deterrents. *Transfusion Medicine Reviews*. Vol. 25, no 4, pp. 317-334. DOI 10.1016/j.tmr.2011.04.005.

BELIËN, Jeroen et FORCÉ, Hein, 2012. Supply chain management of blood products: A literature review. *European Journal of Operational Research*. Vol. 217, no 1, pp. 1-16. DOI 10.1016/j.ejor.2011.05.026.

BERTSIMAS, D. & TSITSIKLIS, J.N., 1997. Introduction à l'optimisation linéaire. *Bertsimas, D. & Tsitsiklis, J.N.* [en ligne]. 1997. Disponible à l'adresse : <https://archive.org/details/introductiontoli0000bert/page/n7/mode/1up> [consulté le 12 mai 2025].

BOULIGNY, Ian M., MAHER, Keri R. et GRANT, Steven, 2023. Mechanisms of myeloid leukemogenesis: Current perspectives and therapeutic objectives. *Blood Reviews*. Vol. 57, p. 100996. DOI 10.1016/j.blre.2022.100996.

BRINKMANN, Svend et KVALE, Steinar, 2018. *Doing Interviews*. SAGE. ISBN 978-1-5264-2609-3. Google-Books-ID: df1QDwAAQBAJ

BÜSING, Christina et al., 2021. Robust strategic planning for mobile medical units with steerable and unsteerable demands. *European Journal of Operational Research*. Vol. 295, no 1, pp. 34-50. DOI 10.1016/j.ejor.2021.02.037. arXiv:2005.11062 [math]

CARDOEN, Brecht, DEMEULEMEESTER, Erik et BELIËN, Jeroen, 2010. Operating room planning and scheduling: A literature review. *European Journal of Operational Research*. Vol. 201, no 3, pp. 921-932. DOI 10.1016/j.ejor.2009.04.011.

CASTRO, Felipe González et al., 2010. A Methodology for Conducting Integrative Mixed Methods Research and Data Analyses. *Journal of mixed methods research*. Vol. 4, no 4, pp. 342-360. DOI 10.1177/1558689810382916.

CRS, 2023. Un avenir grâce aux dons – Rapport annuel Transfusion CRS Suisse. *rapport annuel* [en ligne]. 2023. Disponible à l'adresse : <https://rapportannuel2023.transfusion.ch/> [consulté le 13 mai 2025].

DAVIS, Fred D., 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*. Vol. 13, no 3, pp. 319-340. DOI 10.2307/249008.

DE OLIVEIRA EL-WARRAK, L. et MICELI DE FARIAS, C., 2025. TWINVAX: conceptual model of a digital twin for immunisation services in primary health care. *Frontiers in Public Health*. Vol. 13, p. 1568123. DOI 10.3389/fpubh.2025.1568123.

DENZIN, Norman K., 2012. Triangulation 2.0*. *Journal of Mixed Methods Research*. Vol. 6, no 2, pp. 80-88. DOI 10.1177/1558689812437186.

ELTEWACY ET AL., 2024. Unveiling blood donation knowledge, attitude, and practices among 12,606 university students: a cross-sectional study across 16 countries | Scientific Reports. [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : <https://www.nature.com/articles/s41598-024-58284-4> [consulté le 7 septembre 2025].

ESTEP, Timothy et al., 2008. Basic science focus on blood substitutes: a summary of the NHLBI Division of Blood Diseases and Resources Working Group Workshop, March 1, 2006. *Transfusion*. Vol. 48, no 4, pp. 776-782. DOI 10.1111/j.1537-2995.2007.01604.x.

ÉTABLISSEMENT FRANÇAIS DU SANG, 2021a. Répondre aux urgences et soigner les malades quotidiennement. *Etablissement francais du sang* [en ligne]. novembre 2021. Disponible à l'adresse : <https://dondesang.efs.sante.fr/articles/repondre-aux-urgences-et-soigner-les-malades-quotidiennement> [consulté le 7 septembre 2025].

ÉTABLISSEMENT FRANÇAIS DU SANG, 2021b. Tout savoir sur les sangs rares. *Etablissement francais du sang* [en ligne]. 2021. Disponible à l'adresse : <https://dondesang.efs.sante.fr/articles/tout-savoir-sur-les-sangs-rares> [consulté le 7 septembre 2025].

EU, 2018. Règlement - 2016/679 - FR - RGPD - EUR-Lex. *EU* [en ligne]. 2018. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj/eng> [consulté le 11 août 2025]. Doc ID: 32016R0679 Doc Sector: 3 Doc Title: Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (Text with EEA relevance) Doc Type: RUsr_lan: en

FERGUSON, Eamonn et al., 2012. Exploring the pattern of blood donor beliefs in first-time, novice, and experienced donors: differentiating reluctant altruism, pure altruism, impure altruism, and warm glow. *Transfusion*. Vol. 52, no 2, pp. 343-355. DOI 10.1111/j.1537-2995.2011.03279.x.

GODIN, Gaston et al., 2007. Determinants of repeated blood donation among new and experienced blood donors. *Transfusion*. Vol. 47, no 9, pp. 1607-1615. DOI 10.1111/j.1537-2995.2007.01331.x.

GOODCHILD, Michael F. et LI, Linna, 2012. Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistics*. Vol. 1, pp. 110-120. DOI 10.1016/j.spasta.2012.03.002.

GRIEVES, Michael et VICKERS, John, 2017. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In : KAHLEN, Franz-Josef, FLUMERFELT, Shannon et ALVES, Anabela (éd.), *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*, pp. 85-113. Cham : Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-38756-7. DOI 10.1007/978-3-319-38756-7_4.

GUEST, Greg, BUNCE, Arwen et JOHNSON, Laura, 2006. How Many Interviews Are Enough?: An Experiment with Data Saturation and Variability. *Field Methods*. Vol. 18, no 1, pp. 59-82. DOI 10.1177/1525822X05279903.

HALBOUT, P. et al., 2015. [Geomatics in the service of blood collection]. *Transfusion Clinique Et Biologique: Journal De La Societe Francaise De Transfusion Sanguine*. Vol. 22, no 3, pp. 112-126. DOI 10.1016/j.tracli.2015.05.008.

HUG, 2024. Campagne don du sang des HUG 2024. *Hôpitaux universitaires de Genève (HUG)* [en ligne]. 2 décembre 2024. Disponible à l'adresse : <https://www.hug.ch/actualite/don-du-sang-initiatives-pour-recruter-nouveaux-volontaires> [consulté le 7 septembre 2025].

KHAIRAT, Saif Sherif et al., 2018. The Impact of Visualization Dashboards on Quality of Care and Clinician Satisfaction: Integrative Literature Review. *JMIR Human Factors*. Vol. 5, no 2, p. e9328. DOI 10.2196/humanfactors.9328. Company: JMIR Human FactorsDistributor: JMIR Human FactorsInstitution: JMIR Human FactorsLabel: JMIR Human Factorspublisher: JMIR Publications Inc., Toronto, Canada

KHAN, Salman et al., 2023. Harnessing the untapped potential of digital twin technology in digital public health interventions. *Exploration of Digital Health Technologies*. pp. 11-16. DOI 10.37349/edht.2023.00003.

KUMAR, Abhay et al., 2023. Impact of the COVID-19 Pandemic on Blood Donation Patterns: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cureus*. Vol. 15, no 8. DOI 10.7759/cureus.43384.

LAPORTE, Gilbert et OSMAN, Ibrahim H., 1995. Routing problems: A bibliography. *Annals of Operations Research*. Vol. 61, pp. 227-262.

LIU, Jingjing et al., 2024. Modeling Population Mobility Flows: A Hybrid Approach Integrating a Gravity Model and Machine Learning. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. Vol. 13, no 11, p. 379. DOI 10.3390/ijgi13110379.

LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J. & RHIND, D.W., 2015. Sciences et systèmes d'information géographique, 4e édition | Wiley. *Wiley.com* [en ligne]. 2015. Disponible à l'adresse : <https://www.wiley.com/en-us/Geographic+Information+Science+and+Systems%2C+4th+Edition-p-9781118676950> [consulté le 11 janvier 2025].

LOURENÇON, Adriana de Fátima et al., 2011. Evaluation of the return rate of volunteer blood donors. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*. Vol. 33, pp. 190-194. DOI <https://doi.org/10.5581/1516-8484.20110052>.

LOZANO, Miguel, CID, Joan et MÜLLER, Thomas H., 2013. Plasma Treated with Methylene Blue and Light: Clinical Efficacy and Safety Profile. *Transfusion Medicine Reviews*. Vol. 27, no 4, pp. 235-240. DOI 10.1016/j.tmr.2013.08.001.

MOTURI, Angela K. et al., 2022. Geographic accessibility to public and private health facilities in Kenya in 2021: An updated geocoded inventory and spatial analysis. *Frontiers in Public Health*. Vol. 10, p. 1002975. DOI 10.3389/fpubh.2022.1002975.

OECD, 2022. Health at a Glance: Europe 2022. *OECD* [en ligne]. 5 décembre 2022. Disponible à l'adresse : https://www.oecd.org/en/publications/health-at-a-glance-europe-2022_507433b0-en.html [consulté le 11 août 2025].

OFFICE FÉDÉRAL DU DÉVELOPPEMENT TERRITORIAL, 2022. Stratégie pour le développement durable 2030. *Office fédéral du développement territorial* [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.are.admin.ch/are/fr/home/nachhaltige-entwicklung/politik-und-strategie/strategie-nachhaltige-entwicklung-2016-2019.html> [consulté le 11 juillet 2025].

PAHO, 2022. L'OPS appelle à la solidarité après une baisse de 20 % des dons de sang en Amérique latine et dans les Caraïbes au cours de la première année de la pandémie - OPS/OMS | Organisation panaméricaine de la santé. [en ligne]. 14 juin 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.paho.org/en/news/14-6-2022-paho-calls-solidarity-after-20-drop-blood-donations-latin-america-and-caribbean> [consulté le 19 septembre 2025].

PENVERNE, Yann et al., 2024. A simulation based digital twin approach to assessing the organization of response to emergency calls. *npj Digital Medicine*. Vol. 7, no 1, p. 385. DOI 10.1038/s41746-024-01392-2.

POPA, Eugen Octav et al., 2021. The use of digital twins in healthcare: socio-ethical benefits and socio-ethical risks. *Life Sciences, Society and Policy*. Vol. 17, no 1, p. 6. DOI 10.1186/s40504-021-00113-x.

RAYKAR, Nakul P. et al., 2021. Assessing the global burden of hemorrhage: The global blood supply, deficits, and potential solutions. *SAGE Open Medicine*. Vol. 9, p. 20503121211054995. DOI 10.1177/20503121211054995.

RITTEL, Horst W. J. et WEBBER, Melvin M., 1973. Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences*. Vol. 4, no 2, pp. 155-169. DOI 10.1007/BF01405730.

RUBY ET AL., 2025. Using geographic information system (GIS) technology to evaluate a hospital-based mobile blood donation program | Request PDF. *ResearchGate*. DOI 10.1111/trf.18332.

ŞAHIN, Güvenç et SÜRAL, Haldun, 2007. A review of hierarchical facility location models. *Computers & Operations Research*. Vol. 34, no 8, pp. 2310-2331. DOI 10.1016/j.cor.2005.09.005.

SPRATLING, Regena et LAWRENCE, Raymona H., 2019. Facilitators and Barriers to Minority Blood Donations: A Systematic Review. *Nursing Research*. Vol. 68, no 3, p. 218. DOI 10.1097/NNR.0000000000000355.

SWISSCOM, 2023. Mobility Insights: utiliser les données de mobilité. *Swisscom* [en ligne]. 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.swisscom.ch/fr/business/entreprise/offre/platforms-applications/data-driven-business/mobility-insights-data.html> [consulté le 11 août 2025].

SWISSMEDIC, © Copyright, 2019. Sécurité du sang et des produits sanguins labiles. *Swissmedic 2019* [en ligne]. 2019. Disponible à l'adresse : <https://www.swissmedic.ch/swissmedic/fr/home/humanarzneimittel/besondere-arzneimittelgruppen--ham-/blut-und-labile-blutprodukte/sicherheit-von-blut-und-labilen-blutprodukten.html> [consulté le 11 août 2025].

TAN, Yamin et al., 2014. Superiority of preemptive donor lymphocyte infusion based on minimal residual disease in acute leukemia patients after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Transfusion*. Vol. 54, no 6, pp. 1493-1500. DOI 10.1111/trf.12524.

TONER, Richard W. et al., 2011. Costs to hospitals of acquiring and processing blood in the US: A survey of hospital-based blood banks and transfusion services. *Applied Health Economics and Health Policy*. Vol. 9, no 1, pp. 29-37. DOI 10.2165/11530740-000000000-00000.

TOTH, Paolo et VIGO, Daniele (éd.), 2002. *The vehicle routing problem*. Philadelphia, Pa : Society for Industrial and Applied Mathematics. SIAM monographs on discrete mathematics and applications. ISBN 978-0-89871-579-8.

TPG, 2024. Accueil — tpg.opendata. *TPG Open Data (2024)* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : <https://opendata.tpg.ch/pages/accueil/> [consulté le 7 août 2025].

TRANSFUSION CRS, 2023. Don du sang SRK Suisse | blutspende.ch. *Transfusion CRS Suisse* [en ligne]. 2023. Disponible à l'adresse : <https://www.blutspende.ch/de> [consulté le 7 septembre 2025].

TRIBUNE DE GENÈVE, 2025. Aux HUG, les réserves de sang s'amenuisent. *Tribune de Genève* [en ligne]. 21 juillet 2025. Disponible à l'adresse : <https://www.tdg.ch/sante-a-geneve-aux-hug-les-reserves-de-sang-samenuisent-267292450447> [consulté le 7 septembre 2025].

VALLÉE, Alexandre, 2023. Digital twin for healthcare systems. *Frontiers in Digital Health*. Vol. 5, p. 1253050. DOI 10.3389/fdgth.2023.1253050.

WAJID, Mohammad Saif et al. (éd.), 2025. *Digital Twins for Smart Cities and Urban Planning: From Virtual to Reality*. Boca Raton : CRC Press. ISBN 978-1-003-51033-8.

WHO, 2017. *The 2016 global status report on blood safety and availability* [en ligne]. Geneva : World Health Organization. ISBN 978-92-4-156543-1. Disponible à l'adresse : <https://iris.who.int/handle/10665/254987> [consulté le 7 septembre 2025].

WHO, 2022a. World Blood Donor Day 2022. [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/campaigns/world-blood-donor-day/2022> [consulté le 7 avril 2025].

WHO, 2022b. Global status report on blood safety and availability 2021. [en ligne]. 2022. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240051683> [consulté le 19 septembre 2025].

WHO, 2025. Blood safety and availability. [en ligne]. 2025. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability> [consulté le 7 septembre 2025].

WHO, World Health Organization Regional Office for, 2020. COVID-19 WHO African Region: External situation report 25. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://iris.who.int/handle/10665/333902> [consulté le 11 juillet 2025]. Accepted: 2020-08-19T22:07:40Z

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2016. Global Status Report on Blood Safety and Availability 2016. *World Health Organization* [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565431> [consulté le 7 septembre 2025].

YIN, 2018. Case Study Research and Applications. *Yin* [en ligne]. 2018. Disponible à l'adresse : <https://collegepublishing.sagepub.com/products/case-study-research-and-applications-6-250150> [consulté le 9 juin 2025].

Annexe 1 : interview centre de transfusion sanguine

Interview Centre de transfusion sanguine

Réalisé par José BOUZO

Bouzo José (HES)
02/09/2025

Table des matières

Introduction	99
Thématiques et questions	99
Organisation actuelle des collectes	99
Populations sous-représentées	100
Besoins pour un outil numérique	101
Collaboration et intégration	103
Perspectives et attentes	103
Conclusion	104

Introduction

Personnes interviewées :

- Monsieur François Freitas, Infirmier Responsable d'Équipe de Soins au CTS
- Madame Valérie Montellier Delaigue, suppléante de la Responsable des collectes aux HUG

Bonjour, merci beaucoup de m'accorder ce temps pour échanger avec vous. Dans le cadre de mon travail de Bachelor à la HEG, je travaille sur le projet BEEMyBlood, qui vise à développer un outil numérique innovant pour optimiser la planification des collectes mobiles de sang.

L'objectif de mon travail est de comprendre vos besoins, vos contraintes et vos priorités dans l'organisation des collectes, afin de concevoir un prototype de jumeau numérique qui soit réellement utile au quotidien.

L'entretien durera environ 30 minutes. Les questions sont ouvertes et vous pourrez y répondre de manière libre et concise. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, le but est simplement de recueillir votre expérience et vos attentes.

Thématiques et questions

Organisation actuelle des collectes

Comment planifiez-vous aujourd'hui les tournées de collectes mobiles (critères de choix des lieux, horaires, partenaires) ?

Deux cas de figure :

1. Sollicitations externes : entreprises, institutions ou communes nous contactent. Nous leur transmettons les prérequis (surface, accès, etc.). Selon leurs réponses, on confirme ou non la faisabilité.
2. Démarches proactives : nous contactons certains sites à fort potentiel (ex. université : jeunes, bonne santé, flux important) et discutons des conditions.

Ensuite, on propose des dates, on valide en interne, puis on coordonne la logistique : taille et configuration de la salle, ressources, collations, transport, accès/parking, et surtout Wi-Fi (transferts de données)

À noter : une personne dédiée à l'organisation des collectes externes (administratif) gère le suivi fin.

Comment choisissez-vous les sites que vous sollicitez ?

Ce n'est pas un "choix" arbitraire : on évalue le potentiel (nombre de donneurs possibles) par type de lieu (entreprise, université, commune). On privilégie les endroits avec passage et population éligible.

Quels sont les principaux freins logistiques ou organisationnels que vous rencontrez régulièrement ?

- Salle ~100 m², avec circulation claire (zone d'accueil/attente, sélection confidentielle, prélèvements, collations), sanitaires, Wi-Fi fiable.
- Accès matériel : déchargement/rechargement facile ; places de parking.
- Indisponibilités tardives (travaux, problèmes d'eau/électricité).
Les salles sont proposées par le site. Une infirmière visite systématiquement pour valider l'espace ; on établit ensuite un plan de salle. Si Wi-Fi insuffisant (p. ex. sous-sol isolé), on refuse le site.

Quels sont les critères qui déterminent si une collecte est jugée réussie ou non ?

1. Satisfaction des donateurs et des organisateurs (critère principal).
2. Nombre de donateurs/poches (cohérence avec l'investissement humain et matériel).
3. Contexte (saisonnalité : l'été, on a souvent moins de monde).

En ordre de grandeur : pour une première collecte, on vise > 20 donateurs ; pour une collecte déjà rodée, ~50 ou plus. Ce ne sont pas des seuils rigides.

Qu'est-ce qui vous fait perdre le plus de temps ou vous pose le plus de problèmes dans votre travail actuel de planification des collectes ?

Les aléas tardifs (salle indisponible, travaux) et le manque de réactivité des contacts sur place. La communication est déterminante.

Populations sous-représentées

Avez-vous identifié des zones ou des communautés difficiles à mobiliser (ex. étudiants, diversité culturelle) ?

Oui, on soupçonne certaines communautés (p. ex. africaines) d'être moins accessibles, alors qu'elles présentent une proportion plus élevée de groupes sanguins rares. Ce constat est encore peu objectivé localement. Ailleurs, comme à Marseille, des actions spécifiques ont montré un intérêt. Ici, on avance prudemment, via des relais et une approche respectueuse.

Où cibler en priorité à Genève ?

Je travaille plutôt par zones du canton où nous sommes peu présents dans l'année. Mais cela suppose d'avoir des relais locaux (samaritains, associations, institutions) prêts à s'engager.

**Quelles actions spécifiques avez-vous déjà testées pour améliorer leur participation ?
Qu'est-ce qui a bien ou mal fonctionné ?**

- Interprètes à disposition.
- Venues en groupe, qui rassurent.

- Expériences avec diverses communautés (italienne, turque ; en cours avec éthiopienne). Pour l’instant, les collectes externes dédiées à certaines communautés n’ont pas toujours abouti ; on obtient de meilleurs résultats en les accueillant au centre, si interprètes et organisation sont garantis.

Collaborations avec des églises ou lieux de culte ?

Intéressant. Des messages de sensibilisation via des relais religieux ont déjà été faits ponctuellement,... ça peut marcher, mais pérenniser l’organisation est difficile. J’ai un exemple positif avec la communauté portugaise après une intervention à l’église. À garder dans la boîte à outils, mais il faut un partenariat solide.

Quels freins spécifiques observez-vous chez les donneurs potentiels qui ne viennent pas (ex. peur, transport, manque d’information) ?

1. Peur/appréhension (adressée par une campagne et une étude interne).
2. Manque de temps dans des vies très chargées.
3. Méconnaissance (surtout jeunes nouveaux donneurs, d’où une campagne “gaming”).
4. Visibilité/accès du centre (un peu excentré ; parkings parfois problématiques).
5. Manque d’espaces de communication dans la ville (transports, affichage municipal).

Besoins pour un outil numérique

Si vous pouviez disposer d’un outil qui simule/planifie vos collectes, quelles fonctionnalités seraient indispensables pour vous ?

Pour le public (sur le site “don du sang”) :

- Géolocalisation du visiteur et collecte la plus proche, avec horaires, conditions et rappels.
- Carte/Calendrier de toutes les collectes de l’année, avec mise en avant du mois en cours (lisible en un coup d’œil).

Pour l’interne :

- Tableau de bord avec indicateurs visuels.

Quels indicateurs de performance suivez-vous actuellement et aimeriez-vous voir dans un tableau de bord ?

L’outil doit aider mais ne remplace pas la relation humaine et la communication locale. La planification annuelle est souvent calée très tôt (ex. 2026 déjà bien avancé), et d’une année sur l’autre, les périodes se répètent.

Nos priorités réelles :

- Périodes (avant/après vacances) où on a besoin de poches ;
- Disponibilité des salles ;
- Géographie. Une aide géographique serait utile pour arbitrer en amont, pas pour tout bouleverser à la dernière minute.

Les événements locaux (matches, salons) comme leviers ?

À manier avec prudence. L'influence n'implique pas automatiquement des dons (alcool = exclusion, public trop jeune, etc.). On le fait déjà au cas par cas (ex. Automnales), quand le profil des visiteurs est compatible.

Quels indicateurs souhaitez-vous dans un tableau de bord ?

- Présentés par collecte et par année
- Poches prélevées par année
- Temps d'attente sur place
- Dons par heure (cadence)
- Distance (km) centre - site (impact transport/sécurité produits).
- Des estimations pour la prochaine collecte m'intéressent aussi ; aujourd'hui, je projette à partir de l'historique, et je suis à ~80-90 % juste, ce qui me sert à dimensionner l'équipe.

Préférez-vous un outil simple et visuel, ou plutôt détaillé et technique (simulation avancée) ?

Simplicité et clarté d'abord.

Avez-vous déjà utilisé ou envisagé d'utiliser des outils numériques ou des solutions logicielles pour la planification des collectes ? Si oui, qu'en reprenez-vous ?

- Idée de localiser la collecte la plus proche sur le site public.
- Spender App (projet suisse, prévu 2026) : sites de collecte, niveaux de stock, infos donneur (groupe, dernier don...).
- Module Concerto / Dossiers patients : informations proches de Spender, plus orientées patients ; notifications ciblées (groupes spécifiques) possibles pour environ 45 000 personnes inscrites si elles y consentent.
- Pour la planification quotidienne, pas d'outil spécifique type "planificateur" :
- l'information d'accès aux collectes se trouve dans la communication (convocations, site, etc.).

Collaboration et intégration

Avec quels acteurs collaborez-vous le plus pour organiser les collectes (universités, associations, entreprises, transport) ?

- Samaritains (relais essentiels, communication locale).
- Services de santé des institutions (universités, ONU/OMS...).
- Mairies (maires adjoints, secrétariats).

Un outil numérique pourrait faciliter cette collaboration ?

Oui. Idéalement :

- E-mails/checklists automatiques aux relais : J-30, J-7 (salle validée, Wi-Fi, affiches, banderoles, parking, accès matériel, interprètes, etc.).
- Posts réseaux pré-rédigés (texte + visuel) générés automatiquement à J-30 et J-7, à valider par l'admin.

Existe-t-il aujourd'hui des difficultés de communication ou de coordination avec vos partenaires (ex. universités, entreprises, associations) que vous aimeriez améliorer grâce à un outil numérique ?

Disponibilité inégale des relais (bénévolat) et niveau de communication très variable d'un site à l'autre.

Perspectives et attentes

Quelles seraient pour vous les valeurs ajoutées principales d'un tel outil ?

1. Indicateurs visuels exploitables ;
2. Automatisation d'une partie de la communication ;
3. Accessibilité géographique des informations (pour le public).

Si vous aviez une baguette magique, quel changement aimeriez-vous voir immédiatement dans l'organisation des collectes de sang ?

La communication. On observe un lien direct entre l'intensité/qualité de la com en amont et le résultat de la collecte. Après une baisse récente, l'objectif est d'enrayer cette tendance.

Seriez-vous partants pour tester un prototype (même simple) et nous donner un retour ?

Oui. Pour que ce soit pertinent, il faut l'avoir au moins 2 mois avant le mois cible (par exemple, si vous l'envoyez la semaine prochaine, un test en novembre-décembre serait réaliste ; sinon, viser janvier). La communication que l'on lance maintenant a un impact à ~3 mois.

Dernière question : quelle est votre marge de manœuvre pour mobiliser du personnel (y compris samaritains) ?

Pour les collectes externes, les soignants sont polyvalents ; il existe un piquet du vendredi soir au lundi matin dédié aux actes thérapeutiques (ex. échanges plasmatiques), mais pas de flexibilité supplémentaire spécifique aux externes.

Côté administratif, on peut programmer et relancer plus efficacement si l'outil automatise les checklists et contenus de communication.

Conclusion

Merci beaucoup pour le temps que vous m'avez accordé et pour la richesse de vos réponses.

Vos retours me seront très utiles pour mieux cerner vos besoins réels et orienter le développement du prototype de jumeau numérique.

Dans la suite de mon travail, je vais analyser ces éléments pour construire un cahier des charges fonctionnel, puis développer une maquette/test de l'outil. Si vous êtes d'accord, je pourrai revenir vers vous à une étape ultérieure pour recueillir vos impressions sur une première version.

Encore merci pour votre disponibilité et votre contribution.

Annexe 2 : interview responsable Communication HUG

Responsable Communication HUG

Réalisé par José BOUZO

02/09/2025

Table des matières

Introduction	107
Communication actuelle	107
Efficacité et limites	107
Publics sous-représentés	108
Localisation et accessibilité (Lien avec le jumeau numérique)	109
Perspectives et innovation	109
Clôture	109

Introduction

Personne interviewée :

- Madame Serena Baldelli, Chargée de communication aux HUG

Merci de prendre le temps de répondre à ces questions. Cet entretien s'inscrit dans le cadre d'un travail de Bachelor portant sur l'optimisation des tournées de collecte de sang à Genève grâce à un jumeau numérique. L'objectif est de comprendre vos pratiques de communication, les défis rencontrés et les pistes d'amélioration possibles pour mieux cibler les donateurs et faciliter l'organisation des collectes.

Communication actuelle

Quels sont aujourd'hui les principaux canaux de communication utilisés pour informer le public des collectes (site web, affiches, réseaux sociaux, partenariats, etc.) ?

Pour les collectes dans les communes :

Affiches distribuées dans les communes

Site web du CTS

Facebook

Journaux des communes (selon les cas)

Pour certaines collectes aux HUG, nous utilisons aussi tous les canaux de communication de l'hôpital (intranet, tous les réseaux sociaux en organique et campagnes sponsorisées, agenda web, newsletters, media, affichage print et digitale)

Comment choisissez-vous quel message diffuser et à quel moment (ex. calendrier fixe, besoin urgent, campagnes spécifiques) ?

Selon le niveau des stocks (besoin urgent) et selon le calendrier et les prévisions de stocks (vacances, Noël, journée mondiale, fêtes suisses ou cantonales.)

Quels sont vos publics cibles prioritaires dans la communication (donneurs réguliers, jeunes, grand public, etc.) ?

Pour la communication faites par la direction de la communication des HUG : Nouveaux donateurs principalement et parfois les donateurs réguliers. Depuis 2024, on cible les jeunes avec une nouvelle campagne de communication qui reprend leurs codes de communication.

Efficacité et limites

Quels canaux de communication vous semblent les plus efficaces pour fidéliser les donateurs réguliers ? Et lesquels pour attirer de nouveaux donateurs ?

Mailing personnalisés, SMS pour les donateurs réguliers.

Pour attirer les nouveaux, les actions avec la presse (communiqués de presse, infos aux médias) ou l'organisation de collectes avec un événement (dégustations, collaboration avec des partenaires à Genève).

Quelles sont les principales difficultés rencontrées pour toucher le public (ex. manque de moyens, difficulté à atteindre certaines communautés, manque de fidélisation) ?

Je pense qu'il faudrait disposer d'un vrai outil CRM pour communiquer correctement avec les donateurs (par exemple selon leur âge, leur fréquence de don, leur groupe sanguin etc..)

Développer aussi une communication adaptée au public international (langue anglaises par exemple)

Recevez-vous des retours concrets des donateurs sur la visibilité ou la compréhension des messages de collecte ?

Oui, sur les réseaux sociaux.

Publics sous-représentés

Quelles populations participent le moins aux collectes malgré vos efforts de communication (ex. étudiants, jeunes actifs, communautés multiculturelles) ?

Nous n'avons pas un outil pour mesurer la typologie des donateurs et nous n'avons pas fait d'enquêtes.

Quelles stratégies ou partenariats avez-vous déjà mis en place pour cibler ces publics (ex. universités, associations, influenceurs) ?

Avec l'Université et d'autres écoles, il y a une bonne collaboration avec le groupe d'étudiants en charge de la sensibilisation au don de sang.

Nous avons travaillé aussi avec une influenceuse (Marion Kaelin), avant journaliste radio à ONEFM et également avec une collaboratrice/influenceuse sur TikTok pour la production de vidéo

Une nouvelle collaboration avec d'autres influenceurs (en cours d'identification) est en cours pour une campagne de fin de cette année.

Selon vous, quelles seraient les mesures prioritaires pour améliorer la participation de ces groupes ?

Pour les jeunes, il est important de travailler en collaboration avec les écoles en leur présentant le déroulement d'un don et toute autre info utile.

Pour les autres cibles, travailler mieux en collaboration avec communes et associations de quartier.

Localisation et accessibilité (Lien avec le jumeau numérique)

Dans vos campagnes actuelles, tenez-vous compte de l'accessibilité des lieux (transports publics, zones de forte affluence) pour choisir les sites de collecte ?

Non, les communes et les salles sont définies selon les critères d'organisation d'une collecte.

Disposez-vous de données précises sur la fréquentation des collectes (ex. nombre attendu vs réel, heures de forte affluence) et, si oui, comment les utilisez-vous ?

Oui pour les personnes qui prennent RDV en ligne. Le staff est adapté en fonction de donneurs attendus.

Quels critères vous paraissent les plus importants pour planifier une tournée efficace (ex. proximité, visibilité, diversité des donneurs, accessibilité) ?

Visibilité

Perspectives et innovation

Pensez-vous que des outils numériques plus personnalisés (ex. applications mobiles, notifications géolocalisées, cartes interactives) pourraient améliorer la fidélisation et l'engagement des donneurs ?

Non, nous avons trop d'applications dans nos téléphones que nous n'utilisons pas. Je trouverais plus utile un portail web du donneur avec les infos sur les dates de ses dons, et éventuellement un bilan sanguin (test IST etc...)

Quels types de collaborations externes (entreprises, transports publics, universités, associations culturelles) seraient les plus utiles pour renforcer vos actions de communication ?

Entreprises. L'engagement de la Direction générale fait la différence dans la mobilisation des collaborateurs. Il faudrait renforcer le dialogue avec les CEO des entreprises genevoises.

Clôture

Pour conclure, si vous pouviez changer une chose dans la communication des collectes de sang, quelle serait-elle ?

Renforcer la communication et l'organisation des collectes dans les communes. Avoir l'aide d'une personne qui puisse se déplacer dans chaque collecte pour vérifier que les outils de communication soient bien utilisés (banderoles, affiches, flyers) et en contact régulièrement avec les référents de la collecte en question.