



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale
- Pas de Modification 4.0 France (CC BY-NC-ND 4.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1
FACULTE DE PHARMACIE
INSTITUT DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES

THESE n° 1

Pour le DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE
Présentée et soutenue publiquement le 6 janvier 2026 par

Mme Inès BOYER

Née le 12 avril 2002 à Pierre-Bénite

**Gestion des déchets en unité de préparation de chimiothérapies :
audit et axes d'optimisation en vue d'une gestion plus éco-
responsable**

JURY

Présidente du jury : Mme RIOUFOL Catherine, PU-PH
Directrice de thèse : Mme BAUDOUIN Amandine, Pharmacien hospitalier
Tutrice pédagogique : Mme RANCHON Florence, MCU-PH
Autre membre du jury : Mr FORGES Fabien, Pharmacien Hospitalier
Mme KROEMER Marie, MCU-PH

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président	Bruno LINA
Vice-Président en charge de la Recherche	Arnaud BRIOUDE
Vice-Présidente du Conseil d'Administration	Sandrine CHARLES
Vice-Présidente de la Commission Formation	Julie-Anne CHEMELLE
Directeur général des services	Gael ASTIER

SECTEUR SANTE

Doyen de l'UFR de Médecine Lyon-Est	Gilles RODE
Doyen de l'UFR de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud - Charles Mérieux	Philippe PAPAREL
Doyen de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques (ISPB)	Claude DUSSART
Doyen de l'UFR d'Odontologie	Jean-Christophe MAURIN
Directeur de l'Institut des Sciences & Techniques de Réadaptation (ISTR)	Jacques LUAUTÉ
Présidente du Comité de Coordination des Études Médicales	Philippe PAPAREL

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Directrice de l'UFR Biosciences	Kathrin GIESELER
Directeur de l'UFR Faculté des Sciences	Olivier DEZELLUS
Directeur de l'UFR Sciences & Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	Guillaume BODET
Directeur de Polytech Lyon	Jean-Baptiste POURET
Directeur de l'Institut Universitaire de Technologie Lyon 1 (IUT)	Michel MASSENZIO
Directeur de l'Institut des Science Financière & Assurances (ISFA)	Christian ROBERT
Directeur de l'Observatoire de Lyon	Emanuela MATTIOLI
Directeur de l'Institut National Supérieur du Professorat & de l'Éducation (INSPÉ)	Pierre CHAREYRON

Directrice du Département-composante Génie Électrique & des
Procédés (GEP)

Sophie CAVASSILA

Directrice du Département-composante Informatique

Saida BOUAZAK
BRONDEL

Directeur du Département-composante Mécanique

Marc BUFFAT

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1
ISPB -Faculté de Pharmacie Lyon

LISTE DES DEPARTEMENTS PEDAGOGIQUES

**DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DE SCIENCES PHYSICO-CHIMIQUES ET PHARMACIE
GALENIQUE**

- **CHIMIE GENERALE, PHYSIQUE ET MINERALE**

Monsieur Raphaël TERREUX (PR)
Madame Julie-Anne CHEMELLE (MCU)

- **CHIMIE ANALYTIQUE**

Monsieur Lars-Petter JORDHEIM (PR-HDR)
Madame Anne DENUZIERE (MCU)
Madame Christelle MACHON (MCU-PH-HDR)
Monsieur Waël ZEINYEH (MCU)

- **PHARMACIE GALENIQUE -COSMETOLOGIE**

Madame Marie-Alexandrine BOLZINGER (PR)
Madame Stéphanie BRIANCON (PR)
Monsieur Fabrice PIROT (PU-PH)
Monsieur Eyad AL MOUAZEN (MCU)
Madame Sandrine BOURGEOIS (MCU)
Madame Danielle CAMPIOL ARRUDA (MCU)
Madame Ghania HAMDY-DEGOBERT (MCU-HDR)
Monsieur Plamen KIRILOV (MCU)
Madame Giovanna LOLLO (MCU-HDR)
Madame Jacqueline RESENDE DE AZEVEDO (MCU)
Madame Eloïse THOMAS (MCU)
Monsieur Thomas BRIOT (MCU-PH)
Monsieur Damien SALMON (MCU-PH)
Madame Oksana LEMASSON (ATER)

- **BIOPHYSIQUE**

Monsieur Cyril PAILLER-MATTEI (PR)
Madame Laurence HEINRICH (MCU)
Monsieur David KRYZA (MCU-PH-HDR)
Madame Sophie LANCELOT (MCU-PH-HDR)
Madame Elise LEVIGOUREUX (MCU-PH)
Madame Sarah CHAIB (AHU)

DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE PHARMACEUTIQUE DE SANTE PUBLIQUE

- **DROIT DE LA SANTE**

Madame Valérie SIRANYAN (PR)
Madame Maud CINTRAT (MCU)
Monsieur Hojjat VAHIDI (ATER)

- **ECONOMIE DE LA SANTE**

Madame Nora FERDJAOUI MOUMJID (PR)
Monsieur Hans-Martin SPÄTH (PR)

- **INFORMATION ET DOCUMENTATION**

Madame Maryem RHANOUI (MCU)

- **INGENIERIE APPLIQUEE A LA SANTE ET DISPOSITIFS MEDICAUX**
Monsieur Xavier ARMOIRY (PU-PH)
Madame Claire GAILLARD (MCU)
Monsieur François BETTEGA (MCU)

- **QUALITOLOGIE – MANAGEMENT DE LA QUALITE**
Madame Alexandra CLAYER-MONTEMBault (PR)
Madame Audrey JANOLY-DUMENIL (PU-PH)
Monsieur Vincent GROS (MCU-enseignant contractuel temps partiel)
Madame Pascale PREYNAT (MCU-enseignant contractuel temps partiel)

- **MATHEMATIQUES – STATISTIQUES**
Madame Claire BARDEL-DANJEAN (MCU-PH-HDR)
Madame Marie-Aimée DRONNE (MCU)
Madame Marie-Paule GUSTIN (MCU-HDR)

- **SANTE PUBLIQUE**
Monsieur Claude DUSSART (PU-PH)
Monsieur Matthieu LEBRAT (AHU)

DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE SCIENCES DU MEDICAMENT

- **CHIMIE ORGANIQUE**
Monsieur Pascal NEBOIS (PR)
Madame Amanda GARRIDO (MCU)
Madame Christelle MARMINON (MCU)
Madame Sylvie RADIX (MCU-HDR)
Monsieur Luc ROCHEBLAVE (MCU-HDR)

- **CHIMIE THERAPEUTIQUE**
Monsieur Marc LEBORGNE (PR)
Monsieur Thierry LOMBERGET (PR)
Monsieur Laurent ETTOUATI (MCU-HDR)
Monsieur François HALLE (MCU)
Madame Marie-Emmanuelle MILLION (MCU)

- **BOTANIQUE ET PHARMACOGNOSIE**
Madame Marie-Geneviève DIJOUX-FRANCA (PR)
Madame Anne-Emmanuelle HAY DE BETTIGNIES (MCU-HDR)
Madame Isabelle KERZAON (MCU)
Monsieur Serge MICHALET (MCU)

- **PHARMACIE CLINIQUE, PHARMACOCINETIQUE ET EVALUATION DU MEDICAMENT**
Madame Christelle CHAUDRAY-MOUCHOUX (PU-PH)
Madame Catherine RIOUFOL (PU-PH)
Madame Magali BOLON-LARGER (MCU-PH)
Monsieur Teddy NOVAIS (MCU-PH)
Madame Florence RANCHON (MCU-PH)
Madame Delphine HOEGY (MCU-PH)
Madame Céline PRUNET-SPANNO (MCU)

Madame Maud HAMADOU (ATER 50 %)

DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DE PHARMACOLOGIE, PHYSIOLOGIE ET TOXICOLOGIE

- **TOXICOLOGIE**
 - Monsieur Jérôme GUITTON (PU-PH)
 - Madame Léa PAYEN (PU-PH)
 - Madame Francesca ANGILERI (MCU)
- **PHYSIOLOGIE**
 - Madame Elise BELAIDI (PU)
 - Madame Kiao Ling LIU (MCU)
 - Monsieur Ming LO (MCU-HDR)
- **PHARMACOLOGIE**
 - Monsieur Laurent BOURGUIGNON (PU-PH)
 - Monsieur Sylvain GOUTELLE (PU-PH)
 - Monsieur Luc ZIMMER (PU-PH)
 - Monsieur David BARTHELEMY (MCU-PH)
 - Monsieur Roger BESANCON (MCU)
 - Madame Evelyne CHANUT (MCU)
 - Monsieur Nicola KUCZEWSKI (MCU)
 - Monsieur Romain GARREAU (AHU)
- **COMMUNICATION**
 - Monsieur Ronald GUILLOUX (MCU)
- **ENSEIGNANTS CONTRACTUELS TEMPS PARTIEL**
 - Monsieur Sylvain BERTRAND (MCU-enseignant contractuel temps partiel)
 - Madame Pauline LOUBERT (MCU-enseignante contractuelle temps partiel)
 - Monsieur Vincent LESCURE (MCU-enseignant contractuel temps partiel)
 - Madame Hortense PRELY (MCU-enseignante contractuelle temps partiel)
 - Madame Aurélie SANDRE (MCU-enseignante contractuelle temps partiel)
 - Madame Clémentine BONJEAN (MCU-enseignante contractuelle temps partiel)

DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DES SCIENCES BIOMEDICALES A

- **IMMUNOLOGIE**
 - Monsieur Guillaume MONNERET (PU-PH)
 - Madame Morgane GOSSEZ (MCU-PH)
 - Madame Anaïs NOMBEL (AHU)
- **HEMATOLOGIE ET CYTOLOGIE**
 - Madame Christine VINCIGUERRA (PU-PH)
 - Madame Sarah HUET (MCU-PH)
 - Monsieur Yohann JOURDY (MCU-PH)
 - Monsieur Sébastien STORCK (MCU)
- **MICROBIOLOGIE ET MYCOLOGIE FONDAMENTALE ET APPLIQUEE AUX BIOTECHNOLOGIES INDUSTRIELLES**
 - Monsieur Frédéric LAURENT (PU-PH)
 - Madame Florence MORFIN (PU-PH)
 - Madame Veronica RODRIGUEZ-NAVA (PR)
 - Monsieur Didier BLAHA (MCU-HDR)
 - Madame Ghislaine DESCOURS (MCU-PH)
 - Monsieur Alexandre GAYMARD (MCU-PH)
 - Madame Anne DOLEANS JORDHEIM (MCU-PH-HDR)
 - Madame Emilie FROBERT (MCU-PH-HDR)

Monsieur Jérôme JOSSE (MCU)
Madame Floriane LAUMAY (MCU)
Monsieur Matthieu CURTIL DIT GALIN (AHU)
Madame Maud HAMMADOU (ATER)

- **PARASITOLOGIE, MYCOLOGIE MEDICALE**

Madame Samira AZZOUZ-MAACHE (PR)
Madame Nathalie ALLIOLI (MCU)

Madame Maud HAMADOU (ATER 50 %)

DEPARTEMENT PEDAGOGIQUE DES SCIENCES BIOMEDICALES B

- **BIOCHIMIE – BIOLOGIE MOLECULAIRE - BIOTECHNOLOGIE**

Madame Caroline MOYRET-LALLE (PR)
Madame Carole FERRARO-PEYRET (PU-PH)
Madame Emilie BLOND (MCU-PH)
Monsieur Karim CHIKH (MCU-PH)
Monsieur Anthony FOURIER (MCU-PH)
Monsieur Boyan GRIGOROV (MCU-HDR)
Monsieur Alexandre JANIN (MCU-PH)
Monsieur Hubert LINCET (MCU-HDR)
Monsieur Olivier MEURETTE (MCU-HDR)
Madame Angélique MULARONI (MCU)
Madame Stéphanie SENTIS (MCU)

- **BIOLOGIE CELLULAIRE**

Madame Bénédicte COUPAT-GOUTALAND (MCU)
Monsieur Michel PELANDAKIS (MCU-HDR)

INSTITUT DE PHARMACIE INDUSTRIELLE DE LYON

Madame Marie-Alexandrine BOLZINGER (PR)
Madame Sandrine BOURGEOIS (MCU)
Madame Marie-Emmanuelle MILLION (MCU)
Madame Alexandra MONTEBAULT (MCU)
Madame Angélique MULARONI (MCU)
Madame Marie-Françoise KLUCKER (MCU-enseignante contractuelle temps partiel)
Madame Valérie VOIRON (MCU-enseignante contractuelle temps partiel)

PR : Professeur des Universités
PU-PH : Professeur des Universités-Praticien Hospitalier
MCU : Maître de Conférences des Universités
MCU-PH : Maître de Conférences des Universités-Praticien Hospitalier
HDR : Habilitation à Diriger des Recherches
AHU : Assistant Hospitalier Universitaire
ATER : Attaché temporaire d'enseignement et de recherche

Remerciements

A mon jury de thèse,

Au Professeur Catherine RIOUFOL,

Je vous remercie de me faire l'honneur de présider mon jury de thèse, veuillez trouver ici l'expression de ma plus grande gratitude.

Au Docteur Amandine BAUDOUIN,

Je te remercie pour le temps que tu as consacré à mon travail et pour tes nombreuses relectures. Ton suivi, ta disponibilité et tes précieux conseils ont été d'un grand soutien. Je suis vraiment heureuse d'avoir réalisé ce travail sous ton accompagnement.

Au Docteur Florence RANCHON,

Merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse et pour l'attention portée à mon travail.

Au Docteur Fabien FORGES,

Merci pour l'intérêt que vous avez porté à mon travail et pour votre présence au sein de mon jury.

Au Docteur Marie KROEMER,

Merci de me faire l'honneur de faire partie de ce jury et pour l'intérêt accordé à mon travail.

A mes très chers parents, qui m'ont soutenue tout au long de mes études, à Lyon comme à Montréal. Merci d'avoir toujours été là pour me conseiller, m'écouter, me remettre sur les rails quand il le fallait, et de m'avoir donné la confiance nécessaire pour mener ce projet jusqu'au bout,

A mes frères, Maxime et Paul, qui m'inspire par leur force de caractère et qui gardent un œil attentif sur mon futur,

A ma sœur Clara, qui a toujours été un modèle pour moi en traçant sa voie en pharmacie. Merci de m'aider encore aujourd'hui à faire les bons choix, et de prendre ton rôle de grande sœur à cœur, parfois un peu trop, mais c'est aussi pour ça qu'on t'aime,

A notre famille, et à tous nos moments passé ensemble,

A mes grands-parents décédés,

A mes amies pharmaciennes, Valentine, Lucie, Éva et Lisa, avec qui j'ai passé de belles années d'études en pharmacie. Merci pour nos pauses à la cafet quand on n'arrivait pas à se voir autrement, pour nos sessions de badminton, et pour tous ces petits moments qui ont rendu ces études tellement plus légères,

A Émilie et Alexandre, mes compagnons pharmacien-ingénieur. On a survécu ensemble au bureau (et aux afterwork ratés) de l'AELPI, au stage 5AHU, aux cours à la Doua... et on a toujours réussi à s'en remettre avec un peu trop d'alcool,

A mes amis avec qui j'ai traversé l'Atlantique, Valentin, Pauline, Alexia, Anna, avec qui j'ai bravé l'hiver québécois et des sessions trop chargées à Poly,

A Alexandre, coloc hors pairs, binôme à Poly (même si on a parfois failli s'étriper sur Excel), partenaire au badminton, adversaire redoutable au daim's, et heureusement que je te mettais la misère aux mots fléchés. Merci d'avoir été là, et surtout merci d'être toujours partant pour tout et à tout moment,

A mes copines de toujours, Zoé, Garance, Capucine, Lauren, même si on se voit moins souvent, je tiens beaucoup à notre amitié et j'ai toujours hâte qu'on se retrouve comme si rien n'avait changé,

A mes amis,

Table des matières

Remerciements	8
Liste des figures	13
Liste des tableaux	15
Liste des abréviations	16
1. Introduction générale.....	17
2. Contexte et objectif de l'étude	18
2.1. Responsabilité Sociale des Entreprise (RSE).....	18
2.1.1. RSE : de quoi parle-t-on ?	18
2.1.2. Encadrement légal	18
2.1.3. Impact du domaine de la santé	19
2.1.4. Le cas des Hospices Civil de Lyon	20
2.2. Importance de la gestion des déchets dans un environnement hospitalier	21
2.2.1. Classification des déchets hospitaliers	21
2.2.2. Réglementation et conformité dans la gestion des déchets	23
2.2.3. Traitement des déchets dans la zone à atmosphère contrôlée d'une Unité de Reconstitution des Chimiothérapies Cytotoxiques : cas de l'hôpital Lyon Sud	25
2.3. Unité de Reconstitution des Chimiothérapie Cytotoxique et leur impact	28
2.3.1. La préparation des chimiothérapies.....	28
2.3.2. L'impact de la production des chimiothérapies	29
3. Matériels et Méthodes :	32
3.1. Présentation du service.....	32
3.1.1. La ZAC.....	32
3.1.2. Les déchets	33
3.1.3. L'équipe	33
3.2. Approche adoptée pour la recherche	34
3.3. Méthodes de collecte.....	34

3.3.1.	Mesure de la quantité de déchets produits	34
3.3.2.	Réalisation des audits	35
3.3.2.1.	Audit du tri des déchets	35
3.3.2.2.	Audit des dispositifs médicaux gaspillés	35
3.3.3.	Envoi du questionnaire	36
3.4.	Analyse des données	37
4.	Résultats :	38
4.1.	Évaluation des connaissances : questionnaire au personnel.....	38
4.1.1.	Description du personnel : statut et ancienneté	38
4.1.3.	Connaissances théoriques sur l'élimination des déchets	43
4.1.4.	Compétences pratiques	45
4.1.5.	Remarque du personnel	48
4.1.6.	Retour sur les modifications apportées	49
4.2.	Évaluation quantitative de la quantité de déchets	51
4.2.1.	Volume en 2024	51
4.2.2.	Poids en 2024	52
4.2.3.	Volume en 2025	53
4.2.4.	Poids en 2025	54
4.2.5.	Calcul de l'impact économique de 2025	55
4.2.6.	Calcul de l'impact carbone de 2025	56
4.3.	Audits des pratiques	57
4.3.1.	Salles de préparation	57
4.3.2.	Vestiaires	59
4.3.3.	Salle de dosage	60
4.3.4.	Salle de décontamination	60
4.3.5.	Résultats globaux	61
4.4.	Audit des dispositif médicaux gaspillés	61

5.	Discussion	63
5.1.1.	Les divergences observées par rapport à la procédure	65
5.1.2.	Les pratiques du personnel	66
5.1.3.	Évaluation du niveau de connaissance du personnel.....	67
5.1.4.	Le gaspillage des dispositifs médicaux	67
5.2.	Les modifications apportées	68
5.2.1.	Les affiches	70
5.2.2.	La formation et la sensibilisation	71
5.2.3.	Modification de la procédure	72
5.2.4.	Autres axes d’optimisation identifiés	73
5.3.	Apports et limites des modifications appliquées	74
5.4.	Les limites de l’étude	77
6.	Conclusions générales	79
7.	Bibliographie	81
8.	Annexes	86
8.1.	Quantification des déchets	86
8.2.	Grille d’audit	88
8.3.	Formulaire 2024	91
8.4.	Formulaire 2025	95
8.5.	Affiches	100

Liste des figures

Figure 1 : Signalisation sur la porte du local de stockage des déchets.....	27
Figure 2: Distribution des émissions de CO ₂ eq selon les principales sources d'impact climatique au sein de l'unité de production d'après Chabane et al.(37).....	30
Figure 3: Plan de la zone à atmosphère contrôlée de l'URCC	32
Figure 4 : Fonction des répondants en 2024	38
Figure 5: Fonction des répondants en 2025	38
Figure 6: Répartitions de l'ancienneté des répondants en 2025	39
Figure 7 : Formation des PPH.....	40
Figure 8 : Formation des pharmaciens	40
Figure 9 : Formation des 5AHU.....	40
Figure 10 : Formation des OP	40
Figure 11: niveau de connaissance de la procédure en 2024	41
Figure 12: niveau de connaissance de la procédure en 2025	41
Figure 13: Respect des règles de tri en 2024.....	42
Figure 14: Respect des règles de tri en 2025.....	42
Figure 15: Raison de non-respect des règles en 2024	43
Figure 16: Raison de non-respect des règles en 2025	43
Figure 17: Devenir des déchets par type de contenant selon les participants	43
Figure 18: Représentation des estimations du prix d'un sac noir et d'un fût bleu	45
Figure 19 : Réponses cas pratique 1 en 2024	46
Figure 20: Réponses cas pratique 1 en 2025	46
Figure 21: Réponses cas pratique 3 en 2024	47
Figure 22: Suggestion du personnel d'amélioration de la procédure	48
Figure 23: Fréquence d'utilisation des affiches en salles	49
Figure 24: Répartition du choix de la fréquence de la formation.....	50

Figure 25: Répartition du choix de la forme de la formation.....	51
Figure 26: Nombre de fûts/sacs éliminé sur 20 jours en 2024	52
Figure 27: Répartition de la masse des fûts/sacs en 2024	53
Figure 28: Nombre de fûts/sacs éliminé sur 20 jours en 2025	54
Figure 29: Répartition de la masse des fûts/sacs en 2025	55
Figure 30: Pourcentage d'erreur de tri des déchets issus de la hotte en 2024	58
Figure 31: Pourcentage d'erreur de tri des déchets issus de la hotte en 2025	58
Figure 32: Pourcentage d'erreur de tri des déchets non issus de la hotte en 2024	59
Figure 33: Pourcentage d'erreur de tri des déchets non issus de la hotte en 2025	59
Figure 34: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans le sas personnel en 2024	59
Figure 35: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans le sas personnel en 2025	59
Figure 36: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de dosage en 2024	60
Figure 37: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de dosage en 2025	60
Figure 38: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de décontamination en 2024	61
Figure 39: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de décontamination en 2025	61
Figure 40: Formulaire vierge 2024.....	94
Figure 41: Formulaire vierge 2025.....	99
Figure 42: Affiches.....	100

Liste des tableaux

Tableau 1: Contenant et étiquette des différentes filières de tri	26
Tableau 2: Poids et émissions de CO ₂ eq selon le type de déchet d'après Chabane et al. (37)	31
Tableau 3: Quantité estimée VS réelle de contenant produit par jour.....	44
Tableau 4: Moyennes et écart-types du nombre de fût/sac produit par jour en 2024	52
Tableau 5 : Moyenne et écart-type de la masse des fûts/sacs produits en 2024	52
Tableau 6 : Masse totale de déchets produits sur une période de 20 jours par type de fûts/sacs	53
Tableau 7: Moyennes et écart-types du nombre de fût/sac produit par jour en 2025	54
Tableau 8 : Moyenne et écart-type de la masse des fûts/sacs produits en 2025	54
Tableau 9 : Masse totale de déchets produits sur une période de 20 jours par type de fûts/sacs	55
Tableau 10: Estimation du coût de l'élimination pour une année pour chaque catégorie de déchet en 2024 et en 2025	56
Tableau 11: Estimation des émissions de CO ₂ équivalent selon la catégorie de déchet pour les 2024 et 2025	57
Tableau 12: Nombre de DM jetés à la fermeture des hottes	62
Tableau 13: Résultats bruts comptabilisation des déchets 2024	86
Tableau 14: Résultats bruts comptabilisation des déchets 2025	87
Tableau 15: Résultats bruts grille d'audit 2024	88
Tableau 16: Résultats bruts grille d'audit 2025	89

Liste des abréviations

5AHU	5 ^{ème} année hospitalo-universitaire
ACV	Analyse de cycle de vie
BPP	Bonne pratique de préparation
DAS	Déchets d'activités de soins
DASRI	Déchets d'activités de soins à risque infectieux
DAOM	Déchets assimilables aux ordures ménagères
DM	Dispositifs médicaux
DMS	Dispositifs médicaux stériles
DRCT	Déchets d'activités de soins à risque chimique et toxique
ESG	Environnemental, social et de gouvernance
GHS	Groupement hospitalier Sud
GES	Gaz à effet de serre
HCL	Hospices Civils de Lyon
OP	Ouvrier professionnel
PH	Pharmacien hospitalier
PPH	Préparateur en pharmacie hospitalière
PUI	Pharmacie à usage intérieur
RSE	Responsabilité sociale des entreprises
URCC	Unité de reconstitution des chimiothérapies cytotoxiques
ZAC	Zone à atmosphère contrôlée

1. Introduction générale

Dans un contexte mondial marqué par le changement climatique et la raréfaction des ressources, le secteur de la santé se trouve aujourd'hui au cœur d'un paradoxe : indispensable au bien-être des populations, il constitue également une source non négligeable d'émissions de gaz à effet de serre et de production de déchets. En France, les établissements hospitaliers sont de plus en plus incités à intégrer les principes de la responsabilité sociétale dans leurs pratiques (1), conformément à l'évolution des cadres réglementaires et normatifs. Cette dynamique s'inscrit dans un contexte global où la réduction des déchets, la sobriété énergétique et la prévention des risques environnementaux deviennent des priorités.

Les pharmacies à usage intérieur occupent une place particulière dans cette réflexion. Par la nature de leurs activités, elles manipulent quotidiennement de nombreux produits chimiques, dispositifs médicaux et équipement à usage unique, dont la gestion génère un volume important de déchets. Parmi elles, les Unités de Reconstitution des Chimiothérapies Cytotoxiques (URCC) présentent un enjeu spécifique : elles manipulent des médicaments cytotoxiques, hautement réglementés et dangereux, nécessitant des conditions de travail stériles et contrôlées en zone à atmosphère contrôlée (ZAC). Ces exigences garantissent la sécurité du personnel et la qualité des préparations, mais entraînent une production importante de déchets à risques infectieux et chimiques, dont le traitement repose essentiellement sur l'incinération (2).

Dans un contexte où les établissements de santé cherchent à réduire leur impact environnemental, la question se pose de savoir comment concilier sécurité sanitaire, conformité réglementaire et réduction de l'empreinte écologique dans ces unités de production hautement contraintes. La gestion des déchets y apparaît comme un domaine d'amélioration possible : elle constitue à la fois une nécessité pour la santé publique et la protection de l'environnement, un facteur de coûts et une source importante d'émissions de gaz à effet de serre.

C'est à partir de ce constat qu'a été engagée cette étude, menée au sein de la ZAC de l'URCC de l'Hôpital Lyon Sud. L'objectif général était d'évaluer la gestion actuelle des déchets et d'identifier des pistes concrètes d'optimisation, à la fois du point de vue environnemental, organisationnel et humain. Ainsi, ce travail de thèse s'inscrit dans une démarche de réflexion appliquée : comprendre les mécanismes qui influencent la production et la gestion des déchets dans un environnement pharmaceutique hautement technique et contraint, afin d'y introduire progressivement des pratiques plus éco-responsables et d'inscrire durablement les activités hospitalières dans une logique de responsabilité sociétale.

2. Contexte et objectif de l'étude

2.1. Responsabilité Sociale des Entreprises (RSE)

Dans un contexte marqué par le changement climatique, le secteur de la santé s'engage de plus en plus dans la transition écologique. Cet engagement dépasse désormais les seules missions de soin, de recherche, de formation ou d'innovation, pour inclure une contribution active aux grands enjeux de société et à la construction d'un avenir plus durable.

2.1.1. RSE : de quoi parle-t-on ?

Le concept de la responsabilité sociale des entreprises est défini par la Commission Européenne comme la responsabilité des entreprises vis-à-vis des effets qu'elles exercent sur la société (3). Ce concept se base sur le développement durable, il supporte des valeurs sociales et écologiques, dans l'intérêt de l'entreprise elle-même mais également dans l'intérêt de la société.

Les entreprises françaises sont encouragées à engager une démarche RSE bien qu'il s'agisse d'une démarche volontaire. Dans ce contexte, les pharmacies à usage intérieur des hôpitaux cherchent également à mettre en place du développement durable dans leur fonctionnement.

2.1.2. Encadrement légal

La démarche RSE, bien que ce soit une démarche volontaire, s'inscrit aujourd'hui dans un cadre légal, réglementaire et structuré à l'échelle internationale, européenne et nationale.

Au niveau international, la norme ISO 26000 constitue une référence en matière de responsabilité sociétale. Bien qu'elle ne soit pas certifiante, elle fournit des lignes directrices claires pour intégrer les préoccupations sociales et environnementales dans la gouvernance des organisations. Elle définit un périmètre de la RSE axé autour de 7 thématiques : la gouvernance de l'organisation, les droits de l'homme, les relations et conditions de travail, l'environnement, la loyauté des pratiques, les questions relatives aux consommateurs et les communautés et le développement local (4).

Au niveau européen, une directive, nommée Non-Financial Reporting Directive (NFRD), mise en place en 2014, a instauré l'obligation pour certaines grandes entreprises de publier des informations extra-financières relatives à leurs impacts environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) (5). En France, cette directive a été transposée dès 2017 sous la forme de la Déclaration de Performance Extra-Financière (DPEF) (6). Depuis 2024, la nouvelle directive

nommée Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) est venue renforcer et élargir ce dispositif. Elle remplace la NFRD et impose désormais un cadre de reporting extra-financier standardisé à un plus grand nombre d'entreprises, y compris les entreprises de taille intermédiaire ainsi que certaines petites et moyennes entreprises (1). Ce reporting vise aussi à devenir un véritable outil de gestion de la durabilité, au-delà de la seule conformité réglementaire (1).

Au niveau national, plusieurs lois adoptées depuis 2015 témoignent d'une volonté croissante d'intégrer les enjeux environnementaux et sociaux dans la gouvernance des entreprises, y compris dans le secteur de la santé. La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte marque une première étape en introduisant des objectifs de réduction des déchets, de reporting énergétique et de promotion de l'économie circulaire (7). Elle est suivie par la loi PACTE (2019) qui poursuit cette dynamique en intégrant les enjeux sociaux et environnementaux dans la définition même de l'objet social des entreprises, et en ouvrant la possibilité d'adopter une raison d'être (8). La loi du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (AGEC) cible la réduction et la valorisation des déchets, notamment via de meilleures pratiques de tri et de traitement, applicables aussi aux déchets médicaux (9). Enfin, la loi Climat et Résilience (2021) renforce l'ambition nationale en matière de neutralité carbone et de protection de la biodiversité, en cohérence avec les stratégies environnementales nationales (10).

Bien que ces obligations visent principalement les grandes entreprises, elles participent à la structuration des démarches RSE dans l'ensemble des organisations, y compris les établissements de santé. Ces derniers sont ainsi incités à intégrer la RSE dans leur stratégie globale, en conciliant performance, éthique et responsabilité sociétale, notamment dans des domaines sensibles comme la gestion des déchets à risques.

2.1.3. Impact du domaine de la santé

Le secteur de la santé bien qu'essentiel au bien-être des populations, n'est pas exempt d'impacts environnementaux. Intégrer les principes de la RSE dans ce domaine permet de concilier qualité des soins, responsabilité sociable et durabilité, tout en répondant à des enjeux de plus en plus pressants liés à la consommation des ressources ou de production de déchets.

Dans son rapport publié en 2023, *Décarboner la santé pour soigner durablement*, le Shift Project dresse un état des lieux du secteur de la santé, qui représente à lui seul 8 % des émissions nationales de gaz à effet de serre, soit environ 49 millions de tonnes de CO₂ équivalent par an

(11). Les déchets du secteur de la santé comptent pour 5 % de ces émissions, soit 2,4 MtCO_{2e}, et relèvent du scope 3 (émissions indirectes)(11).

Dans le cadre du Plan de transformation de l'économie française (PTEF), le Shift Project souligne l'urgence d'une transformation écologique profonde du système de santé, en insistant sur le rôle structurant de ce secteur dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Il propose 37 mesures concrètes, articulées autour de sept grands principes d'action, parmi lesquels le renforcement de la prévention pour diminuer la demande en soins et, par conséquent, l'empreinte environnementale (12).

L'optimisation de la gestion des déchets hospitaliers est un des leviers identifiés : il s'agit de réduire les volumes de déchets à la source, de mieux trier les déchets afin d'éviter leur orientation vers des filières d'élimination plus énergivores, de favoriser le réemploi lorsque cela est possible, et enfin de développer des filières de recyclage adaptées aux spécificités des déchets de soins (11). Aussi, le rapport souligne l'importance de former et de sensibiliser les professionnels de santé aux enjeux environnementaux, pour permettre une adoption plus large des bonnes pratiques. Grâce à l'ensemble de ces actions, l'objectif est de réduire de 14 % les émissions liées aux déchets (11).

Ces recommandations s'inscrivent pleinement dans le cadre réglementaire national et européen évoqué précédemment, qui encourage une meilleure intégration de la RSE dans les stratégies des organisations. Les établissements de santé sont ainsi appelés à repenser leur fonctionnement en tenant compte des enjeux climatiques, sociaux et économiques, dans une logique de performance durable.

2.1.4. Le cas des Hospices Civil de Lyon

Pour le cas des Hospices Civil de Lyon (HCL), le CHU s'engage pour la transition écologique en santé. Une empreinte carbone de 380 000 tonnes d'équivalent CO₂ a été estimée en 2021 pour les HCL, dont 44% provient du matériel médical et de la pharmacie (13). L'objectif visé pour 2030 est de réduire de 19% les émissions grâce à un plan de décarbonation autour des 6 secteurs les plus émetteurs (14).

2.2. Importance de la gestion des déchets dans un environnement hospitalier

2.2.1. Classification des déchets hospitaliers

Les déchets d'activités de soins sont « les déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif ou palliatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire » (15). Ils peuvent être classés en deux catégories : les déchets assimilables aux ordures ménagères (DAOM) et les déchets d'activités de soins à risque.

- **Déchets assimilables aux ordures ménagères (DAOM)** : ils désignent, en milieu hospitalier, tous les articles non contaminés provenant des unités de soins, ne présentant aucun risque pour la santé humaine, animale ou environnementale. Cela inclut notamment les déchets alimentaires, les papiers, les emballages, etc. (16).

- **Déchets d'activités de soins à risque :**

- **Déchets d'activités de soins à risque infectieux (DASRI)** : ils correspondent aux déchets qui « présentent un risque infectieux du fait qu'ils contiennent des microorganismes viables ou leurs toxines, dont on sait ou dont on a de bonne raison de croire qu'en raison de leur nature, de leur quantité ou de leur métabolisme, ils causent la maladie chez l'homme ou chez d'autre organisme vivant. » (17).

Cette catégorie regroupe également, au-delà des éléments strictement pathogènes, un ensemble de matériaux dont la nature justifie leur qualification de DASRI (2):

- Les matériaux piquants ou coupants, qu'ils aient été ou non en contact avec un produit biologique (aiguilles, scalpel) ;
- Les flacons de produits sanguins thérapeutiques non utilisés ou périmés, les tubes de prélèvement, les dispositifs de drainage ;
- Les articles de soin souillés par du sang ou un autre liquide biologique (liquide pleural, péritonéal, péricardique, amniotique, synovial) ;
- Les déchets issus des activités de thanatopraxie ;
- Les fragments anatomiques humains non identifiables par un non-spécialiste ;
- Certains déchets de laboratoire (milieu de culture, prélèvements, etc.) ;
- Enfin, même en l'absence de risque infectieux, tout matériel de soins fortement évocateur d'une activité de soins pouvant avoir un impact psycho-émotionnel (seringue, tubulure, sonde, gant, etc.).

○ **Déchets d'activité de soins à risque chimique et toxique (DRCT) :**

- **Déchets pharmaceutiques (y compris génotoxiques) :** ils regroupent « les médicaments périmés, non utilisés, renversés ou contaminés, qu'ils soient prescrits ou en vente libre, ainsi que les vaccins ou sérums devenus inutilisables. » (16). Cette catégorie inclut également le matériel fortement contaminé lors de leur manipulation (flacons, bouteilles, gants, tubulures, etc.) (16)

Il est également possible de retrouver dans cette catégorie les déchets génotoxiques qui peuvent avoir des effets mutagènes, tératogènes ou cancérigènes. Cela englobe :

- Les médicaments cytotoxiques (aussi appelés chimiothérapeutiques ou antinéoplasiques) ;
- Certains médicaments cytostatiques ;
- Les excréta (vomissures, urines, selles) de patients traités par chimiothérapie (16).
- Les déchets issus des traitements anticancéreux : restes de médicaments, médicaments périmés, filtres des systèmes de ventilation des hottes et isolateurs, etc. (2)

- **Déchets chimiques :** ils incluent les produits solides, liquides ou gazeux, issus d'activités de diagnostic, d'expérimentation, de nettoyage ou de désinfection. Un déchet chimique est considéré comme dangereux s'il présente au moins une des propriétés suivantes : toxicité, corrosivité, inflammabilité, réactivité ou caractère oxydant. Exemples : solvants et réactifs utilisés en laboratoire, désinfectants, stérilisants, métaux lourds (contenus dans certains dispositifs médicaux ou les piles) (16).

○ **Déchets d'activités de soins à risque radioactif :** il s'agit de produits contaminés par des radionucléides, tels que ceux issus des activités de diagnostic radioactif ou de radiothérapie (16).

2.2.2. Réglementation et conformité dans la gestion des déchets

La gestion des déchets d'activités de soins (DAS) en France est soumise à une réglementation stricte en raison des risques infectieux, chimiques ou toxiques qu'ils peuvent présenter pour la santé humaine et l'environnement. Cette réglementation repose sur un ensemble de textes issus notamment du Code de la santé publique, du Code de l'environnement, ainsi que de plusieurs arrêtés, décrets et circulaires précisant les modalités de gestion, de tri, de conditionnement, de transport et d'élimination des déchets concernés.

La responsabilité de la gestion des déchets incombe au producteur, c'est-à-dire à l'établissement ou au professionnel de santé qui génère les déchets. Cette obligation est clairement affirmée à l'article R1335-2 du Code de la santé publique (18), ainsi qu'à l'article L541-2 du Code de l'environnement (19), qui précise que cette responsabilité persiste même lorsque le déchet est transféré à un tiers pour traitement.

La définition et la catégorisation des déchets d'activités de soins permettent de différencier les types de filières à mobiliser. Une classification à 6 chiffres a été mise en place et permet notamment de distinguer les modalités de prise en charge en fonction des risques, les 2 premiers chiffres indiquent l'origine du déchet, les 2 suivant le type de procédé du déchet et enfin les 2 derniers la nature du déchet (20). Les déchets identifiés comme dangereux pour l'environnement ou la santé publiques sont marqués d'un astérisque (20). Les déchets d'activités de soins font partie de la catégorie 18.

Le tri des déchets doit s'effectuer dès leur production. L'article R1335-5 du Code de la santé publique impose une séparation stricte des DAS des autres types de déchets dès la source (21). Ce tri repose sur une bonne connaissance des risques associés à chaque catégorie et sur la formation des professionnels impliqués. Il constitue une étape essentielle pour garantir une filière de traitement adaptée et sécurisée.

Le conditionnement des DAS doit garantir leur sécurité tout au long de leur manipulation et de leur transport. Selon l'arrêté du 24 novembre 2003, les déchets d'activités de soins à risque infectieux doivent être conditionnés dans des emballages à usage unique, résistants, étanches, et clairement marqués (22). Ces emballages doivent pouvoir être fermés temporairement puis définitivement avant enlèvement (2). Les déchets perforants comme les aiguilles, lames ou cathéters nécessitent des contenants spécifiques conformes aux critères détaillés dans les

circulaires de 1998 et 2005 (23,24), qui insistent sur les caractéristiques techniques des emballages adaptés. Pour les DASRI, les conditionnements sont de couleur jaune dominante, avec un repère horizontal qui indique la limite de remplissage. Il comporte également un marquage approprié, avec une mention explicite de DASRI, aussi le pictogramme du danger biologique et l'identification du producteur (2). Pour les déchets chimiques et toxiques, les conteneurs doivent être identifiés avec « déchets chimiques et toxiques » (2), aussi l'indication du contenu et du producteur doivent être présents, ainsi que la date d'emballage et le pictogramme de toxicité.

L'étiquetage des déchets permet d'assurer une identification immédiate et claire des risques liés aux déchets manipulés. Les règles en matière d'étiquetage sont définies par les arrêtés du 20 avril 1994 et du 9 novembre 2004 (25,26). Par ailleurs, le règlement européen n°1272/2008, dit règlement CLP (Classification, Labelling and Packaging), introduit de nouvelles normes harmonisées d'étiquetage chimique, notamment les pictogrammes de danger issus du Système Général Harmonisé (SGH) (27). Ce règlement, bien qu'il ne s'applique pas directement aux médicaments, reste une référence en matière de signalétique des produits chimiques utilisés en établissement de santé.

Enfin, l'élimination des DAS varie selon leur nature.

- Les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) peuvent être soit incinérés, soit prétraités par désinfection lorsque les conditions le permettent (2). Toutefois, les DASRI souillés par des produits de chimiothérapie, qui sont des déchets contaminés présentant à la fois un risque infectieux et chimique, doivent obligatoirement être éliminés par incinération, le prétraitement par désinfection étant strictement interdit pour ces déchets (2). L'élimination comporte deux étapes : une incinération à 850 °C suivie d'une phase de post-combustion à la même température pendant au moins deux secondes (2). Ce processus peut se dérouler dans des unités spécialisées, dans des installations d'incinération de déchets dangereux ou, dans certains cas, dans des installations de traitement des déchets ménagers sous conditions spécifiques (2).
- Les médicaments anticancéreux non utilisés ou concentrés quant à eux, doivent obligatoirement être éliminés dans une filière d'incinération dédiée aux déchets dangereux, garantissant une température minimale de 1 000 à 1 200 °C (2).

- Enfin, les déchets non souillés, comme les emballages vides ou les équipements de protection individuelle propres, peuvent être éliminés avec les déchets ménagers classiques (2).

En complément des réglementations nationales et européennes, l'Organisation mondiale de la santé propose des recommandations techniques dans son guide de référence « Safe Management of Wastes from Health-Care Activities » (16). Bien que non contraignant juridiquement, ce document est largement utilisé par les établissements comme standard de bonnes pratiques.




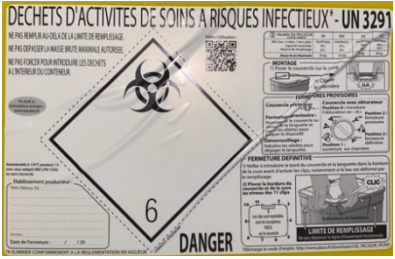

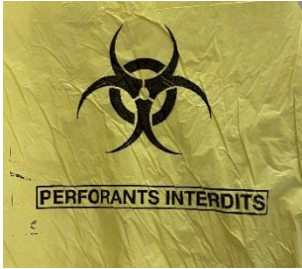
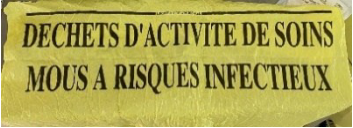
2.2.3. Traitement des déchets dans la zone à atmosphère contrôlée d'une Unité de Reconstitution des Chimiothérapies Cytotoxiques : cas de l'hôpital Lyon Sud

La gestion des déchets dans une zone à atmosphère contrôlée (ZAC) d'une Unité de Reconstitution de Chimiothérapie Cytotoxique injectables suit un processus en plusieurs étapes : tri à la source, conditionnement et étiquetage, stockage temporaire, puis enlèvement par un transporteur externe en vue de leur élimination finale. Dans cette section, nous détaillons plus particulièrement l'organisation et les pratiques observées dans l'URCC de l'hôpital Lyon Sud des HCL.

Le tri constitue une étape clé, en raison de la nature des déchets produits, qui présentent à la fois des risques infectieux et toxiques. Afin de faciliter ce tri, un code couleur est utilisé : fûts bleus pour les déchets à risque chimique toxique (DRCT), sacs et fûts jaunes pour les DASRI, et sacs noirs pour les DAOM.

Chaque contenant est étiqueté de manière spécifique, avec des pictogrammes signalant les dangers associés, et la date de production y est apposée lors de la mise en service.

Tableau 1: Contenant et étiquette des différentes filières de tri

Filière	Contenant	Étiquette
DRCT		
DASRI		
		 



Les déchets sont ensuite entreposés dans un local de stockage dédié, conforme aux exigences réglementaires et clairement identifié.



Figure 1 : Signalisation sur la porte du local de stockage des déchets

Pour les DASRI, la durée maximale de stockage est de 72 heures en cas de production supérieure à 100 kg par semaine conformément à l'arrêté du 7 septembre 1999 (28). En pratique, les DASRI sont collectés quotidiennement par le circuit interne de l'hôpital, tandis que les DRCT sont collectés une fois par semaine par une société externe.

Les déchets sont ensuite pris en charge par des organismes agréés, qui les éliminent selon des modalités adaptées à leur nature : les DAOM (sacs noirs) sont incinérés à 800 °C, les DASRI (sacs et fûts jaunes) à une température comprise entre 850 et 1000 °C, et les DRCT (fûts bleus) à 1200 °C dans des installations spécialisées (29).

Un bordereau de traçabilité est établi pour chaque collecte de DRCT, assurant le suivi réglementaire des flux de déchets jusqu'à leur élimination finale.

2.3. Unité de Reconstitution des Chimiothérapie Cytotoxique et leur impact

2.3.1. La préparation des chimiothérapies

La préparation des chimiothérapies cytotoxiques constitue une activité hautement spécialisée réalisée au sein d'une Unité de Reconstitution des Chimiothérapie Cytotoxique (URCC). Elle vise à garantir la qualité et la sécurité des traitements anticancéreux administrés aux patients (30,31).

2.3.1.1. Le cadre réglementaire

En France, la préparation des traitements anticancéreux injectables est centralisée au niveau des Pharmacies à Usage Intérieur (PUI), sous la responsabilité du pharmacien hospitalier, depuis la publication du décret n° 2005-1023 du 24 août 2005 (32). Cette mesure marque une étape essentielle dans la sécurisation du circuit du médicament, en imposant que les chimiothérapies soient préparées exclusivement dans des unités de pharmacotechnie adapté (33). L'ensemble de ces dispositions s'inscrit dans le Code de la santé publique (30) et dans les Bonnes Pratiques de Préparation (31) définies par l'ANSM, qui fixent les exigences applicables aux établissements autorisés à préparer des médicaments stériles, notamment en matière de locaux, de qualification du personnel, de contrôle qualité et de traçabilité.

2.3.1.2. Le processus de préparation

La préparation d'une chimiothérapie suit un circuit rigoureusement structuré, visant à maîtriser chaque étape du processus.

Elle débute par la prescription médicale et l'analyse pharmaceutique, au cours de laquelle le pharmacien vérifie la cohérence du protocole et la dose en fonction des paramètres cliniques du patient (34).

Une fois la prescription analysée, le pharmacien rédige une fiche de fabrication, transmise aux préparateurs en pharmacie hospitalière (PPH) après le « feu vert ». Ce dernier est donné par le prescripteur après la vérification de l'état clinique et des données biologique du patient (35).

Les PPH réalisent ensuite la préparation dans une zone à atmosphère contrôlée (ZAC), en classe A, où s'effectue la reconstitution aseptique sous isolateur stérile ou sous hotte à flux laminaire (31).

Un aide-manipulateur prépare le matériel, assure les transferts stériles des spécialités et du matériel nécessaires à la fabrication, ainsi que des poches reconstituées, et réalise le double contrôle. Le manipulateur procède à la reconstitution et à la dilution du cytotoxique dans la poche de chimiothérapie, conformément aux procédures opératoires standardisées (36).

Le personnel est équipé d'une tenue adaptée (gants doublés, surblouse, masque, charlotte, surchaussures) et respecte un protocole strict de désinfection et de transfert des matériaux (31). Les locaux doivent répondre aux exigences des Bonnes Pratiques de Préparation (31) : surpression d'air filtré par filtres HEPA, température et hygrométrie contrôlées, surveillance particulière et microbiologique régulière. Ces conditions visent à prévenir toute contamination microbiologique des préparations stériles.

En général, deux niveaux de contrôles des préparations sont effectués :

Le premier peut correspondre :

- à un contrôle en cours de préparation, incluant la vérification du médicament, du volume prélevé et du solvant utilisé pour la reconstitution ;
- ou à un contrôle final, comprenant une vérification analytique

Le second contrôle est réalisé une fois le produit fabriqué et conditionné. Le pharmacien procède alors à une vérification visuelle préalable à la « libération pharmaceutique » du produit. (34).

Un contrôle de l'étiquetage est également effectué conformément aux BPP (31).

Enfin les préparations sont acheminées et conservées vers les services cliniques selon leur stabilité. L'ensemble des données est enregistré, assurant la traçabilité du cycle de vie du médicament.

2.3.2. L'impact de la production des chimiothérapies

À ce jour, aucune étude n'avait évalué les émissions de gaz à effet de serre (GES) au sein d'une unité de production des médicaments cytotoxiques à l'exception de l'étude « Carbon footprint of a chemotherapy production unit within a hospital pharmacy: Time for green pharmacy » (37).

Cette étude, de nature rétrospective, avait pour objectif de quantifier l'empreinte carbone d'une unité de production de cytotoxiques réalisant environ 51 000 préparations par an (en 2022).

L'analyse a été conduite selon la méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ACV), en considérant cinq principales sources d'émissions de CO₂ équivalent (CO₂eq) :

- les médicaments,
- les matériaux à usage unique,
- la consommation énergétique des équipements électriques,
- le transport du personnel,
- et les déchets générés par l'unité.

L'étude n'a pas inclus dans son périmètre les émissions ultérieures liées au transport, au stockage ou à l'utilisation des produits finis.

Les résultats ont montré une empreinte carbone totale de 18 230,7 tonnes de CO₂eq. Parmi celles-ci, 18 179 tonnes provenaient des médicaments antinéoplasiques, tandis que les 51,7 tonnes restantes se répartissaient de la manière suivante présentée dans la Figure 2 :

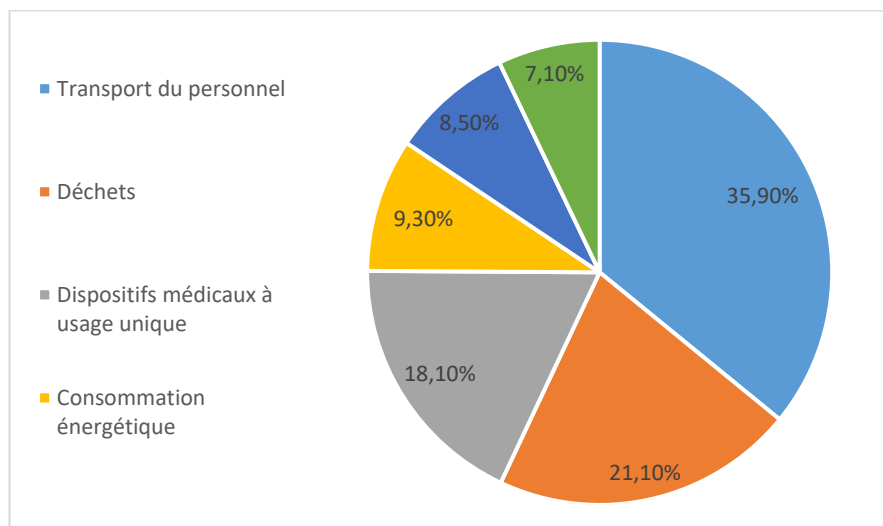


Figure 2: Distribution des émissions de CO₂eq selon les principales sources d'impact climatique au sein de l'unité de production d'après Chabane et al.(37)

Concernant les déchets, l'unité a généré 12,4 tonnes de déchets en 2022, dont 90,1 % étaient des DASRI (Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux).

Les DASRI contribuaient à 9,8 tonnes de CO₂eq pour 10,5 tonnes de déchets produits.

Les déchets cytotoxiques, quant à eux, ont été responsables d'un niveau d'émissions supérieur à celui des déchets assimilables aux ordures ménagères (6,1 % contre 3,8 %), malgré un poids inférieur (0,7 tonne contre 1,2 tonne).

Ces résultats sont présentés dans le Tableau 2 suivant :

Tableau 2: Poids et émissions de CO₂eq selon le type de déchet d'après Chabane et al. (37)

Type de déchet	Poids		Réchauffement climatique	
	Tonne	(%)	Tonne CO ₂ eq	(%)
DAOM	1,2	(9,3)	0,4	(3,8)
DASRI	10,5	(85,0)	9,8	(90,1)
DRCT	0,7	(5,7)	0,7	(6,1)
Total	12,4	(100)	10,9	(100)

Ces résultats mettent en évidence que la majorité des émissions est imputable aux médicaments antinéoplasiques, soulignant l'importance de limiter leur utilisation et leur gaspillage lié à la péremption afin de réduire l'empreinte carbone globale.

Les déchets constituent le troisième poste d'émissions le plus important, identifiés comme un levier d'action prioritaire. Les auteurs soulignent d'ailleurs que « des leviers existent, notamment concernant le transport du personnel et la gestion des déchets, suggérant qu'une démarche écologique reste possible, même dans un environnement hautement réglementé » (37).

Dans ce contexte, ce travail avait pour objectifs d'étudier les déchets produits dans une URCC et d'optimiser leur gestion. Pour ce faire, un audit des pratiques sur la gestion des déchets issus de la ZAC a été réalisé, complété par une évaluation des connaissances du personnel et une détermination de l'impact carbone associé.

3. Matériels et Méthodes :

3.1. Présentation du service

3.1.1. La ZAC

La Zone à Atmosphère Contrôlée (ZAC) de l'URCC de l'Hôpital Lyon Sud est présentée à la Figure 3 et est composée de quatre salles de préparation, chacune équipée de deux hottes à flux laminaire vertical. L'organisation comprend également deux vestiaires (un pour les femmes, un pour les hommes), une salle pour la réalisation des contrôles analytiques, une zone centrale de circulation, une zone d'essuyage, une zone de décontamination ainsi qu'un sas dédié à l'évacuation des déchets.

Les hottes à flux laminaire répondent à la classe A selon les critères de contamination microbologique et particulaire des BPP. Les salles de préparation, la zone centrale et la zone de dosage sont classées en zone B. Les vestiaires et la zone d'essuyage sont quant à eux classés en zone C.

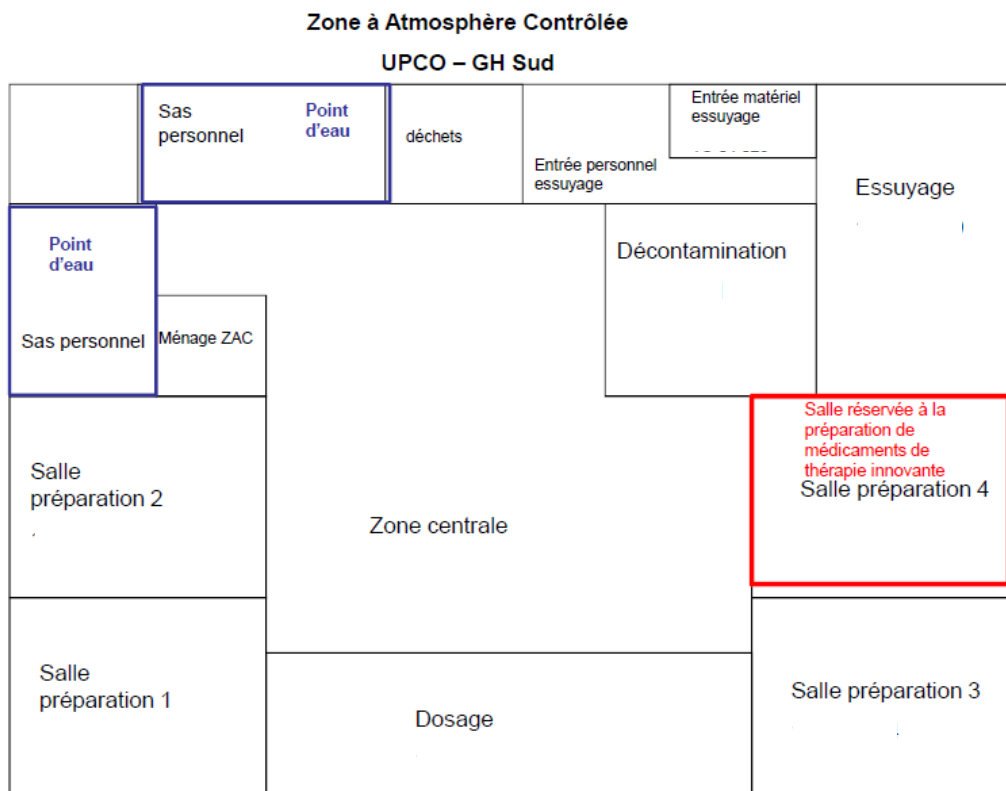


Figure 3: Plan de la zone à atmosphère contrôlée de l'URCC

3.1.2. Les déchets

Les déchets produits lors du fonctionnement de la ZAC appartiennent à différentes catégories, en fonction de leur nature et de leur niveau de risque :

- DAOM : Il s'agit de déchets non contaminés tels que le papier, les emballages (notamment les emballages plastiques servant au maintien de la stérilité), les compresses, lingettes, plateaux, pansements absorbants et flacons plastiques vides. Ces déchets sont triés en fonction de leur usage et des zones qu'ils ont traversées. Ces déchets sont éliminés dans des sacs noirs.
- DASRI : Cette catégorie comprend les déchets issus de l'activité de soins susceptibles de présenter un risque infectieux : champs stériles, charlottes, masques, surchaussures, sarraus non plastronnés, gants, seringues, aiguilles, bouchons, petits dispositifs médicaux stériles (DMS), spikes, etc.
Elle inclut également tous les déchets pouvant être contaminés par des produits de chimiothérapie, qui n'ont pas été en contact direct avec ceux-ci. Ces déchets sont éliminés dans des sacs ou fûts jaunes.
- DRCT : Ce sont les déchets ayant été en contact direct avec des médicaments cytotoxiques, en particulier les flacons de chimiothérapie utilisés et leurs opercules. Des déchets appartenant aux catégories précédentes peuvent être reclassés dans cette catégorie s'ils entrent en contact avec de la chimiothérapie à haute dose. Ces déchets sont éliminés dans des fûts bleus.

3.1.3. L'équipe

L'équipe intervenant dans la ZAC se compose de 23 PPH, de 14 pharmaciens hospitaliers, de 3 internes en pharmacie, 5 ouvriers professionnels (OP) et des étudiants 5AHU.

Les rôles des différents intervenants vis-à-vis de la filière déchets sont les suivants :

- PPH en ZAC : les manipulateurs réalisent la préparation des chimiothérapies et assurent la ségrégation immédiate des déchets générés. Les aides manipulateurs gèrent l'amont et l'aval de la préparation, s'occupent des déchets produits en salle et transportent les fûts et sacs pleins vers le sas d'évacuation.
- Pharmaciens et internes : lorsqu'ils participent à l'activité en ZAC, ils assurent les mêmes missions que les PPH.
- 5 AHU : ils sont chargés du contrôle analytique des préparations et éliminent ensuite les échantillons de chimiothérapie analysés par l'automate.

- OP : ils assurent l'essuyage, la décontamination et le rangement dans la ZAC. Ils participent également à la filière déchets en prenant en charge l'évacuation des fûts et sacs vers l'extérieur en vue de leur élimination finale.

3.2. Approche adoptée pour la recherche

Afin d'étudier la gestion des déchets dans la ZAC de l'URCC, plusieurs collectes de données ont été mises en place.

Dans un premier temps, à l'été 2024, un audit des pratiques ainsi qu'un questionnaire ont été réalisés, afin de définir un état initial et de réfléchir, à partir des résultats obtenus, aux mesures à envisager. Une fois cette première collecte terminée, les résultats de l'audit ont été présentés, les principales remarques ont été mises en évidence, et une mise à jour de la procédure a été envisagée. Par ailleurs, une première réflexion sur l'élaboration d'outils de communication et de sensibilisation a été initiée. Une première estimation de la quantité de déchets produite a également été effectuée.

Par la suite, à l'été 2025, une nouvelle étude, un an après la première, a été réalisée afin d'évaluer l'impact des premières mesures. L'estimation de la production de déchets, un audit des pratiques en ZAC et un questionnaire ont de nouveau été réalisés. Cette étude avait pour objectif d'ajuster les outils mis en place et de renouveler la sensibilisation du personnel, ainsi que d'initier une réflexion sur la formation continue du personnel.

Les différentes collectes de données ont suivi la même méthodologie, ce qui a permis une comparaison objective.

3.3. Méthodes de collecte.

3.3.1. Mesure de la quantité de déchets produits

Pour les deux collectes qui ont permis d'estimer la quantité de déchets produite par la ZAC, la même méthodologie a été appliquée. Pour l'été 2024, les données ont été recueillies sur la période du 05/07/2024 au 06/08/2024, tandis que pour l'été 2025, les données ont été recueillies sur la période du 02/06/2025 au 04/07/2025. Les fûts et sacs ont été comptés tous les matins lors de la collecte des déchets par les OP du service (cf. Annexe 8.1). Chaque soir, après l'arrêt de la production en ZAC, les fûts et sacs sortant de la ZAC ont été pesés à l'aide d'un pese-personne, et la date de chaque pesée a été notée. Cela a permis d'établir un poids moyen et de

déterminer la quantité de déchets produite sur une période type, représentative de la production quotidienne.

3.3.2. Réalisation des audits

Pour obtenir des données de vie réelle, deux audits ont été réalisés. Un premier pour connaître les pratiques courantes de l'équipe pour ce qui est de la gestion du tri des déchets. Un second pour évaluer la quantité de dispositifs médicaux gaspillés.

3.3.2.1. Audit du tri des déchets

Pour cet audit, une grille a été préparée pour chaque salle de la ZAC, listant de manière exhaustive les déchets éliminés et leur lieu d'élimination prévu selon la procédure initiale (cf. Annexe 8.2). Pour chaque personne auditée, une seule case a été cochée par type de déchets selon la poubelle utilisée. L'observation a été menée auprès du plus grand nombre de personnes accessibles dans chaque salle.

Des approches spécifiques ont été adoptées selon les zones :

- Pour les salles de préparation, les pratiques d'un manipulateur et de son aide manipulateur ont été observées pendant une heure. Aucune distinction n'a été faite entre les salles cytotoxiques et non cytotoxiques.
- Pour le vestiaire, l'élimination des éléments de tenues a été observée auprès de personnel issu de formations diverses, sans distinction particulière.
- Pour la zone de dosage, les personnes ont été interrogées sur la poubelle utilisée pour chaque type de déchets listés, du fait de la faible fréquence d'élimination.
- Pour la zone de décontamination, les différents types de déchets produits et les poubelles dans lesquelles ils étaient jetés ont été observés.

3.3.2.2. Audit des dispositifs médicaux gaspillés

Cet audit a été mené en salle de préparation à 12 reprises, pour une durée de 1 h à chaque fois. Le nombre de dispositif médicaux tombés au sol au cours de cette période, et donc considérés comme des déchets selon la procédure en vigueur à l'URCC de l'Hôpital Lyon Sud, a été comptabilisé. L'ensemble de la plage horaire de fonctionnement de la ZAC a été couverte pour obtenir des données représentatives.

Les données de cet audit ont permis d'extrapoler sur l'année le nombre de dispositifs médicaux jetés avant d'avoir été utilisés.

De plus, les dispositifs médicaux non utilisés et jetés à la fermeture des hottes ont été observés à quatre reprises. Pour ces observations, le type et le nombre de chaque dispositif jeté ont été notés sur une grille.

3.3.3. Envoi du questionnaire

Deux questionnaires ont été envoyés : l'un le 04/07/2024, l'autre le 24/06/2025.

Le premier questionnaire a permis d'interroger le personnel en lien avec la ZAC de l'URCC sur leur niveau de connaissance de la procédure, ainsi que sur la gestion des déchets au niveau de l'hôpital.

Ce questionnaire, sous forme d'un Google Form®, comprenait 13 questions et a été envoyé par mail à tout le personnel concerné.

On retrouve dans le questionnaire (cf. Annexe 8.3) :

- La fonction de la personne répondante.
- Des questions sur les modalités d'apprentissage de la procédure, sur le niveau de connaissance et sur le respect de cette procédure.
- 3 questions de cas pratiques
- 4 questions générales sur les filières de tri des déchets de la ZAC
- 1 question ouverte pour des remarques, incompréhensions et suggestions.

Le deuxième questionnaire a permis d'observer l'évolution des réponses un an plus tard, et de recueillir des informations sur les nouveautés mises en place et les dispositifs à venir (notamment la formation). Ce nouveau questionnaire a été réalisé en se basant sur les réponses obtenues à celui de l'année précédente.

Ce questionnaire, toujours sous la forme d'un Google Form®, contenait 16 questions et a été envoyé par mail à l'ensemble du personnel en lien avec la ZAC.

On retrouve dans le questionnaire (cf. Annexe 8.4) :

- La fonction et la période d'arrivée dans l'unité de la personne répondante.
- Des questions sur le niveau de connaissance et sur le respect de la procédure.
- 4 questions sur la mise en place des affiches.
- 4 questions de cas pratiques.
- 2 questions sur la future formation concernant la gestion du tri des déchets.

3.4. Analyse des données

Les données ont été analysées à l'aide de moyennes arithmétiques et de proportions. Par ailleurs, un test de Khi-Deux a été réalisé pour comparer le taux global de conformité observé lors des audits.

L'ensemble des données a été récupéré et mis en forme à l'aide d'un tableur Excel®.

4. Résultats :

4.1. Évaluation des connaissances : questionnaire au personnel

4.1.1. Description du personnel : statut et ancienneté

En 2024, 30 personnes ont répondu au questionnaire dont 14 préparateurs en pharmacie hospitalière, 7 pharmaciens hospitaliers, 6 étudiants 5AHU et 3 OP.

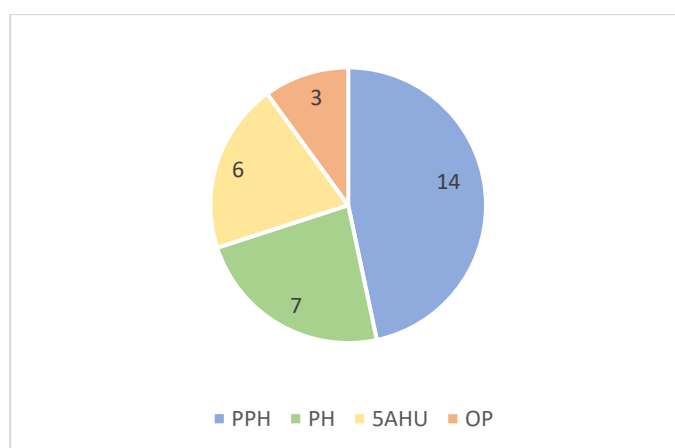


Figure 4 : Fonction des répondants en 2024

En 2025, 20 personnes ont répondu au questionnaire dont 11 préparateurs en pharmacie hospitalière, 5 pharmaciens hospitaliers, 4 étudiants 5AHU et 0 OP.

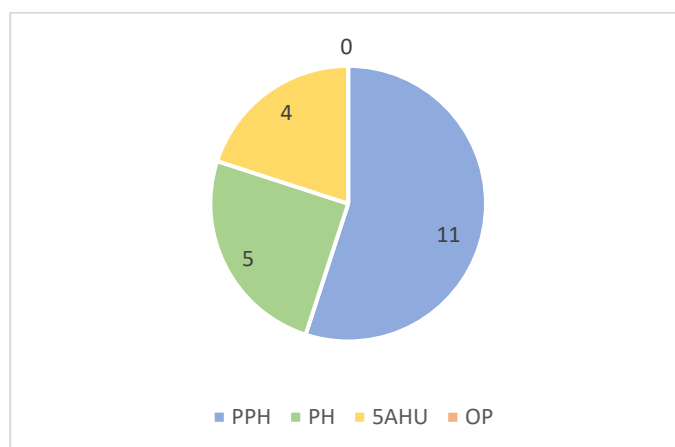


Figure 5 : Fonction des répondants en 2025

La répartition de l'ancienneté du personnel dans le service est illustrée à la Figure 6.

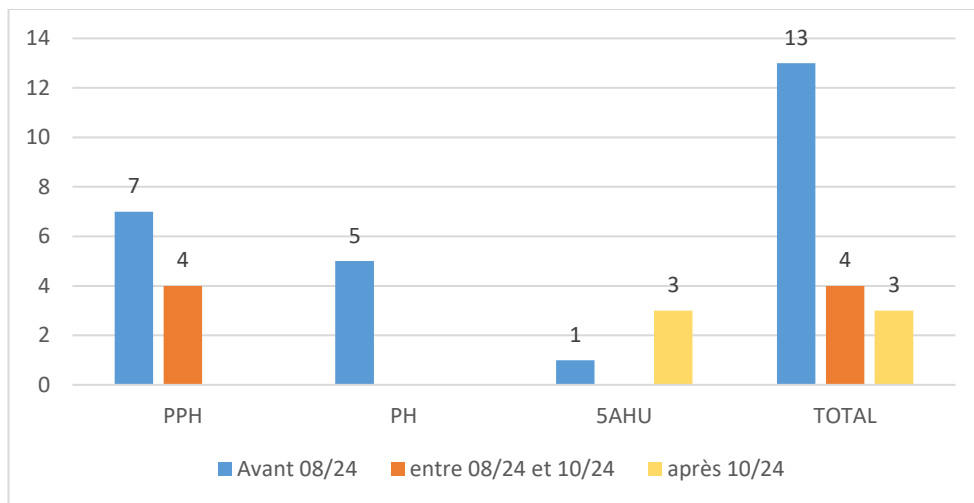


Figure 6: Répartitions de l'ancienneté des répondants en 2025

Le personnel présent avant août 2024 a participé à l'audit initial, à l'audit intermédiaire non inclus dans ce travail ainsi qu'à l'audit final. Celui arrivé entre août et octobre 2024 a pris part à l'audit intermédiaire non inclus dans ce travail et à l'audit final. Enfin, le personnel recruté après octobre 2024 n'a participé qu'à l'audit final.

4.1.2. Formation reçue et connaissance des outils de formation à disposition

Comment avez-vous appris la procédure de tri des déchets ? (Questionnaire 2024)

Dans les schémas ci-après, sont représentés les moyens par lesquels le personnel a pris connaissance de la procédure.

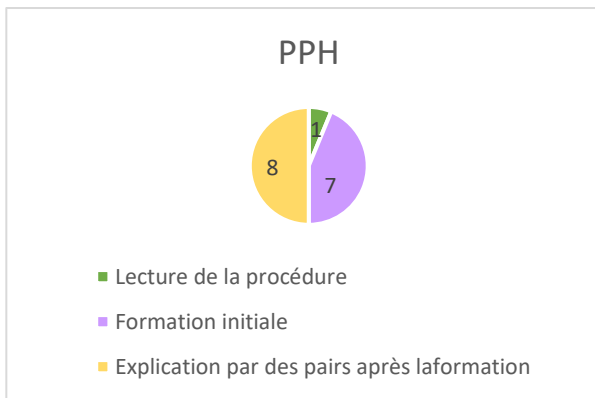


Figure 7 : Formation des PPH

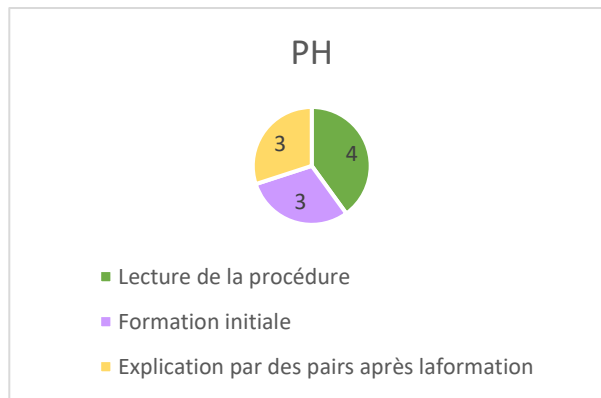


Figure 8 : Formation des pharmaciens

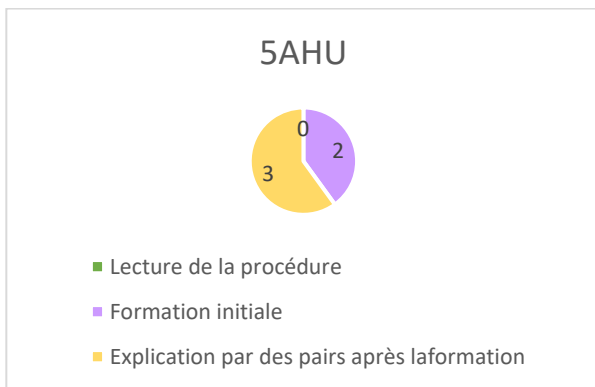


Figure 9 : Formation des 5AHU

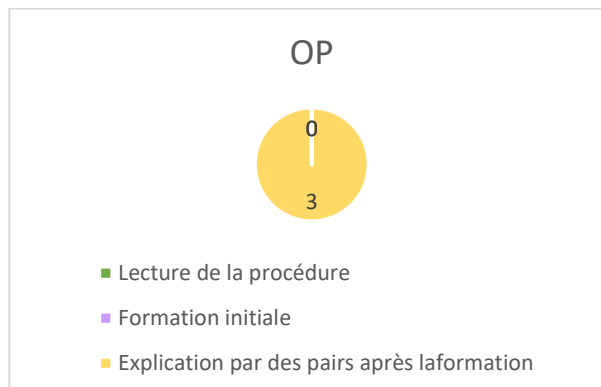


Figure 10 : Formation des OP

Connaissez-vous les différentes filières de tri disponibles dans la ZAC et pouvez-vous les énumérer ? (Questionnaire 2024 et 2025)

En 2024, 19 (63,3% des répondants) personnes ont énuméré toutes les filières de tri existantes. 9 (30,0%) personnes ne savaient pas et 2 (6,7%) personnes ont partiellement cité les filières de tri.

Tandis qu'en 2025, 13 (65% des répondants) personnes ont énuméré toutes les filières de tri existantes, 6 (30%) personnes ne savaient pas et 1 (5%) personne a partiellement cité les filières de tri.

De plus, 9 (81,8%) des personnes arrivées avant août 2024 ont été capables de citer toutes les filières de tri, contre 1 (33,3%) parmi celles arrivées entre août et octobre 2024, et 1 (33,3%) parmi celles arrivées après octobre 2024.

Êtes-vous familier avec les règles de tri des déchets en vigueur dans la ZAC ? (Questionnaire 2024 et 2025)

Le personnel devait grader son niveau de connaissance des règles de tri de 1 (ne les connais pas) à 5 (les connais très bien), les résultats pour 2024 et 2025 sont représentés dans la Figure 11 et la Figure 12 ci-dessous :

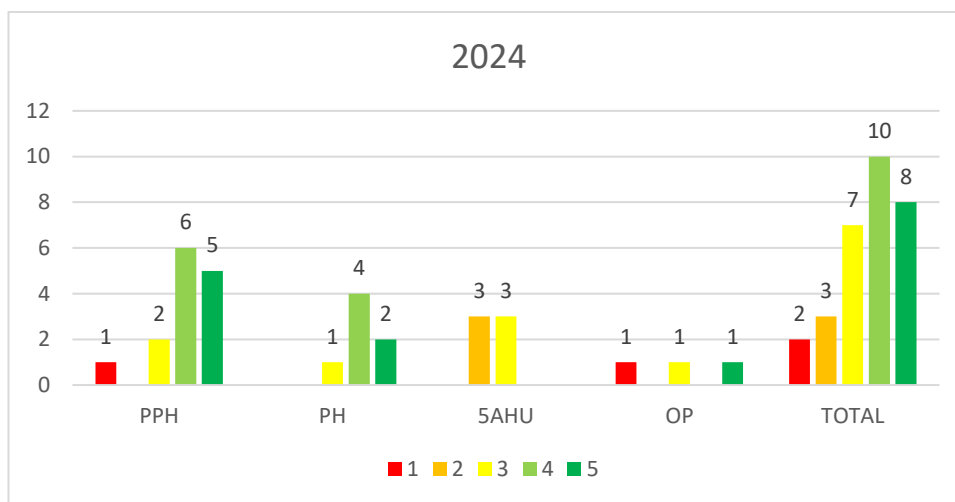


Figure 11: niveau de connaissance de la procédure en 2024

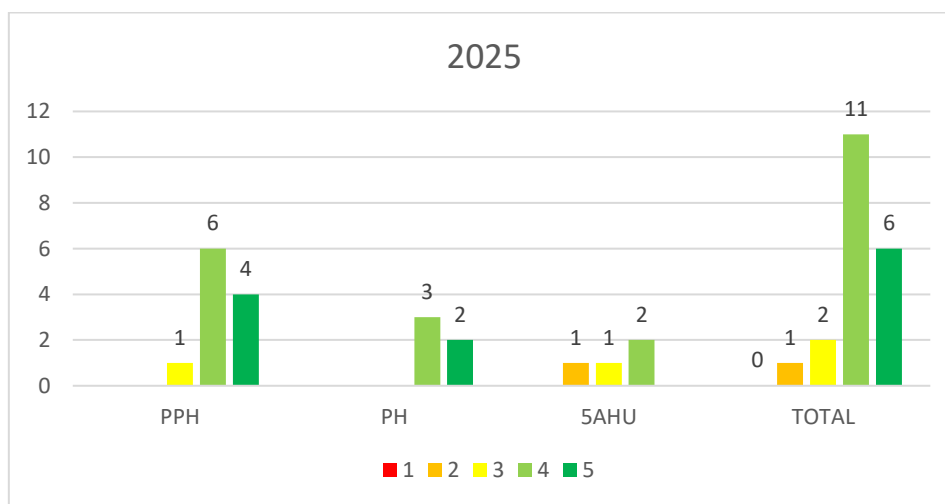


Figure 12: niveau de connaissance de la procédure en 2025

En 2024, 59 % des répondants ont indiqué un niveau supérieur ou égal à 4/5. Cette proportion varie selon la fonction : 79 % chez les PPH, 83 % chez les PH, 0 % chez les 5AHU, et 33 % chez les OP.

En 2025, on observe une moyenne de 83 % des répondants ayant un niveau supérieur ou égal à 4/5, répartis ainsi : 90 % chez les PPH, 100 % chez les PH, et 50 % chez les 5AHU.

Respectez-vous les règles de tri des déchets dans la ZAC ? (Questionnaire 2024 et 2025)

Le personnel devait répondre en choisissant une des réponses parmi : oui, je pense que oui, parfois non et je ne suis pas sûr de connaître les règles.

Les réponses sont présentées dans les graphiques ci-dessous.



Figure 13: Respect des règles de tri en 2024



Figure 14: Respect des règles de tri en 2025

Il est possible d'observer qu'une majorité du personnel a répondu « oui » ou « je pense que oui » (87 % en 2024 et 85% en 2025).

Il est également possible de remarquer que la proportion de « oui » assuré passe de 23% en 2024 à 47% en 2025.

Si vous ne respectez pas ces règles, quelles en sont les raisons ? (Questionnaire 2024 et 2025)

Sur la Figure 15 et la Figure 16 ci-dessous, sont rassemblés les réponses des 7 personnes (23%) qui se sont exprimés en 2024, et des 11 personnes en 2025 :

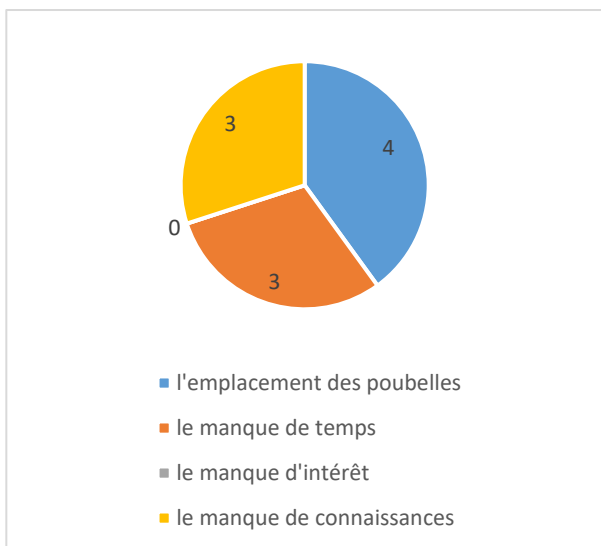


Figure 15: Raison de non-respect des règles en 2024

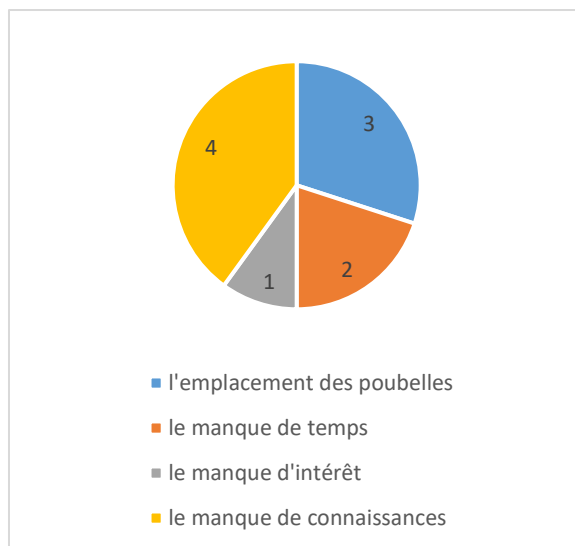


Figure 16: Raison de non-respect des règles en 2025

4.1.3. Connaissances théoriques sur l'élimination des déchets

Savez-vous ce que deviennent les déchets des différentes filières de tri après avoir été éliminé de l'URCC ? (Questionnaire 2024)

Les réponses à cette question sont regroupées dans un graphique, séparé par type de contenant.

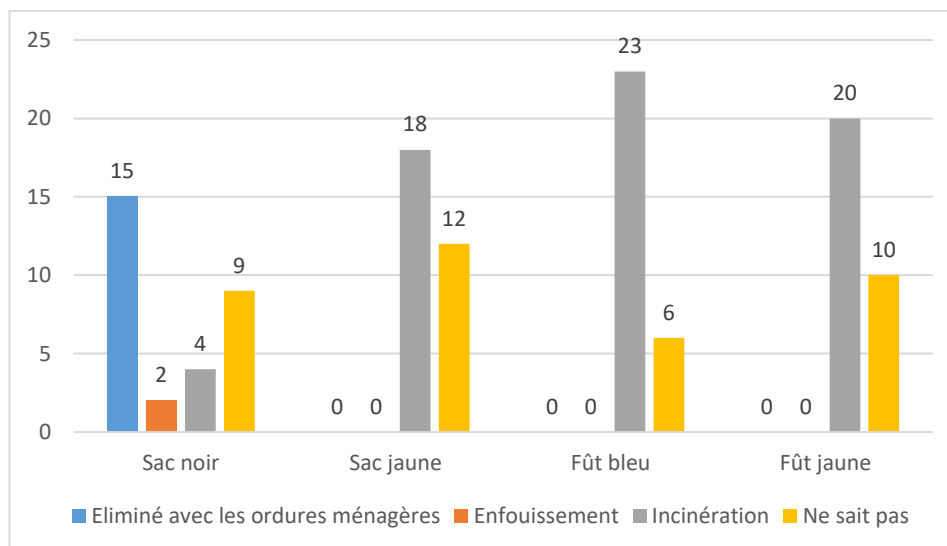


Figure 17: Devenir des déchets par type de contenant selon les participants

Toutes les filières de déchets mentionnées sont destinées à une élimination par incinération. Pour la filière des sacs noirs, 4 répondants (13,3 %) ont fourni une réponse conforme, bien que leur association aux ordures ménagères ait bien été identifiée, la majorité des personnes ignorait leur mode final d'élimination. Concernant les sacs jaunes, 18 répondants (60 %) ont correctement identifié le mode de traitement, dont 6 (20 %) ont précisé une température d'incinération de 800 °C. S'agissant des fûts bleus, 23 répondants (79,3 %) ont répondu correctement, parmi lesquels 10 (34,5 %) ont mentionné une température de 1200 °C. Enfin, pour les fûts jaunes, 20 répondants (66,7 %) ont donné une réponse correcte, dont 8 (26,7 %) ont indiqué une température d'incinération de 800 °C.

Avez-vous une idée des quantités de déchets éliminées chaque jour (en nombre de fûts/sacs) ?
(Questionnaire 2024)

Les participants devaient donner une estimation du nombre de fûts/sacs produit par jour pour toutes les filières d'élimination. La moyenne et la médiane des résultats obtenus est présenté dans le tableau ci-dessous. Il est intéressant de comparer ses résultats avec la moyenne réellement mesurée.

Tableau 3: *Quantité estimée VS réelle de contenant produit par jour*

	Sacs noirs	Sacs jaunes	Fûts jaunes	Fûts bleus
Moyenne estimée	9,4	6,8	6,6	7,4
Médiane estimée	8	5	5,5	6,5
Moyenne réelle	8,2	4,8	3,7	6,2

Les estimations du personnel sont supérieures aux quantités mesurées.

Les valeurs médianes estimées sont plus proches des données mesurées que les valeurs moyennes.

Avez-vous une idée du coût de l'élimination d'un sac noir et d'un fût bleu ? (Questionnaire 2024)

Ces questions étaient des questions à réponse libre. Les réponses ont été regroupées dans cinq classes différentes : 1-5€, 10-50€, 100-200€, >200€ et ne sait pas.

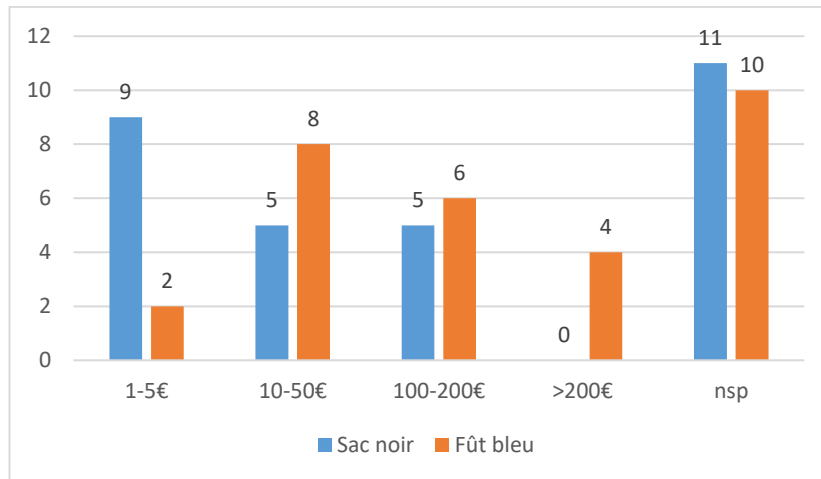


Figure 18: Représentation des estimations du prix d'un sac noir et d'un fût bleu

Les estimations du coût de l'élimination pour le sac noir sont réparties entre les trois premières classes, avec une majorité dans la classe 1–5 € (47 %). Les estimations du coût de l'élimination pour le fût bleu sont réparties sur les quatre classes, avec une majorité dans la classe 10–50 € (40 %).

Parmi les 10 personnes ayant répondu « Ne sait pas » à l'estimation du prix d'un fût bleu, 3 personnes ont précisé que le coût de l'élimination d'un fût bleu est plus élevé que pour un sac noir.

4.1.4. Compétences pratiques

Le personnel devait répondre à des questions pratiques et dire dans quelle poubelle il jetterait le déchet.

Cas pratique 1 : Lorsque vous ouvrez un emballage sous la hotte et le transmettez à votre aide manipulateur, dans quelle poubelle celui-ci doit-il être jeté ? (Questionnaire 2024 et 2025)

Pour cette question, seules les réponses du personnel manipulant sous la hotte (PPH et pharmaciens) ont été prises en compte.

En 2024, sur les 7 pharmaciens et 14 PPH, 15 (71,4%) ont répondu Fût jaune, 6 (28,6%) ont répondu Sac noir et personne n'a répondu Fût bleu.

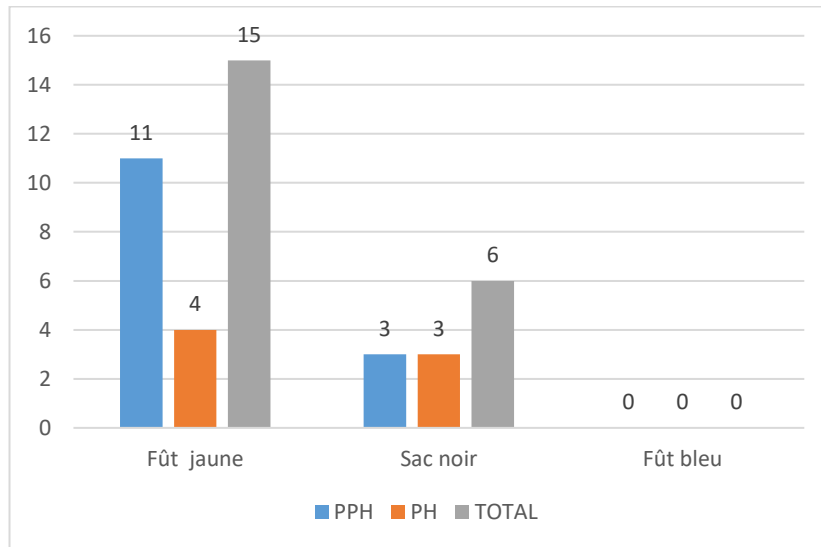


Figure 19 : Réponses cas pratique 1 en 2024

En 2025, sur les 5 pharmaciens et 11 PPH, 8 (50,0%) ont répondu Fût jaune, 8 (50,0%) ont répondu Sac noir et personne n'a répondu Fût bleu.

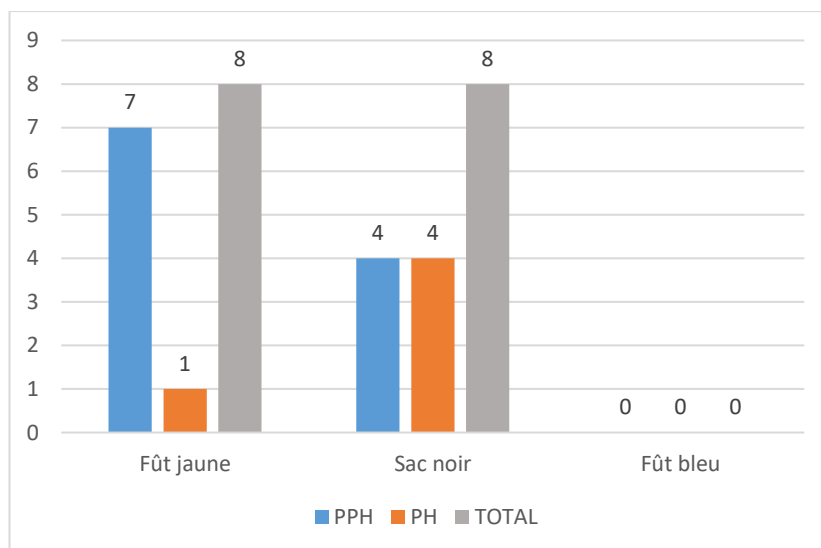


Figure 20: Réponses cas pratique 1 en 2025

Le taux d'erreur a augmenté par rapport à 2024, passant de 28% en 2024 à 50% en 2025.

Aussi, il est possible de remarquer qu'en 2025, 63% des PPH ont répondu correctement contre 20% des pharmaciens qui ont répondu correctement.

Cas pratique 2 : Dans le sas personnel, où devez-vous jeter votre paire de gants usagés ?

(Questionnaire 2024 et 2025)

En 2024, sur les 30 personnes répondantes, 30 (100%) ont répondu Sac jaune et personne n'a répondu Sac noir.

En 2025, sur les 20 personnes répondantes, 19 (95%) ont répondu Sac jaune et 1 (5%) a répondu Sac noir.

Cas pratique 3 : Sous la hotte, dans quelle poubelle jetez-vous les aiguilles utilisées ?

(Questionnaire 2025)

Sur les 5 pharmaciens et 11 PPH, 16 (100%) ont répondu Conteneur DASRI et personne n'a répondu Sac trépid.

Cas pratique 4 : Dans quelle poubelle doit-on jeter les flacons de principes actifs sous la hotte ?

(Questionnaire 2024 et 2025)

Pour cette question, seules les réponses du personnel manipulant sous la hotte (PPH et pharmaciens) ont été relevé.

En 2024, sur les 7 pharmaciens et 14 PPH, 18 (85.7%) ont répondu Conteneur DASRI et 3 (14.3%) ont répondu Sac trépid.

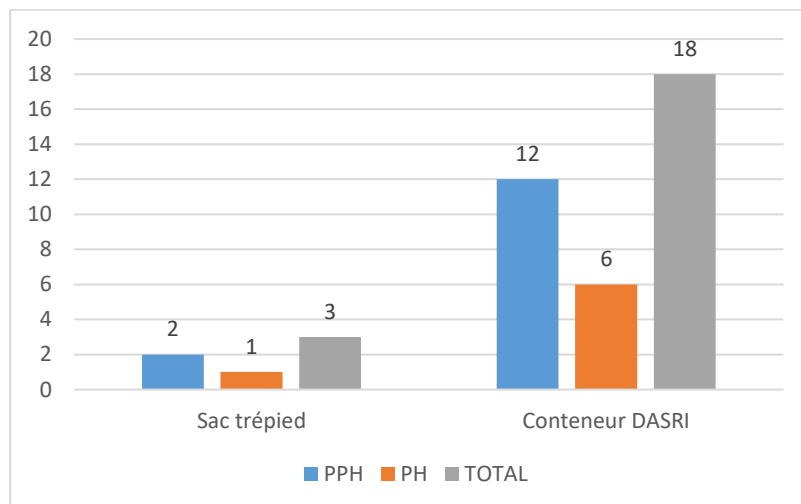


Figure 21: Réponses cas pratique 3 en 2024

En 2025, sur les 5 pharmaciens et 11 PPH, 16 (100%) ont répondu Conteneur DASRI et personne n'a répondu Sac trépid.

4.1.5. Remarque du personnel

Pensez-vous que la procédure de tri des déchets pourrait être améliorée, et si oui, de quelle manière ? Avez-vous des remarques ou des incompréhensions au sujet de cette procédure ?

(Questionnaire 2024)

Dans la Figure 22 ci-dessous, sont rassemblés les suggestions des 13 personnes (43%) qui se sont exprimés :

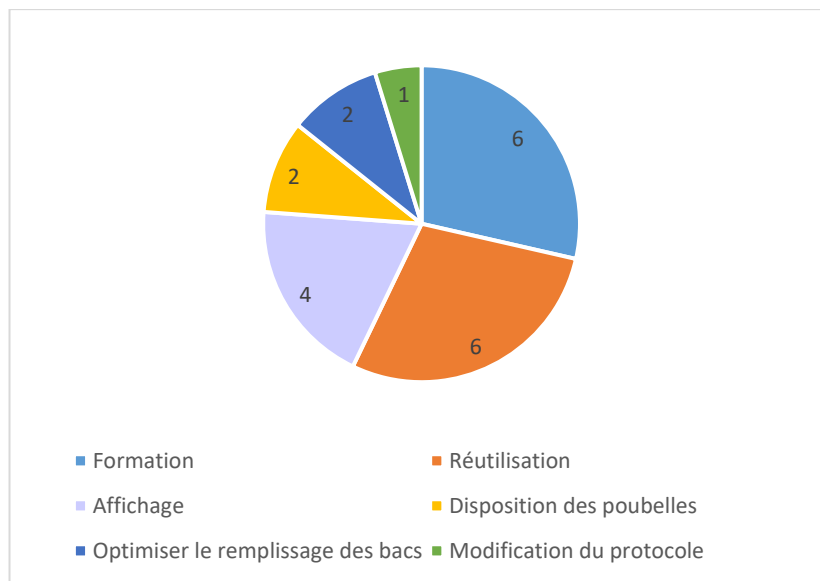


Figure 22: Suggestion du personnel d'amélioration de la procédure

À cette question, les réponses ont principalement fait ressortir la volonté de mettre en place une formation, ainsi que des affichages informatifs pour améliorer la compréhension et le respect des consignes de tri. Ainsi, pour que ces dispositifs répondent bien aux attentes du personnel, elles ont fait l'objet de question dans le questionnaire de 2025.

Les répondants ont également exprimé un souhait d'augmenter les possibilités de recyclage et de réutilisation des dispositifs médicaux.

4.1.6. Retour sur les modifications apportées

Vis-à-vis des affiches mises en place dans la ZAC

Utilisez-vous les affiches présentes en ZAC pour vous aider à trier les déchets ? (Questionnaire 2025)

Les résultats de cette question sont présentés dans la Figure 23:

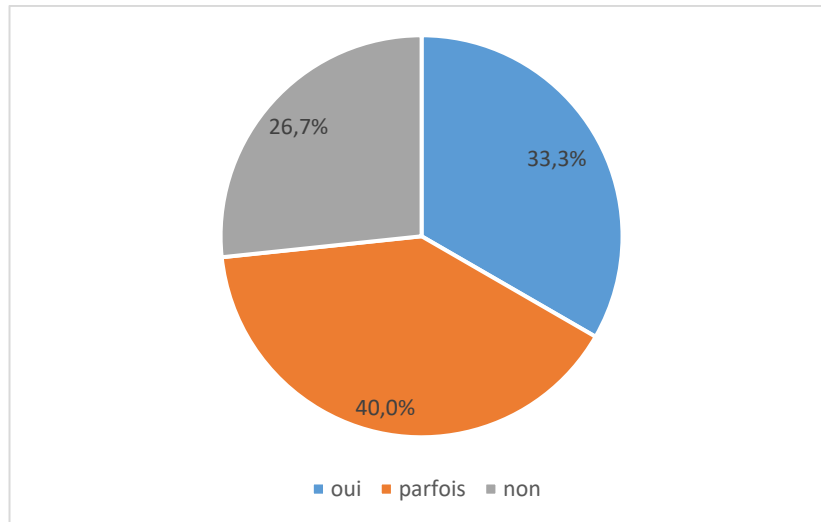


Figure 23: Fréquence d'utilisation des affiches en salles

33,3% des répondants déclarent les utiliser régulièrement et 40% de temps en temps.

Trouvez-vous les affiches claires et faciles à comprendre ? (Questionnaire 2025)

100 % du personnel a répondu oui

Selon vous, les affiches présentent-elles toutes les informations nécessaires pour bien trier les déchets ? (Questionnaire 2025)

100 % du personnel a répondu oui

Auriez-vous des suggestions pour améliorer le contenu, la présentation ou la disposition des affiches ? (Questionnaire 2025)

15 personnes (88,2 %) ont répondu « non », 2 personnes (11,8 %) ont fait des suggestions, indiquant que la disposition des affiches pourrait être améliorée et qu'une affiche supplémentaire pourrait être installée en salle de dosage.

Vis-à-vis de la formation qui va être mise en place prochainement.

À quelle fréquence cette formation devrait-elle, selon vous, être proposée ? (Questionnaire 2025)

Les réponses à cette question sont présentées dans la Figure 24:

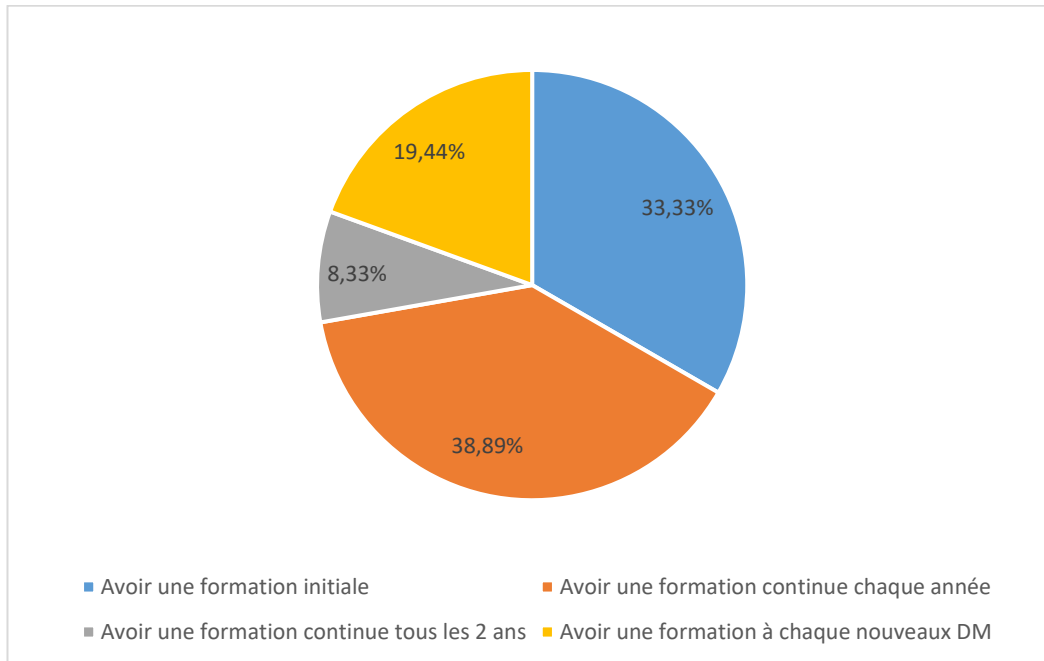


Figure 24: Répartition du choix de la fréquence de la formation

La majorité du personnel souhaite bénéficier d'une formation initiale, suivie par une formation continue chaque année. En effet, 12 personnes (33,3 %) ont indiqué vouloir une formation initiale et 14 personnes (38,9 %) une formation annuelle. Les autres options ont été moins populaires : 7 personnes (19,4%) préfèrent une formation à chaque introduction d'un nouveau dispositif médical et 3 personnes (8,3%) une formation continue tous les deux ans. Aucune autre fréquence n'a été proposée par le personnel.

Et sous quelle forme cette formation vous semblerait-elle la plus efficace ? (Questionnaire 2025)

La Figure 25 présente les réponses à cette question.

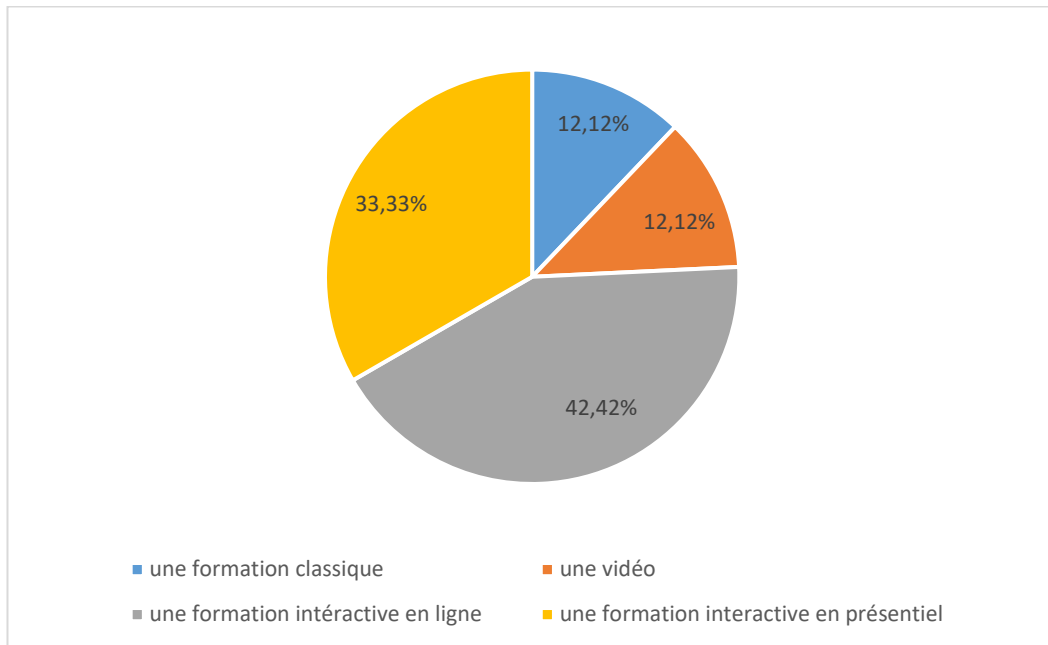


Figure 25: Répartition du choix de la forme de la formation

Les réponses majoritaires portent sur les formations interactives, qu'elles soient en ligne (14 personnes, 42,4%) ou en présentiel (11 personnes, 33,3%). Les autres modalités ont été moins choisies : la formation classique et la vidéo, chacune choisie par 4 personnes (12,1%).

4.2. Évaluation quantitative de la quantité de déchets

Une première estimation de la quantité de déchets a été mesurée en 2024, permettant d'établir un état initial.

4.2.1. Volume en 2024

Sur la période du 08/07/2024 au 02/08/2024, soit sur une période de 20 jours de fonctionnement de la ZAC, les OP ont compté 134 fûts bleus, 51 fûts jaunes, 78 sacs jaunes et 173 sacs noirs éliminés.

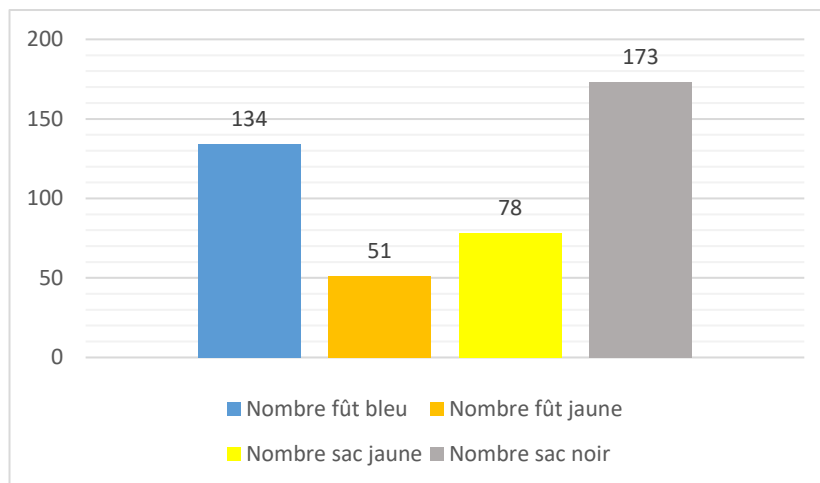


Figure 26: Nombre de fûts/sacs éliminé sur 20 jours en 2024

La moyenne du nombre de fûts/sacs par jour et par filière d'élimination est représentée dans le Tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4: Moyennes et écart-types du nombre de fût/sac produits par jour en 2024

	Nb Fût Jaune	Nb Fût Bleu	Nb Sac Jaune	Nb Sac Noir
Moyenne/j	2,6	6,7	3,9	8,7
Écart-type	1,28	1,38	1,37	2,35

4.2.2. Poids en 2024

En parallèle tous les soirs sur la même période les fûts et sacs étaient pesés. En moyenne la masse d'un fût bleu est de 7,1 kg, d'un fût jaune est de 4,6 kg, d'un sac jaune est de 3,8 kg et d'un sac noir est de 1.1 kg.

Tableau 5 : Moyenne et écart-type de la masse des fûts/sacs produits en 2024

	Masse Fût Jaune	Masse Fût Bleu	Masse Sac Jaune	Masse Sac Noir
Moyenne	4,6 kg	7,1 kg	3,79 kg	1,05 kg
Écart-type	1,57 kg	1,55 kg	1,48 kg	0,39 kg

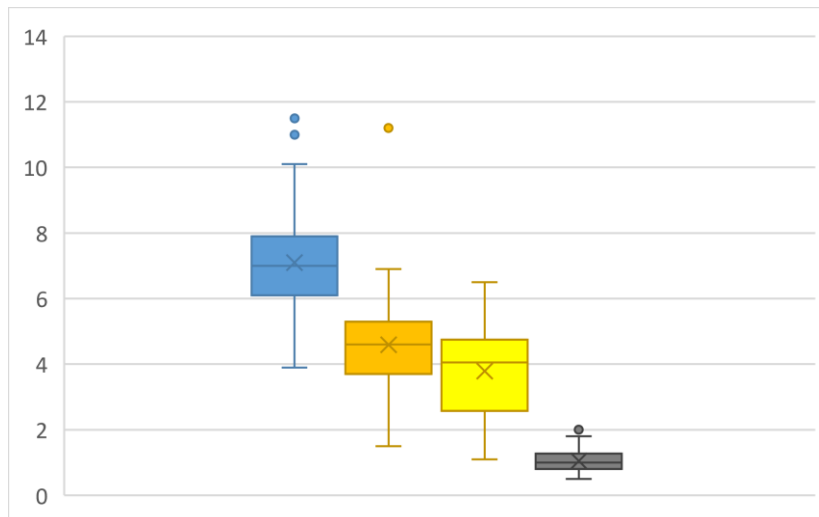


Figure 27: Répartition de la masse des fûts/sacs en 2024

Sur la période du 08/07/2024 au 02/08/2024, soit une période de 20 jours de fonctionnement de la ZAC, la masse totale de déchet produit par filière d'élimination est 1093 kg de fûts bleus, 267 kg de fûts jaunes, 350 kg de sacs jaunes et 216 kg de sacs noirs.

Tableau 6 : Masse totale de déchets produits sur une période de 20 jours par type de fûts/sacs

Type	Nombre	Masse moyenne (kg)	Masse totale sur la période (kg)	Extrapolation sur 1 an (tonne)
Fûts bleus	134	7,1	951	11,935
Fûts jaunes	51	4,6	234	2,937
Sacs jaunes	78	3,8	296	3,715
Sacs noirs	173	1,1	182	2,284

L'extrapolation sur un an a été faite en considérant 251 jours ouvrés par an en moyenne en France.

En 2025, les mêmes opérations ont été renouvelées.

4.2.3. Volume en 2025

Sur la période du 02/06/2025 au 04/07/2025, des données ont été recueillies, correspondant à 20 jours de fonctionnement de la ZAC, les OP ont compté 125 fûts bleus, 74 fûts jaunes, 94 sacs jaunes et 166 sacs noirs.

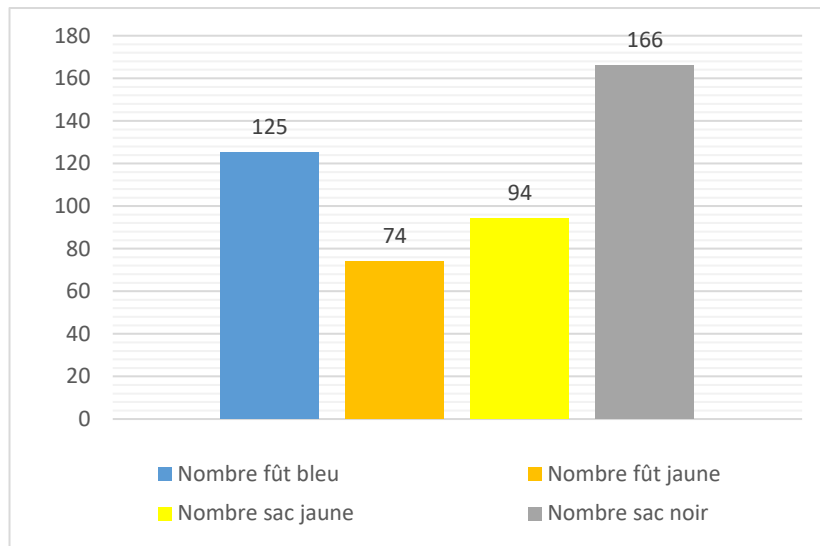


Figure 28: Nombre de fûts/sacs éliminé sur 20 jours en 2025

La moyenne du nombre de fûts/sacs par jour et par filière d'élimination est représentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7: Moyennes et écart-types du nombre de fût/sac produit par jour en 2025

	Nb Fût Jaune	Nb Fût Bleu	Nb Sac Jaune	Nb Sac Noir
Moyenne/j	3,7	6,2	4,8	8,2
Ecart-type	1,4	2,1	1,6	2,4

4.2.4. Poids en 2025

En parallèle tous les soirs sur la même période les fûts et sacs étaient pesés. En moyenne la masse d'un fût bleu est de 7,16 kg, d'un fût jaune est de 4,71 kg, d'un sac jaune est de 3,64 et d'un sac noir est de 1,02 kg.

Tableau 8 : Moyenne et écart-type de la masse des fûts/sacs produits en 2025

	Masse Fût Jaune	Masse Fût Bleu	Masse Sac Jaune	Masse Sac Noir
Moyenne	4,71 kg	7,16 kg	3,64 kg	1,02 kg
Écart-type	0,91 kg	1,1 kg	1,04 kg	0,6 kg

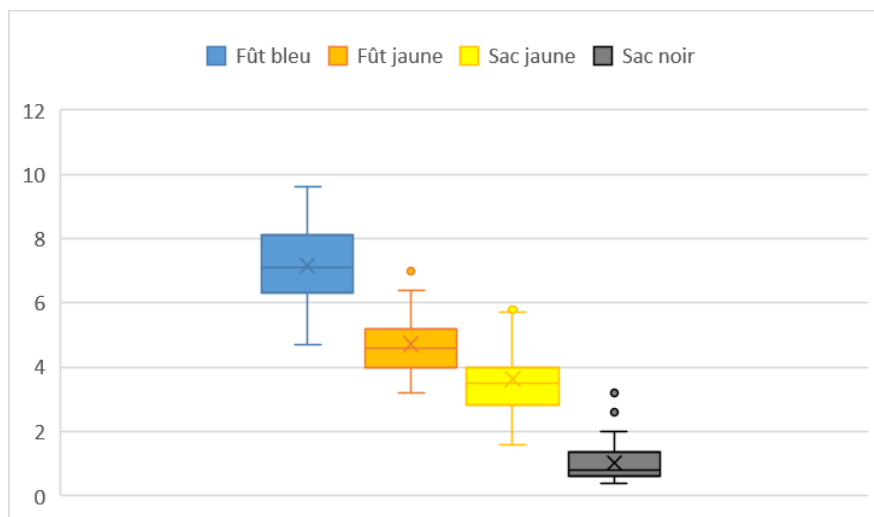


Figure 29: Répartition de la masse des fûts/sacs en 2025

Ainsi, sur la période du 02/06/2025 au 04/07/2025, soit une période de 20 jours de fonctionnement de la ZAC, la masse totale de déchet produit par filière d'élimination est 895 kg de fûts bleus, 349 kg de fûts jaunes, 342 kg de sacs jaunes et 170 kg de sacs noirs.

Tableau 9 : Masse totale de déchets produits sur une période de 20 jours par type de fûts/sacs

Type	Nombre	Masse moyenne (kg)	Masse totale sur la période (kg)	Extrapolation sur 1 an (tonne)
Fûts bleus	125	7,16	895	11,232
Fûts jaunes	74	4,71	349	4,505
Sacs jaunes	94	3,64	342	4,292
Sacs noirs	166	1,02	170	2,134

L'extrapolation sur un an a été faite en considérant 251 jours ouvrés par an en moyenne en France.

4.2.5. Calcul de l'impact économique de 2025

En appliquant la grille tarifaire obtenue d'une source interne à l'hôpital, les coûts des différentes filières sont les suivants : 148 € HT par tonne pour les DAOM, 900 € HT par tonne pour les

DRCT (avec un coût additionnel de 105 € par prise en charge hebdomadaire et 180 € pour 500 étiquettes), et 1080 € HT par tonne pour les DASRI.

Ainsi, les coûts de l'élimination pour chaque filière sont présentés pour l'année 2025 dans le Tableau 11.

Tableau 10: Estimation du coût de l'élimination pour une année pour chaque catégorie de déchet en 2024 et en 2025

Catégorie de déchet	2025 (€)
DAOM	327
DASRI	9 700
DRCT	16 512
Total	26 539

Les coûts liés à l'élimination sont de 26 539 € en 2025.

4.2.6. Calcul de l'impact carbone de 2025

Pour évaluer l'impact carbone, seules les émissions liées à l'incinération des déchets ont été prises en compte.

Les émissions associées à la production, au transport ou à la valorisation énergétique n'ont pas été considérées.

L'estimation de l'impact écologique a été obtenue en appliquant, à la masse annuelle de chaque type de déchet, le facteur d'émission de CO₂ équivalent correspondant à leur traitement par incinération en France, selon la Base Carbone® de l'ADEME (38) :

- Pour les DAOM : 362 kg CO₂eq/tonne de déchet ;
- Pour les déchets dangereux : 934 kg CO₂eq/tonne de déchet.

L'émission des déchets cytotoxiques (DRCT) a été assimilée à celle des DASRI, en l'absence de données spécifiques dans la Base Carbone®. Ce facteur correspond à celui de l'incinération des déchets dangereux, représentatif d'une moyenne nationale toutes filières confondues.

Sur cette base, les émissions estimées sont présentées dans le Tableau 11 suivant.

Tableau 11: Estimation des émissions de CO₂ équivalent selon la catégorie de déchet pour les 2024 et 2025

Catégorie de déchet	2025 (kg CO₂eq/an)
DAOM	773
DASRI	8 216
DRCT	10 491
Total	19 480

Il est possible de voir que la filière DRCT représente le poste ayant le plus fort impact carbone, avec 10 491 kg CO₂eq/an, soit 54 % des émissions totales.

4.3. Audits des pratiques

Les résultats de l’audit réalisé dans les différentes salles de la ZAC (salles de préparation, salle de dosage, sas de décontamination, sas personnel) sont représentés dans des schémas barres empilées par type de salle.

4.3.1. Salles de préparation

En 2024, l’observation a porté sur 18 binômes de manipulatrice/aide-manipulatrice.

En 2025, elle a porté sur 17 binômes similaires.

La Figure 30 et la Figure 31 présentent les résultats pour les déchets issus de la hotte.

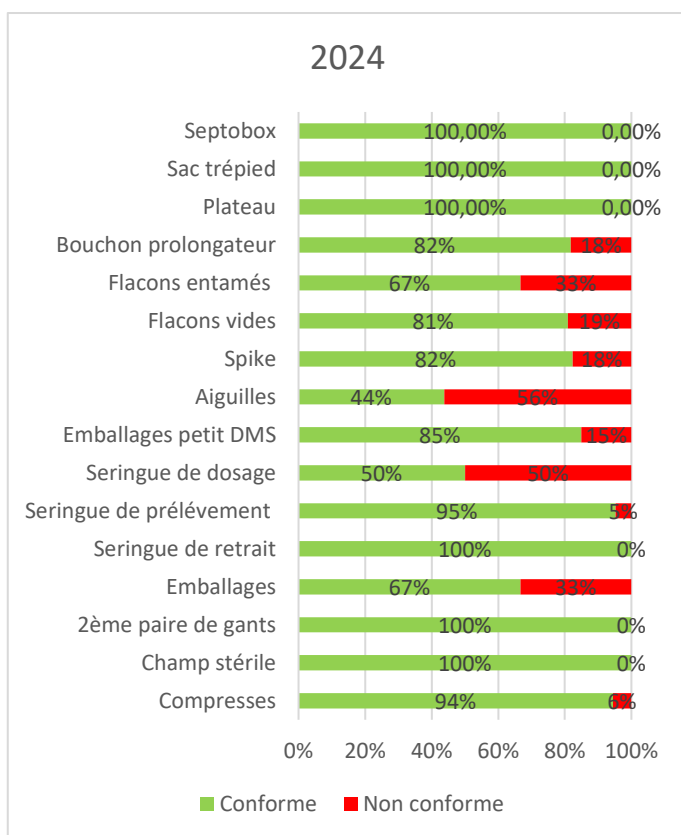


Figure 30: Pourcentage d'erreur de tri des déchets issus de la hotte en 2024

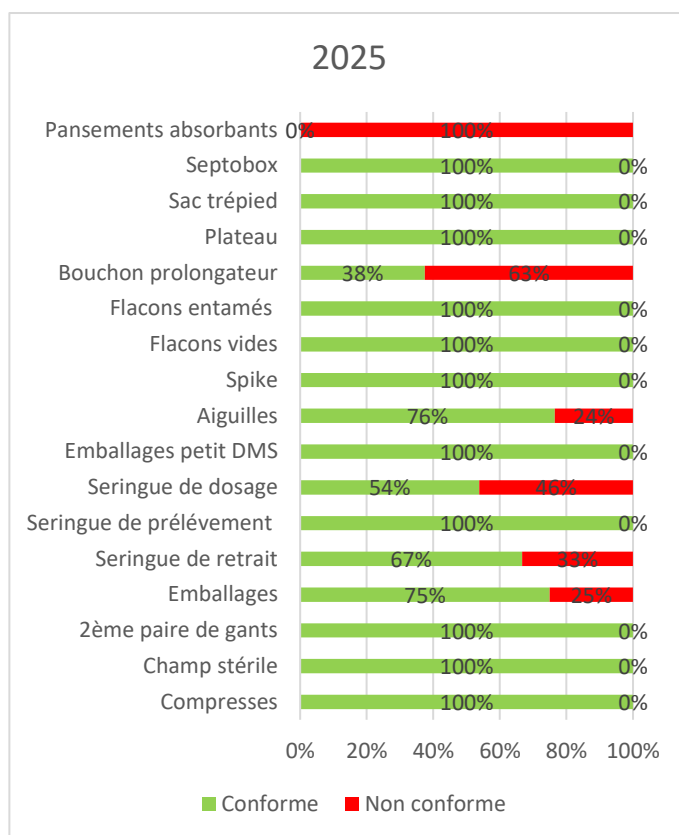


Figure 31: Pourcentage d'erreur de tri des déchets issus de la hotte en 2025

Les pansements absorbants ont été ajoutés à la grille d'audit en 2025. Ils sont utilisés pour le nettoyage des hottes lors de leur fermeture et ont été observés comme étant éliminés dans les fûts bleus, alors que la procédure en vigueur prévoit une élimination dans les fûts jaunes. Dans ce cas, une erreur de tri de 100 % a été observée.

En dehors de ce dispositif, les proportions d'erreur observées en 2025 sont inférieures à celles mesurées en 2024.

Les erreurs de tri pour les emballages et les emballages des petits DMS sont respectivement passées de 33 % et 15 % en 2024 à 25 % et 0 % en 2025.

Pour les aiguilles, le taux d'erreur observé en pratique est de 56 % en 2024 et de 25 % en 2025.

Pour les flacons, le taux d'erreur observé est de 33 % pour les flacons entamés et de 19 % pour les flacons vides en 2024, contre 0 % pour l'ensemble des flacons en 2025.

La Figure 32 et la Figure 33 présentent les résultats pour les déchets non issus de la hotte.

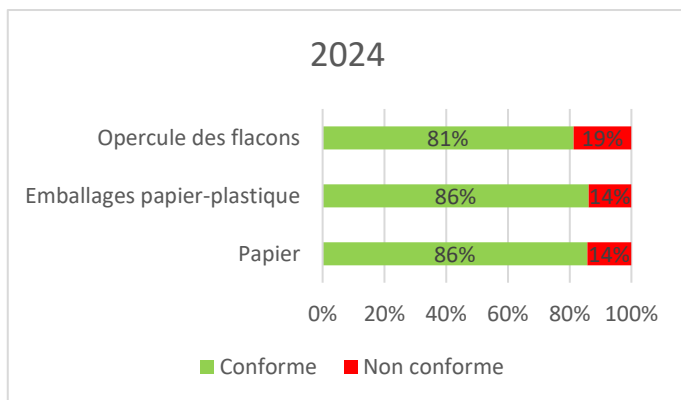


Figure 32: Pourcentage d'erreur de tri des déchets non issus de la hotte en 2024

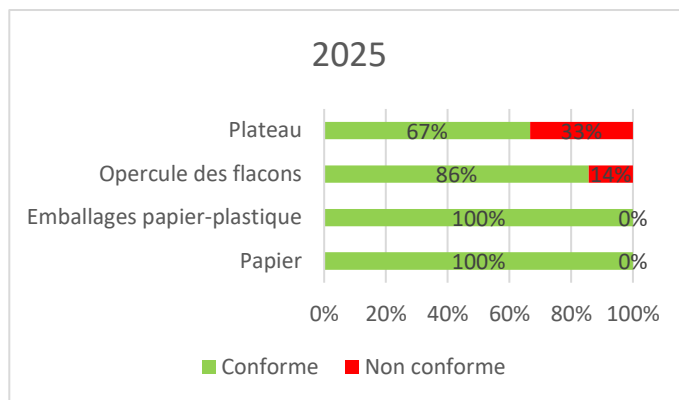


Figure 33: Pourcentage d'erreur de tri des déchets non issus de la hotte en 2025

Les plateaux ont été ajoutés dans la grille d'audit de 2025 car leur élimination en fin de journée a pu être observé.

Autrement, on observe une amélioration du tri.

4.3.2. Vestiaires

En 2024, l'observation a porté sur 20 personnes, toutes formations confondues. En 2025, elle a porté sur 16 personnes, toutes formations confondues.

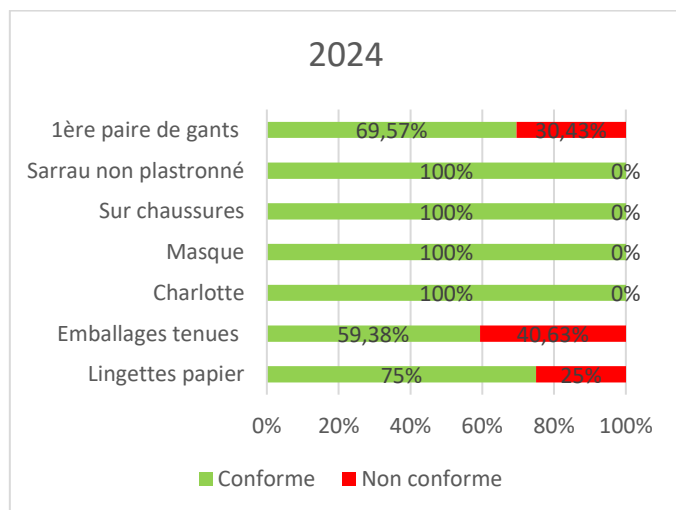


Figure 34: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans le sac personnel en 2024

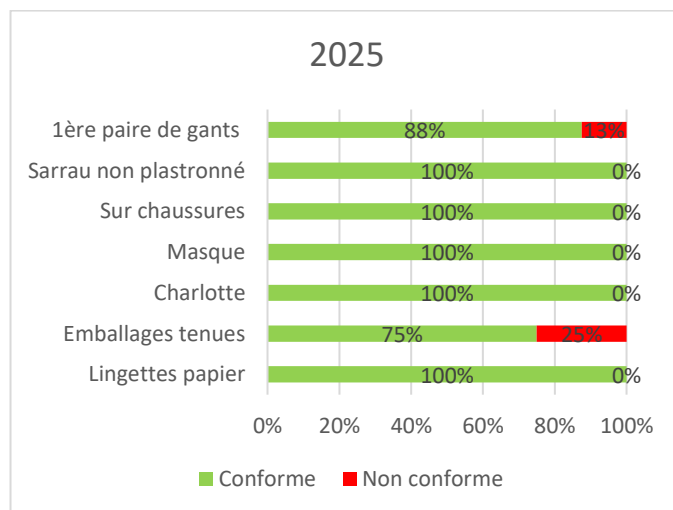


Figure 35: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans le sac personnel en 2025

En 2025, les erreurs de tri ont diminué pour toutes les catégories.

4.3.3. Salle de dosage

En 2024, 8 5AHU ont été questionnés. En 2025, 7 5AHU ont été questionnés.

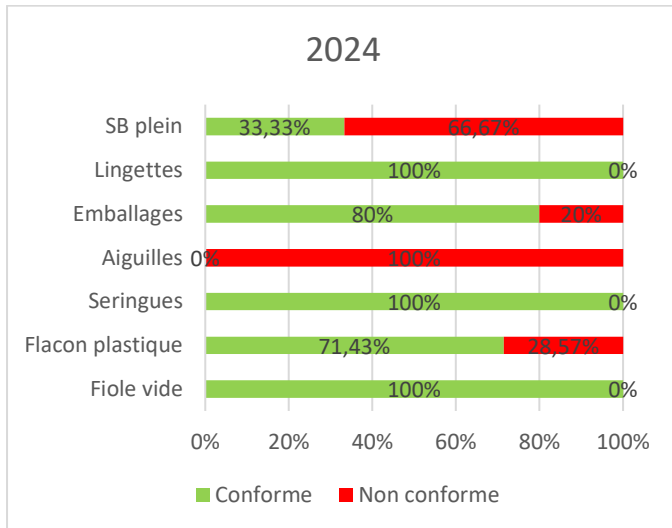


Figure 36: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de dosage en 2024

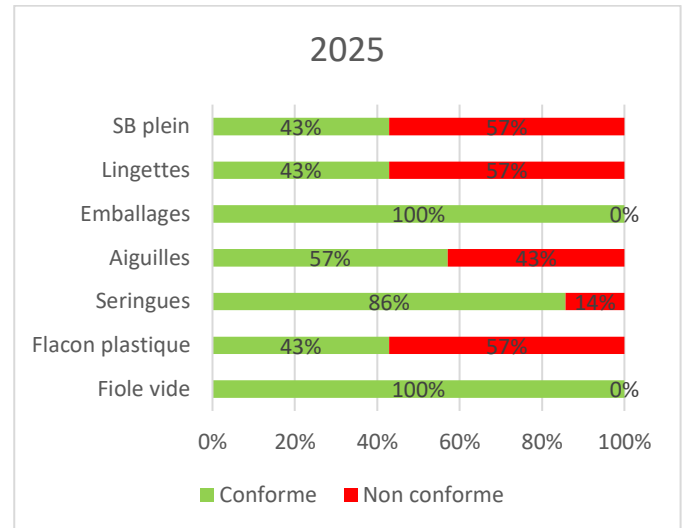


Figure 37: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de dosage en 2025

Les résultats pour la zone de dosage ne se sont pas améliorés.

Le cas des SB plein est le plus préoccupant, avec 67 % d'erreurs en 2024 et encore 57 % en 2025, un taux élevé compte tenu de la nature hautement cytotoxique de ces déchets.

4.3.4. Salle de décontamination

Dans cette salle, en 2024, seuls des fûts jaunes étaient disponibles. L'observation du tri des déchets était donc inutile. Une liste des déchets produits a ainsi été demandée aux personnels travaillant dans cette salle.

En 2025 également, seuls des fûts jaunes étaient disponibles dans cette salle. Aucune modification n'a été relevée dans la liste des déchets produits.

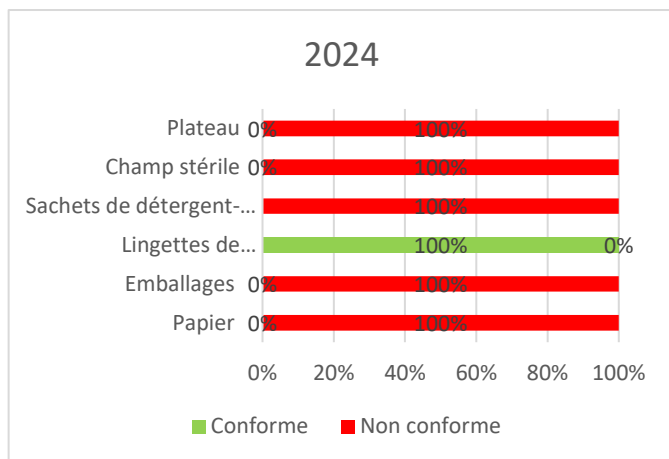


Figure 38: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de décontamination en 2024

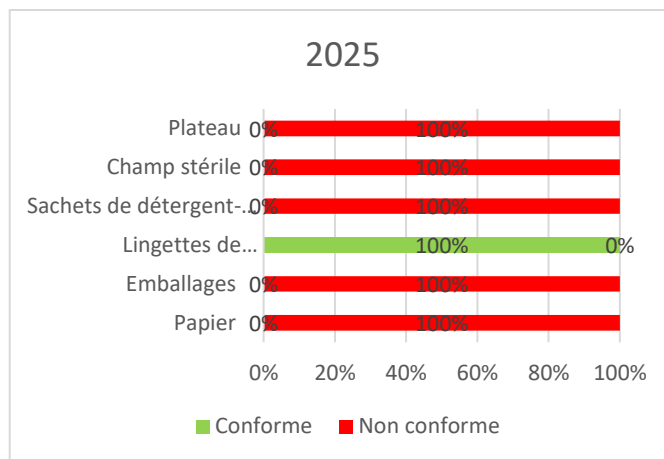


Figure 39: Pourcentage d'erreur de tri des déchets dans la salle de décontamination en 2025

Aucun changement n'a donc été observé.

4.3.5. Résultats globaux

Le taux de non-conformité global observé lors des audits sur le tri en salle a montré 20 % d'erreurs en 2024 et 13 % en 2025. Un test du Chi Deux a été réalisé pour évaluer la significativité statistique de ce résultat, dont la p-value était inférieure à 0,001.

4.4. Audit des dispositifs médicaux gaspillés

L'audit sur les dispositifs médicaux gaspillés s'est résumé à compter le nombre de déchets tombés au sol sur des périodes d'une heure réparti sur toute la journée. Au total sur les 12 heures observé, 18 déchets sont tombés au sol. Ainsi par extrapolation linéaire, sur les 45 heures d'ouverture de ZAC par semaine, environ 67 dispositifs médicaux sont tombés au sol. En considérant que sur une journée, 2,5 salles sont ouvertes, on a donc environ 167 dispositifs médicaux tombés au sol par semaine. L'extrapolation sur un an, amène à un total de 8 660 dispositifs médicaux gaspillés.

Aussi, les dispositifs médicaux jetés à la fermeture d'une hotte ont été comptés. Les résultats sont présentés dans le Tableau 12 ci-dessous.

Tableau 12: Nombre de DM jetés à la fermeture des hottes

	Spike	Flacon de dosage	Aiguille	Sachet de compresse	Bouchon	Eau PPI	Prune	Total
Total sur 4 hottes	13	21	23	4	7	2	9	79
Moyenne par hotte	3,25	5,25	5,75	1	1,75	0,5	2,25	20

En considérant qu'en moyenne 6 hottes sont fermées par jour, on aura environ 120 dispositifs médicaux gaspillés par jour lors de la fermeture des hottes. En extrapolant sur l'année, le gaspillage passe à 31 200 dispositifs médicaux jetés lors de la fermeture des hottes.

Pour l'ensemble des dispositifs médicaux gaspillés, l'impact carbone des déchets incinérés inutilement a été estimé, chacun de ces dispositifs étant jeté dans la filière DASRI.

La composition du mélange de dispositifs médicaux a été établie à partir des éléments observés lors des audits. A partir de cette composition, un poids moyen a été déterminé. Ainsi, en considérant un poids moyen de 50 g par dispositif, cela représente un total de 1,993 tonne de déchet DASRI par an.

L'émission de CO₂ équivalent a été calculée à partir du facteur d'émission de la base Carbone® de l'ADEME (38), soit 934 kg CO₂eq/tonne de déchets DASRI. Les émissions liées aux dispositifs médicaux gaspillés avant utilisation s'élèvent ainsi à 1 861 kg CO₂eq/an, dont 1 457 kg CO₂eq/an proviennent des DM jetés lors de la fermeture de la hotte et 404 kg CO₂eq/an des DM tombés au sol.

5. Discussion

Dans le contexte environnemental actuel, marqué par le renforcement des démarches RSE en France, et sachant que les déchets produits dans les unités de préparation des chimiothérapies sont en partie des déchets dangereux, il a été décidé de réaliser une revue complète de la gestion des déchets. Cette initiative répond à des enjeux à la fois environnementaux, de santé publique et économiques.

L'objectif principal de cette revue était de réaliser un audit des pratiques de gestion des déchets et d'évaluer le niveau de connaissances du personnel au sein de la ZAC via des questionnaires. Les objectifs secondaires comprenaient l'estimation de l'impact carbone des différentes filières de déchets ainsi que l'identification d'axes potentiels d'optimisation.

Afin de s'assurer que la méthodologie adoptée s'inscrit dans la continuité de la littérature existante, une recherche bibliographique a été réalisée. Celle-ci montre que de nombreuses études portent sur la gestion des déchets en milieu hospitalier, avec des approches variées en fonction des objectifs spécifiques de la recherche, tout en partageant un but commun : réviser et améliorer la gestion des déchets.

Les audits recensés peuvent être regroupés en deux grandes catégories.

D'une part, certains travaux ont pour objectif principal de quantifier et catégoriser la production de déchets.

Par exemple, Taylor et al. (39) ont mené un audit dans des cliniques ambulatoires de médecine physique et de réadaptation aux Etats-Unis afin d'identifier les principales sources de déchets et leurs impacts environnementaux. L'étude a permis de quantifier les masses de déchets générées par différents types de consultations (standard, interventionnelle, chirurgicale ambulatoire) et de montrer que les procédures utilisant des kits pré-emballés produisaient presque deux fois plus de déchets que celles reposant sur des composants individuels. A la suite de cet audit, des supports pédagogiques (présentations, affiches et campagnes interne) ont été développés et des mesures de réduction ont été mises en place, comme la révision du contenu des kits, l'introduction du recyclage et la sensibilisation du personnel à la réduction des émissions de CO₂.

De manière complémentaire, Rajalakshmi et al. (40) ont conduit un audit dans des hôpitaux, laboratoires et industries pharmaceutiques afin d'évaluer l'efficacité globale de la gestion des déchets biomédicaux. Leur démarche consistait à identifier les points faibles du tri et du

stockage, à évaluer la conformité réglementaire et à proposer des actions correctives telles que la mise en place de zones de tri distinctes, la formation du personnel et la valorisation par réutilisation et recyclage de certains flux. L'audit a également permis d'établir des données de référence et de recommander des procédures de suivi standardisées.

Enfin, Slutzman et al. (41) ont publié une revue systématique portant sur les audits de déchets dans le secteur hospitalier international, à différentes échelles (du service de soins à l'hôpital complet). Cette méta-analyse compare les méthodes utilisées (pesées directes, tri par catégories, observations de terrain) et montre que les audits contribuent généralement à améliorer le tri et la conformité réglementaire, tout en favorisant l'intégration de programmes éducatifs et de politiques institutionnelles visant à réduire le volume de déchets dangereux.

D'autre part, d'autres études adoptent une approche plus globale et qualitative de la gestion des déchets.

Ainsi, Letho et al. (42) ont combiné un questionnaire démographique et de sensibilisation avec une grille d'observation directe dans un hôpital national du Bhoutan. Cette étude visait à évaluer la connaissance des professionnels vis-à-vis des réglementations, la qualité du tri et l'utilisation des équipements de protection. Les auteurs ont mis en évidence un manque de formation et de suivi institutionnel, conduisant à des erreurs de tri fréquentes malgré une bonne connaissance théorique des procédures.

De leur côté, Forumadi et al. (43) ont mené une enquête par questionnaire standardisé dans six hôpitaux universitaires iraniens, centrée sur la gestion des déchets génotoxiques. Leur évaluation reposait sur des indicateurs pondérés de performance (collecte, stockage, traitement) permettant de calculer un indice de gestion hospitalière des déchets. L'étude a révélé des lacunes majeures, notamment l'absence de zones de stockage séparées pour les déchets cytotoxiques, un manque de formation du personnel et une insuffisance d'équipements de protection, soulignant la nécessité de renforcer la surveillance et la formation.

Enfin, Grünigen et al. (44) ont développé un outil d'audit dédié à la gestion sécurisée des médicaments cytotoxiques, applicable à l'ensemble du circuit du médicament, de la préparation à l'élimination des déchets. Leur méthode repose sur une phase d'auto-évaluation structurée des pratiques, suivie d'une observation directe en conditions réelles. Cette approche a permis d'harmoniser l'évaluation des pratiques, suivie d'une observation directe en conditions réelles. Cette approche a permis d'harmoniser l'évaluation des pratiques entre établissements et

d'identifier des leviers d'amélioration concernant la sécurité, la traçabilité et la conformité réglementaire.

Ainsi, la méthodologie adoptée pour l'audit réalisé dans la présente étude, alliant quantification des déchets, observation des pratiques et recueil de perceptions du personnel, s'inscrit pleinement dans les démarches décrites dans la littérature récente. Ces différentes études confirment la pertinence d'une approche mixte, à la fois quantitative et qualitative, pour évaluer et optimiser la gestion des déchets hospitaliers et pharmaceutiques.

Bien que la majorité des travaux recensés portent sur les audits de gestion des déchets hospitaliers, peu d'études se sont intéressées spécifiquement à l'évaluation environnementale des unités de reconstitution de chimiothérapies (URCC). Une exception notable est l'étude récente de Chabane et al. (37), qui a calculé l'empreinte carbone complète d'une unité de préparation de cytotoxiques dans un centre hospitalier universitaire français. En adoptant une approche de bilan carbone fondée sur la méthodologie de l'analyse du cycle de vie (ISO 14040-44), les auteurs ont estimé à 18 230 tCO₂eq les émissions totales associées à la production annuelle de 51 000 préparations, dont plus de 99 % provenaient des médicaments eux-mêmes. En excluant cette composante, les principaux postes d'émission étaient le transport du personnel (35,9 %), la gestion des déchets (21,1 %) et les dispositifs médicaux à usage unique (18,1 %).

Ce travail, bien que fondé sur une approche macroscopique et non sur un audit de pratiques, met en lumière les mêmes leviers d'action que ceux identifiés dans notre étude : la réduction des déchets, la limitation des consommables à usage unique, et l'optimisation des flux internes (transport, énergie, tri).

5.1.1. Les divergences observées par rapport à la procédure

Les audits et questionnaires réalisés en 2024 et 2025 ont permis de mettre en évidence plusieurs sources d'erreurs récurrentes dans la gestion des déchets, notamment concernant les gants, les emballages, les aiguilles et les flacons vides de principes actifs. Ces observations montrent que, dans de nombreux cas, les erreurs de tri ne sont pas liées à un manque de connaissances, mais à des facteurs organisationnels ou comportementaux.

Pour certains dispositifs médicaux, comme les gants ou les aiguilles, les erreurs semblent davantage liées à la recherche de gain de temps ou à la force des habitudes. Bien que les OP connaissent la procédure, l'automatisme ou la volonté de simplifier certaines étapes (par exemple ne pas séparer la seringue de l'aiguille) conduit à des erreurs persistantes.

D'autres situations mettent en évidence des limites liées aux contenants eux-mêmes. Les flacons de chimiothérapie, par exemple, peuvent être difficiles à éliminer correctement lorsque leur taille n'est pas adaptée au dispositif prévu, ce qui pousse parfois les professionnels à choisir le mauvais contenant. De la même manière, l'absence de contenant approprié dans certaines zones (comme des salles où seuls des fûts DASRI sont présents) conduit mécaniquement à des erreurs systématiques.

Enfin, une autre catégorie d'erreurs est associée au manque de sensibilisation ou à l'insuffisance de formation, en particulier dans des équipes renouvelées régulièrement. Dans ces cas, les déchets les plus dangereux, tels que les flacons ou aiguilles de chimiothérapie, sont ceux qui donnent lieu à des erreurs préoccupantes.

Ces constats soulignent plusieurs leviers d'amélioration : renforcer la sensibilisation aux risques liés à une élimination inadéquate, adapter les contenants aux réalités du terrain (taille, accessibilité, localisation), et garantir une formation régulière, notamment pour les nouveaux arrivants. L'optimisation des circuits de collecte, combinée à des rappels visuels ou organisationnels simples, apparaît ainsi comme un moyen concret de réduire durablement les erreurs et d'améliorer la sécurité des pratiques.

5.1.2. Les pratiques du personnel

Les retours du personnel en 2024 ont permis d'identifier plusieurs freins au respect des procédures de tri, parmi lesquels reviennent fréquemment l'emplacement des contenants, le manque de connaissance et la contrainte de temps. Ces facteurs illustrent bien que les erreurs d'élimination ne soient pas uniquement liées à un défaut d'information, mais aussi à l'organisation des espaces de travail et à la charge opérationnelle.

L'optimisation du positionnement des contenants constitue ainsi un levier majeur. Lorsque les poubelles sont disposées de manière cohérente avec le flux de travail et les gestes des opérateurs, le tri devient plus intuitif et moins chronophage. À l'inverse, une orientation inhabituelle ou l'absence de contenant adapté crée de la confusion et augmente les risques d'erreurs.

Le manque de connaissances reste un obstacle important, notamment dans les cas particuliers ou les situations moins fréquentes. Ce point confirme la nécessité de renforcer la formation et la sensibilisation continue du personnel afin que les règles de tri soient connues et maîtrisées par tous, quels que soient les contextes de travail. Les retours recueillis suggèrent également

que l’affichage visuel constitue un outil attendu et pertinent pour soutenir les pratiques quotidiennes.

Enfin, la perception du tri comme une tâche chronophage tend à diminuer au fur et à mesure que les procédures sont assimilées et que l’ergonomie des circuits d’élimination est améliorée. Avec la répétition et la standardisation des bons gestes, le tri devient progressivement un réflexe intégré, peu sensible à la pression temporelle. Ce constat rejoint les travaux de Taylor et al. (39) qui soulignent que l’aménagement de l’environnement peut influencer positivement les comportements en réduisant la charge cognitive et en favorisant des automatismes conformes aux bonnes pratiques.

Au-delà des ajustements organisationnels, le personnel a également exprimé un intérêt pour le développement de solutions plus durables, telles que le recyclage ou la réutilisation, ce qui ouvre de nouvelles perspectives d’amélioration de la gestion des déchets dans ces unités.

5.1.3. Évaluation du niveau de connaissance du personnel

Le niveau de connaissance de la procédure a été évalué à l’aide de questions incluses dans les questionnaires. En 2024, si une majorité du personnel déclarait respecter les règles de tri, seuls 23 % affirmaient connaître la procédure avec certitude. De même, 59 % évaluaient leur niveau de connaissance à 4/5 ou plus. En 2025, une amélioration nette est observée : 47 % des répondants se disent désormais certains de connaître la procédure et 83 % déclarent un niveau $\geq 4/5$. Cette progression peut être reliée aux actions de sensibilisation menées à l’été 2024 ainsi qu’aux travaux menés en octobre 2024, comprenant un audit et un questionnaire intermédiaire. Les résultats de ces démarches ont permis la mise en place d’outils de communication et d’une action de sensibilisation du personnel. Ces éléments soulignent l’importance de maintenir une formation continue et régulière, et non limitée à une formation initiale.

5.1.4. Le gaspillage des dispositifs médicaux

Enfin, dans le but de quantifier le gaspillage de dispositifs médicaux et d’identifier d’éventuelles pistes d’amélioration, plusieurs observations ont été menées.

Dans le service, les dispositifs tombés au sol sont systématiquement considérés comme contaminés et éliminés avant utilisation. Cette règle, jugée juste et sécuritaire, ne sera pas remise en question. Cependant, l’audit portant sur le gaspillage des déchets a mis en évidence qu’un nombre important de dispositifs médicaux est jeté chaque semaine de manière évitable, avec un total estimé à 167 DM éliminés ainsi sur une période d’une semaine. En extrapolant à

l'année, il a été estimé que ce gaspillage engendrerait une émission d'environ 404 kg CO₂eq/an, qui aurait donc pu être évitée.

Plusieurs points clés ont été identifiés. Les erreurs surviennent principalement lors des périodes d'activité importante et lors de l'ouverture des hottes. Dans un objectif de gain de temps, plusieurs DMS sont manipulés en même temps sur ces périodes, ce qui entraîne la chute de nombreux dispositifs médicaux.

Par ailleurs, les DM placés sous la hotte mais finalement non utilisés sont systématiquement jetés. La quantité moyenne de ces déchets a été évaluée et s'avère non négligeable : on compte en moyenne 20 DM jetés par hotte, soit environ 31 200 DM éliminés sur une année. Il a été estimé que ce gaspillage engendrerait une émission de 1 457 kg CO₂eq/an, qui aurait donc pu être évité.

Afin de limiter le gaspillage des dispositifs médicaux non utilisés, le rechargement des hottes doit être raisonné, en tenant compte de l'activité en cours et du moment de la journée. Pour être efficace, cette pratique doit être partagée et suivie par l'ensemble de l'équipe, ce qui suppose une harmonisation des méthodes et une formation continue.

L'ensemble de ces observations a engagé une réflexion sur les leviers à mobiliser pour améliorer les pratiques de tri au quotidien. Ces pistes d'amélioration, qui prendront en compte les contraintes du terrain et les retours du personnel, seront détaillées dans la partie suivante.

5.2. Les modifications apportées

Après avoir eu les retours du questionnaire et après avoir fait les observations lors des audits réalisés, des pistes ont été envisagées pour optimiser la gestion des déchets. Ces pistes seront présentées dans la partie ci-après.

Pour commencer, les publications consacrées à la gestion des déchets d'activités de soins mettent en évidence plusieurs leviers centraux tels que le renforcement des connaissances et une meilleure compréhension des risques et des enjeux (sanitaire, environnemental et économique), cette compréhension étant essentielle pour garantir la conformité des pratiques de tri. Les solutions principalement mises en avant sont, dans ce contexte, la formation et la sensibilisation du personnel, mais également l'adaptation de l'organisation des filières d'élimination, notamment l'optimisation de la répartition des fûts dans les zones de travail et la révision de la taille des contenants. Ces dimensions reviennent de manière récurrente dans la

littérature comme des conditions indispensables à une gestion efficace, sécurisée et durable, notamment en ce qui concerne les déchets dangereux.

L'OMS (45) identifie la méconnaissance des dangers et le manque de formation parmi les causes majeures d'échecs dans la gestion des déchets hospitaliers. De manière similaire, l'article de Forumadi et al. (43) souligne que ses résultats mettent en évidence la nécessité de renforcer la formation et la sensibilisation du personnel pour améliorer la conformité et la sécurité du tri des déchets. Cette lacune est également confirmée par l'article de Nassour et al. (46), qui révèle un déficit de connaissances, de sensibilisation et de transparence chez les professionnels interrogés.

La pratique la plus fréquemment évoquée dans la littérature est la mise en place de formations destinées au personnel. Par exemple, l'ouvrage « Safe management of wastes from health-care activities » de l'OMS, édité par A. Prüss et al. (16), souligne que les travailleurs en charge de la gestion des déchets de soins doivent recevoir une formation avant toute prise de fonction, puis régulièrement, idéalement chaque année, afin de maintenir leurs connaissances à jour concernant les mesures de prévention et de contrôle.

Le rôle central de la formation est également confirmé par Bannour et al. (47), qui démontre que des formations continues, intégrées au quotidien professionnel, améliorent significativement les pratiques de tri et assurent la pérennité des comportements. Dans le même sens, l'article de Nassour (46) recommande la mise en place d'une formation initiale complétée par des remises à niveau régulières.

Enfin, de manière plus spécifique, Vijayalakshmi et al. (48) insiste sur la nécessité d'une formation couvrant l'ensemble du cycle de gestion, depuis le tri jusqu'à l'élimination, afin de garantir la conformité aux procédures en vigueur.

Enfin, l'article de Branislava et al. (49) met en avant la dimension environnementale : une sensibilisation renforcée et l'implication active du personnel favorisent non seulement un meilleur tri, mais encouragent également l'adoption de pratiques plus durables à l'échelle du secteur pharmaceutique. De son côté, Taylor et al. (39) rappelle que les campagnes de sensibilisation, dont l'efficacité pour modifier les comportements est largement documentée dans la littérature, peuvent jouer un rôle déterminant.

Par ailleurs, l'ouvrage de l'OMS (16) précise que la formation doit inclure une sensibilisation aux dangers potentiels liés aux déchets. Cette approche systématique a pour objectif de

renforcer la sécurité des travailleurs tout en réduisant les risques associés à la manipulation des déchets de soins.

D'un point de vue plus systémique, Kumari et al. (50) élargit l'analyse en soulignant que l'efficacité des pratiques dépend d'une combinaison de facteurs tels que le niveau de connaissance, l'attitude individuelle, la qualité de la communication et l'environnement socioculturel. Intégrer ces éléments dans les politiques publiques permettrait, selon l'article, de renforcer les stratégies nationales de gestion des déchets.

L'article de Conti et al. (51) est une méta-analyse évaluant l'efficacité des interventions éducatives sur l'amélioration des connaissances, attitudes et pratiques de gestion des déchets chez les professionnels de santé. Les interventions recensées comprennent : des leçons théoriques, des audits, des formations pratiques (simulation, jeux), des changements organisationnels majeurs, des rappels via outils pédagogiques, ainsi que des soutiens technologiques (dont la simulation en réalité virtuelle). Les résultats montrent que les interventions multicomposantes sont associées à un effet post-intervention positif statistiquement significatif plus élevé, avec une meilleure rétention des connaissances à moyen et long terme et une amélioration notable des pratiques à court terme. L'article conclut que ce type d'approche devrait être privilégié, car il permet de mieux s'adapter aux spécificités individuelles et d'inciter efficacement les professionnels de santé à adopter de bonnes pratiques. Il faut souligner la nécessité d'un suivi régulier et d'un renforcement éducatif pour ancrer durablement ces comportements.

En somme, l'ensemble de ces travaux converge sur un point fondamental : la formation continue et contextualisée du personnel est le moteur principal d'une gestion efficace et responsable des déchets de soins, tant du point de vue sanitaire qu'environnemental.

5.2.1. Les affiches

Pour faciliter un accès continu et facile à l'information sur les bonnes pratiques de tri dans la ZAC, des affiches ont été conçues et mises en place au cours de l'année 2024-2025 (cf. Annexe 8.5). Ces affiches, dont la création a été demandée par une partie du personnel via le questionnaire, ont été placées à des endroits stratégiques. Leur objectif est de présenter de manière exhaustive et spécifique, selon le lieu, l'ensemble des déchets concernés, afin de permettre au personnel, en cas d'oubli ou de doute, de trier correctement.

Les résultats positifs de l'audit peuvent en partie s'expliquer par la mise en place de ces affiches. Lors du questionnaire de 2025, 35,7 % des répondants déclaraient les utiliser régulièrement, et

42,9 % de temps en temps. De plus, 100 % des utilisateurs les jugent claires, faciles à comprendre et complètes, ce qui montre qu'elles remplissent bien leur rôle.

Enfin, deux suggestions ont été formulées pour améliorer ces supports : mieux positionner les affiches afin qu'elles ne soient pas cachées derrière des chariots et ajouter une affiche en salle de dosage.

5.2.2. La formation et la sensibilisation

Une formation sera mise en place afin de sensibiliser l'équipe à la gestion des déchets et de valider leur intérêt sur cette question. Elle abordera les conséquences d'un tri excessif (sur-tri), c'est-à-dire l'élimination de déchets via une filière plus contraignante que nécessaire, ainsi que celles d'un tri insuffisant (sous-tri), lorsque des déchets nécessitant un traitement spécifique sont orientés vers une filière inadaptée. L'objectif principal sera de clarifier les règles de tri en justifiant chaque choix, dans le but d'améliorer l'adhésion du personnel. Les points sensibles et les erreurs fréquentes seront également repris pour consolider les bonnes pratiques.

Une formation annuelle apparaît comme la solution la plus adaptée, puisqu'elle répond à la fois aux attentes exprimées par le personnel et aux données de la littérature montrant que les formations continues sont plus efficaces que les formations ponctuelles (47).

Idéalement, cette formation sera adaptée à chaque profil. Pour le personnel permanent, elle pourrait prendre la forme d'un module plus complet, associant une partie théorique à des quiz pratiques et à l'analyse de cas concrets. Pour les étudiants ou les professionnels présents pour de courtes périodes, un format plus concis serait préférable, reposant sur un support papier ou un briefing rapide à l'arrivée, complété par un affichage en salle.

Enfin, le personnel a pu donner son avis sur la forme préférentielle de la formation, et le quiz interactif a été retenu comme le format le plus apprécié.

La sensibilisation du personnel à la gestion des déchets constitue un levier essentiel pour transmettre les connaissances de base, remettre en question les habitudes professionnelles et favoriser l'adoption de comportements responsables. Jusqu'à présent, elle a été menée de façon indirecte, notamment à travers des audits, questionnaires et actions ponctuelles, qui ont déjà conduit certains membres de l'équipe à reconsidérer leurs pratiques. Les supports visuels déjà mis en place, tels que les affiches, ont été bien accueillis et doivent être conservés. Leur efficacité pourrait être renforcée par des actions ponctuelles et participatives, comme des quiz

interactifs, des serious games ou des mises en situation, afin de mobiliser davantage les équipes et de favoriser l'appropriation des bonnes pratiques.

Ainsi, la combinaison d'une formation annuelle différenciée selon les publics et d'actions de sensibilisation variées apparaît comme un levier essentiel pour consolider les connaissances, prévenir les erreurs et encourager l'adoption durable de comportements responsables.

5.2.3. Modification de la procédure

À la suite de l'audit réalisé, plusieurs remarques ont été émises concernant la procédure actuellement en vigueur. Celle-ci prenait initialement la forme d'une liste se voulant exhaustive. Toutefois, elle s'est révélée aujourd'hui partiellement obsolète : certains items mentionnés, comme les sets de transfert, ne sont plus utilisés tandis que de nouveaux dispositifs, tels que les Spike, n'y figurent pas.

Par ailleurs, certains dispositifs ont changé de filière d'élimination pour des raisons pratiques, sans que ces ajustements soient répercutés dans la procédure. C'est le cas, par exemple, des emballages des petits dispositifs médicaux stériles (DMS) ouverts sous la hotte : ils sont désormais jetés par le personnel dans le sac trépied, alors que la procédure prévoit leur élimination dans le fût jaune.

Enfin, cette procédure s'est révélée trop rigide, car elle ne prend pas en compte l'usage réel des dispositifs dans leur logique de tri. Un même objet, comme une lingette, peut être utilisé pour nettoyer un déversement de chimiothérapie pure ou simplement pour décontaminer une feuille provenant de l'extérieur. Selon l'usage, la filière d'élimination devrait donc être différente, ce que la procédure actuelle ne permet pas de gérer de manière appropriée.

Les déchets sont triés selon plusieurs critères. Ceux qui n'ont pas l'aspect de déchets hospitaliers et qui n'ont pas été en contact avec de la chimiothérapie sont éliminés dans les sacs noirs. Les déchets présentant un aspect hospitalier, pouvant potentiellement contenir des traces de chimiothérapie ou étant tranchants, sont orientés vers la filière DASRI. Parmi ceux-ci, les déchets mous peuvent être jetés dans des sacs jaunes, tandis que les autres sont dirigés vers les fûts jaunes. Enfin, tous les déchets ayant été directement en lien avec les chimiothérapies sont jetés dans les fûts bleus.

Une mise à jour de la procédure a été effectuée, dans un format plus visuel et adaptatif, avec pour chaque salle, des consignes précises indiquant dans quel contenant jeter un déchet selon ses particularités.

5.2.4. Autres axes d'optimisation identifiés

La mise en œuvre de pratiques durables dans la gestion des déchets de soins rencontre des obstacles particuliers selon les contextes d'exercice, notamment dans les secteurs à fort niveau technique ou réglementaire. L'article de Pillay et al. (52) illustre bien cette complexité en se concentrant sur le bloc opératoire. Il met en évidence plusieurs freins à la réduction des déchets, notamment les contraintes de stérilité qui limitent la réutilisation du matériel, le manque d'éducation du personnel concernant la gestion des déchets ou encore les coûts initiaux liés à l'adoption de solutions plus durables. L'article propose néanmoins des pistes concrètes pour limiter les excédents, comme la personnalisation des kits opératoires, la rationalisation du matériel ouvert ou encore l'instauration de discussions anticipées sur les besoins réels en équipements. Il faut souligner que la formation obligatoire du personnel y est présentée comme un levier essentiel pour initier un changement de culture en matière de durabilité.

Dans une approche plus générale, Aziz et al. (53) rappelle les fondements d'une gestion durable à travers la hiérarchie des actions issues du principe des 3R (réduire, réutiliser, recycler), complétée par les étapes de valorisation, traitement et élimination. L'article insiste sur l'importance de prévenir la production de déchets en amont et propose des exemples opérationnels facilement transposables : remplir complètement les contenants avant élimination, choisir des dispositifs médicaux générant moins de déchets, gérer les stocks pour limiter les pertes ou encore éviter les suremballages. Il attire cependant l'attention sur la nécessité d'évaluer la sécurité des matériaux recyclables avant leur réintégration dans la chaîne de soins.

Enfin, l'article de Sreekanth et al. (54) transpose la problématique au secteur industriel pharmaceutique et insiste sur la nécessité de structurer la gestion des déchets par des revues régulières des dispositifs en place et une communication constante avec la direction. Ces éléments contribuent à la fois à la conformité réglementaire et à l'intégration des pratiques durables dans la culture organisationnelle.

Ainsi, certaines mesures plus spécifiques ont fait l'objet de réflexion et certaines ont été mises en place afin de tenter de réduire la quantité de déchets produits dans le service.

La mise en place d'une filière de recyclage dans le contexte spécifique des ZAC et des chimiothérapies reste limitée en raison des exigences strictes en matière d'asepsie et de sécurité.

Toutefois, il serait envisageable, dans notre unité, de travailler sur le recyclage de certains emballages n'ayant pas été en contact avec la hotte.

De plus, une économie de certains dispositifs a été mise en place : ainsi, les spikes et les flacons de dosage sont regroupés dans des pochettes stériles le soir au moment de la fermeture de la hotte, pour être réutilisés le lendemain. Cette pratique permet de réduire le gaspillage de 5 070 spikes et 8 190 flacons de dosage chaque année.

Une piste de réflexion concerne l'achat des dispositifs médicaux (DM). En effet, certains d'entre eux, comme les compresses ou les spikes, sont conditionnés par lots dans un même emballage. Revoir les quantités contenues dans chaque sachet a donc été envisagé afin de réduire la production de déchets. Toutefois, il convient de rester vigilant : si les emballages regroupent trop de DM, l'ouverture d'un sachet risque d'entraîner le gaspillage des dispositifs non utilisés.

En définitive, l'ensemble des actions mises en place, qu'il s'agisse des affiches, de la formation, de la sensibilisation ou encore de l'adaptation de la procédure, illustre une volonté de structurer et d'harmoniser les pratiques de tri au sein de la ZAC. Ces mesures, complétées par certaines initiatives spécifiques de réduction des déchets, montrent que des améliorations concrètes sont possibles, même dans un contexte technique et contraint comme celui de la préparation des chimiothérapies. Dans la continuité de cette démarche, un audit plus détaillé des déchets sera réalisé afin d'identifier de nouvelles filières de tri et des possibilités de valorisation. Par ailleurs, la question de l'utilisation de matériel à usage unique ou réutilisable sera également étudiée. Cette analyse ne peut être menée que dans le cadre d'une approche en cycle de vie, en prenant en compte non seulement l'impact environnemental, mais également d'autres paramètres tels que les ressources humaines et les contraintes organisationnelles, afin d'évaluer de manière globale les bénéfices et les limites pour le service. Ces perspectives constituent ainsi des leviers essentiels pour renforcer la sécurité, optimiser la gestion des déchets et inscrire le service dans une démarche plus durable.

5.3. Apports et limites des modifications appliquées

La quantification des déchets produits au sein de la ZAC de l'URCC a reposé sur un comptage manuel des contenants éliminés par filière, en l'absence de données disponibles sur le nombre de fûts et de sacs évacués quotidiennement. Cette approche, imposée par le contexte, présente toutefois des limites, notamment en termes de précision et de représentativité de l'activité réelle.

Les données recueillies en 2024 ont mis en évidence un nombre moyen de fûts jaunes éliminés par jour qui semble faible. En effet, la valeur observée (2,55 fûts par jour) est inférieure à l'estimation théorique fondée sur l'activité usuelle des salles, estimée à environ deux fûts par salle et par jour. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cet écart, notamment une erreur de comptage lors du recueil des données ou le caractère peu représentatif de la période d'analyse retenue, associée à une activité réduite.

Les résultats de l'audit et les observations de terrain ont mis en évidence une amélioration des pratiques de tri. Toutefois, ces corrections ne suffisent pas à expliquer, à elles seules, un doublement du nombre de fûts jaunes éliminés. Une telle évolution aurait en effet dû s'accompagner d'une diminution équivalente d'une autre filière, notamment les filières cytotoxiques ou les ordures ménagères, ce qui n'a pas été observé.

Au regard de ces éléments, les comptages réalisés en 2024 et 2025 ne peuvent être considérés comme strictement comparables. Il a donc été choisi de ne pas procéder à une comparaison directe entre les deux années et de fonder les estimations des impacts économique et environnemental uniquement sur les données de 2025, jugées plus robustes.

L'analyse des coûts de gestion des déchets en 2025 met en évidence une répartition très inégale entre les différentes filières d'élimination. Les déchets assimilés aux ordures ménagères (DAOM) ne représentent qu'une part marginale du coût total, avec un montant annuel de 327 €, traduisant un impact économique limité pour le service.

À l'inverse, les filières à risque concentrent l'essentiel des dépenses. Les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) génèrent un coût estimé à 9 700 €, tandis que les déchets de chimiothérapie (DRCT) constituent le principal poste de dépense, avec un coût annuel de 16 512 €. Cette prédominance des DRCT s'explique par les contraintes réglementaires strictes propres à cette filière, impliquant des circuits d'élimination spécifiques et des traitements plus complexes et plus coûteux.

Cette répartition souligne l'enjeu économique majeur que représente l'optimisation du tri des déchets, en particulier pour les filières les plus onéreuses. Une orientation inadaptée de déchets vers les filières DASRI ou DRCT, même en faible quantité, est en effet susceptible d'entraîner une augmentation significative des coûts globaux.

L'analyse de l'impact carbone des déchets en 2025 révèle une grande hétérogénéité entre les filières. Les DAOM présentent un impact carbone limité, estimé à 773 kg CO₂eq/an, soulignant leur contribution marginale à l'empreinte environnementale du service. À l'inverse, les filières

DASRI et DRCT concentrent la majorité des émissions, avec respectivement 8 216 et 10 491 kg CO₂eq/an. Les déchets cytotoxiques (DRCT) apparaissent ainsi comme le principal contributeur, représentant près de 54 % des émissions annuelles, contre environ 42 % pour les DASRI et moins de 4 % pour les DAOM. Cette hiérarchie des impacts reflète le mode d'élimination des filières à risque (DASRI et DRCT), basé sur l'incinération à plus à haute température, qui nécessite d'importantes quantités d'énergie et génère de fortes émissions de GES.

Ces résultats doivent toutefois être interprétés avec précaution, car l'utilisation du facteur d'émission des DASRI pour estimer celui des DRCT introduit une incertitude méthodologique :

- l'incinération des DASRI se fait à des températures d'environ 850–900 °C,
- celle des déchets cytotoxiques nécessite des températures plus élevées (jusqu'à 1 200 °C), entraînant une consommation énergétique accrue et des émissions réelles probablement plus importantes.

Ainsi, les émissions liées aux DASRI sont vraisemblablement surestimées, tandis que celles des DRCT sont sous-estimées. De plus, ces estimations reposent sur des facteurs moyens relatifs à l'élimination des déchets et ne prennent pas en compte l'ensemble des paramètres d'une analyse de cycle de vie complète, notamment les aspects logistiques et organisationnels.

Malgré ces limites, l'approche adoptée permet d'identifier les tendances globales et de repérer les postes prioritaires d'émissions au sein de l'unité, en particulier les cytotoxiques et les DASRI.

La comparaison des résultats obtenus est limitée par le faible nombre d'études portant sur l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre dans les URCC. Une seule étude a ainsi été identifiée comme base de comparaison : l'étude de Chabane et al. (37). Dans cette étude, l'unité produit environ 51 000 poches par an, contre 70 000 poches par an pour l'URCC étudiée ici.

Par ailleurs, le périmètre d'analyse de l'étude de référence est plus large, puisqu'il inclut les émissions liées aux médicaments, aux transports du personnel, à l'utilisation de dispositifs médicaux à usage unique, à la consommation d'électricité ainsi qu'à la gestion des déchets. La comparaison présentée se concentre donc uniquement sur le poste « déchets », seul élément commun aux deux études.

Les émissions rapportées dans l'étude de référence sont de 0,4 tCO₂eq pour les DAOM, 9,8 tCO₂eq pour les DASRI et 0,7 tCO₂eq pour les DRCT, tandis que les résultats obtenus dans la présente étude s'élèvent à 0,8 tCO₂eq pour les DAOM, 8,2 tCO₂eq pour les DASRI et

10,5 tCO₂eq pour les DRCT. Les valeurs associées aux DAOM sont du même ordre de grandeur, ce qui tend à conforter la cohérence des résultats. Les émissions liées aux DASRI sont légèrement plus élevées dans l'étude de référence, malgré un nombre de poches inférieur.

En revanche, une différence importante est observée pour la filière DRCT, avec des émissions nettement plus élevées dans la présente étude. Cette différence est cohérente avec les quantités de déchets DRCT produites, également plus importantes. Elle pourrait s'expliquer par des pratiques de tri et de qualification des déchets différentes entre les deux unités, certains déchets pouvant être classés en DRCT dans l'URCC étudiée ici et en DASRI dans l'étude de référence.

Ainsi, pour conclure cette partie, les résultats mettent en évidence des marges d'amélioration concrètes dans une démarche d'écoresponsabilité au sein de l'unité de préparation des chimiothérapies.

Bien qu'une comparaison quantitative formelle ne soit pas possible, certains signaux positifs peuvent néanmoins être relevés, comme la diminution du nombre de fûts bleus observée en 2025. Cette évolution est particulièrement encourageante, les déchets de la filière DRCT étant ceux qui présentent les coûts économiques et les impacts environnementaux les plus élevés.

5.4. Les limites de l'étude

Certaines limites méthodologiques doivent être prises en considération pour interpréter les résultats de cette étude. La collecte des données expérimentales n'a été réalisée qu'à une seule période de l'année, ce qui limite leur représentativité et ne permet pas d'évaluer de potentielles variations saisonnières. De plus, le pesage des déchets n'a pas porté sur l'ensemble des fûts produits, car les mesures ont été effectuées avant la fermeture de la ZAC. Combiné au fait que le comptage était réalisé manuellement, cela introduit un risque de variabilité des mesures qui n'a pas pu être vérifié de manière indépendante. S'ajoute à cela le questionnaire diffusé qui présentait certaines formulations pouvant être perçues comme ambiguës, ce qui peut avoir influencé la qualité des réponses

Les audits en salle de préparation, quant à eux, se sont concentrés exclusivement sur les pratiques des préparateurs en pharmacie hospitalière (PPH) et non sur celles des pharmaciens, ce qui ne permet pas de dresser un portrait complet des pratiques de gestion des déchets dans l'ensemble de la ZAC. Enfin, le contexte spécifique de l'étude, une unité de préparation de chimiothérapies, réduit la généralisation des conclusions à d'autres types d'unités de soins. La mise en place d'un suivi longitudinal, incluant la réalisation d'un nouvel audit à distance de la

première évaluation, serait pertinente pour juger de l'efficacité et de la pérennité des actions correctives mises en œuvre.

Les limites identifiées dans la littérature doivent également être prises en considération. Pour l'étude de l'impact carbone de l'élimination des déchets, un unique facteur d'émission est généralement utilisé pour les déchets dangereux, englobant à la fois l'incinération à 850 °C et à 1 200 °C. Cette approche ne permet donc pas de différencier les impacts selon la température d'incinération. La majorité des travaux disponibles concernent des services hospitaliers accueillant des patients, ce qui diffère du contexte particulier d'une ZAC où l'activité est centrée sur la préparation et non sur la dispensation directe des soins. Par ailleurs, la plupart des études recensées ont été menées dans des pays à revenu faible ou intermédiaire, si ces résultats soulignent le caractère mondial de la contamination environnementale liée aux pratiques de gestion des déchets, leur extrapolation aux pays à revenu élevé, où l'organisation et la réglementation sont différentes, doit être envisagée avec prudence.

6. Conclusions générales

CONCLUSIONS GENERALES

THESE SOUTENUE PAR Mme Inès BOYER

La gestion des déchets au sein d'une unité de reconstitution des chimiothérapies (URCC) constitue un défi à la croisée des enjeux sanitaires, environnementaux et organisationnels. L'étude menée dans la Zone à Atmosphère Contrôlée (ZAC) de l'URCC de l'Hôpital Lyon Sud visait à mieux comprendre ces enjeux et à identifier des leviers d'amélioration compatibles avec les fortes contraintes techniques de ce type d'environnement.

La première étape de ce travail a permis d'établir un diagnostic de la situation existante par la réalisation d'un audit de pratiques ainsi que la diffusion d'un questionnaire visant à évaluer le niveau de connaissances du personnel sur la gestion des déchets issus de la ZAC. L'audit et le questionnaire ont été reconduits un an plus tard pour évaluer l'impact des mesures mises en place sur la conformité des pratiques ainsi que les connaissances sur le tri des déchets. Enfin, la comptabilisation des contenants de déchets produits sur une période de 5 semaines a permis d'estimer l'impact économique et environnemental.

Un ensemble d'erreurs de tri, souvent liées à des habitudes, à la disposition des contenants ou à un manque de formation continue ont été relevées lors du premier audit. Les mesures correctives mises en place à partir de ces constats ont permis d'amorcer une évolution notable. La mise à jour de la procédure interne concernant l'élimination des déchets, et la création d'affiches pédagogiques adaptées à chaque zone de travail ont contribué à une meilleure compréhension des règles de tri et à une réduction des erreurs observées. La comparaison entre les deux campagnes d'audit, menées à un an d'intervalle, met en évidence une amélioration de la conformité des pratiques avec 20 % d'erreurs en 2024 contre 13 % d'erreurs en 2025.

Sur le plan environnemental, il a été mis en évidence une production annuelle de près de 20 tonnes de déchets, majoritairement issus des filières Déchets d'activité de soins à risque infectieux (DASRI) et Déchets à risque chimique et toxique (DRCT). Les estimations réalisées montrent que les déchets restent un poste significatif d'émissions de gaz à effet de serre avec près de 20 tCO₂e, principalement en raison du recours obligatoire à l'incinération. Il a également été mis en évidence un gaspillage de dispositifs médicaux stériles lié à l'organisation des plans de travail, estimé à plus de 30 000 unités par an, et représentant un impact carbone d'environ 1 tCO₂eq/an.

La réduction de la part des déchets cytotoxiques et l'amélioration du tri constituent un potentiel réel d'optimisation. Ces premiers résultats ouvrent la voie à une réflexion plus large sur d'autres façons de gérer les déchets, en intégrant entre autres des démarches de prévention à la source et de limitation du matériel en conditionnement unitaire ou à usage unique lorsque cela est possible.

Les perspectives ouvertes par cette étude sont multiples. À court terme, la refonte de la formation initiale sur la gestion des déchets en ZAC, ainsi que la mise en œuvre d'une formation continue annuelle assortie d'un suivi

régulier permettront de consolider les acquis et de mesurer l'efficacité des actions engagées. À plus long terme, une extension de la démarche à d'autres unités de l'hôpital ou à d'autres établissements pourrait favoriser l'élaboration de référentiels communs et le partage de bonnes pratiques. L'intégration d'une approche de type analyse du cycle de vie offrirait également une vision plus complète des impacts environnementaux associés à l'ensemble des activités de l'unité.

En définitive, cette étude montre qu'il est possible d'allier exigence pharmaceutique, sécurité du personnel et engagement environnemental. La démarche engagée à l'URCC de l'Hôpital Lyon Sud illustre concrètement qu'une gestion plus éco-responsable des déchets est non seulement compatible avec les contraintes hospitalières, mais constitue aussi une opportunité d'amélioration continue au service de la qualité, de la durabilité et de la responsabilité sociétale.

- 8 DEC. 2025

Le Président de la thèse,
Nom :

P. Catherine Ribouf

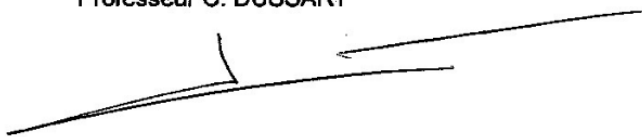
Signature :



Vu et permis d'imprimer, Lyon, le
Vu, le Directeur de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques et
Biologiques, Faculté de Pharmacie

Pour le Président de l'Université Claude Bernard Lyon 1,

Professeur C. DUSSART



7. Bibliographie

1. Ministères Aménagement du territoire Transition écologique. La responsabilité sociétale des entreprises [Internet]. [cité 25 nov 2025]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/responsabilite-societale-entreprises>
2. Binder P, Bruneau C, Chevalier C, Deseny J. Guide déchets d'activité de soins à risques. Ministère de la Santé et des Sports; 2009.
3. Commission européenne. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions - Responsabilité sociale des entreprises : une nouvelle stratégie de l'UE pour la période 2011-2014 [Internet]. Bruxelles: Commission européenne; 2011 [cité 1 juin 2025]. Report No.: COM(2011) 681 final. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0681>
4. International Organization for Standardization. Guidance on social responsibility. Geneva: ISO; 2010. Report No.: ISO 26000.
5. Parlement européen, Conseil de l'Union européenne. Directive 2014/95/UE du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 relative à la publication d'informations non financières et d'informations sur la diversité par certaines grandes entreprises et certains groupes. [Internet]. JO L 330, 15.11.2014 oct 22, 2014 p. 1-9. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/95/oj/eng>
6. Ordonnance n° 2017-1180 du 19 juillet 2017 relative à la publication d'informations non financières par certaines grandes entreprises et certains groupes d'entreprises.
7. LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (1). 2015-992 août 17, 2015.
8. LOI n° 2019-486 du 22 mai 2019 relative à la croissance et la transformation des entreprises (1). 2019-486 mai 22, 2019.
9. LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (1). 2020-105 févr 10, 2020.
10. LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1). 2021-1104 août 22, 2021.
11. The Shift Project. Décarboner la santé pour soigner durablement [Internet]. 2023 [cité 16 nov 2025]. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/publications/decarbonons-industries-sante-medicaments-dm/>
12. The Shift Project. Plan de transformation de l'économie française (PTEF) [Internet]. 2022. Disponible sur: <https://theshiftproject.org/article/plan-de-transformation-de-l-economie-francaise/>
13. Hospices Civils de Lyon. Rapport d'activité 2023 [Internet]. Lyon: Hospices Civils de Lyon; 2024. Disponible sur: <https://www.chu-lyon.fr/sites/default/files/rapport-activite-2023.pdf>

14. Climat Mundi. Webinaire Bilan Carbone des HCL. Rapport interne. Lyon: Hospices Civils de Lyon; Document interne, non publié;
15. DGOS. Ministère du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles. [cité 20 mai 2025]. Élimination des déchets d'activités de soins à risque infectieux. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/qualite-securite-et-pertinence-des-soins/securite-des-prises-en-charge/reglementation-de-securite-sanitaire-dans-les-etablissements-de-sante/article/elimination-des-dechets-d-activites-de-soins-a-risque-infectieux>
16. Prüss A, Emmanuel J, Stringer R, Pieper U, Townend W, Wilburn S, et al. Safe management of wastes from health-care activities / edited by A. Prüss ...[et al] [Internet]. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2014 [cité 15 mai 2025]. Disponible sur: <https://iris.who.int/handle/10665/85349>
17. Code de la santé publique - Article R1335-1. Code de la santé publique janv 1, 2017.
18. Code de la santé publique - Article R1335-2 [Internet]. Code de la santé publique oct 25, 2010. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000022963892
19. Code de l'environnement - Article L541-2 [Internet]. Code de l'environnement. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000023268608
20. 2000/532/CE: Décision de la Commission du 3 mai 2000 remplaçant la décision 94/3/CE établissant une liste de déchets en application de l'article 1er , point a), de la directive 75/442/CEE du Conseil relative aux déchets et la décision 94/904/CE du Conseil établissant une liste de déchets dangereux en application de l'article 1er , paragraphe 4, de la directive 91/689/CEE du Conseil relative aux déchets dangereux [notifiée sous le numéro C(2000) 1147] (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) [Internet]. OJ L mai 3, 2000 p. 0003-24. Disponible sur: <http://data.europa.eu/eli/dec/2000/532/oj>
21. Code de la santé publique - Article R1335-5 [Internet]. Code de la santé publique oct 25, 2010. Disponible sur: https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000022963908
22. Arrêté du 24 novembre 2003 relatif aux emballages des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques d'origine humaine.
23. Ministère de la Santé et des Solidarités. Circulaire DHOS/E4/DGS/SD7B/DRT/CT2 n° 2005-34 du 11 janvier 2005 relative au conditionnement des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés. 2005.
24. Ministère de la Santé et des Solidarités. Circulaire DH/SI 2 - DGS/VS 3 n° 554 du 1er septembre 1998 relative à la collecte des objets piquants, tranchants souillés [Internet]. 1998 [cité 23 nov 2025]. Disponible sur: <https://sante.gouv.fr/fichiers/bo/1998/98-39/a0392524.htm>
25. Arrêté du 9 novembre 2004 définissant les critères de classification et les conditions d'étiquetage et d'emballage des préparations dangereuses et transposant la directive 1999/45/CE du Parlement européen et du Conseil du 31 mai 1999, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la

- classification, à l'emballage et à l'étiquetage des préparations dangereuses. [Internet]. nov 9, 2004. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000005872402>
26. Arrêté du 20 avril 1994 relatif à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. avr 20, 1994.
 27. Règlement (CE) n o 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n o 1907/2006 (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) [Internet]. OJ L déc 16, 2008. Disponible sur: <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1272/oj>
 28. Arrêté du 7 septembre 1999 relatif aux modalités d'entreposage des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques. sept 7, 1999.
 29. Coût de l'incinération pour les différentes filières d'élimination. Données internes. Lyon: Hospices Civils de Lyon; Document interne, non publié; 2023.
 30. Arrêté du 6 avril 2011 relatif au management de la qualité de la prise en charge médicamenteuse et aux médicaments dans les établissements de santé. avr 6, 2011.
 31. ANSM. Bonnes Pratiques de Préparation 2023 [Internet]. 2023. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/documents/referance/bonnes-pratiques-de-preparation>
 32. Décret n°2005-1023 du 24 août 2005 relatif au contrat de bon usage des médicaments et des produits et prestations mentionné à l'article L. 162-22-7 du code de la sécurité sociale (troisième partie: Décrets) [Internet]. août 24, 2005. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000631121>
 33. Florent Drapeau. Préparation des traitements anticancéreux injectables au sein d'une unité de pharmacotechnie: quels leviers disponibles pour optimiser et sécuriser la production? Bulletin du Cancer. 1 mars 2023;110(3):301-7.
 34. HAS. Chimiothérapie injectable en HAD - Monographie des HAD du Limousin dans le cadre du réseau d'hématologie du Limousin HEMATOLIM via le dispositif ESCADHEM. 2014.
 35. Descoutures JM. Reconstitution des chimiothérapies anticancéreuses. Annales Pharmaceutiques Françaises. 1 janv 2006;64(1):7-16.
 36. Matthieu Gauthier. Optimisation de la production d'une unité de préparation des anticancéreux: les préparations hospitalières. [Paris]: Université Paris Descartes - Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques; 2013.
 37. Chabane M, Fagnoni-Legat C, Hosotte C, Jehl-Rave M, Barbier G, Bonnot-Perrin S, et al. Carbon footprint of a chemotherapy production unit within a hospital pharmacy: Time for green pharmacy. J Oncol Pharm Pract. 24 févr 2025;10781552251318313.
 38. ADEME. Base Carbone® – Données de référence pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre [Internet]. France: ADEME; 2024 [cité 15 oct 2025]. Disponible sur: <https://base-empreinte.ademe.fr/>

39. Taylor AL, Levin J, Lee M, Kasitinon D, Miller E, Fox P. Improving environmental sustainability in outpatient clinics: Lessons from a waste audit. *The Journal of Climate Change and Health*. 1 oct 2021;4:100070.
40. Rajalakshmi DS, Kolar DAB. *A Manual on Waste Management Audit*. 2023.
41. Slutzman JE, Bockius H, Gordon IO, Greene HC, Hsu S, Huang Y, et al. Waste audits in healthcare: A systematic review and description of best practices. *Waste Manag Res*. 1 janv 2023;41(1):3-17.
42. Letho Z, Yangdon T, Lhamo C, Limbu CB, Yoezer S, Jamtsho T, et al. Awareness and practice of medical waste management among healthcare providers in National Referral Hospital. *PLOS ONE*. 6 janv 2021;16(1):e0243817.
43. Forumadi M, Vanaei F, Mostafaii G, Ghafari Y, Ghobakhloo Z, Ghobakhloo S. Evaluation of hospital wastes management with emphasis on genotoxic wastes in Semnan University of Medical Science's hospitals. *International Journal of Environmental Health Engineering*. juill 2023;12(4):13.
44. Grünigen S von, Falaschi L, Guichard N, Fleury-Souverain S, Geissbühler A, Bonnabry P. Development and Proof of Concept of an Audit Toolkit for the Safe Handling of Cytotoxic Drugs in Low- and Middle-Income Countries. *JCO Global Oncology* [Internet]. oct 2021 [cité 12 août 2025]; Disponible sur: <https://ascopubs.org/doi/10.1200/GO.21.00205>
45. World Health Organization. Déchets d'activités de soins [Internet]. 2024 [cité 21 mai 2025]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
46. Nassour C, Nabhani-Gebara S, Barton SJ, Barker J. Anti-cancer drug waste disposal practices and wastewater management in hospitals: A Lebanese survey. *J Oncol Pharm Pract*. 1 janv 2024;30(1):78-87.
47. Bannour R, Cheikh AB, Bhiri S, Ghali H, Khfacha S, Rejeb MB, et al. Impact of an educational training about healthcare waste management on practices skills of healthcare workers: a preexperimental study in a tertiary Tunisian hospital. *Antimicrob Resist Infect Control*. 10 oct 2024;13:122.
48. Showbharnikhaa S., Snega K., Nadhiya J., Akshaya T., Muthu Kaviya M. Pharmaceutical waste management: Review Article. *Journal of Pharma Insights and Research*. 6 déc 2023;1(2):166-73.
49. Branislava Nikolić, Nadja Nikolić, Anica Milošević, Andrijana Milošević Georgiev. Opportunities for sustainable waste management in the pharmaceutical industry. 1. 25 déc 2024;74(Notebook 6):832-51.
50. Kumari T, Raghubanshi AS. Chapter 33 - Waste management practices in the developing nations: challenges and opportunities. In: Singh P, Verma P, Singh R, Ahamad A, Batalhão ACS, éditeurs. *Waste Management and Resource Recycling in the Developing World* [Internet]. Elsevier; 2023 [cité 21 juill 2025]. p. 773-97. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323904636000178>

51. Conti A, Viottini E, Comoretto RI, Piovan C, Martin B, Albanesi B, et al. The Effectiveness of Educational Interventions in Improving Waste Management Knowledge, Attitudes, and Practices among Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sustainability*. janv 2024;16(9):3513.
52. Pillay L, Winkel KD, Kariotis T. Developing the green operating room: exploring barriers and opportunities to reducing operating room waste. *Medical Journal of Australia*. 2024;221(5):279-84.
53. Aziz HA, Omar FM, Halim HA, Hung YT. Health-Care Waste Management. In: Wang LK, Wang MHS, Hung YT, éditeurs. *Solid Waste Engineering and Management: Volume 3* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2022 [cité 20 juill 2025]. p. 163-229. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-030-96989-9_4
54. Sreekanth K, Gupta NV, Raghunandan HV, Kashyap U. A Review on Managing of Pharmaceutical Waste in Industry. *International Journal of PharmTech Research*. 2014;6:899-907.

8. Annexes

8.1. Quantification des déchets

Compilation des résultats des feuilles de comptabilisation des contenants de 2024 et 2025 :

Tableau 13: Résultats bruts comptabilisation des déchets 2024

Date	Fûts bleus	Fûts jaunes	Sacs jaunes	Sacs noirs
05/07/2024	8	1	5	8
08/07/2024	8	3	2	7
09/07/2024	5	4	5	9
10/07/2024	7	2	2	8
11/07/2024	8	0	2	8
12/07/2024	7	3	3	7
15/07/2024	8	2	6	14
16/07/2024	5	2	4	8
17/07/2024	7	2	3	5
18/07/2024	5	0	4	11
22/07/2024	6	3	4	10
23/07/2024	10	3	5	11
24/07/2024	6	3	4	8
25/07/2024	6	2	4	5
26/07/2024	5	3	5	8
29/07/2024	7	2	5	6
30/07/2024	8	1	3	10
31/07/2024	8	4	2	11
01/08/2024	5	3	7	6
02/08/2024	6	4	4	10
05/08/2024	7	5	4	11
06/08/2024	7	3	6	9

Tableau 14: Résultats bruts comptabilisation des déchets 2025

Date	Fûts bleus	Fûts jaunes	Sacs jaunes	Sacs noirs
26/05/2025	7	5	5	10
27/05/2025	6	5	6	12
28/05/2025	6	3	8	11
02/06/2025	6	4	4	7
03/06/2025	6	3	7	9
04/06/2025	6	4	5	9
05/06/2025	5	2	4	5
06/06/2025	7	3	6	7
13/06/2025	6	3	5	10
16/06/2025	6	4	4	6
17/06/2025	8	2	2	6
18/06/2025	5	4	3	7
23/06/2025	6	4	4	9
25/06/2025	6	2	6	7
26/06/2025	9	5	5	13
27/06/2025	4	5	4	7
30/06/2025	5	5	5	6
01/07/2025	6	3	3	8
02/07/2025	2	1	2	5
03/07/2025	13	7	6	12
04/07/2025	5	4	6	6

8.2. Grille d'audit

Compilation des résultats des audits de 2024 et 2025 :

Tableau 15: Résultats bruts grille d'audit 2024

Déchets	Protocole	Sac DAOM	Sac DASRI	Septo Box	Fut DASRI	Fut DRCT	Sac trépied
Salle de préparation - Déchets non issus de la hotte							
Opercule des flacons	Fût bleu	1			2	13	
Emballages papier-plastique	Sac noir	25			2	2	
Papier	Sac noir	18			1	2	
Salle de préparation - Déchets issus de la hotte							
Compresses	Sac trépied			1			17
Champs Stérile	Sac trépied						16
2ème paire de gants	Sac trépied						16
Emballages	Fût jaune	3			16	5	
Seringue de retrait	Fût jaune				4		
Seringue de prélèvement	Sac trépied			1			20
Seringue de dosage	Sac trépied			7			7
Emballages petit DMS	Sac trépied			3			17
Aiguilles	SB			7			9
Spike	SB			14			3
Flacons vides	SB			17			4
Flacons entamés	SB			2		1	
Bouchon prolongateur	SB			9			2
Plateau	Fût jaune				9		
Sac trépied	Fût bleu					19	
Septobox	Fût bleu					11	
Vestiaire							
Lingettes papier	Sac noir	9	3				
Emballage tenues	Sac noir	19	13				
Charlotte	Sac jaune		15				
Masque	Sac jaune		16				
Sur chaussures	Sac jaune		16				
Sarrau non plastronné	Sac jaune		15				
1ère paire de gants	Sac jaune	7	16				
Zone de décontamination							
Plateau	Sac noir				1		
Champ stérile	Sac noir				1		
Sachets de détergent-désinfectant	Sac jaune				1		
Lingettes de décontamination	Sac noir				1		
Emballages	Sac noir				1		
Papier	Sac noir				1		

Déchets	Protocole	Sac DAOM	Sac DASRI	Septo Box	Fut DASRI	Fut DRCT	Sac trépied
Zone de dosage							
Flacon plastique	Fût jaune	1		1	5		
Seringues	Fût jaune				7		
Aiguilles	SB				7		
Emballages	Sac noir	8			2		
Lingettes	Sac noir	5					
SB plein	Fût bleu				1	2	

3 NSP

NSP = ne sait pas

Tableau 16: Résultats bruts grille d'audit 2025

Déchets	Protocole	Sac DAOM	Sac DASRI	Septo Box	Fut DASRI	Fut DRCT	Sac trépied
Salle de préparation - Déchets non issus de la hotte							
Plateau	Fût jaune	1			2		
Opercule des flacons	Fût bleu				2	12	
Emballages papier-plastique	Sac noir	17					
Papier	Sac noir	15					
Salle de préparation - Déchets issus de la hotte							
Compresses	Sac trépied						17
Champs Stérile	Sac trépied						14
2ème paire de gants	Sac trépied						11
Emballages	Fût jaune	3			15	2	
Seringue de retrait	Fût jaune				2	1	
Seringue de prélèvement	Sac trépied						17
Seringue de dosage	Sac trépied			6			7
Emballages petit DMS	Sac trépied						17
Aiguilles	SB			13			4
Spike	SB			16			
Flacons vides	SB			18			
Flacons entamés	SB			5			
Bouchon prolongateur	SB			6			10
Plateau	Fût jaune				3		
Sac trépied	Fût bleu					11	
Septobox	Fût bleu					11	
Pansements absorbants	Fût bleu					2	
Vestiaire							
Lingettes papier	Sac noir	16					
Emballage tenues	Sac noir	12	4				
Charlotte	Sac jaune		16				
Masque	Sac jaune		16				
Sur chaussures	Sac jaune		16				
Sarrau non plastronné	Sac jaune		16				
1ère paire de gants	Sac jaune	2	14				

Déchets	Protocole	Sac DAOM	Sac DASRI	Septo Box	Fut DASRI	Fut DRCT	Sac trépied	
Zone de décontamination								
Plateau	Sac noir				1			
Champ stérile	Sac noir				1			
Sachets de détergent-désinfectant	Sac jaune				1			
Lingettes de décontamination	Sac noir				1			
Emballages	Sac noir				1			
Papier	Sac noir				1			
Zone de dosage								
Flacon vide	SB			7				
Flacon plastique	Fût jaune	3			3			1 NSP
Seringues	Fût jaune	1			6			
Aiguilles	SB			4	3			
Emballages	Sac noir	7						
Lingettes	Sac noir	3			4			
SB plein	Fût bleu				1	3		3 NSP

NSP = ne sait pas

8.3. Formulaire 2024

22/08/2024 10:08

Le tri dans la ZAC

Le tri dans la ZAC

Etat des lieux du tri des déchets dans la ZAC - questionnaire anonyme

** Indique une question obligatoire*

1. Vous êtes : *

Une seule réponse possible.

- Pharmacien
- Interne
- Etudiant
- PPH
- OP
- Autre : _____

2. Comment avez-vous appris la procédure de tri des déchets ?

Plusieurs réponses possibles.

- Lecture de la procédure
- Formation initiale
- Explication par des pairs après la formation

3. Connaissez-vous les différentes filières de tri disponibles dans la ZAC et pouvez-vous les énumérer ?

https://docs.google.com/forms/d/1ZL8QCY7BUu-uoHkCdoITVxvIF9j8W-s1oK__dG8qPK4/edit

1/5

4. Êtes-vous familier avec les règles de tri des déchets en vigueur dans la ZAC ?

Une seule réponse possible.

1 2 3 4 5

Je n Je les connais très bien

5. Respectez-vous les règles de tri des déchets dans la ZAC ?

Une seule réponse possible.

- Oui
 Je pense que oui
 Parfois non
 Je ne suis pas sûr de connaître les règles

6. Si vous ne respectez pas ces règles, quelles en sont les raisons ?

Exemple de cas pratiques :

7. Lorsque vous ouvrez un emballage sous la hotte et le transmettez à votre aide manipulateur, dans quelle poubelle celui-ci doit-il être jeté ?

Une seule réponse possible.

- Sac noir
 Sac jaune
 Fût en polyéthylène bleu
 Septobox jaune

8. Dans le sas personnel, où devez-vous jeter votre paire de gants usagés ?

Une seule réponse possible.

- Sac noir
 Sac jaune

9. Dans quelle poubelle doit-on jeter les flacons de principes actifs sous la hotte ?

Une seule réponse possible.

- Sac trépied
 Septobox

Savez vous ce que deviennent les déchets des différentes filières de tri après avoir été éliminé de l'URCC ?

10. Les sacs noirs

11. Les sacs jaunes

12. Les fûts en polyéthylène bleu

13. Les fûts jaunes

Avez-vous une idée des quantités de déchets éliminées chaque jour (en nombre de fûts/sacs) ?

14. Sacs noirs

15. Sacs jaunes

16. Fûts jaunes

17. Fûts bleus

18. Avez-vous une idée du coûts de l'élimination d'un sac noir ? (donnez une estimation)

19. Avez-vous une idée du coûts de l'élimination d'un fût bleu ? (donnez une estimation)

20. Pensez-vous que la procédure de tri des déchets pourrait être améliorée, et si oui, de quelle manière ? Avez-vous des remarques ou des incompréhensions au sujet de cette procédure ?

Merci d'avoir répondu !

Figure 40: Formulaire vierge 2024

8.4. Formulaire 2025

24/11/2025 18:43

Le tri dans la ZAC

Le tri dans la ZAC

Etat des lieux du tri des déchets dans la ZAC - questionnaire anonyme

* Indique une question obligatoire

1. Vous êtes : *

Une seule réponse possible.

- Pharmacien
- Interne
- Etudiant
- PPH
- OP
- Autre : _____

2. Depuis combien de temps êtes vous arrivé à l'URCC ? *

Une seule réponse possible.

- Je suis arrivé avant août 2024
- Je suis arrivé entre août 2024 et octobre 2024 (inclus)
- Je suis arrivé après octobre 2024

3. Connaissez-vous les différentes filières d'élimination disponibles dans la ZAC et pouvez-vous les énumérer ?

4. Êtes-vous familier avec les règles de tri des déchets en vigueur dans la ZAC ?

Une seule réponse possible.

1 2 3 4 5

Je n Je les connais très bien

5. Respectez-vous les règles de tri des déchets dans la ZAC ?

Une seule réponse possible.

- Oui
- Je pense que oui
- Parfois non
- Je ne suis pas sûr de connaître les règles

6. Si vous ne respectez pas ces règles, quelles en sont les raisons ?

Une seule réponse possible.

- l'emplacement des poubelles
- le manque de temps
- le manque d'intérêt
- le manque de connaissances
- Autre : _____

7. Utilisez-vous les affiches présentes en ZAC pour vous aider à trier les déchets ?

Pourquoi ou pourquoi pas ?

8. Trouvez-vous les affiches claires et faciles à comprendre ?

9. Selon vous, les affiches présentent-elles toutes les informations nécessaires pour bien trier les déchets ?

10. Auriez-vous des suggestions pour améliorer le contenu, la présentation ou la disposition des affiches ?

Exemple de cas pratiques :

11. Lorsque vous ouvrez un emballage sous la hotte et le transmettez à votre aide manipulateur, dans quelle poubelle celui-ci doit-il être jeté ?

Une seule réponse possible.

- Sac noir
- Sac jaune
- Fût en polyéthylène bleu
- Septobox jaune

12. Dans le sas personnel, où devez-vous jeter votre paire de gants usagés ?

Une seule réponse possible.

- Sac noir
 Sac jaune

13. Sous la hotte, dans quelle poubelle jetez-vous les aiguilles utilisés ?

Une seule réponse possible.

- Sac trépied
 Streptobox

14. Dans quelle poubelle doit-on jeter les flacons de principes actifs sous la hotte ?

Une seule réponse possible.

- Sac trépied
 Septobox

Vis-à-vis de la formation qui va être mise en place prochainement.

15. À quelle fréquence cette formation devrait-elle, selon vous, être proposée ?

Plusieurs réponses possibles

Plusieurs réponses possibles.

- Avoir une formation initiale
 Avoir une formation continue chaque année
 Avoir une formation continue tous les 2 ans
 Avoir une formation à chaque arrivée de nouveaux dispositifs médicaux
 Autre : _____

16. Et sous quelle forme cette formation vous semblerait-elle la plus efficace ?

Plusieurs réponses possibles

Plusieurs réponses possibles.

- Une formation classique
- Une vidéo
- Une formation interactive en ligne (type quizz)
- Une formation interactive en présentiel (type serious game)
- Autre : _____

Merci d'avoir répondu !

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

Google Forms

8.5. Affiches

CHAQUE DÉCHET A SA POUBELLE

CHAQUE DÉCHET A SA POUBELLE SAS PERSONNEL

CHAQUE DÉCHET A SA POUBELLE SOUS LA HOTTE

CHAQUE DÉCHET A SA POUBELLE SALLE DÉCONTAMINATION

Figure 42: Affiches

L'ISPB - Faculté de Pharmacie de Lyon et l'Université Claude Bernard Lyon 1 n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.

L'ISPB - Faculté de Pharmacie de Lyon est engagé dans une démarche de lutte contre le plagiat. De ce fait, une sensibilisation des étudiants et encadrants des thèses a été réalisée avec notamment l'incitation à l'utilisation d'une méthode de recherche de similitudes

BOYER Inès

Gestion des déchets en unité de préparation de chimiothérapies : audit et axes d'optimisation en vue d'une gestion plus éco-responsable.

Th. D. Pharm., Lyon 1, 2026, 85 p.

RESUME

La gestion des déchets hospitaliers constitue un enjeu majeur pour les établissements de santé, à la fois pour des raisons environnementales, économiques et de sécurité. Les Unités de Reconstitution des Chimiothérapies Cytotoxiques (URCC) sont particulièrement concernées, car leurs activités génèrent d'importants volumes de déchets à risques infectieux (DASRI) et chimiques (DRCT), dont le traitement repose majoritairement sur l'incinération.

Ce travail a été mené au sein de la Zone à Atmosphère Contrôlée (ZAC) de l'URCC de l'Hôpital Lyon Sud. Une première phase a consisté à établir un état des lieux de la production et de la gestion des déchets, à partir de pesées, d'audits de pratiques et d'un questionnaire adressé au personnel. Cette analyse a permis d'identifier les principales sources d'erreurs de tri et de gaspillage, ainsi que plusieurs axes d'amélioration liés à la formation et à l'organisation des postes de travail.

À la suite de ce diagnostic, plusieurs actions correctives ont été mises en œuvre : actualisation de la procédure interne, création d'affichages de tri adaptés et planification d'une formation annuelle. Une seconde évaluation, réalisée un an plus tard, a montré une amélioration du tri, une diminution des erreurs et une meilleure appropriation des consignes par le personnel.

Ce travail met en évidence la faisabilité d'une démarche d'optimisation de la gestion des déchets au sein d'une unité pharmaceutique hautement technique, conciliant exigences de sécurité, conformité réglementaire et engagement environnemental.

MOTS CLES

Déchets hospitaliers – Gestion des déchets – Développement durable – Environnement – Pharmacie hospitalière – Tri des déchets – Formation – Sensibilisation – Optimisation – Responsabilité sociétale – Sécurité sanitaire

JURY

Mme RIOUFOL Catherine, PU-PH

Mme BAUDOIN Amandine, Pharmacien hospitalier

Mme RANCHON Florence, MCU-PH

Mr FORGES Fabien

Mme KROEMER Marie

DATE DE SOUTENANCE

Mardi 6 janvier 2026

CONTACT

catherine.rioufol@chu-lyon.fr