
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Gestion des déchets

Somycel Sylvan

4 rue Carnot, 37130 Langeais



Tuteur entreprise :

Mme. Amélie CAVELIER

Fonction : Directrice opérations Europe

Tuteur académique :

M. Sébastien LARRIBE

Karen YOUSSEF

IMA

2024-2025



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Karen YOUSSEF

2024-2025

Stage en gestion des déchets industriels : Valorisation et recyclage des déchets industrielles dans une usine de production de semence de champignons

Au cours de ce stage réalisé au sein de l'entreprise Somycel Sylvan, spécialisée dans la production de semences de champignons, j'ai mené plusieurs projets liés à la réduction et à la valorisation des déchets organiques, plastiques ainsi que les eaux usées industrielles sur site. En autonomie, j'ai travaillé à la caractérisation des flux, à la mise en place de protocoles d'essai, ainsi qu'à l'élaboration d'outils de suivi. Cette mission m'a permis de combiner analyse technique, travail de terrain et coordination interservices, tout en développant des compétences en gestion de projet, en communication et en amélioration continue.

Mots Clés : valorisation - déchets organiques - rejets industriels - réutilisation - réintroduction dans le cycle de production

Somycel Sylvan

4 rue Carnot, 37130 Langeais



Tuteur entreprise :

Mme. Amélie CAVELIER

Fonction : Directrice opérations Europe

Tuteur académique :

M. Sébastien LARRIBE

Table des matières

I.	Introduction	5
II.	Méthode de travail	6
II.1	Organisation du travail	6
II.2	La collecte des données	6
III.	Présentation de l'entreprise	6
III.1	Présentation du secteur	6
III.2	L'entreprise Somycel.....	7
III.3	Organigramme de l'entreprise	9
III.4	L'activité de l'entreprise.....	9
III.4.a	Présentation du processus de production de spawn.....	9
III.4.b	Réception et préparation du grain.....	9
III.4.c	Cuisson et poudrage.....	9
III.4.d	Transfert en ZAC et ensemencement	11
III.4.e	Incubation, repos et expédition.....	11
III.4.f	L'unité de production d'inoculum.....	11
IV.	Déroulé des missions	12
IV.1	Déchets plastiques	12
IV.1.a	Analyse technique des sacs et premiers essais.....	13
IV.1.b	Expérimentation à l'échelle réelle	13
IV.1.c	Analyse logistique et contraintes de mise en œuvre	13
IV.1.d	Tests de compactage et retour d'expérience	13
IV.1.e	Freins à la généralisation	14
IV.1.f	Conclusion.....	14
IV.2	Eaux usées industrielles	14
IV.2.a	Diagnostic.....	14
IV.2.b	Valorisation des eaux de cuisson	15
IV.2.c	Recyclage des eaux de rinçage des cuiseurs	17
IV.3	Déchets organiques.....	19
IV.3.a	Déchets d'ensemencement (atelier 105)	19

IV.3.b Réduction des pertes de grain au poste d'ensilage.....	21
IV.3.c Déchets de tri final et d'expédition (atelier 107)	23
V. Conclusion	27
V.1 Synthèse des missions réalisées.....	27
V.2 Bilan personnel.....	29
VI. Bibliographie	31
VII. Annexes	32

I. Introduction

Dans un contexte industriel marqué par des exigences croissantes en matière de durabilité, la gestion des déchets ne peut plus être considérée comme un simple levier de conformité réglementaire. Elle constitue aujourd'hui un enjeu stratégique, à la fois environnemental, économique et organisationnel. C'est dans cette optique que s'inscrit mon stage de 4^{ème} année, réalisé au sein de Somycel Sylvan SA, une entreprise spécialisée dans la production de semences de champignons (spawn), implantée à Langeais, en région Centre-Val de Loire.

Le secteur de la production de spawn est un secteur industriel de niche, dont les procédés spécifiques (cuisson, ensachage, stérilisation, incubation, ensemencement) génèrent des flux significatifs de déchets plastiques, organiques et liquides. Jusqu'ici, ces déchets étaient peu ou pas valorisés, dans un contexte où l'organisation de la production se concentre avant tout sur la productivité, la qualité du produit fini et le respect des normes de stérilité et d'hygiène. Il n'existait pas de service dédié à la gestion des déchets, ni de démarche structurée sur ce sujet.

La mission principale a donc été de diagnostiquer les flux de déchets à différents niveaux du processus de production et de concevoir des solutions de réduction, de réutilisation ou de valorisation interne. Le tout, en respectant les contraintes industrielles fortes de l'entreprise : cadence de production, hygiène, stérilité, normes qualité, traçabilité, et acceptabilité des changements par les équipes opérationnelles.

Mes objectifs professionnels étaient de gagner de nouvelles compétences sur différents logiciels ; notamment Excel, de comprendre comment les projets industriels se concrétisent, de suivre les étapes de diagnostic et de mesure sur le terrain, et de savoir comment mobiliser des prestataires externes dans le cadre d'un projet. De plus, d'avoir des connaissances sur une industrie niche qui requiert beaucoup d'expertise et d'études.

Mes objectifs personnels étaient de pouvoir organiser et coordonner une équipe autour d'un projet concret, de déterminer si ce domaine et cet environnement professionnel correspondent à mes aspirations. J'avais également pour objectif de développer mes compétences en communication, notamment avec des collaborateurs de profils variés, de mieux comprendre le fonctionnement global d'une entreprise, la répartition des rôles entre services, la mise en place d'un projet industriel (des essais à la validation), ainsi que l'articulation entre les différents acteurs tels que la maintenance, la qualité et la production pour la mise en place d'un projet.

Ce rapport propose une analyse des trois grands volets du projet :

1. Les déchets plastiques liés à l'usage unique des sacs d'ensachage ;
2. Les déchets organiques issus du process (pertes de grains, déchets ensemencés non conformes, restes de lots non vendus) ;
3. Et les eaux de process, notamment les eaux de cuisson, actuellement rejetées sans traitement.

II. Méthode de travail

II.1 Organisation du travail

Dès le début de mon stage, un mode d'organisation clair a été mis en place avec ma tutrice afin d'assurer un bon suivi de mes missions. Nous avons un point hebdomadaire régulier, généralement en début ou fin de semaine, pour faire le bilan des tâches réalisées, identifier les éventuels obstacles rencontrés, et définir les actions à venir. Ce suivi structuré m'a permis d'évoluer de manière autonome tout en bénéficiant de l'accompagnement nécessaire.

Au quotidien, j'organisais mon travail en fonction du planning de production et de la disponibilité des opérateurs. Cela impliquait une grande flexibilité, notamment pour le lancement des essais, qui nécessitaient la mobilisation de certaines équipes. J'ai donc appris à ajuster mes priorités en tenant compte du rythme de l'usine et m'adapter à ce rythme.

II.2 La collecte des données

Pour la collecte d'informations, j'ai privilégié une approche de terrain. Lorsque cela était nécessaire, j'organisais de courtes réunions ciblées (de 15 à 30 minutes) avec les personnes concernées (maintenance, qualité, responsables de zone, etc.). Dans d'autres cas, je me rendais directement sur site pour échanger avec les opérateurs, observer les pratiques en place et mieux comprendre les flux et les contraintes techniques. Ces échanges m'ont été essentiels pour affiner mes hypothèses et construire des solutions réalistes.

Lors de la première phase de mon stage, j'ai principalement travaillé sur l'analyse de données existantes fournies par ma tutrice. L'objectif était de mieux comprendre les flux de production et les pertes associées. J'ai ainsi utilisé Excel pour catégoriser ces données, identifier les points de perte par souche et par type de substrat, et établir une base d'analyse solide pour la suite du travail.

À partir de ces premiers résultats, j'ai ensuite mis en place deux outils de suivi spécifiques pour les déchets de production :

- Une fiche de suivi à l'atelier 103,
- Une autre à l'atelier 107.

Ces deux outils, que je présenterai plus en détail dans la suite du rapport, ont permis de systématiser la collecte de données et d'impliquer davantage les opérateurs dans la dynamique de réduction et de valorisation des déchets. Cette méthodologie m'a permis d'avoir une collecte structurée, tout en m'adaptant en permanence aux contraintes du terrain.

III. Présentation de l'entreprise

III.1 Présentation du secteur

La production de champignons comestibles représente une filière agroalimentaire spécialisée, fortement dépendante de l'amont biotechnologique que constitue la production de semences fongiques, aussi appelées spawn. Ces semences sont le support sur lequel est cultivé le mycélium, la partie végétative du champignon. Pour obtenir un spawn de qualité, il est indispensable de disposer

d'un substrat (souvent du millet ou du seigle) soigneusement préparé, stérilisé etensemencé avec un inoculum pur.(Eurosubstrat, 2025)

Contrairement aux semences végétales classiques, la production de spawn implique des technologies complexes, incluant :

- Des infrastructures en atmosphère contrôlée (zones ZAC),
- Des autoclaves industriels pour assurer la stérilité,
- Des équipements de cultures fongiques en conditions aseptiques,
- Une gestion stricte de la traçabilité des souches et des lots.

La taille du marché mondial des champignons était de 50,40 milliards de dollars en 2021 et devrait enregistrer un taux de croissance annuel moyen de 9,6 % au cours de la période de prévision, selon la dernière analyse d'Emergen Research.

La tendance croissante au végétalisme et la demande croissante de protéines d'origine végétale, telles que les mycoprotéines et les substituts de viande, devraient stimuler la croissance des revenus sur le marché. En outre, l'augmentation des activités de recherche pour le développement de produits innovants à base de champignons stimule la croissance des revenus sur le marché. Le marché mondial des champignons atteindra 114,40 milliards USD en 2030, selon la dernière analyse d'Emergen Research.

Le marché européen est structuré autour de quelques grands acteurs industriels spécialisés dans cette production :

- Sylvan Inc., groupe d'origine américaine, leader mondial du secteur,
- Mycelia (Belgique),
- Amycel (filiale de Monterey Mushrooms, États-Unis). (Amycel, 2025)

L'Europe est l'un des plus gros producteurs mondiaux de champignons (notamment *Agaricus bisporus*, ou champignon de Paris), avec des bassins de production importants aux Pays-Bas, en Pologne, en France et en Espagne. Cependant, la majorité des champignonnières européennes ne produisent pas elles-mêmes leur semence, préférant s'approvisionner auprès de fournisseurs spécialisés, pour garantir une régularité microbiologique et des souches adaptées à leurs besoins (rendement, résistance, vitesse de colonisation, etc.).

La France, bien que disposant d'un réseau de champignonnières historiquement dense (notamment en Loire, Touraine et Saumur), ne compte que très peu de sites industriels spécialisés dans la production de spawn. Le site Somycel – Sylvan à Langeais constitue ainsi un maillon rare et essentiel, avec une capacité de production couvrant les besoins nationaux mais aussi ceux de nombreux pays d'Europe, d'Afrique et du Moyen-Orient.

III.2 L'entreprise Somycel

L'entreprise Somycel - Sylvan SA est implantée à Langeais, en Indre-et-Loire, et fait partie du groupe international Sylvan, spécialisé dans la biotechnologie fongique. Ce site français est un acteur majeur dans la production de semences de champignons et produit chaque année près de 22 millions de litres de semences, dont environ deux tiers sont exportés vers l'Europe, l'Afrique et le Moyen-Orient. De plus, c'est le seul site en Europe produisant de l'inoculum et l'exportant ainsi à tous les pays d'Europe.

Fondée en 1985, Somycel emploie entre 110 et 190 salariés et génère un chiffre d'affaires annuel d'environ 21 millions d'euros. En 1991, le groupe Sylvan Foods (aujourd'hui Sylvan Inc.), leader mondial dans la production de semences de champignons, a acquis Somycel SA (France), alors acteur majeur dans la filière française de spawn. Cette acquisition stratégique a permis à Sylvan de consolider sa position sur le marché européen et de renforcer ses capacités de R&D en matière de souches résistantes et innovantes. (Sylvan, 2025)

Depuis, le groupe Sylvan s'est développé à l'international et est présent dans plus de 65 pays, avec des sites de production et des centres de recherche en Europe, Amérique du Nord et Asie. Le rachat de Somycel en 1991 en France ainsi que celui plus récent d'EuroMycel en octobre 2024 ont élargi son réseau européen, notamment via des sites en Hongrie, aux Pays-Bas, en Espagne et aux États-Unis. Ce positionnement renforce son leadership sur le marché mondial de la semence fongique et lui permet d'offrir une large gamme de souches et de capacités de production adaptées à différents besoins professionnels. (Ecozoom, 2025)

L'entreprise est organisée autour de différentes unités ; unité de production de spawn, unité de production d'inoculum et une unité de culture pour tester la croissance, le rendement et la qualité du spawn vendu. Le site comprend également un pôle qualité, un laboratoire qualité, des laboratoires de microbiologie pour la R&D et le développement de nouvelles souches de champignon, un service technique, et des fonctions support.

Somycel est engagée dans une démarche environnementale active. Ces valeurs étant : science, Durabilité et transparence, en 2024, un investissement d'environ un million d'euros a permis la mise en place d'un système de récupération de chaleur et de nouveaux groupes froids, réduisant ainsi les besoins en gaz (-10 %), les émissions carbone (-10 %) et la consommation électrique (-5 %). Par ailleurs, le site participe au projet [C]Metric, initié par le groupe Sylvan, pour mesurer l'empreinte carbone de chaque site de production.

Ce contexte industriel exigeant, marqué par des volumes de production importants et des procédures stériles rigoureuses, constitue un cadre idéal pour travailler sur la réduction des déchets, l'optimisation des flux, et l'intégration de solutions durables tout en faisant face aux contraintes d'hygiène et de stérilité

III.3 Organigramme de l'entreprise

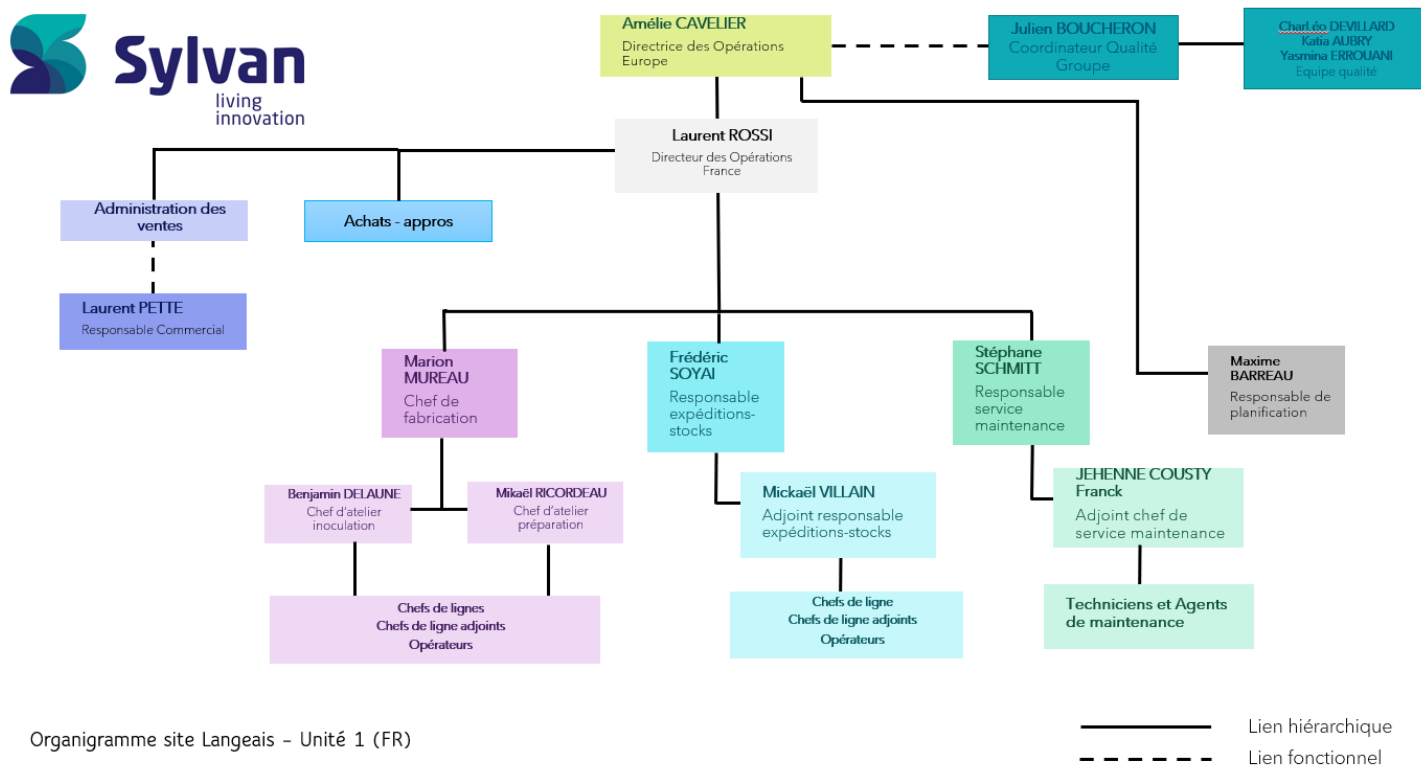


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise d'accueil Somycel

III.4 L'activité de l'entreprise

III.4.a Présentation du processus de production de spawn

Dans le cadre de mon stage, je me suis intéressée au processus de production de spawn, également appelé semence de champignon. Ce procédé complexe s'étale sur environ cinq semaines et se compose de plusieurs étapes techniques réparties entre différentes unités de production.

III.4.b Réception et préparation du grain

La production commence par la réception du grain cru, principalement du millet et du seigle. Le millet subit d'abord un tri mécanique pour éliminer les impuretés (grains étrangers, coques, pailles, etc.). Les déchets générés sont collectés dans une benne dédiée aux déchets organiques, valorisés par un prestataire externe à hauteur d'environ 145 tonnes par an.

Une fois trié, le grain est stocké dans des silos métalliques en attendant la phase de cuisson.

III.4.c Cuisson et poudrage

Le grain est ensuite cuit dans l'un des trois cuiseurs industriels (figure 2), fonctionnant sur le principe de la cocotte-minute (cuisson sous pression). À la fin de chaque cuisson, l'eau de cuisson est vidangée puis rejetée dans une cuve extérieure. Cette eau, représentant environ 28 m³ par jour, est pompée chaque semaine et valorisée en externe.



Figure 2 : Cuiseur industriel

Après la cuisson, une étape de poudrage est réalisée, visant à ajouter des éléments nutritifs ou techniques selon la recette de substrat. Il existe quatre recettes principales:

- Seigle PCTC
 - Millet PCTC
 - Millet NG
 - Millet Supercharged
- Ainsi que deux recettes plus occasionnelles : CIM et Rye Mix.

POUDRAGE POUR 1 UNE CUISSON DE 650 KG ou 700 KG DE CEREALES										
	Craie mikhart 5	Plâtre BPB	GYPSE FIN	Talc de Luzenac	Calflo	acide citrique	Sulfate de Manganèse	Charbon actif	PUR SOJA	TUBERMINE TV
Seigle PCTC(kg) 40kg	16,67	16,67		5	1,67					
Seigle PCTC(kg) 48kg	20	20		6	2					
Seigle TALC (kg)				37						
SORGHO PCTC (kg) 40 kg	16,67	16,67		5	1,67					
SORGHO SUPERCHARGED (kg)	20	22,5			3,3				65,5	4,9
MILLET PCTC	16,67	16,67		5	1,67					
MILLET SUPERCHARGED (kg)	20	22,5			3,3				65,5	4,9
Millet TALC (kg)				37						
Millet NG (kg)		10	32			2,45	0,9	1		

Tableau 1 : Recettes des différents substrats

Le substrat ainsi préparé est transféré dans une trémie de stockage, puis ensaché à l'aide d'une ensacheuse automatique dans des sacs plastiques autoclavables de 7,5 L. Ces sacs sont placés sur des clayettes, elles-mêmes empilées sur des patins, avant d'être introduits dans l'un des quatre autoclaves pour une stérilisation complète.

En moyenne, l'unité réalise 40 cuissons par jour, réparties entre les différentes recettes.

III.4.d Transfert en ZAC et ensemencement

Une fois stérilisé, le substrat est transféré en ZAC (Zone à Atmosphère Contrôlée), où il peut être conservé jusqu'à 24 heures avant l'étape d'ensemencement.

L'ensemencement est effectué à l'aide de quatre vis sans fin, dans lesquelles l'inoculum est ajouté simultanément au substrat stérilisé. Ce dernier varie en fonction de la souche souhaitée. Cette étape est critique pour la qualité du produit fini. Elle génère néanmoins environ 65 000 L de déchets par an, soit environ 11 % des déchets totaux de production.

III.4.e Incubation, repos et expédition

Le produit ensemencé est ensuite conditionné dans des sacs de 15 L, 7,5 L ou 5 L, selon les références commerciales, puis déposé sur des racks. Ces racks sont transférés en étuve pour une période d'incubation d'environ deux semaines, au cours de laquelle le mycélium se développe.

À l'issue de l'incubation, les racks sont déplacés dans une chambre froide pour une phase de repos supplémentaire d'environ deux semaines. Cette étape permet de stabiliser le développement du mycélium et de préparer le produit à la livraison.

Enfin, les sacs sont triés, regroupés et préparés à l'expédition. Tous les sacs présentant un défaut — déchirure, stromas, moisissures, mycélium trop âgé ou insuffisamment développé — sont mis à la benne. Ces déchets sont ensuite pris en charge par un prestataire externe.

III.4.f L'unité de production d'inoculum

La production de spawn repose sur la disponibilité d'un inoculum de qualité, fabriqué au sein de l'unité de production 2, adjacente. Ce site a la particularité d'être le seul en Europe à produire son propre inoculum.

Il y est cultivé environ 30 souches différentes de champignons, parmi lesquelles :

- Des champignons exotiques : champignons bruns, pieds bleus, etc.
- Des agarics, tels que le champignon de Paris (*Agaricus bisporus*)

Cette diversité génétique permet de répondre à une large gamme de produits finis, en cohérence avec les exigences des clients.

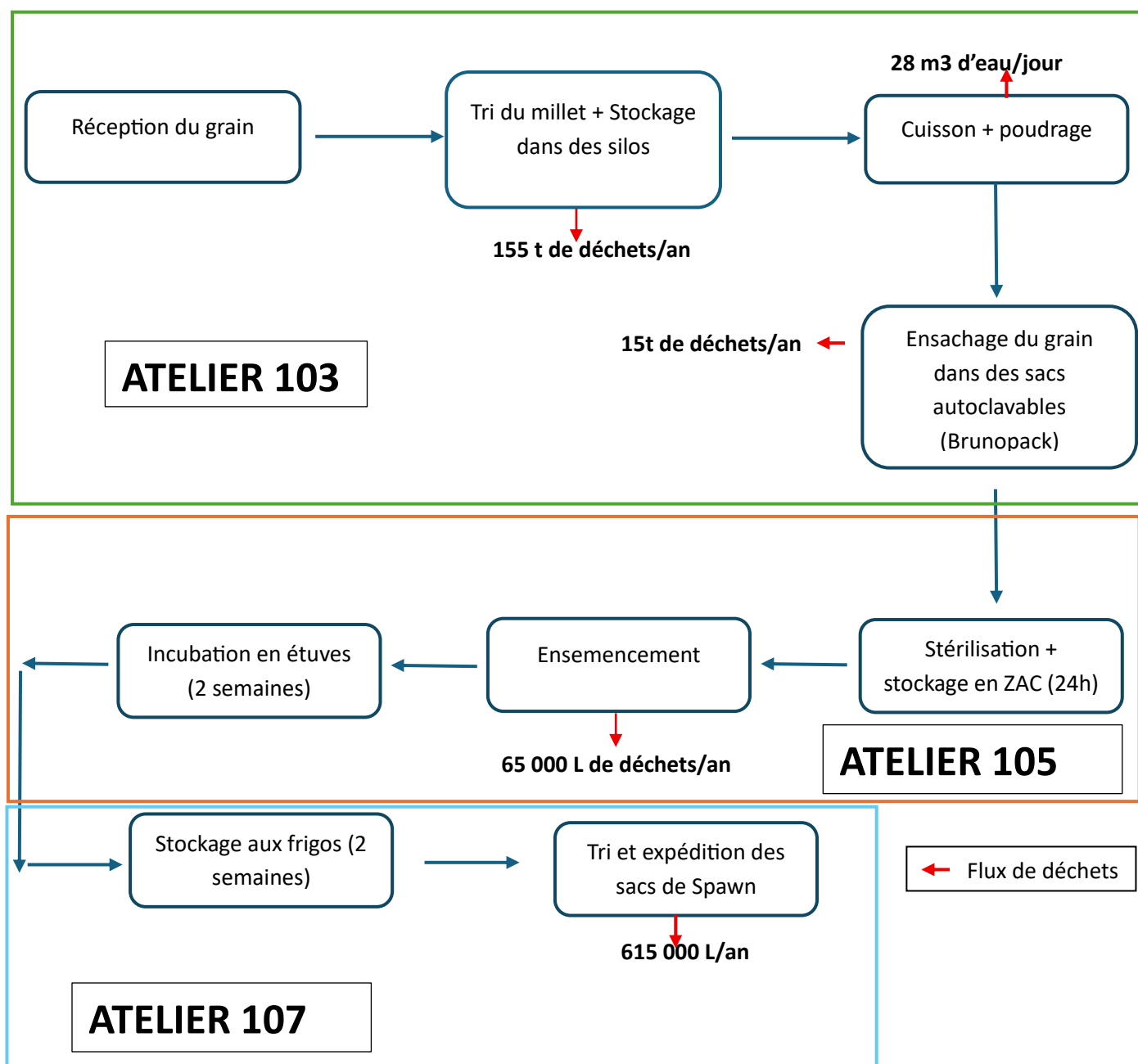


Figure 3 : Procédure de production du Spawn

IV. Déroulé des missions

IV.1 Déchets plastiques

Dans le cadre de ma mission sur la gestion des déchets, je me suis particulièrement intéressée au flux des sacs plastiques autoclavables (sacs BrunoPack) utilisés pour l'ensachage du grain cuit. Actuellement, environ 13 000 sacs sont utilisés chaque jour en usage unique, générant un impact environnemental conséquent et une contrainte logistique importante.

IV.1.a Analyse technique des sacs et premiers essais

Après une analyse approfondie du flux, une caractérisation des propriétés physiques des sacs (résistance thermique, compatibilité avec les cycles d'autoclavage, souplesse, facilité de manipulation) a été faite afin d'en comprendre les contraintes techniques dans le cadre du process.

Sur cette base, une réutilisation contrôlée des sacs sur deux cycles de stérilisation a été proposée, et un protocole d'essai a été rédigé(annexe 1), démarrant par une expérimentation sur 6 sacs issus de deux substrats distincts : Seigle PCTC et Millet SC. L'essai consistait à réutiliser ces sacs pour deux nouveaux ensachages, suivis de passages en stérilisation à différentes positions dans l'autoclave, afin d'observer leur comportement après trois cycles complets et d'évaluer si leur emplacement influait sur leurs propriétés physiques.

Les résultats de cette première phase ont été positifs : aucun sac n'a été percé, déchiré ou déformé, les soudures de fond sont restées intactes, et le grain issu des sacs réutilisés n'a présenté aucune anomalie visible ni contamination.

IV.1.b Expérimentation à l'échelle réelle

Sur la base de ces résultats prometteurs, un essai à plus grande échelle a été mené sur deux patins complets, soit 76 sacs par substrat testé, selon le même protocole. J'ai assuré un suivi rigoureux du cycle de vie des sacs : intégrité du plastique, comportement lors du remplissage, qualité du grain ensenc , et absence de contamination microbiologique.

L'ensemble des observations a été synthétisé dans un protocole technique détaillé, joint en annexe.

Par ailleurs, une analyse de l'impact sur la cadence d'ensachage a été réalisée. Le temps de remplissage a été comparé entre sacs neufs et sacs réutilisés : la cadence est passée de 2,35 secondes à 2,55 secondes par sac, soit un ralentissement négligeable dans un contexte industriel, validant ainsi l'acceptabilité opérationnelle de la réutilisation.

IV.1.c Analyse logistique et contraintes de mise en œuvre

Au-delà de la faisabilité technique, le principal obstacle réside dans la logistique de gestion des sacs vides. Actuellement, les sacs usagés sont simplement entassés dans des sacs-poubelle, transférés vers l'atelier 103 (préparation et cuisson du grain), où ils sont compactés via une presse à balles avant d'être jetés.

Pour permettre leur réutilisation, une nouvelle organisation était nécessaire : les sacs devaient sortir aplatis de la ZAC (zone à atmosphère contrôlée), être stockés de manière hygiénique, puis rapprochés de l'ensacheuse pour une nouvelle utilisation. Cela supposait une réorganisation complète du flux de déchets plastiques, avec des exigences fortes en matière d'hygiène, d'ergonomie et de traçabilité.

IV.1.d Tests de compactage et retour d'expérience

Plusieurs méthodes de compactage ont été testées :

- Première méthode : pliage manuel. 76 sacs ( quivalent d'un patin) ont été pli s en deux à la sortie de la ZAC, puis aplatis manuellement par les opérateurs de l'atelier 103. Les sacs ont été remis dans un carton pour réutilisation. Ce processus s'est révélé très chronophage : pour 100 sacs, quatre opérateurs ont mis environ 20 minutes. Cette solution a donc été abandonnée.
- Deuxième méthode : compactage en presse à balles. 270 sacs ( quivalent d'une cuisson) ont été compactés. Le volume est ainsi passé de 2 mètres à seulement 37 cm de hauteur, rendant

le carton aisément manipulable par l'opérateur à l'ensacheuse. Cette solution était techniquement et ergonomiquement satisfaisante, mais le temps nécessaire pour collecter, sortir, compacter, puis redistribuer les sacs était jugé trop important au regard du bénéfice environnemental apporté.

IV.1.e Freins à la généralisation

Deux verrous majeurs subsistent :

1. Charge de travail supplémentaire : la gestion physique des sacs vides (tri, compactage, transport) alourdit considérablement la charge des opérateurs dans un flux déjà tendu. Cette tâche peu valorisante et hors du cœur de métier est difficile à intégrer sans réorganisation ou mécanisation.
2. Traçabilité limitée : il est complexe de suivre manuellement le nombre de cycles de stérilisation par sac, leur substrat d'origine, et leur date d'utilisation. Sans système d'identification (étiquetage, marquage, ou RFID), un risque de réutilisation excessive ou de contamination croisée existe, ce qui limite fortement la fiabilité du système.

IV.1.f Conclusion

Ce projet a démontré la faisabilité technique de la réutilisation des sacs plastiques autoclavables sur deux cycles sans perte de performance ni qualité produit. Toutefois, les contraintes logistiques, humaines et de traçabilité freinent aujourd'hui la généralisation de cette démarche à grande échelle. Un rapport a été rédigé avec tous les détails du projet. (Annexe 2)

IV.2 Eaux usées industrielles

IV.2.a Diagnostic

Un deuxième axe de travail a porté sur la gestion des rejets d'eau, en particulier ceux issus de la cuisson des grains (millet, seigle, etc.) et du nettoyage des cuiseurs. L'objectif principal était d'envisager la valorisation ou le recyclage de ces eaux, dans une logique d'économie circulaire et de réduction de l'empreinte environnementale du site. Les volumes concernés sont conséquents : environ 28 m³ d'eau chaude sont générés chaque jour par le process de cuisson, auxquels s'ajoutent environ 1,8 m³ d'eaux de lavage et 2 m³ d'eaux de rinçage.

Actuellement, l'eau de cuisson est stockée dans une cuve dédiée, puis pompée chaque semaine pour être pulvérisée sur du compost à l'extérieur du site. En revanche, les eaux de lavage et de rinçage des cuiseurs sont simplement rejetées dans le réseau, sans traitement ni valorisation. Face à cette situation, une réflexion a été lancée pour mieux comprendre la composition de ces rejets et identifier des pistes de réutilisation ou de traitement local.

Dans un premier temps, j'ai pris contact avec un laboratoire d'analyses indépendant afin d'obtenir un devis pour caractériser ces eaux. L'objectif était d'identifier précisément leurs composants (matière organique, pH, charge microbienne, résidus de substrat, etc.) afin de savoir si elles peuvent être traitées ou réutilisées. Après validation du devis, une consigne détaillée à destination des opérateurs a été rédigée pour la réalisation des prélèvements (Annexe 3), en définissant le moment, les points de prélèvement, les volumes nécessaires et le conditionnement. Toute la logistique des échantillons a également été organisée (transport, traçabilité, etc.).

Les résultats des analyses des eaux de cuisson ont montré une eau très chargée :

Facteur	Millet PCTC	Millet NG	Millet SC	Seigle PCTC	Cuve
pH	5,9	4,6	6,5	6,6	3,6
MES mg/L	37 000	45 000	37 000	29 000	6 500
DCO mg(O ₂) /L	43 000	27 000	42 000	47 000	31 000
DBO mg(O ₂) /L	21 000	25 000	20 000	22 000	16 000
Azote mg/L	450	520	420	830	320
Phosphore mg/L	114	148	105	309	121

Tableau 2 : Résultats des analyses des eaux de cuisson et de la cuve de stockage des rejets

Tandis que les résultats d'analyse des eaux de rinçage respectaient les normes.

Facteur	Eau chaude de nettoyage	Eau froide de rinçage
pH	8.6	7.4
MES mg/L	340	11
DCO mg(O ₂) /L	500	80
DBO mg(O ₂) /L	190	6
Azote mg/L	8.5	2.2
Phosphore mg/L	2.34	0.10

Tableau 3 : Résultats des analyses des eaux de nettoyage et de rinçage des cuiseurs

Ainsi, deux axes de travail ont été définis :

IV.2.b Valorisation des eaux de cuisson

Plusieurs pistes de prétraitement ont été envisagées pour rendre ces eaux compatibles avec un rejet en réseau ou une valorisation. Parmi elles : une simple filtration mécanique ou une décantation gravitaire pour éliminer les matières en suspension. J'ai contacté trois prestataires spécialisés dans le traitement des eaux industrielles. L'un d'eux a décliné, jugeant ce type d'effluent hors de leur périmètre, tandis qu'un autre a accepté de se déplacer sur site pour réaliser une pré-étude. J'ai ainsi coordonné et organisé cette visite technique, en mobilisant les équipes de maintenance, la direction du site et la directrice des opérations Europe. Lors de la visite le contexte actuel a été brièvement présenté, les effluents ainsi que les analyses réalisées. Ensuite, une visite du terrain a été faite en identifiant les points clés, les flux d'eau sur le site ainsi que les endroits avec la possibilité d'installation d'un décanteur, d'une cuve d'injection de produits chimiques et d'un tapis de traitement des boues.

Cette visite a permis de mieux comprendre les contraintes techniques (température, volume, fréquence) et de réfléchir à un dispositif modulaire et peu énergivore.

Prétraitement des eaux de cuisson

CONTEXTE

- Eau de cuisson de Seigle et de Millet
- Volume par jour: 28 m³
- Débit: 2 m³/h
- Température: 125°C
- Stockée dans une cuve et pompée toutes les semaines.



OBJECTIF

- Prétraitement de l'eau pour un rejet conforme dans le réseau.

Facteur	Millet PCTC	Millet NG	Millet SC	Seigle PCTC	Cuve
pH	5,9	4,6	6,5	6,6	3,6
MES mg/L	37 000	45 000	37 000	29 000	6 500
DCO mg(O ₂)/L	43 000	27 000	42 000	47 000	31 000
DBO mg(O ₂)/L	21 000	25 000	20 000	22 000	16 000
Azote mg/L	450	520	420	830	320
Phosphore mg/L	114	148	105	309	121

Figure 4 : Diapositive de présentation du contexte au prestataire

À la suite de cette première visite, d'autres analyses ont été demandées. Des analyses de décantation (vitesse de décantation) ; de gélification (vitesse et température de gélification de l'eau) ainsi que les analyses déjà faites afin de pouvoir choisir le dispositif le plus adaptée aux effluents. Ainsi, j'ai repris contact avec le laboratoire pour obtenir un devis pour ces tests. Ainsi, toute la démarche pour les prélèvements et l'envoi des échantillons a été refaite.

De plus, Les échantillons ont été prélevés sur la dernière semaine du stage. J'ai réalisé les tests de décantation et de gélification au laboratoire en interne sur de l'eau de cuissons de seigle PCTC et de Millet NG, et les échantillons ont été mis dans 4 conditions différentes (congélation, réfrigération, température ambiante, et bain marie simulant la température de la cuve). Ils ont donc été suivis sur des intervalles de temps de 10 minutes afin d'identifier la température ainsi la vitesse de gélification et de décantation de l'eau. Cela a pour objectif de voir le comportement de l'eau et pouvoir modéliser une tuyauterie adéquate. Le déphasage de l'eau a lieu au bout de 50 minutes et continue à se faire pendant plus que 10 heures. Ce phénomène est plus visible sur l'échantillon gardé à température ambiante, moins visible sur l'échantillon gardé dans un bain marie simulant la température de la cuve (49°) et peu à pas visible sur l'échantillon gardé au réfrigérateur (4°). Quant à la décantation, après le déphasage, la phase en dessous devient de plus en plus visqueuse dans toutes les conditions, mais constitue des coagulations de gel sur l'échantillon gardé au frigo uniquement. Ces tests devront être refaits pour plus de précision, idéalement, avec un rhéomètre.

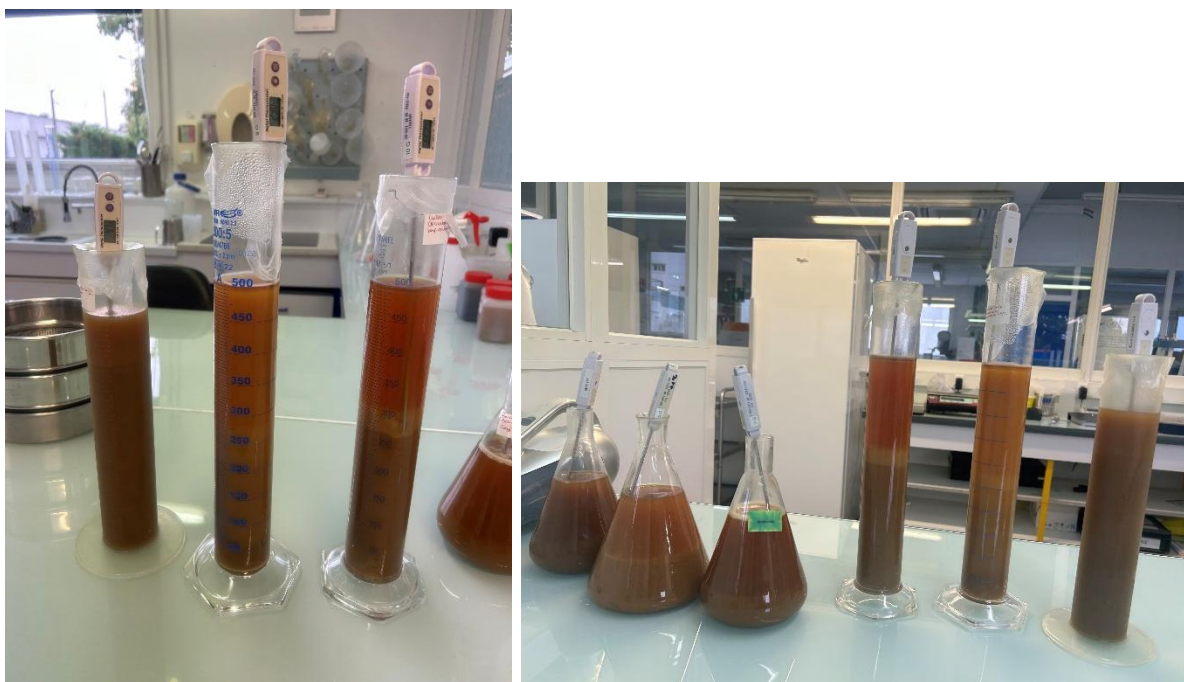


Figure 5 : Résultats des tests de décantation et de gélification

IV.2.c Recyclage des eaux de rinçage des cuiseurs

Les eaux de rinçage présentaient, visuellement, un aspect propre et limpide. Pour aller plus loin, une série d'analyses en laboratoire interne a été mise en place. Tout d'abord, une consigne de prélèvement précise a été rédigée (cf. annexe), puis deux campagnes de tests ont été réalisées sur des échantillons ayant subis des conditions différentes : des échantillons au réfrigérateur dans des flacons fermés et ouverts et des échantillons laissés à température ambiante dans des flacons fermés et ouverts et cela afin de simuler toutes les possibilités de stockage de cette eau jusqu'à sa réutilisation. Les tests consistaient en : mesures de pH, décantation, et analyses microbiennes sur gélose PCA, avec des dilutions allant jusqu'à 10^{-6} (Ihuillier, 2010). En parallèle, les mêmes tests ont été réalisés sur l'eau du puits filtrée, actuellement utilisée pour les tâches de nettoyage (Annexe 4). Ces tests ont été faits deux fois afin de valider les résultats. Les résultats des deux séries d'échantillons étaient très proches (autant sur la décantation que sur le pH et les analyses microbiennes), indiquant que l'eau de rinçage pourrait potentiellement être réutilisée en interne.

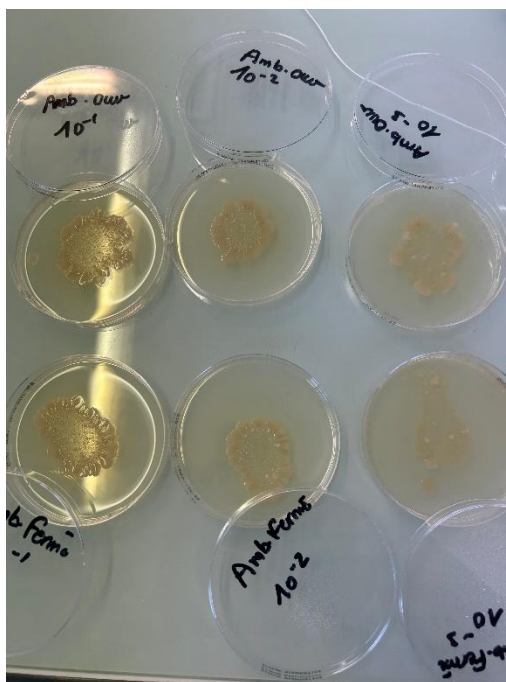


Figure 6 : Résultats des analyses microbiennes réalisées pour l'eau de rinçage des cuiseurs

À partir de là, deux usages ont été identifiés pour une éventuelle réutilisation sur site :

- **Nettoyage des vis sans fin d'ensemencement** : ce poste utilise chaque jour 150 L d'eau pour le trempage de la vis ruban, et 100 L pour le petit matériel (mâchoires, capot, etc.), remplis deux fois par jour. Soit un total de **500 L/jour**.
- **Nettoyage du matériel à l'unité de culture** : un bac de **350 L** est rempli chaque jour pour le trempage des contenants, avant leur passage dans un bac de désinfection, puis de rinçage à l'agroxyde.

En remplaçant l'eau de trempage par l'eau de rinçage des cuiseurs, on pourrait ainsi réutiliser environ **850 L d'eau par jour**, ce qui représente **43 %** de l'eau actuellement rejetée dans le réseau.

Pour mieux comprendre l'usage de l'eau dans ces tâches et voir si la température de l'eau ou sa charge microbienne affecte la propreté du matériel, ces deux postes ont été observés à plusieurs reprises et la procédure complète de chacun d'eux a été rédigée. (Annexe 5) (Annexe 6)

Pour rendre cela opérationnel, j'ai commencé à concevoir un système simple et adaptable avec l'aide de l'équipe maintenance : une cuve mobile sur roulettes, équipée d'une petite pompe, permettant de récupérer l'eau de rinçage et de la redistribuer aux différents postes concernés.

Enfin, j'ai également pris contact avec **l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne** pour présenter cette initiative. Cette démarche pourrait bénéficier d'un soutien financier dans le cadre de leurs programmes de subvention à la gestion durable de l'eau. Un premier retour encourageant a été obtenu, mais il faut l'intervention préalable d'un bureau d'études pour faire une étude plus complète de ce projet.

IV.3 Déchets organiques

Une part significative du travail a porté sur la gestion des déchets organiques issus de la zone d'ensemencement (ZAC), plus précisément les sacs fraîchement ensemencés présentant un défaut de process ou un défaut physique.

Dans un premier temps, une analyse des historiques de données de rejet sur trois années (2023, 2024, 2025) a été faite. Cette étude a permis de catégoriser les défauts les plus fréquemment rencontrés de connaître les quantités exactes, d'identifier leurs causes racines, et de cibler les flux présentant le meilleur potentiel de réintégration. Ce diagnostic a posé les bases d'un protocole de traitement différencié adapté à la nature du défaut.

IV.3.a Déchets d'ensemencement (atelier 105)

IV.3.a.1 Diagnostic

Dans un premier temps, je me suis intéressée aux déchets issus lors de l'ensemencement à l'atelier 105, Ces déchets sont appelés « process losses ». Ils représentent actuellement environ **11%** des déchets totaux de l'unité de production.

Ils sont répartis en deux catégories :

- 1) Les déchets AVINOC ; du grain non ensemencé dur.
- 2) Les déchets APINOC : des sacs contenant des boulettes (du mélange d'inoculum avec de la poudre), des sacs non ensemencés (à cause d'un problème au niveau de la pompe) ou des sacs présentant un défaut physique (défaut de poids, sac percé, sac mal soudé).

Type de déchet	Hebdo (L)	Mensuel (L)	Annuel (L)	% des PL totaux
Total PL	1350	5 300	65 000	100 %
APINOC	1000	4 200	50 000	77 %
AVINOC	270	1 100	14 000	21 %

Tableau 3 : Quantités de déchets PL et part des déchets AVINOC et APINOC dans les PL

Les déchets APINOC sont 45% sur du seigle PCTC, et 30% sur du Millet PCTC.

Les déchets AVINOC étaient 45% sur du Sorgho PCTC (à partir de 2025 la production de sorgho a été arrêtée) et sont à 22% sur du Millet SC.

Passer du temps en ZAC (Zone à atmosphère contrôlée) m'a permis de comprendre les contraintes de stérilisation et de voir que la manipulation de ces déchets ou l'implantation d'une solution pour réduire la génération de ces déchets n'était pas envisageable. Ainsi, une solution de restérilisation et de réensemencement des déchets a été proposée.

IV.3.a.2 Analyses de restérilisation du grain

Une première phase expérimentale a été mise en place à partir de deux sacs APINOC nonensemencés, rejetés à la suite d'un dysfonctionnement de la pompe d'ensemencement. Le contenu de ces sacs a été transvasé dans des sacs autoclavables neufs de type Brunopack, avec des taux de dilution variés (2 %, 5 %, 10 % et 100 %) mélangés à du grain cuit neuf. Ces mélanges ont ensuite été restérilisés, sans ajout d'inoculum, puis ouverts pour inspection. Aucune anomalie visuelle, thermique ou structurale n'a été observée, validant ainsi la faisabilité technique de cette réutilisation.

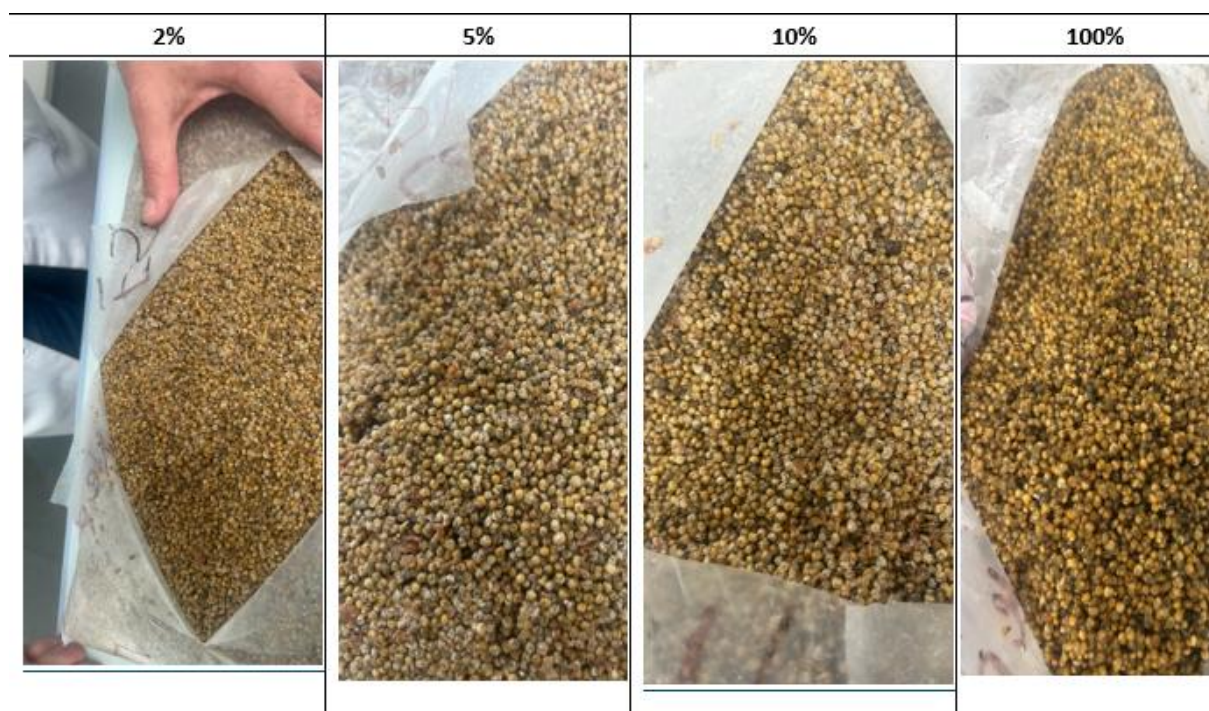


Figure 7 : Grain restérilisé avec différentes dilutions

IV.3.a.3 Analyses du réensemencement du grain

Sur cette base, un protocole de traitement a été structuré selon les typologies de défauts (Annexe 7) :

- Les sacs présentant des boulettes ont été triés manuellement, en retirant les amas non conformes,
- Les grains durs nonensemencés ont été restérilisés sans traitement préalable,
- Les sacs percés ou nonensemencés dû à un problème au niveau de la pompe ont été transvasés dans des sacs autoclavables neufs avant restérilisation.

L'ensemble des sacs ainsi retravaillés a été réintégré dans le processus de production habituel : stérilisation, ensemencement, incubation, puis expédition. Le suivi de chaque sac d'essai sur toute la période a permis de valider l'absence de contamination, l'homogénéité de la colonisation mycélienne et la conformité du produit final. Les rendements obtenus ont confirmé que cette réintégration n'altérerait ni la qualité ni la sécurité sanitaire du spawn produit.

Dans une phase plus avancée du projet, un protocole a été rédigé (Annexe 9) afin de lancer un essai afin de tester la possibilité de restériliser du grain déjà ensemencé, mais avec une souche différente de celle prévue pour le réensemencement. L'objectif était de vérifier que le cycle de stérilisation

permettait d'éliminer totalement le mycélium initial, garantissant ainsi l'absence de contamination croisée entre les souches.

Ainsi, deux sacs de spawn issus d'une souche exotique (Bavarian) ont été transvasés dans des sacs autoclavables neufs de type Brunopack, puis soumis à un cycle complet de restérilisation. Après refroidissement, ces sacs ont été réensemencés avec une souche d'agaric (A15), génétiquement distincte et incompatible avec la précédente. L'objectif de cette opération était double : s'assurer de l'élimination totale du mycélium initial par la stérilisation, et valider la capacité du substrat ainsi traité à accueillir une nouvelle souche sans interférence biologique.

À l'issue de l'incubation, les sacs seront transférés à l'unité de culture pour observer la croissance des champignons et évaluer visuellement l'efficacité de la recolonisation, ainsi que l'absence d'effets résiduels de la souche initiale. Cette expérimentation vise à confirmer, dans un cadre réel, la viabilité du substrat recyclé et la sécurité biologique du procédé de réensemencement croisé.

IV.3.a.4 Gestion du flux de déchets

En parallèle, une analyse logistique importante a été menée pour structurer le flux de ces déchets spécifiques. Cela a inclus la définition des procédures de tri à la sortie de la ZAC, la mise en place d'un système de stockage par substrat, l'organisation de l'acheminement vers l'atelier de cuisson (103), le transvasement et l'étiquetage des sacs, ainsi que la coordination avec les opérateurs de chaque zone. Afin d'optimiser ce flux, des outils de visualisation et de logigrammes ont été développés, permettant de clarifier les responsabilités (qui fait quoi), les étapes du processus, leur localisation, la fréquence de traitement, ainsi que leur compatibilité avec les cadences industrielles. (Annexe 8). Cependant, cette étape n'a pas été finalisée et reste à développer pour pouvoir intégrer facilement la gestion de ce flux dans le planning et la gestion du flux normal de production.

IV.3.b Réduction des pertes de grain au poste d'ensachage

Le second projet sur lequel j'ai travaillé concernait la réduction des déchets organiques générés au poste d'ensachage, plus précisément les pertes de grain. Ces pertes sont causées par la manipulation manuelle des sacs par les opérateurs sous l'ensacheuse : une partie du grain tombe alors au sol ou à travers la grille installée sous la machine.

Pour évaluer l'ampleur de ces pertes, qui ne sont pas visibles dans les flux standards, une campagne de pesées hebdomadaires sur une période de 10 semaines a été mise en place. Les résultats ont été extrapolés à l'année : ces pertes représentent environ 15 tonnes de grain par an, soit environ 3 100 sacs de 7,5 litres jetés sans aucune valorisation (Annexe 10).

IV.3.b.1 Suivi de la pesée et sensibilisation des opérateurs

Pour assurer ce suivi une fiche hebdomadaire de relevé des pertes a été conçue et affichée sur le tableau de l'atelier. Les opérateurs étaient invités à y noter systématiquement les poids des déchets de grain pour chaque substrat. Lors des deux premières semaines, j'ai dû rester présente à plusieurs reprises en atelier afin de m'assurer que les pesées étaient bien réalisées avant le déversement des

déchets dans la benne. Cette nouvelle tâche, ajoutée à leur quotidien, n tait pas immédiatement intégrée. Par conséquent, les fiches de suivi de ces premières semaines étaient incomplètes.

Avec l'appui du responsable d'atelier et de la cheffe de fabrication, nous avons multiplié les rappels : consignes répétées à l'oral, messages dans le cahier de liaison, et note affichée au tableau. Dès la troisième semaine, la fiche était correctement remplie, ce qui m'a permis de constater les progrès de l'équipe et de tirer un apprentissage concret sur l'importance de la communication interne et de la transmission efficace des consignes.

IV.3.b.2 Proposition et mise en œuvre d'une solution de valorisation

L'observation du poste a permis d'identifier qu'un bac inox existait déjà sous la grille, avec un seau collecteur placé au-dessus. Alors, une proposition a été faite : le grain tombé dans ce seau soit systématiquement ensaché et réintroduit dans le cycle de production classique, après les étapes de stérilisation et d'ensemencement.

Cependant, comme pour le suivi des pesées, la mise en place de cette consigne a nécessité plusieurs ajustements. Dans un premier temps, j'ai transmis l'information au responsable d'atelier, puis je l'ai relayée à plusieurs opérateurs à différents moments, pour m'assurer qu'elle soit bien diffusée à l'ensemble de l'équipe. J'ai également affiché la nouvelle fiche de suivi avec une note explicative. Malgré cela, en fin de semaine, la fiche n'était toujours pas complétée.

Pour remédier à cela, j'ai passé une après-midi en atelier afin d'observer la mise en œuvre effective du protocole. Sur les conseils de ma tutrice, j'ai aussi proposé aux opérateurs un objectif motivant : si la fiche était remplie correctement pendant deux semaines consécutives, il ne serait plus nécessaire de la remplir par la suite. Cette incitation a contribué à améliorer l'adhésion à la démarche.

Au terme de ces ajustements, cette mesure simple, mise en place après deux semaines de test, a permis un gain moyen de 0,5 kg de grain par cuisson, soit l'équivalent d'environ 1 000 sacs récupérés par an, répartis sur 4 cuissons annuelles. Cela représente une réduction d'environ 30 % des pertes initiales identifiées. Une affiche avec ces informations a été faite pour être accrochée à l'atelier (annexe 11).

IV.3.b.3 Amélioration continue et perspectives

Dans une logique d'amélioration continue, d'autres pistes ont été explorées pour optimiser davantage la récupération des grains tout en respectant les contraintes de l'atelier (hygiène, effort physique, cadence). La solution la plus adaptée à ce stade a été de proposer l'ajout d'un bac plastique léger emboîté dans le bac inox existant, placé directement sous la grille. Ce bac peut être vidé entre chaque changement de substrat, ce qui facilite la séparation des matières et évite les risques de mélange entre les différentes recettes. Cette solution est actuellement en phase de test, avec pour objectif de réduire les pertes sans dégrader l'ergonomie du poste.

D'autres pistes ont été évoquées lors des réunions techniques, notamment l'aspiration douce ou l'installation d'un convoyeur incliné. Toutefois, ces solutions ont été écartées à court terme, car jugées trop complexes ou coûteuses dans le contexte actuel. Le dispositif retenu présente l'avantage d'être peu onéreux, facilement déployable, et compatible avec le rythme de travail de l'atelier.

IV.3.c Déchets de tri final et d'expédition (atelier 107)

Le troisième axe de travail sur les déchets organiques a concerné les déchets générés lors du tri à l'expédition à l'atelier 107. Ces déchets sont actuellement mis à la benne et pris en charge par un prestataire externe.

La mission consistait à analyser les quantités de déchets des années 203-2024-2025, de les catégoriser pour ensuite proposer des pistes de réduction ou de valorisation de ces déchets en interne.

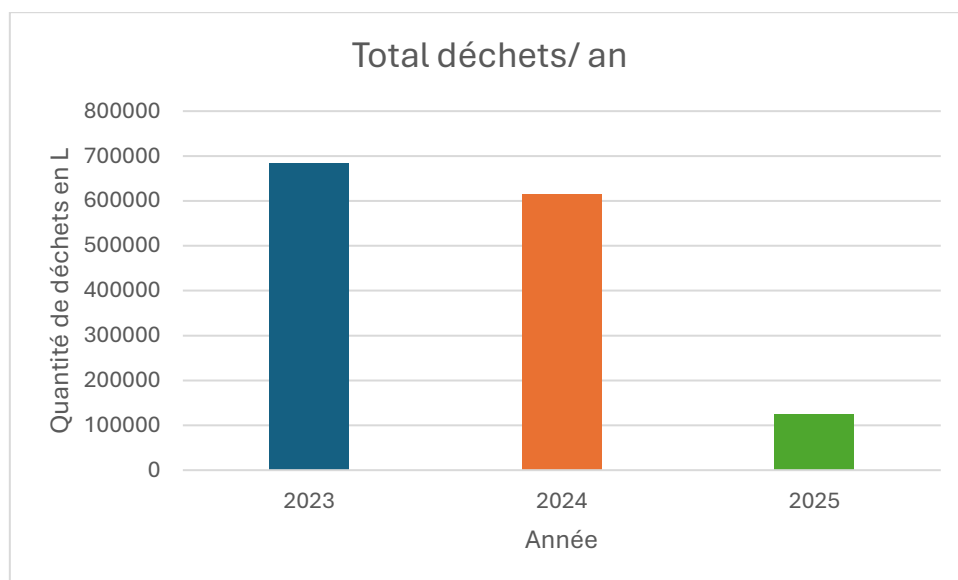


Figure 8 : Quantités de déchets de production en L

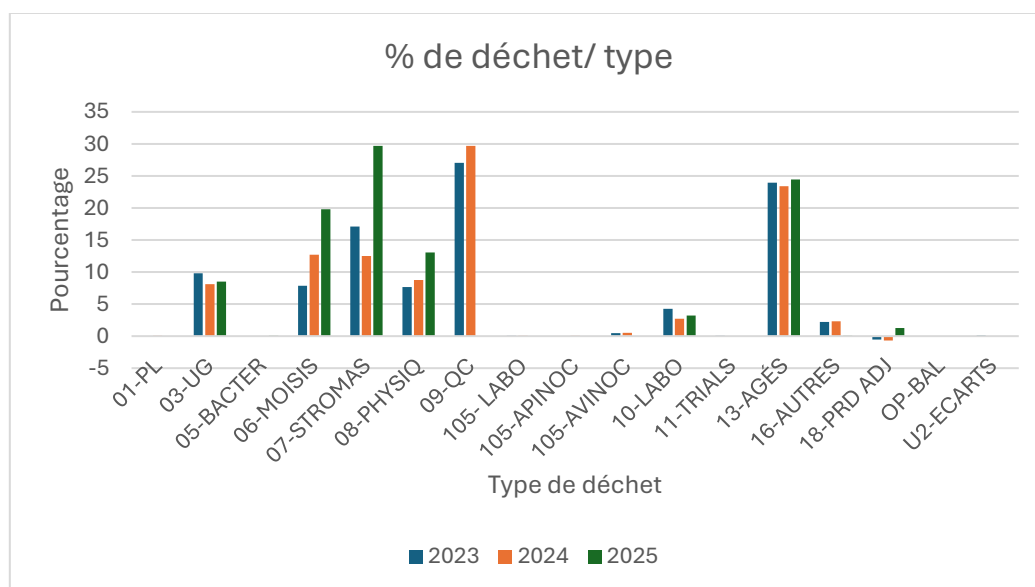


Figure 9 : Répartition des déchets par type

IV.3.c.1 Les déchets physiques

Les déchets physiques sont causés par :

- Des déchets « accidents » lors de la manipulation et le transport des sacs (des sacs s'accrochant aux racks, des sacs qui glissent des racks etc...)
- Des sacs percés
- Des sacs mal soudés
- Les derniers sacs du lot auquel je me suis intéressée.

Lors de la constitution des cartons de produits finis, seuls les sacs appartenant à un même lot de production peuvent être regroupés dans un carton. Ainsi, les derniers sacs restants d'un lot qui ne permettent pas de compléter un carton sont écartés et considérés comme déchets physiques.

J'ai initié un suivi précis de ces rejets pendant 10 semaines où les opérateurs au poste de tri devaient noter à chaque fois qu'ils ont ce type de déchet la date, le numéro de lot, la souche et la quantité de sacs en déchet. Cela m'a permis de constater que ce déchet concerne :

- 1 sac de 15 L,
- 1 à 3 sacs de 7,5 L,
- 1 à 5 sacs de 5 L.

Ce phénomène concerne tous les types de produits conditionnés en cartons, et représente une **part importante des pertes physiques**.

Indicateur	Valeur	Quantité en L sur 10 semaines	Quantité par an
Part des déchets physiques	16 % des déchets physiques	1415	6792L ; soit 453 sacs.
Part dans les discards globaux	1 % des discards		
Origine par famille de produits	65 % Exotiques / 35 % Agarics		

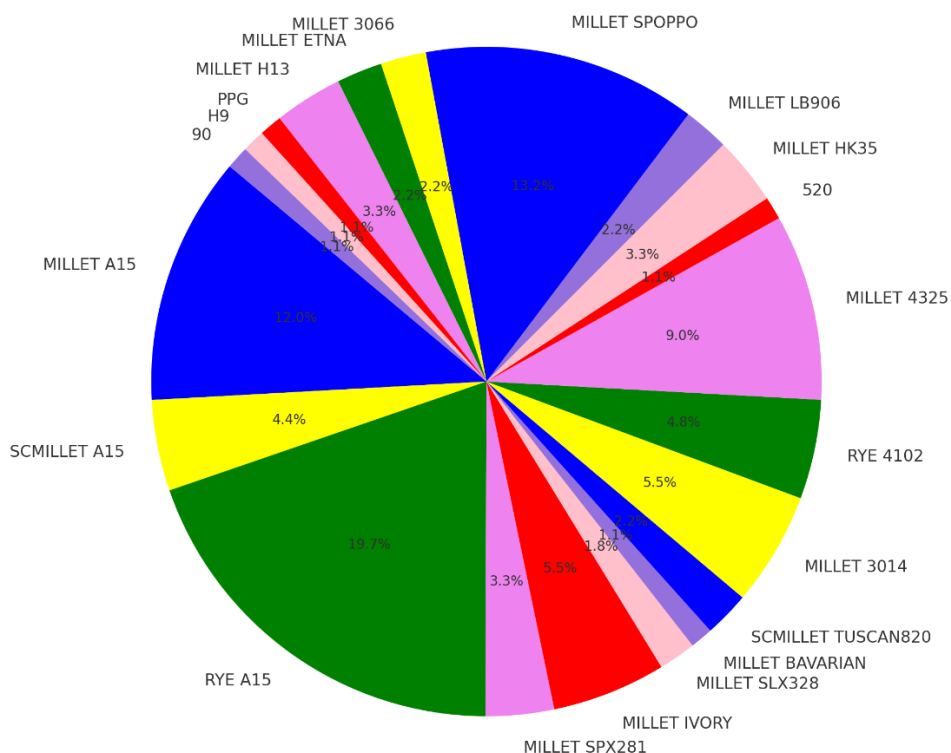
Tableau 4 : Part des déchets « dernier sac du lot » dans les déchets totaux de production
Ces déchets sont répartis sur les souches comme présenté ci-dessous (pourcentages calculés sur 10 semaines).

Substrat	Souche	% de déchet en dernier sac du lot /souche
MILLET	A15	12
SCMILLET	A15	4,4
RYE	A15	19,7
MILLET	SPX281	3,3
MILLET	IVORY	5,5
MILLET	SLX328	1,8
MILLET	BAVARIAN	1,1
SCMILLET	TUSCAN820	2,2
MILLET	3014	5,5
RYE	4102	4,8

MILLET	4325	9
	520	1,1
MILLET	HK35	3,3
MILLET	LB906	2,2
MILLET	SPOPP0	13,2
MILLET	3066	2,2
MILLET	ETNA	2,2
MILLET	H13	3,3
	PPG	1,1
	H9	1,1
	90	1,1

Tableau 5 : Part de chaque souche dans les déchets « Derniers sacs du lot »

Répartition des déchets par souche et substrat



La solution retenue a consisté à réserver ces sacs pour les commandes amateurs, qui n'exigent pas d'homogénéité de lot, ni de conditionnement spécifique en carton. Une zone de stockage dédiée au froid a été mise en place sur un rack identifié, et un espace a été intégré dans l'ERP pour assurer leur suivi (date, souche, nombre de jours restants avant péremption). Cette mesure permettrait à terme de réduire ce type de déchet de 33,2 %, soit une économie de 2 297 L/an correspondant à 154 sacs. Une affiche avec ces informations a été faite pour être accrochée à l'atelier. (Annexe 12)

Indicateur	Valeur après le projet	Quantité en L sur 10 semaines	Quantité en L par an	Quantité sauvée par an
Part des déchets physiques	10.6 %	937	4495	2300L ; soit 154 sacs.
Part dans les discards globaux	0,62 %			
Origine par famille de produits	45,9% Exotiques / 54.1% Agarics			

Tableau 6 : Part des déchets « dernier sac du lot » dans les déchets totaux de production après la mise en place du projet

Cette stratégie, à la fois simple, traçable et ciblée, permet une valorisation directe de sacs autrement jetés, tout en répondant à une demande réelle des clients amateurs. Le projet a été testé sur un périmètre restreint avec succès, et pourra faire l'objet d'un élargissement progressif à d'autres souches après validation opérationnelle (Annexe 13).

IV.3.c.2 Restérilisation des déchets

Dans le prolongement des expérimentations précédentes, un essai plus avancé a été mené dans le but de tester la possibilité de réintroduire dans le cycle de production des déchets issus du tri final, notamment des sacs de spawn déjà développés. L'objectif était double : vérifier l'efficacité de la restérilisation sur un substrat colonisé et évaluer la performance d'un substrat composé partiellement ou totalement de grain réutilisé.

L'essai a consisté à sélectionner un sac de spawn bien développé (il a été ensemencé depuis 2 mois), à le restériliser, puis à observer les résultats en faisant :

- Un sac contenant uniquement du grain usagé non ensemencé,
- Un sac ensemencé avec 100 % de grain réutilisé,
- Et un sac ensemencé avec une dilution de 50 % de grain usagé mélangé à du grain neuf, le tout avec la même souche que le spawn initial.

Un protocole d'expérimentation a été rédigé à cet effet (Annexe 14) et l'essai a été réalisé durant la semaine 16 du stage.

Le sac restérilisé mais non ensemencé a été ouvert au laboratoire afin d'observer visuellement l'état du substrat et de le comparer à un grain cuit neuf. Il a été constaté que des traces de mycélium étaient encore visibles sur le grain, bien que la poudre de poudrage en surface ait complètement disparu. Afin de déterminer si ce mycélium résiduel était encore viable, des échantillons ont été prélevés et déposés sur boîte de Petri en laboratoire pour évaluation microbiologique. Les résultats sont en attente.

Par ailleurs, les sacs contenant du grain réutilisé ensemencé ont été placés en étuve pour la phase d'incubation. Leur évolution sera suivie dans le temps afin d'évaluer la qualité de colonisation, la présence éventuelle de contaminations, et la performance globale du substrat recyclé.

IV.3.c.4 Méthanisation

Comme mentionné précédemment, l'ensemble des déchets produits sur le site est actuellement externalisé auprès d'un prestataire chargé de leur tri et de leur valorisation. Ce service, bien que fonctionnel, représente un coût financier important pour l'entreprise. Dans une logique d'optimisation économique et environnementale, une piste alternative a été explorée : la valorisation des déchets organiques via la filière locale de méthanisation.

Pour cela, un contact a été établi avec GRDF, le gestionnaire du réseau de gaz en France, dans le but de prendre attache avec les unités de méthanisation de la région. Une fiche détaillée a été transmise, contenant toutes les infos sur nos déchets : volumes produits chaque semaine et par an, types de flux (millet, seigle, substrats ensemencés ou non), leur conditionnement (sacs plastiques ou en vrac), leur composition et leur fréquence. L'idée est de voir si certains méthaniseurs pourraient être intéressés pour les intégrer dans leur process. Cette piste pourrait permettre de réduire les coûts actuels de traitement tout en entrant dans une logique de valorisation locale et d'économie circulaire.

V. Conclusion

V.1 Synthèse des missions réalisées

À travers les six projets que j'ai pilotés pendant ce stage, j'ai pu explorer des problématiques très diverses liées à la réduction, la réutilisation ou la valorisation des déchets. Chaque sujet a eu son propre rythme, ses réussites, mais aussi ses limites, et l'ensemble m'a permis de comprendre à quel point la mise en œuvre d'une solution industrielle repose autant sur les aspects techniques que sur l'organisation, l'humain et les contraintes du terrain.

Concernant les sacs plastiques, les résultats techniques ont été concluants : leur réutilisation est tout à fait possible après nettoyage et stérilisation. En revanche, les aspects organisationnels (logistique de récupération, traçabilité des recettes, gestion des flux) ont été plus complexes à mettre en place, ce qui n'a pas permis de déployer le projet à l'échelle de l'usine à ce stade. Cette expérience a souligné l'importance d'anticiper les implications pratiques dès les premières phases de réflexion.

Le projet sur les déchets d'ensemencement en 105, en revanche, a abouti à des résultats très concrets. Mes essais ont montré que le grain restérilisé pouvait tout à fait être réensemencé avec la même souche sans impact sur la croissance du mycélium. Ce résultat a été validé en fin de stage, avec une demande du directeur pour restériliser et réensemencer 52 sacs. Un essai complémentaire est toujours en cours : il consiste à réensemencer avec une souche différente de celle utilisée initialement, et à observer la pousse à l'unité de culture.

Du côté des déchets d'ensachage, l'essai de ré-ensachage du contenu d'un seau a permis de récupérer environ 30 % de matière, ce qui est un gain significatif. La réflexion est toujours en cours sur la mise en place d'un système plus global pour récupérer le maximum de grains, en optimisant le matériel et les gestes opératoires.

Le sujet lié au rejet conforme des eaux de cuisson dans le réseau a quant à lui été lancé, mais reste à un stade de négociation et d'étude. Les contacts ont été établis avec différents prestataires, ainsi qu'avec l'Agence de l'eau. Des analyses ont été faites, confirmant la présence d'une charge organique élevée. Les analyses de décantation et de gélification ont été réalisées durant ma dernière semaine de stage mais les résultats étaient peu concluants (difficulté à identifier le temps et la température exacte de déphasage ou de gélification). Des tests plus précis devront être menés par la suite.

Concernant la réutilisation de l'eau de rinçage des cuiseurs, les analyses microbiennes ont montré une charge similaire à celle de l'eau utilisée actuellement pour les postes de nettoyage. Ainsi, des analyses en externes devront être faites afin d'identifier les familles de bactéries existant dans l'eau. De plus, un système de récupération de cette eau doit être conçu. L'agence de l'eau pourra intervenir sur ce projet à la suite d'une intervention d'un bureau d'étude.

A l'atelier 107, deux projets sont en cours : d'une part, l'observation des sacs de spawn entièrement développés, stérilisés puis réensemencés ; et d'autre part, un essai utilisant des boîtes de Petri afin de vérifier la fiabilité d'une seconde stérilisation. Ces démarches visent à maximiser la valorisation de lots initialement destinés à être jetés.

Enfin, le projet autour des derniers sacs d'un lot, souvent mis de côté pour des raisons de qualité, a permis une réduction significative de ces déchets : jusqu'à 33 %, soit une baisse de 0,4 % des "discards" totaux. Cela a été rendu possible grâce à leur stockage temporaire et à leur valorisation auprès d'amateurs. Une seconde solution, actuellement à l'étude avec le service qualité, propose de placer deux lots différents dans un même carton, ce qui permettrait d'éliminer ce type de déchet à 100 %, tout en respectant les exigences et les normes qualité.

En résumé, ces projets ont permis de poser les bases de solutions concrètes, certaines déjà mises en œuvre, d'autres encore en cours de validation. Toutes ont contribué à une meilleure compréhension des pertes au sein de l'usine, et surtout à proposer des réponses adaptées à la réalité du terrain.

SUJET	PROJET	STATUT	A REALISER
Sacs BrunoPack	Réutilisation des sacs 3x	● Non retenu	
Déchets d'ensachage	Ensacher le grain dans le seau	● validé	Concevoir un système pouvant retenir tout le grain.
Process Losses	Restérilisation et réensemencement des PL	● en cours	Suivre l'essai (réensemencement du Bavarian avec du A15) à l'UC
Déchets physiques 107	Dernier sac du lot → vente amateurs	● validé	Voir la possibilité de mettre deux lots dans un carton
Déchets 107	Restériliser et réensemencer les sacs de spawn	● en cours	- Suivre les sacs au frigo 4 - Refaire des tests microbio
Eaux de cuisson	Rejet conforme dans le réseau	● en cours	Tests de décantation et de gélification plus précis
Eau de rinçage des cuiseurs	réutilisation de l'eau dans des postes de nettoyage	● en attente	- Analyses microbiennes afin d'identifier les bactéries - Intervention d'un bureau d'études selon la demande de l'agence de l'eau

Tableau 6 : Récapitulatif de toutes les missions réalisées et des missions qui restent à finaliser

V.2 Bilan personnel

Ce stage a représenté bien plus qu'une simple expérience professionnelle : il m'a permis de découvrir une industrie très spécifique — celle de la production de semences de champignons — avec ses exigences fortes en matière de stérilité, de traçabilité, de rigueur procédurale, et de coordination entre les différents services. Travailler au sein de Somycel m'a offert une opportunité dans une industrie de niche, où chaque étape compte, chaque geste est normé, et où les contraintes biologiques s'ajoutent aux contraintes organisationnelles.

Tout au long de ces semaines, j'ai pu piloter plusieurs projets concrets, de l'identification des problématiques sur le terrain jusqu'à la mise en place de solutions à l'échelle réelle. Ces projets m'ont amenée à rédiger des protocoles, organiser des essais, analyser des résultats, ajuster des paramètres, structurer des démarches et proposer des améliorations dans une logique d'optimisation technique et environnementale.

Sur le plan des compétences, cette expérience m'a beaucoup apporté. J'ai appris à :

- Gérer un projet de A à Z, depuis la définition du besoin jusqu'à la mise en œuvre et l'évaluation des résultats.
- Travailler en autonomie, prendre des décisions rapidement, prendre des initiatives.
- Encadrer et coordonner différents acteurs : opérateurs, techniciens maintenance, direction, prestataires extérieurs.
- Rédiger des consignes claires, des protocoles d'essai, des comptes rendus structurés et des synthèses.
- Analyser des données sur Excel, interpréter des résultats d'essais, tirer des conclusions opérationnelles.
- Mettre en place des solutions pratiques dans un environnement de production contraint.

L'un des principaux défis rencontrés a été l'absence de structure préexistante dédiée à la gestion des déchets dans l'entreprise. Le sujet étant relativement nouveau sur le site, il n'existait ni cadre de référence, ni interlocuteur clairement identifié, ce qui m'a placée dans une position d'autonomie totale dès le départ. Cette situation, bien que formatrice, a exigé une grande capacité d'organisation et de prise d'initiative. Il m'a fallu définir mes priorités, structurer mes démarches, mobiliser les bonnes personnes et créer mes propres outils de suivi.

Mais cette autonomie s'est également accompagnée de contraintes réelles : l'indisponibilité fréquente de certains interlocuteurs clés, la réticence naturelle de certaines équipes à modifier leurs habitudes ou à intégrer de nouveaux projets dans un quotidien déjà bien rempli. Certaines de mes idées, pourtant techniquement pertinentes, ont ainsi été écartées car elles bouscullaient les rythmes établis ou suscitaient des interrogations sur leur mise en œuvre. Ces obstacles m'ont poussée à développer mes capacités d'adaptation et à ajuster mes propositions aux réalités du terrain. J'ai dû faire preuve de pédagogie pour expliquer les enjeux, reformuler mes démarches pour les rendre plus accessibles, et faire preuve de diplomatie pour maintenir l'adhésion des équipes. J'ai ainsi compris qu'un projet industriel, aussi solide soit-il techniquement, ne peut réussir sans une bonne compréhension des dynamiques humaines et organisationnelles qui l'entourent. C'est dans cette capacité à conjuguer rigueur technique et intelligence relationnelle que j'ai puisé mes ressources pour avancer. L'expérience m'a également permis de mieux me connaître en situation professionnelle : j'ai pris goût à l'autonomie, à la diversité des tâches, à la recherche de solutions concrètes avec des impacts visibles. J'ai compris

que ce type de missions — optimisation, environnement, amélioration continue — correspondait profondément à mes aspirations.

C'est alors ce que j'ai souhaité poursuivre en choisissant mon alternance de dernière année dans un secteur totalement différent : la métallurgie. Malgré le changement d'environnement, les missions sont très similaires, ce qui me permet d'enrichir mes connaissances et mes savoir-faire dans ce domaine tout en élargissant ma compréhension des différents contextes industriels.

En somme, ce stage m'a permis :

- De confirmer mes choix professionnels,
- De développer une large palette de compétences opérationnelles,
- De gagner en autonomie et en confiance,
- De mieux comprendre les mécanismes de transformation dans l'industrie.

Je ressors de cette expérience avec de nouvelles compétences, plus structurée, mais aussi plus engagée. Travailler sur des projets concrets, à fort impact environnemental ou organisationnel, dans des environnements industriels complexes, est aujourd'hui ce que je souhaite continuer à faire dans ma carrière.

VI. Bibliographie

Articles et pages web

- AMYCEL. *Amycel – Leader mondial des semences de champignons* [en ligne] publié en 2023. Disponible sur : <https://www.amycel.com/> (consulté le 16/04/2025).
- ECOZOOM Centre-Val de Loire. *Le leader mondial de la semence de champignon poursuit son développement en Centre-Val de Loire* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.ecozoom-centrevaldeloire.fr/actualites/le-leader-mondial-de-la-semence-de-champignon-poursuit-son-developpement-en-centre-val> (consulté le 25/04/2025).
- EDUTERRE – ENS Lyon. *Analyses microbiologiques des eaux : protocole* [en ligne] publié 09/03/2010. Disponible sur : <https://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/hydro/travail-coop/protocoles/analysesBact/microorg> (consulté le 03/07/2025).
- EMERGEN RESEARCH. *Rapport sur le marché des champignons* [en ligne]. Publié le 18/09/2023 Disponible sur : https://www.emergenresearch.com/fr/industry-report/mushroom-market?srsId=AfmBOoqa_BmyycelivXs9YqdeXhUYFNJYpZsMpZLciwvat-Emfa7HmGz (consulté le 18/04/2025).
- EUROSUBSTRAT. *Culture de champignons* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.eurosubstrat.com/culture-de-champignons/> (consulté le 16/04/2025).
- MYCELIA. *Mycelia – Mushroom Spawn & Mycelium* [en ligne]. Disponible sur : <https://mycelia.be/> (consulté le 16/07/2025).
- SEMENCE MAG. *Le mycélium des champignons* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.semencemag.fr/mycelium-champignon.html> (consulté le 17/04/2025).
- SYLVAN. *Sylvan – Mushroom spawn and cultivation* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.sylvan.bio/> (consulté le 10/05/2025).
- SUEZ. *Essais de traitabilité des eaux* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/analyses-et-traitabilite-des-eaux/examen-des-eaux-de-consommation-et-fabrication/essais-de-traitabilite> (consulté le 17/06/2025).

Documents techniques et rapports

- AGRIRÉSEAU. *Protocole d'analyses microbiologiques des eaux* [en ligne]. Disponible sur : https://www.agrireseau.net/documents/document_91272.pdf (consulté le 20/06/2025).

VII. Annexes

1) Annexe 1 : Protocole : Réutilisation des sacs BrunoPack

 **Réutilisation des sacs plastiques BrunoPack** 

Protocole : Réutilisation des sacs BrunoPack

1 CONTEXTE

L'essai vise à évaluer la faisabilité de la réutilisation des sacs BrunoPack utilisés lors de l'ensachage, actuellement jetés après un usage unique.

2 OBJECTIF

Déterminer si les sacs BrunoPack utilisés pour l'ensachage et l'autoclave des grains cuits peuvent être réutilisés sans compromettre la qualité ni les performances du produit.

3 STANDARDS APPLICABLES

Cela concerne les propriétés physiques et fonctionnelles des sacs plastiques, incluant leur intégrité mécanique, la qualité de la soudure au fond du sac, la résistance thermique et l'absence de contamination visible.

4 PRODUIT(S) TESTE(S)

Sacs BrunoPack utilisés pour la stérilisation des grains cuits.

Substrats testés : Seigle PCTC et Millet SC.

5 MATERIEL ET METHODES

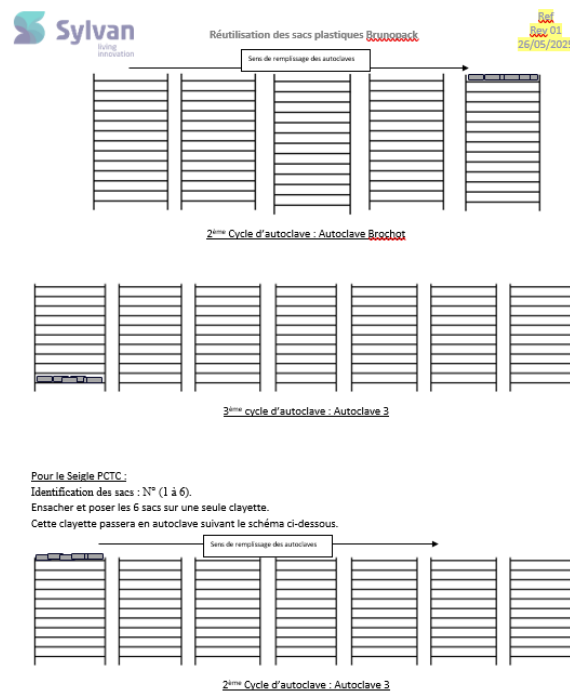
5.1 PRODUCTION

5.1.1 Procédure d'ensachage

5.1.1.1 Ensachage et Stérilisation

Pour le Millet SC :
Identification des sacs : N° (1 à 6).
Ensacher et poser les 6 sacs sur une seule clayette.
Cette clayette passera en autoclave suivant le schéma ci-dessous.

2 ^{ème} Cycle	3 ^{ème} Cycle
La clayette de test passe à l'autoclave Brochot.	La clayette de test passe à l'autoclave 3



Document entier disponible dans : pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes – Annexe 1

2) Annexe 2 : Rapport réutilisation des sacs Brunopack

Sylvan living innovation
Réutilisation des sacs Brunopack
07/07/2025

Réutilisation des sacs Brunopack

1 CONTEXTE

Dans le cadre d'une démarche de réduction des déchets en production, un essai de réutilisation des sacs Brunopack a été mené. L'étude a porté sur 3 cycles successifs de stérilisation, appliqués à des sacs vides ayant contenu les substrats Seigle PCTC et Millet SC. Plusieurs paramètres ont été évalués : les propriétés physiques et thermiques des sacs après chaque cycle, l'état du grain, la cadence d'ensilage, ainsi que la qualité du spawn.

2 OBJECTIF

Actuellement, les sacs utilisés pour l'ensilage du grain sont à usage unique. L'entreprise en consomme entre 12 000 et 13 000 par jour, soit environ 65 000 sacs par semaine et près de 3 millions de sacs par an. L'objectif de cette première phase du projet est de réutiliser les sacs deux fois sur la moitié des cuissons de la journée. Ce changement permettrait de réduire les déchets hebdomadaires à 39 000 sacs, contre 65 000 actuellement, soit une réduction de 37 % du bilan annuel.

JOUR	Sacs neufs	Sacs Réutilisés 1 fois	Sacs réutilisés 2 fois	Sacs jetés
Lundi	13 000	0	0	6500 neufs
Mardi	6500	6500	0	6500 neufs
Mercredi	6500	0	6500	6500 réutilisés 2 fois
Jeudi	6500	6500	0	6500 neufs
Vendredi	6500	0	6500	13 000

Cette première phase du projet permettra de réduire donc le nombre de cartons utilisés à l'année de 1670 cartons à 1040 cartons de sacs Brunopack neufs.

3 PROCEDURE

Six sacs Brunopack vides ayant contenu du Millet SC et six autres ayant contenu du Seigle PCTC ont été récupérés après utilisation. Ces sacs ont été réensachés deux fois, puis soumis à la stérilisation en étant placés dans différentes positions dans les autoclaves Brochot et Pedegari.

Par la suite, un patin entier de sacs Brunopack (Millet SC) ayant subi un premier cycle de stérilisation a été réensaché et passé en deuxième puis en troisième cycle.

La même démarche a été appliquée à un patin de Seigle PCTC, afin de tester la résistance des sacs à trois cycles consécutifs de stérilisation.

4 RESULTATS

4.1 RYTHME D'ENSILAGE

L'ensilage des sacs réutilisés a été chronométré ; la moyenne étant de 3.00 secondes par sac, ce qui est supérieur au rythme d'ensilage actuel des sacs neufs ; 2.35 secondes par sac.

4.2 PROPRIETES PHYSIQUES ET THERMIQUES DES SACS

Les sacs utilisés deviennent plus rigides que les sacs neufs.

Page 1 | 8

Sylvan living innovation
Réutilisation des sacs Brunopack
07/07/2025

La soudure du fond du sac est restée intacte sur tous les sacs testés
Des gouttes d'eau, des traces de poudre ainsi que quelques grains (2 à 10 grains par sac) peuvent être observés dans les sacs.

Page 2 | 8

Document entier disponible dans : pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes – Annexe 2

3) Annexe 3 : Consigne de prélèvement des eaux

Sylvan living innovation
Date : 03/06/2025

PRELEVEMENTS D'EAU DE CUISON ET DE NETTOYAGE

Destinataires : Opérateurs au poste de cuisson.
Objet : Prélever de l'eau de cuisson et de nettoyage pour analyse.
Fréquence : L'eau de cuisson de chaque substrat et l'eau de nettoyage Et de rinçage en fin de journée.

PROCEDURE

Prélèvement de l'eau de cuisson

- Faire tourner le cuiseur
- Avant la vidange, mettre le cuiseur tête en haut
- Poser un seau avec une passoire dessus en dessous du robinet.
- Ouvrir le robinet et remplir le seau de 3L d'eau
- Laisser refroidir
- Transvaser cette eau dans les flacons de test (3 flacons de 1L pour chaque substrat : un à bouchon blanc, un à bouchon vert et un à bouchon bleu)
- Rincer le seau après chaque prélèvement.
- Noter le substrat, la date, l'heure exacte de prélèvement sur les 3 flacons.
- Mettre les flacons au frigo

Exemple

Ref de prélèvement : Millet NG Date : 06/06/2025 17h34
--

Prélèvement de l'eau chaude de nettoyage

- Faire le process de nettoyage standard.
- Vider l'eau de nettoyage dans la trémie du 1^{er} étage.
- Prélever l'eau dans la trémie du 1^{er} étage et remplir le seau avec 3L d'eau. (Avant la vidange de l'eau froide de rinçage).

Sylvan living innovation
Date : 03/06/2025

- Transvaser cette eau dans les flacons de test (3 flacons de 1L pour chaque substrat : un à bouchon blanc, un à bouchon vert et un à bouchon bleu)
- Noter la date et l'heure exacte de prélèvement sur les flacons.
- Mettre les flacons au frigo

Exemple

Ref de prélèvement : eau de nettoyage Date : 06/06/2025 17h34

Prélèvement de l'eau froide de rinçage

- Faire le process de rinçage standard (remplir le cuiseur jusqu'au robinet et faire tourner le cuiseur)
- Mettre le cuiseur tête en haut avant la vidange
- Ouvrir le robinet et remplir le seau avec 3L d'eau.
- Transvaser cette eau dans les flacons de test (3 flacons de 1L pour chaque substrat : un à bouchon blanc, un à bouchon vert et un à bouchon bleu)
- Noter la date et l'heure exacte de prélèvement sur les flacons.
- Mettre les flacons au frigo

Exemple

Ref de prélèvement : eau de rinçage Date : 06/06/2025 17h34

Document disponible dans : pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes – Annexe 3

4) Annexe 4 : Résultats des analyses de l'eau de rinçage

Réutilisation de l'eau de rinçage

Diagnostic :

L'eau de rinçage issue chaque soir, entre 21h30 et 00h30, des cuiseurs en 103 à un volume de 655L par cuiseur ; soit 2 m3 au total et une température de 45°C. C'est de l'eau de puit filtré, utilisé à température ambiante pour rincer les cuiseurs après le lavage, en faisant tourner le cuiseur un tour et demi avant de le vidanger dans la trémie du 1^{er} étage. Cette eau est actuellement mélangée à l'eau de lavage dans la trémie du 1^{er} étage et ce mélange est ensuite acheminé vers les égouts.

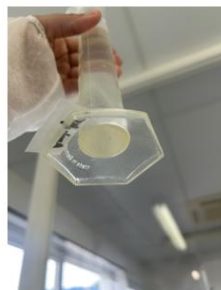
Objectifs :

L'objectif est de récupérer cette eau de rinçage tous les soirs pour être utilisée dans d'autres tâches de nettoyage sur le site, soit à l'unité de culture, soit au trempage des vis en 105.

Analyses :

Des premières analyses ont été faites afin de mesurer la charge microbienne de l'eau ainsi que les matières en suspension. Le pH de l'eau au départ était de 7.19 en laissant l'échantillon à température ambiante dans un flacon ouvert, le pH d'est élevé à 7.73 au bout de 14 heures. En gardant l'échantillon fermé, le pH s'est élevé à 7.60. Le pH de l'eau du puit utilisée est 6.96.

Un test de décantation a été fait sur 24h sur un échantillon de 200ml et un échantillon de 100ml. Des résidus de grains, d'amidon, de poudre et de paille ont été observés.



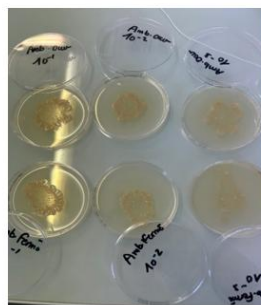
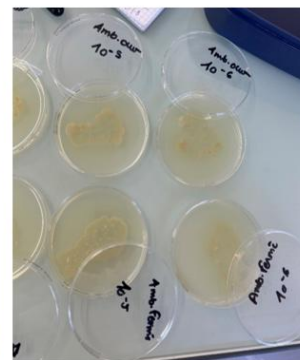
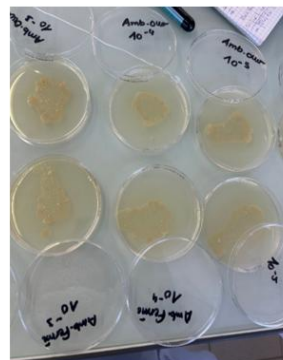
Analyses microbiologiques :

Ces échantillons ont été testés sur gélose PCA avec une dilution jusqu'à 10⁻⁶.

Page 1 | 5

Les premières analyses ont démontrées que l'eau de rinçage était très chargée. Pour les échantillons laissés à température ambiante, fermé ou ouvert, les colonies étaient trop nombreuses pour être comptées et formaient une couche dense (tapis microbien) à toutes les dilutions testées.

Cependant, les tests microbiologiques menés sur l'échantillon témoin, l'eau du puit utilisée, ont montré que cet échantillon est aussi chargé. Ainsi, des tests afin d'identifier les types de bactéries existant dans les différents échantillons.



Page 2 | 5

Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 4.

5) Annexe 5 : Procédure de Nettoyage des vis

innovation

4 ÉTAPES

4.1 TREMPAGE DU MATÉRIEL

Étape	Actions
Démonter la vis	- Mettre la vis en position horizontale - Démonter les vis une par une
Trempage du matériel	- Tremper le matériel dans le petit bac de 100L (trémie, capot, grille, raclette, mâchoires) - Tremper la vis ruban dans le grand bac de 150L (à droite de la salle)  

Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 5.

6) Annexe 6 : Procédure de nettoyage du matériel à l'Unité de culture.

1 CHAMP D'APPLICATION

Cette procédure concerne l'unité de culture.

2 DESTINATAIRES

- Responsable de l'unité de culture

3 CARACTÉRISTIQUES

Avant de remplir les bacs, ouvrir la hotte aspirante au-dessus du bac de désinfection.

3.1 TREMPAGE

Temps de trempage	10 min
Température de l'eau	Ambiante
Volume de l'eau	350L



3.2 DÉSINFECTION

Produits ajoutés	MAJOR SC 0.2% Neutre
Température de l'eau	Tiède - 35°
Volume de l'eau	550 L
Remplissage	Mettre le tuyau orange dans le bac

-Ouvrir les Vannes 1, 2 et 3 (Eau froide, arrivée vapeur et la pompe doseuse Major)



3.3 RINÇAGE

Produits ajoutés	Acronide 0.5%
Température de l'eau	Ambiante
Volume de l'eau	300 L
Remplissage	-Mettre le tuyau transparent dans le bac -Ouvrir les Vannes 1 et 4 (Eau froide + pompe acronide)



Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 6.

7) Annexe 7 : Protocole de restérilisation et réensemencement des déchets d'ensemencement

Protocole : Réintégration et re-stérilisation des PL

1 CONTEXTE

L'essai vise à évaluer la possibilité de réintégration des déchets « process losses » issus de la 105, classés sous APINOC (sacs non ensemencés, contenant des boulettes ou présentant des défauts de soudure) et AVINOC (sacs durs et fissés) ainsi que les sacs non terminés en étuve, dans le cycle de production. Ces sacs de produit seront redirigés vers la 103 pour être à nouveau ensachés dans des sacs autoclavables, puis restérilisés afin de réintégrer le cycle de production.

2 OBJECTIF

Vérifier la faisabilité de récupération des pertes APINOC et AVINOC, leur remise en sac et leur re-stérilisation sans compromettre la qualité ni le rendement du produit final.

3 STANDARDS APPLICABLES

- Bonne croissance et développement du mycélium.
- Absence de contamination visible
- Absence de stroma

4 PRODUIT(S) TESTE(S)

Les déchets APINOC et AVINOC de la 105 et les déchets non terminés de tous les substrats sauf Millet SC.

5 MATERIEL ET METHODES

5.1 PRODUCTION

5.1.1 Procédé de transfert des sacs PL de la 105 à la 103

APINOC

- Les sacs APINOC non ensemencés, seront posés sur le Rack en 105 au bout du tapis (processus standard) et répartis par substrat.
- Les sacs contenant des boulettes seront posés sur un rack à part et répartis par substrat.

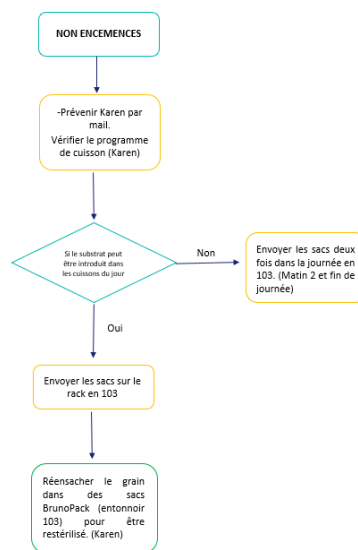
	Millet PCTC
	Seigle PCTC
	NG

AVINOC :

Les sacs durs AVINOC sont mis sur un patin, marqués et répartis par substrat et envoyés en 103 par le sas Noria.

Lors de chaque sortie de déchets, Prévenir Karen par mail indiquant le type de déchet (non ensemencé, boulettes), la quantité et le substrat pour les récupérer.

105 :



Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 7.

8) Annexe 8 : Résultat Réintégration des Process Losses dans le cycle de production

Réintégration des Process Losses dans le cycle de production

1 DIAGNOSTIC

Les process losses actuellement représente environ 11% des déchets totaux de l'unité de production.

Ils sont répartis en deux catégories :

- 1) Les déchets AVINOC ; du grain non ensémené dur.
- 2) Les déchets APINOC : des sacs contenant des boulettes, des sacs non ensémenés ou des sacs présentant un défaut physique (défaut de poids, sac percé, sac mal soudé).

Type de déchet	Hebdo (L)	Mensuel (L)	Annuel (L)	% des PL totaux
Total PL	1350	5 300	65 000	100 %
APINOC	1000	4 200	50 000	77 %
AVINOC	270	1 100	14 000	21 %

Les déchets APINOC sont 45% sur du seigle PCTC, et 30% sur du Millet PCTC.

Les déchets AVINOC étaient 45% sur du Sorgho PCTC et sont à 22% sur du Millet SC.

2 OBJECTIF

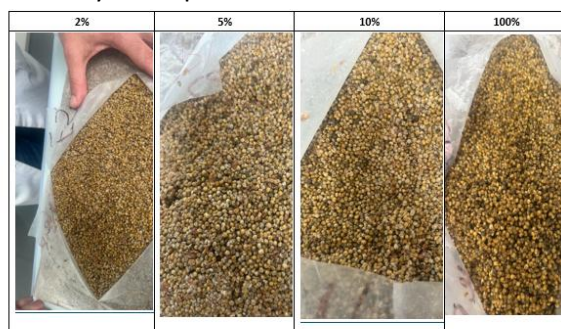
Le projet vise à évaluer la possibilité de réintégrer ces déchets dans le cycle de production, après traitement adapté, en garantissant :

- état du grain similaire à celui stérilisé une seule fois.
- Bonne croissance et développement du mycélium.
- Absence de contamination visible.
- Absence de stroma.

3 ESSAIS REALISES

3.1 ESSAI DE RESTERILISATION SANS REENSEMENCEMENT

Un essai de re-stérilisation du grain issu de déchet APINOC, non ensémené de MILLET NG, a été testé avec des dilutions différentes, en ajoutant 2% 5%, 10% de grain déjà stérilisé une fois sur du grain cuit jamais stérilisé. Un sac restérilisé à 100 % a été aussi testé.



Ces sacs ont été observés et analysés. Aucune différence ni aucune anomalie n'a pu être observée entre les sacs avec les différentes dilutions.

3.2 ESSAI DE RESTERILISATION AVEC REENSEMENCEMENT

Un deuxième essai a été lancé afin de réensemencer le grain restérilisé et évaluer la croissance du mycélium sur ce substrat ainsi qu'observer si des contaminations se développent.

- Des sacs déchet APINOC non ensémenés, percés, ou contenant des boulettes ont été ensachés et stérilisés une seconde fois, puis réensemencés en fin de lot :
- Substrats testés : Millet PCTC, Seigle PCTC et Millet SC.
- Résultat : aucune contamination, croissance normale du mycélium, absence de stroma.

- 42 sacs durs et compacts de Millet NG ont été restérilisés sans aucune manipulation.

Résultats : Après seconde stérilisation, les grains sont redevenus plus fluides.

- Aucune contamination n'a pu être observée
- Croissance normale du mycélium ; aucune anomalie détectée sur le lot.

Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 8.

9) Annexe 9 : Protocole : re-stérilisation d'un grain ensémené et réensemencement avec une souche différente

Protocole : re-stérilisation d'un grain ensémené et réensemencement avec une souche différente

1 CONTEXTE

Dans le cadre de la valorisation des déchets APINOC et leur réintégration dans le cycle de production, ce protocole permet la mise en place d'un essai de re-stérilisation du grain ensémené avec du Bavarian et le réensemencement avec du A15.

2 OBJECTIF

L'objectif principal est de vérifier si la re-stérilisation permet de détruire complètement la souche initiale, de manière à permettre un réensemencement sans interférence avec la nouvelle souche.

3 STANDARDS APPLICABLES

- Croissance normale du mycélium
- Homogénéité de la croissance et absence de contamination ou de mycélium résiduel de la souche précédente.
- Pas de présence simultanée de blanc (A15) et de brun (Bavarian) dans la pousse.

4 PRODUIT(S) TESTE(S)

- Bavarian Millet /A15 Millet.

5 MATERIEL ET METHODES

5.1 PRODUCTION

5.1.1 Procédé de cuisson/recette (103)

5.1.1.1 Ensachage

- Ensacher les 2 sacs de 15 L de Bavarian dans 4 sacs Bruno Pack. (Karen)
- Identifier ces sacs, marquer « essai 1 » et les poser sur la dernière clayette du premier patin de la cuisson de millet.

5.1.1.2 Stérilisation

- Process std
- Identification du numéro de la sté contenant les sacs de test.

5.1.2 Ensemencement (105)

- En fin de lot, faire la vidange de la vis.
- Ensuite, ensémenecer ces 4 sacs.
- Mettre une vignette verte sur les 2 sacs issus et marquer « essai 1 ». (Chefs de ligne 105)

5.1.3 Incubation

- Process std

5.1.4 Stockage

- Process std

5.1.5 Devenir des produits issus de l'essais

- Ces produits seront envoyés à l'unité de culture.

5.2 METHODES DE MESURE

5.2.1 Suivi de croissance

Ces 2 sacs seront suivis visuellement pendant les 2 semaines d'incubation.

5.2.2 Unité de culture

- Faire pousser ces 2 sacs.
- Calculer le rendement et le comparer au rendement normal.
- Observer l'homogénéité de la pousse (pas de mélange de couleur).
- Observer le délai de la pousse et le comparer au délai normal.

Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 9.

10) Annexe 10 : Résultats du projet sur les déchets d'ensachage

Récupération des déchets à l'ensachage

1 CONTEXTE

Dans le cadre de la valorisation des déchets, une première étape a consisté à identifier et catégoriser les pertes générées en unité 103. Au niveau du poste d'ensachage, une partie du grain cuit se disperse entre les sacs pendant l'opération. Ce grain tombe soit au sol, soit dans la grille de récupération. Un seau déjà en place permet actuellement de collecter environ 30-35 % de ces pertes, soit 700g par cuisson, le reste étant perdu ou difficilement récupérable. Les pertes sont actuellement d'environ 15t/an, l'équivalent de 3681 sacs comme évoqué dans le tableau ci-dessous.

Sur la période étudiée (10 semaines pour la pesée des déchets et 2 semaines de l'ensachage du seau) ; ces moyennes ont été calculées :

Substrat	Millet PCTC	Millet SC	Millet NG	Seigle PCTC	MOY
Moy déchet/cuisson en Kg	1,71	1,29	1,49	2,01	1,62
Moy déchet récupéré en kg /cuisson	0,46	0,26	0,34	0,93	0,50

En projetant ces données sur l'année :

Projection sur l'année	Millet PCTC	Millet SC	Millet NG	Seigle PCTC	TOTAL
Nb de cuissons/an	2045	2620	2610	2300	9575
Total déchet d'ensachage/an	3487,2	3369,0	3896,1	4613,9	15366,2
Total déchet d'ensachage en sac/an	850,5	821,7	950,3	981,7	3604,2
Equivalent perte de cuissons	3,1	3,0	3,5	3,7	13,2
Quantité gagnée en ensachant le seau en kg/an	936,1	672,3	883,8	2146,1	4638,3
Gains en nb de sacs/ an	228,3	164,0	215,6	456,6	1064,5
Gains en nb de cuissons/an	0,85	0,61	0,80	1,69	4
Pourcentage de grain récupéré/grain initialement perdu	26,8	20,0	22,7	46,5	30,2

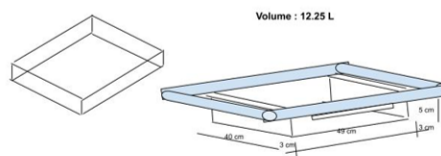
2 OBJECTIF

L'objectif est de concevoir une solution permettant de maximiser la récupération du grain tombé au poste d'ensachage, en vue de son ré-ensachage et de sa réintégration dans le processus de production.

3 PROJETS

3.1 BAC DE RECUPERATION

Le projet consiste à emboîter un bac en plastique, léger, dans le bac existant en dessous de la grille. Ce bac devra être vidé avant chaque changement de substrat. Le grain va être transvasé dans les sacs Bruno pack à l'aide du pichet.



3.2 SACS JETABLES

Cette solution consiste à rajouter un sac plastique dans le bac en dessous de la grille afin de récupérer le grain, ensuite, transvaser ce grain dans des sacs Bruno pack à l'aide du pichet. Le sac est changé avant chaque changement de substrat.

Contrainte : Trouver des sacs correspondant aux critères de poids et à la taille du bac.

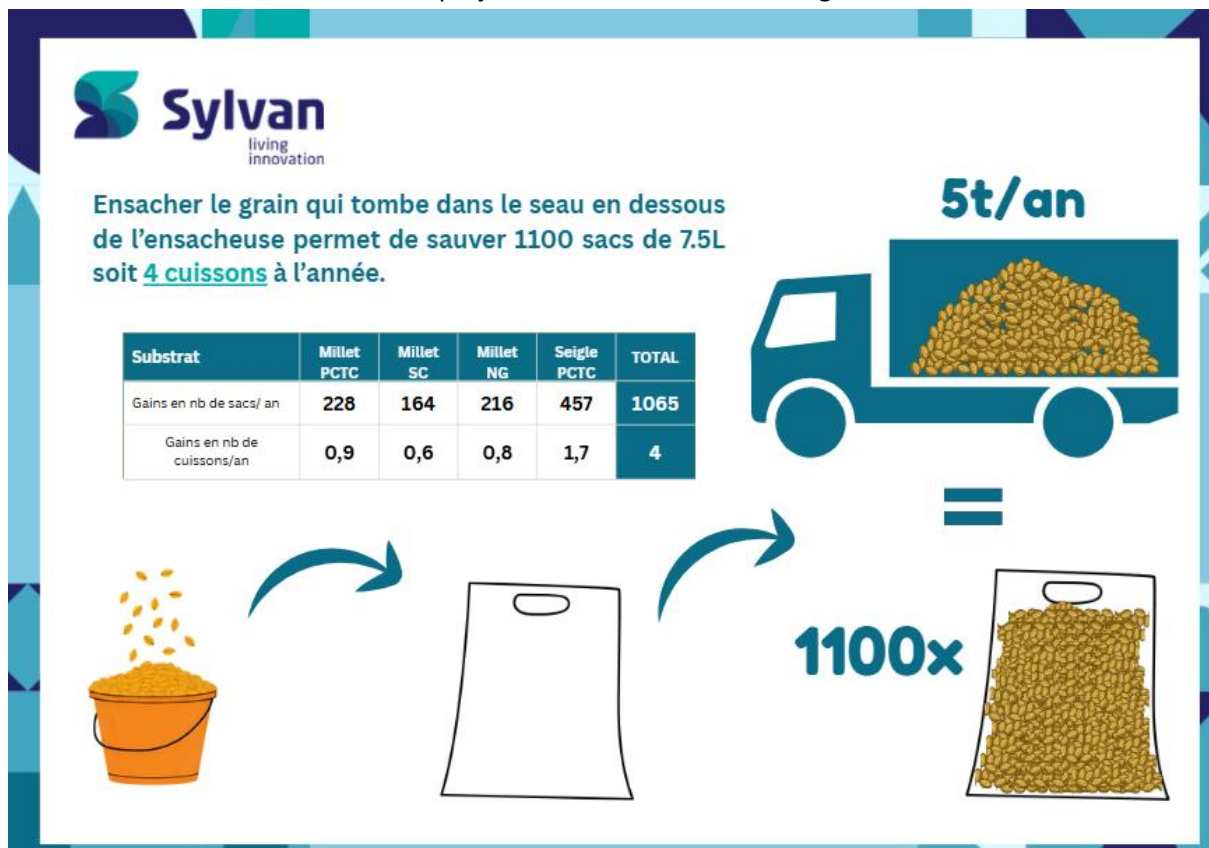
3.3 BEC VERSEUR

Cela consiste à changer le bac existant et le munir d'un bec verseur au fond. Avant le changement de substrat, le bec verseur est ouvert, le bac est ratié et vidé dans le pichet. Le grain est ensuite transvasé dans les sacs Brunopack.

Contrainte : Bac existant trop bas (10cm du sol). Alors, le pichet ne peut pas être mis en dessous du bec verseur, il est donc nécessaire de concevoir un bac en plastique de hauteur maximale 10cm qui pourra être posé en dessous du bec verseur lors de la vidange du bac.

Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 10.

11) Annexe 11 : Affiche des résultats du projet sur les déchets d'ensachage



12) Annexe 12 : Récupération des derniers sacs du lot

Récupération des derniers sacs du lot

1 DIAGNOSTIC

Lors de la constitution des cartons de produits finis, seuls les sacs appartenant à un même lot de production peuvent être regroupés dans un carton. Ainsi, les derniers sacs restants d'un lot qui ne permettent pas de compléter un carton sont écartés et considérés comme **déchets physiques**. Cela concerne généralement :

- 1 sac de 15 L,
- 1 à 3 sacs de 7,5 L,
- 1 à 5 sacs de 5 L.

Ce phénomène concerne tous les types de produits conditionnés en cartons, et représente une **part importante des pertes physiques**.

Indicateur	Valeur	Quantité en L sur 10 semaines	Quantité par an
Part des déchets physiques	16 % des déchets physiques	1415	6792L ; soit 453 sacs.
Part dans les discards globaux	1 % des discards		
Origine par famille de produits	65 % Exotiques / 35 % Agarics		

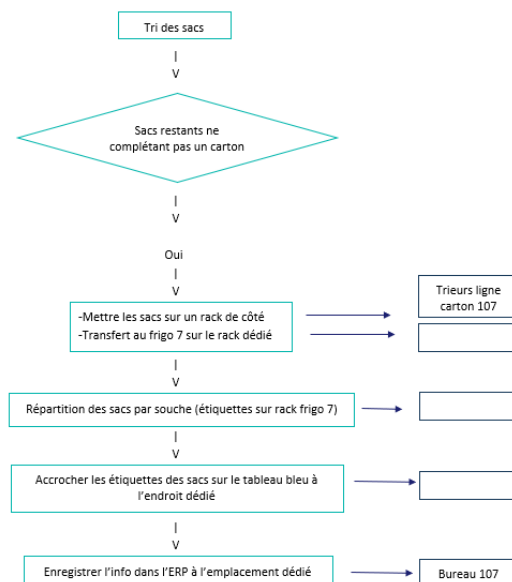
Ces déchets sont répartis sur les souches comme présenté ci-dessous (pourcentages calculés sur 10 semaines).

Substrat	Souche	% de déchet en dernier sac du lot / souche
MILLET	A15	12
SCMILLET	A15	4.4
RYE	A15	19.7
MILLET	SPX281	3.3
MILLET	IVORY	5.5
MILLET	SLX328	1.8
MILLET	BAVARIAN	1.1
SCMILLET	TUSCAN820	2.2
MILLET	3014	5.5
RYE	4102	4.8
MILLET	4325	9
	520	1.1
MILLET	HK35	3.3
MILLET	LB906	2.2
MILLET	SPOPP0	13.2
MILLET	3066	2.2
MILLET	ETNA	2.2
MILLET	H13	3.3

2 OBJECTIF

Le projet consiste à récupérer ces sacs de **SPAWO**, les stocker au frigo pour ensuite préparer les commandes des amateurs à partir de ces sacs ou les commandes de l'unité de culture.

3 PROCEDURE



Document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 12.

13) Annexe 13 : Affiche des résultats du projet sur les derniers sacs du lot



Sylvan living innovation

Stocker les derniers sacs d'un lot ne permettant pas de compléter un carton lors du tri, afin de les vendre aux amateurs ou de répondre aux commandes de l'unité de culture, permet de sauver **155 sacs par an**.

Déchets Physiques → **Vente aux amateurs ou usage interne à l'unité de culture**

155 sacs sauvés par an!

14) Annexe 14 : Protocole : re-stérilisation et réensemencement d'un produit fini

Protocole : re-stérilisation et réensemencement d'un produit fini

1 CONTEXTE

Dans le cadre de la valorisation des déchets de tri et leur réintégration dans le cycle de production, ce protocole permet la mise en place d'un essai de re-stérilisation d'un sac dec15L de produit fini, et de le réensemencer avec la même souche.

2 OBJECTIF

L'objectif principal est d'observer la croissance du mycélium sur un substrat ayant déjà été colonisé et restérilisé à 100% et avec une dilution de 50%.

3 STANDARDS APPLICABLES

- Croissance normale du mycélium.
- Absence de contamination.
- Absence de stroma.

4 PRODUIT(S) TESTE(S)

- A15 Millet.

5 MATERIEL ET METHODES

5.1 PRODUCTION

5.1.1 Procédé de cuisson/recette (103)

5.1.1.1 Ensachage

- Ensacher les 2 sacs de 15 L de A15 dans 4 sacs Bruno Pack. (Karen)
- Identifier ces sacs et marquer « essai 2 » et les poser sur l'avant dernière clayette du premier patin de la cuisson de millet.

5.1.1.2 Stérilisation

- Process std
- Identification du numéro de la sté contenant les sacs de test.
- Après la sté, souder un sac parmi les 4 Brunopack et le sortir sans ensemencement par la goulotte en 105.

5.1.2 Ensemencement (105)

- En fin de lot, faire la vidange de la vis.
- Ensemencer 2 sacs de test.
- Ensemencer le dernier sac de test avec un sac de grain neuf. (50% de grain restérilisé avec 50% de grain neuf)
- Mettre une pastille verte sur les 2 sacs issus et marquer dessus « essai 2 100% » et « essai 2 50% ». (Chefs de ligne 105)

5.1.3 Incubation

- Process std

5.1.4 Stockage

- Process std

5.2 METHODES DE MESURE

5.2.1 Suivi de croissance

Ces 2 sacs seront suivis visuellement pendant les 2 semaines d'incubation.

5.2.2 Ouverture des sacs

Le sac récupéré avant ensemencement sera ouvert et comparé à un sac de grain témoin.

6 PARTICIPANTS ET COMPETENCES NECESSAIRES A LA REALISATION DE L'ESSAI

Personnel Sylvan

Compétences interne incluse dans la formation du personnel impliqué.

7 CRITERE PREDEFINI D'ACCEPTATION ET DE REJET

- Bonne croissance du mycélium
- Absence de contamination visible
- Absence de mélange entre Bavarian et Agarics lors de la pousse.
- Rendement similaire au rendement normal.

8 TRAITEMENT DES DEVIATIONS AU PROTOCOLE

Toutes déviation ou anomalie devront être immédiatement transmise au service qualité et à la direction des opérations pour enregistrement et décision.

9 RAPPORT

Un rapport sera rédigé puis transmis à l'ensemble des départements participant.

10 APPROBATION

Les essais concernant le process de production ou pouvant impacter la qualité du produit doivent être approuvé par le service opération et le service qualité.

Opération	Qualité
Nom :	Nom :
Prénom :	Prénom :

11 REVISION ET MISE A JOUR

Revision	Modification	Rédacteurs
001	Version initiales	

document entier disponible dans pdf 2025stg_DAE4_Youssef_Karen_annexes - Annexe 14.