

**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Blida 1**



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences Alimentaires

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en

Spécialité : Sécurité Agro-alimentaire et Assurance Qualité

Filière : Sciences Alimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème :

**Impact des technologies modernes sur la traçabilité alimentaire :
étude au sein d'entreprise SOPI Mama**

Réalisé par

**ET TSAALBI Mohamed Ayoub
Oussama**

BENHAOUA

Devant les jurys :

Dr.Kouidri A

MCA USDB

Présidente

Dr.Nabi I

MAB USDB

Examineur

Dr.fernane S

MCB USDB

Promotrice

Année universitaire 2024-2025

Remerciements

Nous exprimons notre sincère reconnaissance à Dieu le Tout-Puissant pour nous avoir accordé la santé et la détermination nécessaires pour entreprendre et achever ce mémoire.

Nous remercions les plus chaux vont à notre promotrice **Mme FERNANE** , Maître de conférence classe B à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Saad Dahleb de Blida 1 pour son soutien inestimable, sa patience, ses conseils précieux et sa disponibilité tout au long de notre projet.

Nous tenons à présenter nos sincères remerciements à **Mme KOUIDRI**, Maître de Conférences classe A à l'université de Saad Dahleb Blida 1 d'avoir aimablement accepter de Présider ce jury.

Nous exprimons également notre gratitude envers **Mme NABI**, Maître De conférences classe B à la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Saad Dahleb de Blida 1 pour avoir accepté de participer à ce jury et contribuer à L'évaluation de notre travail.

Nous tenons également à remercier toute l'équipe de la société Sopi, en particulier **Mme N. ROUFAIDA**, **Mme NACIRA**, **Mme B. NOUHA** et **Mme B. FATIMA** pour nous avoir aidés au sein de l'entreprise à mener à bien notre projet.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui ont apporté leur aide de près ou de loin. Votre contribution a été essentielle dans la réalisation de ce travail.

Dédicace

Al hamdu lillah avant tout, pour m'avoir donné la force, la patience et l'endurance d'aller au bout de ce parcours, malgré les épreuves et les doutes.

je dédie ce travail à **ma grand-mère**, cette femme au cœur immense qui a tout sacrifié pour que je sois là aujourd'hui. Si je suis arrivé à ce stade de ma vie, c'est en grande partie grâce à elle. Elle a été une source constante de courage, de stabilité et d'amour. Je lui dois ma présence ici, et je n'oublierai jamais tout ce qu'elle a fait pour moi. Ce mémoire, je le lui dédie avec tout mon cœur.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Mme Nouha**, pour son accompagnement précieux, sa patience, et ses conseils tout au long de ce travail.

Mes remerciements vont également à **mon ami Adel**, dont l'aide a été plus qu'essentielle. Il m'a généreusement laissé son PC durant tout mon stage, un geste qui a eu un impact concret et déterminant sur l'avancement de ce mémoire.

À **Imène**, dont la présence à une période clé de ma vie a été l'une des raisons pour lesquelles j'ai pu continuer et tenir bon. Sa place dans ce parcours a été significative, et je lui souhaite tout le bonheur et la protection de Dieu.

Enfin, je rends hommage à **Rami et Raouf**, mes deux compagnons de route depuis le tout début de cette aventure universitaire. Leur amitié, leur soutien et leur fidélité m'ont accompagné tout au long de cette carrière. Ce sont des liens que le temps ne pourra effacer.

Ayoub

Dédicace

*Tout d'abord je remercie **DIEU** de m'avoir donné la santé et la force pour réaliser ce travail. Il était avec moi à chaque moment difficile tout au long de ce travail avec sa miséricorde. Je ne pourrais rien faire sans lui Subhanaho wataala.*

*Je dédie ce travail à mes **chers parents**, qui m'ont soutenue et encouragée tout au long de ma vie. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir aidée à réaliser mes rêves, vous êtes les piliers de ma vie. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez. Puisse dieux, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et tout le bonheur du monde.*

*A mes frères **Imad, hichem , abdou** et ma petite sœur **abir***

*A Mes cousins **imene , houda , amine ,djoumana , asil et jinnane, malek et wissale , yacine et abdrahmane** .*

*A mes amis **abdou , lokman** , Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

Oussama

Résumé

Avec l'évolution rapide de la technologie au cours des dernières années, il est devenu essentiel pour les entreprises du secteur agroalimentaire de s'adapter aux nouvelles avancées, afin de garantir un produit sain, de haute qualité, tout en améliorant la productivité.

L'objectif de notre étude est de montrer l'importance des technologies et des équipements modernes dans la traçabilité du produit, depuis la matière première (le blé dur) jusqu'au produit fini (le couscous), au sein de l'entreprise SARL SOPI. Elle vise également à évaluer l'efficacité des équipements modernes existants dans l'amélioration de la qualité et du rendement, et à proposer des recommandations pour accompagner cette dynamique d'évolution.

Notre démarche a consisté, dans un premier temps, à réaliser une étude préliminaire afin d'identifier toutes les étapes du processus de fabrication du couscous. Ensuite, nous avons recensé les équipements qui contribuent à la traçabilité et à l'optimisation de la production, en les comparant aux méthodes de référence (traditionnelles). Une expérience de traçabilité ascendante a ensuite été réalisée sur un paquet de couscous destiné au marché. Cette expérience nous a permis de remonter jusqu'à la matière première et de collecter l'ensemble des informations et des analyses y afférentes, grâce à des dispositifs tels que Géstar, Infratec et l'analyseur de ligne.

Les résultats obtenus à travers cette expérience ont mis en évidence le rôle essentiel de ces équipements dans la facilitation de la traçabilité, tout en garantissant des données fiables, précises et conformes aux normes algériennes et mondial.

Mots clés :

Traçabilité, blé dur, couscous, technologie

Abstract

With the rapid advancement of technology in recent years, it has become essential for companies in the agri-food sector to adapt to new innovations in order to ensure a healthy, high-quality product while also improving productivity.

The objective of our study is to highlight the importance of modern technologies and equipment in the traceability of cereal-based products, from raw material (durum wheat) to the final product (couscous), within the company SARL SOPI. It also aims to assess the efficiency of existing modern equipment in enhancing both quality and yield, and to propose recommendations to support this process of evolution.

Our approach began with a preliminary study to identify all stages of the couscous production process. We then listed the equipment that contributes to traceability and production optimization, comparing it with traditional reference methods. An upward traceability assessment was conducted on a couscous package intended for the market. This allowed us to retrace the product's history back to the raw material by collecting all the information and analyses carried out, using devices such as the Géstár, Infratec, and Line Analyzer.

The results obtained highlighted the essential role of these devices in facilitating traceability while ensuring reliable, precise data that complies with Algerian and international standards.

Keywords:

Traceability, durum wheat, couscous, technology

الملخص

مع التطور السريع للتكنولوجيا خلال السنوات الأخيرة، أصبح من الضروري على الشركات في قطاع الصناعات الغذائية التكيف مع المستجدات التكنولوجية، من أجل ضمان منتج صحي وعالي الجودة، مع تحسين الإنتاجية في الوقت نفسه.

تهدف دراستنا إلى إبراز أهمية التكنولوجيا والمعدات الحديثة في تتبع منتجات الحبوب، من المادة الأولية (القمح الصلب) . كما تهدف إلى تقييم فعالية المعدات الحديثة SOPI إلى المنتج النهائي (الكسكس)، داخل شركة ذات المسؤولية المحدودة الموجودة في تحسين الجودة والمردودية، واقتراح توصيات لمواكبة هذا التطور.

اعتمدنا في منهجيتنا، في البداية، على إجراء دراسة أولية لتحديد جميع مراحل عملية تصنيع الكسكس. ثم قمنا بإحصاء المعدات التي تساهم في التتبع وتحسين الإنتاج، من خلال مقارنتها بالطرق التقليدية. بعد ذلك، تم إجراء تقييم للتتبع التصاعدي على عتبة كسكس موجهة للسوق، مما مكننا من تتبع تاريخ هذا المنتج والعودة إلى المادة الأولية بجمع كافة المعلومات والتحليل المنجزة، وذلك بفضل أجهزة مثل والمحلل الخطي، Infratec، وGéstar

وقد أبرزت النتائج المتوصل إليها الدور الأساسي لهذه المعدات في تسهيل عملية التتبع، مع ضمان بيانات موثوقة ودقيقة ومطابقة للمعايير الجزائرية والعالمية.

الكلمات المفتاحية:

التتبع، القمح الصلب، الكسكس، التكنولوجيا

Table des matières

Introduction	1
1 Chapitre 1 : Normes et sécurité des denrées alimentaires	4
1.1 Sécurité des denrées alimentaires	4
1.2 L'ISO (Organisation internationale de normalisation)	4
1.3 ISO 22000 : Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires	5
1.4 ISO 22005 : Traçabilité dans la chaîne alimentaire	5
2 Chapitre 2 : La traçabilité et la technologie	7
2.1 Historique de la traçabilité	7
2.2 Définition de la traçabilité	7
2.3 Types de la traçabilité	7
2.4 Classification de la traçabilité	8
2.5 Définition de la technologie	9
2.6 La relation entre les technologies et la traçabilité	9
2.7 Outil technique courant de traçabilité	10
3 Chapitre 3 : La technologie du couscous et la traçabilité	15
3.1 Définition	15
3.2 La semoule	16
3.3 Production du couscous et application des technologies de la traçabilité	19
Matériel et méthodes	22
1 Présentation du lieu de stage	22
2 Objectif de l'étude	22
3 Protocole expérimental	23
4 Description du logigramme	25
4.1 Traçabilité en amont	25
4.2 Traçabilité interne	25
4.3 Traçabilité en aval	26
5 Fabrication de la semoule	28
6 Production	32
6.1 Semoule couscous	32
6.2 Processus de fabrication du couscous	35
7 Contrôle de la qualité	36
7.1 Analyses physico-chimiques	36

7.2	Analyses Microbiologiques	39
8	Contribution des PRP, PRPo et CCP à la traçabilité alimentaire.....	39
9	Surveillance des mesures de maîtrise	46
10	Points Critiques de Contrôle (Ccp).....	47
11	Réalisation d'un test de traçabilité à SOPI.....	48
11.1	Présentation du produit testé	48
	Résultats et discussion	52
A.	Résultats des vérifications des documents demandés dans le test de traçabilité.	52
1	Expédition	52
2	Conditionnement.....	55
3	Préparation du produit	56
3.1	Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques	56
3.2	Résultats des analyses microbiologiques du couscous	60
4	Résultats des analyses de l'eau de process.....	60
4.1	Résultats microbiologiques	60
4.2	Résultats physicochimiques et variés	60
5	Réception de la matière première	63
B.	Résultats de l'évaluation du test de traçabilité	65
C.	Résultats des Programmes Prérequis (PRP)	66
D.	Résultats de l'évaluation des PRPo (Programmes Prérequis opérationnel)	69
E.	Identification des technologies utilisées et leur intérêt.....	73
	Conclusion	77
	Références bibliographiques	
	Annexes	

Liste des abréviations

CCP : Points Critiques pour la Maîtrise

CDT : Conditionnement

EPI : Équipements de Protection Individuelle

ERP : Enterprise Resource Planning

FIFO : Premier Entré, Premier Sorti

GC : Conditionneuse

Géstar : Système Automatisé de Réception et d'Analyse

HACCP: Hazard Analysis and Critical Control Points

HSE : Hygiène, Sécurité, Environnement

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

Infratec : Analyseur à Infrarouge Proche

IoT : Internet of Things

JOA : Journal Officiel Algérien

MOD-CQ : Méthode Opératoire de Démarche - Contrôle Qualité

MP : Matière Première

N&D : Nettoyage et Désinfection

NA : Norme Algérienne

NIR : Spectroscopie Proche Infrarouge

OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

PL : Ligne de Production

PRP : Programmes Prérequis

PRPo : PRP opérationnels

RFID : Radio Frequency Identification

SGBD : Système de Gestion de Base de Données

SARL : Société à Responsabilité Limitée

SOPI : Société des Pâtes Industrielles

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrotimétrique (Dureté de l'eau)

W : Indice de Force du Gluten

Liste des figures

Figure 01 : Différents types du code à barres	11
Figure 02 : Fonctionnement d'un système RFID.....	14
Figure 03 : Plat de couscous.....	16
Figure 04 : Etapes de La fabrication industrielle du couscous.....	19
Figure 05 : Schéma explicatif du logigramme du plan de traçabilité.....	27
Figure 06 : Diagramme fabrication de la semoule à SOPI.....	28
Figure 07 : Pont bascule.....	29
Figure 08 : Echantillonneur automatique (Cobra II)	30
Figure 09 : Analyseur de ligne.....	33
Figure 10 : Interface d'analyseur de ligne.....	34
Figure 11 : Diagramme fabrication du couscous.....	35
Figure 12 : Coupelle.....	37
Figure 13 : Infratec.....	37
Figure 14 : Produit testé (couscous moyen 1KG).....	48
Figure 15 : Taux de conformité des PRP	67
Figure 16 : La localisation de SARL SOPI MAMA (GPS, 2025)	Annexe 1
Figure 17 : Système Géstar.....	Annexe 2
Figure 18 : Interface des résultats d'analyseur de ligne.....	Annexe 3
Figure 19 : Recherche et dénombrement d'Escherichia coli (SOPI).....	Annexe 4
Figure 20 : Recherche et dénombrement des Entérocoques dans l'eau (SOPI).....	
Figure 21 : Recherche et dénombrement des Anaérobies Sulfite-Réducteurs (SOPI).....	
Figure 22 : Recherche et dénombrement des moisissures (SOPI).....	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Matériel utilisé	24
Tableau 2 : Tamis utilisé pour tamisage.....	38
Tableau 3 : Paramètres à contrôler pour les analyses microbiologiques.....	39
Tableau 4 : Récapitulatif des opérations.....	40
Tableau 5 : Récapitulatif des règles d'hygiène.....	41
Tableau 6 : Récapitulatif des exigences relatives aux locaux.....	42
Tableau 7 : Récapitulatif du contrôle de l'eau.....	43
Tableau 8 : Récapitulatif du programme de lutte contre les nuisibles.....	44
Tableau 9 : Récapitulatif des exigences de stockage et de transport.....	45
Tableau 10: Programme des Pré requis Opérationnel (PRPo).....	46
Tableau 11 : Points Critiques de Contrôle (Ccp).....	47
Tableau 12 : Fiche technique du paquet de couscous testé.....	49
Tableau 13 : Fiche interne de test traçabilité.....	50
Tableau 14 : PV de chargement.....	52
Tableau 15 : Fiche de libération du produit.....	53
Tableau 16 : Fiche du transfert du produit fini.....	53
Tableau 17: Check-list de vérification des conditions de stockage.....	54
Tableau 18 : Suivi des détecteurs des métaux.....	55
Tableau 19 : Surveillance des détecteurs des métaux.....	55
Tableau 20 : Paramètre physico-chimiques du produit conditionné.....	56
Tableau 21 : Résultats de l'analyse à l'Infratec pour le produit semi-fini.....	56
Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la semoule couscous (Analyseur).....	57
Tableau 23 : Résultats de l'analyse physico-chimique du semi fini blé.....	57
Tableau 24 : Indice de gonflement du couscous.....	58
Tableau 25 : Indice de couleur du couscous.....	58
Tableau 26 : Résultats de la colorimétrie de la semoule semi finie.....	58
Tableau 27 : Granulométrie de la semoule couscous finie.....	59
Tableau 28: Granulométrie de la semoule couscous (process).....	59
Tableau 29 :Granulométrie de la semoule semi finie.....	59
Tableau 30 : Résultats des analyses microbiologiques du couscous.....	60
Tableau 31: Résultats du contrôle microbiologique et physico-visuel de l'eau	60
Tableau 32 : Résultats de l'analyse de l'eau provenant de différentes sources.....	61
Tableau 33 : Résultats du suivi de l'entretien de l'eau.....	62
Tableau 34 : Fiche contrôle de l'emballage.....	63
Tableau 35 : Résultats de l'analyse physico-chimique avec Géstár.....	64
Tableau 36 : Informations du lot réceptionné et marqué sur Altsoft.....	64
Tableau 37 : Résultats de l'évaluation de test traçabilité.....	65
Tableau 38 : Le taux de conformité des PRP.....	67
Tableau 39 : Différents PRPo suivis	69
Tableau 40 : Comparaison des résultats des technologies utilisées	72
avec ceux du laboratoire	

Introduction

La sécurité des denrées alimentaires constitue aujourd'hui un enjeu stratégique majeur, tant pour la santé publique que pour la compétitivité des entreprises agroalimentaires. Dans un contexte mondial marqué par la globalisation des échanges, la multiplication des crises sanitaires et l'exigence croissante des consommateurs en matière de transparence, la mise en place d'un système de traçabilité efficace est devenue une priorité incontournable.

La traçabilité, définie comme la capacité à retracer l'historique, l'utilisation ou la localisation d'un produit tout au long de la chaîne de production, transformation et distribution, s'impose comme un outil de gestion fondamental (**ISO, 2007**). Elle permet de garantir la qualité, la sécurité et la conformité réglementaire des produits alimentaires, tout en facilitant les retraits rapides en cas de non-conformité. À cet effet, des référentiels internationaux tels que les normes **ISO 22000** et **ISO 22005** ont été élaborés pour encadrer et structurer les systèmes de traçabilité au sein des entreprises.

Dans cette dynamique, l'intégration des nouvelles technologies dans les dispositifs de traçabilité apporte des améliorations considérables en matière de précision, de réactivité et de sécurisation des données. Des outils comme l'analyseur de ligne, les logiciels du suivi intranet, les systèmes de codification (code à barres, QR code) et les plateformes de gestion comme **Altsoft** et **SERA** participent à renforcer le contrôle à chaque étape de la chaîne de production (**Wang et al., 2009**).

Le présent mémoire s'inscrit dans cette problématique en analysant l'efficacité du système de traçabilité mis en œuvre au sein de la **SARL SOPI**, spécialisée dans la production de semoule et de couscous, en visant à :

- Comprendre les étapes clés du processus de production, de l'achat de la matière première jusqu'à l'expédition du produit fini.
- Évaluer la performance des programmes PRP, PRPo et CCP liés à la traçabilité.
- Étudier l'apport des technologies utilisées (Géstar, Infratec, analyseur de ligne) dans le renforcement de la fiabilité du système documentaire.
- Réaliser un test de traçabilité descendante, basé sur un lot de couscous identifié, afin de remonter les étapes et vérifier la cohérence et la disponibilité des enregistrements.

Ceci dit, ce travail se structure en deux grandes parties. La première, d'ordre bibliographique, présentant les concepts fondamentaux liés à la sécurité alimentaire, aux normes, à la traçabilité et aux technologies associées. La seconde partie, expérimentale, décrivant l'approche méthodologique adoptée, les outils utilisés, les résultats obtenus et leur interprétation, afin de dresser un état des lieux du système de traçabilité mis en œuvre et de ses perspectives d'amélioration.

I. Partie bibliographique

1 Chapitre 1 : Normes et sécurité des denrées alimentaires

1.1 Sécurité des denrées alimentaires :

La sécurité des denrées alimentaires est une préoccupation majeure à l'échelle mondiale, visant à garantir que les aliments destinés à la consommation humaine ne présentent aucun danger pour la santé. Elle repose sur l'application de mesures strictes à toutes les étapes de la chaîne alimentaire, de la production à la distribution, en passant par la transformation et le stockage.

Les risques alimentaires peuvent être d'origine biologique (bactéries, virus, parasites), chimique (pesticides, additifs, contaminants industriels) ou physique (corps étrangers). Pour minimiser ces dangers, des réglementations et des systèmes de gestion rigoureux ont été mis en place afin d'assurer la traçabilité et la qualité des produits alimentaires. Dans ce contexte, l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a développé la norme ISO 22000, un référentiel international qui définit les exigences d'un système de management de la sécurité des denrées alimentaires. Cette norme combine les principes du HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) avec une approche de management de la qualité, permettant aux entreprises agroalimentaires de garantir la sûreté de leurs produits et de se conformer aux exigences réglementaires et commerciales. Ainsi, la mise en œuvre de l'ISO 22000 dans l'industrie agroalimentaire permet non seulement de renforcer la confiance des consommateurs, mais aussi de faciliter les échanges internationaux en harmonisant les exigences de sécurité alimentaire à l'échelle mondiale.

1.2 L'ISO (Organisation internationale de normalisation) :

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) est une organisation non gouvernementale indépendante qui élabore et publie des normes internationales. Fondée en 1947, l'ISO rassemble des experts du monde entier pour partager des connaissances et développer des normes volontaires, consensuelles et pertinentes pour le marché, couvrant presque tous les secteurs, de la technologie à la sécurité alimentaire, en passant par l'agriculture et la santé (**ISO.ORG**)

Le terme "ISO" n'est pas un acronyme, mais dérive du grec "isos", signifiant "égal". Quelle que soit la langue ou le pays, l'organisation est toujours désignée par le terme "ISO" (**ISO.ORG**).

Les normes ISO visent à garantir la qualité, la sécurité et l'efficacité des produits, services et systèmes, facilitant ainsi le commerce international et favorisant l'innovation. Elles sont élaborées par des comités techniques composés d'experts dans les domaines concernés, assurant ainsi que les normes répondent aux besoins du marché mondial.

En adoptant les normes ISO, les organisations peuvent améliorer leurs performances, accéder à de nouveaux marchés et renforcer la confiance des consommateurs dans leurs produits et services.

1.3 ISO 22000 : Systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires

Publiée initialement en 2005, l'ISO 22000 spécifie les exigences relatives à un système de management de la sécurité des denrées alimentaires. Elle s'adresse à toutes les organisations impliquées, directement ou indirectement, dans la chaîne alimentaire, y compris les producteurs d'emballages, les fournisseurs de services de nettoyage, et les fabricants d'aliments. Cette norme vise à démontrer la capacité d'une organisation à maîtriser les dangers liés à la sécurité des aliments, garantissant ainsi que les produits alimentaires sont sûrs pour le consommateur. Elle intègre les principes de l'HACCP et suit la structure du cycle PDCA (Plan-Do-Check-Act) pour une amélioration continue du système de management (*ISO.ORG*).

1.4 ISO 22005 : Traçabilité dans la chaîne alimentaire

La norme ISO 22005 : 2007, intitulée "Traçabilité dans la chaîne alimentaire et des aliments pour animaux - Principes généraux et exigences fondamentales pour la conception et la mise en œuvre du système", constitue un cadre normatif international visant à établir des principes directeurs pour la mise en place de systèmes de traçabilité dans les secteurs de l'alimentation humaine et animale (*ISO.ORG*).

Cette norme s'inscrit dans une démarche systémique et structurée, permettant d'assurer la transparence, la sécurité et la conformité des produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Elle définit la traçabilité comme la capacité à retracer l'historique, l'utilisation ou la localisation d'un produit ou d'une denrée alimentaire à travers des étapes spécifiées de sa production, transformation et distribution.

L'ISO 22005 repose sur trois piliers fondamentaux :

-L'identification des produits : Chaque produit ou lot doit être clairement identifié à chaque étape de la chaîne.

- La collecte et la gestion des données : Les informations relatives aux produits, telles que les dates de production, les ingrédients utilisés, les conditions de stockage et les étapes de transformation, doivent être enregistrées et conservées de manière précise et accessible.

- La communication des informations : Les acteurs de la chaîne doivent être en mesure de partager les données pertinentes en cas de besoin, notamment en situation de crise ou de rappel de produits.

Cette norme s'applique à tous les maillons de la chaîne alimentaire, depuis les producteurs agricoles jusqu'aux distributeurs finaux, en passant par les transformateurs et les transporteurs. Elle vise à renforcer la confiance des consommateurs, à faciliter la gestion des risques sanitaires et à répondre aux exigences réglementaires croissantes en matière de sécurité alimentaire.

En outre, elle permet aux entreprises d'améliorer leur efficacité opérationnelle en optimisant la gestion des flux de produits et en réduisant les pertes liées à des erreurs de traçabilité.

L'ISO 22005 s'inscrit dans une logique de continuité avec d'autres normes internationales, telles que l'ISO 9001 (systèmes de gestion de la qualité) et l'ISO 22000 (systèmes de management de la sécurité des denrées alimentaires), tout en se focalisant spécifiquement sur les enjeux de traçabilité. Elle offre ainsi un cadre méthodologique robuste pour répondre aux défis complexes des chaînes d'approvisionnement modernes, caractérisées par leur globalisation et leur interdépendance croissante.

2 Chapitre 2 : La traçabilité et la technologie

2.1 Historique de la traçabilité :

L'histoire de la traçabilité débute dans les années 1960 avec la métrologie, où elle visait à garantir la fiabilité des mesures par une chaîne continue de calibrations et de références standards. Dans les années 1990, elle évolue pour inclure la gestion de l'incertitude et s'adapter aux besoins industriels, notamment en chimie et en électricité.

Dès les années 1980, elle s'intègre aux normes d'assurance qualité (NF X 50-120, ISO 8402), élargissant son champ d'application à la gestion de l'historique et de la localisation des produits. Progressivement, la traçabilité est normalisée et devient un outil central dans les systèmes de gestion de la qualité, notamment avec les normes ISO 9000, jouant un rôle clé dans le suivi et la sécurité des produits.

2.2 Définition de la traçabilité :

La traçabilité est la capacité de retracer l'historique, l'utilisation ou la localisation d'un produit ou d'un objet à travers les différentes étapes de sa conception, de sa fabrication et de sa distribution. Elle permet d'identifier l'origine des matières premières, les processus de transformation, ainsi que les circuits de distribution jusqu'au consommateur final. Capacité de trouver, pour un objet donné, la trace de chacune des étapes de sa conception, de sa fabrication et de sa distribution ainsi que la provenance de ses composants.

Selon Larousse, la traçabilité est :

« La possibilité de suivre un produit aux différents stades de sa production, de sa transformation et de sa commercialisation, notamment dans les filières alimentaires » (Larousse).

Dans le secteur alimentaire, la traçabilité est essentielle pour garantir la sécurité sanitaire des produits. Elle offre la possibilité de suivre une denrée tout au long de la chaîne alimentaire, depuis la production jusqu'à la commercialisation, en passant par la transformation. Cela permet de connaître la composition et l'historique de chaque produit, assurant ainsi une réponse rapide et efficace en cas de problème sanitaire.

2.3 Types de la traçabilité :

La traçabilité se décline en deux dimensions principales : la traçabilité ascendante et la traçabilité descendante.

- **Traçabilité descendante** : Se réfère à la capacité, en tout point de la chaîne d'approvisionnement, de déterminer la destination ou la localisation d'un produit à partir de critères donnés. Cette traçabilité est essentielle pour organiser efficacement le retrait ou le rappel de produits en cas de nécessité.

- **Traçabilité ascendante** Cette dimension vise à conserver une trace des événements significatifs à chaque étape du cycle de vie du produit. Elle englobe notamment :

Les éléments distinctifs : Cela inclut les signes ou marques de qualité liée à l'aliment et à son environnement de production, tels que les certifications biologiques ou les appellations d'origine contrôlée.

- ❖ **Les contrôles et autocontrôles** : Il s'agit de l'ensemble des vérifications effectuées pour assurer la conformité et la qualité du produit, comme les barèmes de stérilisation ou les tests microbiologiques.

2.4 Classification de la traçabilité :

Vue sous différents angles, la traçabilité logistique peut être de plusieurs types (**Mecalux, 2024**) :

2.4.1 Selon les différents objectifs :

- **Tracing** : Ce type de traçabilité, appelé aussi traçabilité produit, permet d'identifier l'origine d'une unité de charge ou d'un lot spécifique. Il s'agit d'une traçabilité qualitative, qui répond aux questions suivantes : quoi, avec quoi, comment, par qui et pourquoi. Il permet de garantir la transparence des étapes de fabrication et d'assurer le respect des normes de qualité et de sécurité alimentaire.

- **Tracking** : Ce type de traçabilité est lié à la logistique du produit. Il permet de localiser un produit en temps réel, dans l'espace et dans le temps. En d'autres termes, il assure le suivi du parcours d'un lot de marchandises depuis son point de départ jusqu'à sa destination finale. Le tracking répond aux questions où et quand, ce qui facilite la gestion des stocks et l'optimisation des flux logistiques.

2.4.2 Selon le champ d'application :

- **Traçabilité interne :**

Elle couvre l'ensemble du cycle de production au sein de l'entreprise, depuis la réception des matières premières jusqu'à l'expédition des produits finis. Ce type de traçabilité permet de Contrôler chaque étape de transformation et de s'assurer que les exigences de la qualité et de la conformité sont respectées.

- **Traçabilité externe :**

Elle s'étend au-delà des processus internes de l'entreprise et englobe l'ensemble des acteurs de la chaîne d'approvisionnement (fournisseurs, transporteurs, distributeurs, détaillants). Elle repose sur un système d'identification et d'enregistrement qui permet d'assurer la continuité du suivi des produits jusqu'au consommateur final.

2.5 Définition de la technologie :

Le terme de technologie est très employé, mais paradoxalement sa signification est très variée. Les définitions de la technologie sont nombreuses (**Dussauge & Ramanantsoa, 1985**), elle est définie comme "l'étude des outils, des procédés et des méthodes employées dans les diverses branches de l'industrie"

Selon Le Duff et Maisseu (1991), la technologie est définie comme « L'ensemble cohérent organisé des techniques, outils, matériaux, méthodes et savoir-faire, toutes applications du contenu des sciences employées à des fins le plus souvent économiques, dans le but de produire des biens ou des services marchands. »

2.6 La relation entre les technologies et la traçabilité :

Les technologies jouent un rôle central dans l'amélioration de la traçabilité en permettant un suivi précis et sécurisé des produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement. L'utilisation de dispositifs tels que les codes-barres, l'identification par radiofréquence (RFID) et la blockchain garantit l'authenticité et l'intégrité des informations échangées (**Ruiz-Garcia et al., 2009**). La blockchain, grâce à son registre décentralisé, offre une transparence accrue et réduit les risques de falsification des données (**Tian, 2017**). Par ailleurs, l'intelligence artificielle et l'Internet des objets (IoT) facilitent l'automatisation des processus de traçabilité en permettant l'analyse des données en temps réel pour détecter les anomalies et optimiser la gestion des flux logistiques (**Verdouw et al., 2016**). Ces avancées

technologiques renforcent ainsi la confiance des consommateurs et améliorent la sécurité des produits, notamment dans les secteurs de l'agroalimentaire, de la santé et de l'industrie **(Dabbene et al., 2014)**.

2.7 Outil technique courant de traçabilité :

La traçabilité repose sur divers outils techniques permettant d'assurer le suivi et l'authenticité des produits tout au long de leur cycle de vie. Parmi ces outils, les codes-barres et les bases de données facilitent l'identification rapide des articles et l'enregistrement des informations essentielles, améliorant ainsi la gestion des stocks et la distribution **(Ruiz-Garcia et al., 2009)**. Les appareils de lecture, tels que les scanners et les capteurs, permettent une collecte efficace des données en temps réel, réduisant ainsi les erreurs humaines **(Dabbene et al., 2014)**.

La technologie RFID (Identification par Radiofréquence), offre un suivi automatisé sans contact, optimisant la traçabilité logistique et la gestion des flux de marchandises **(Kumar et al., 2009)**. Enfin, la blockchain révolutionne la traçabilité en garantissant un enregistrement décentralisé, sécurisé et infalsifiable des transactions, renforçant ainsi la transparence et la confiance des consommateurs **(Tian, 2017)**.

2.7.1 Code barre :

Le code à barres est une représentation graphique d'un code numérique ou alphanumérique, conçu pour être lu automatiquement par un scanner adapté. Introduite en 1973, cette technologie est aujourd'hui l'un des systèmes d'identification et de suivi de produits les plus largement utilisés dans le monde **(GS1, 2021)**.

Face à la mondialisation, les entreprises ont adopté les codes à barres pour optimiser la gestion des stocks et assurer un suivi efficace des marchandises tout au long de la chaîne logistique **(Kelepouris et al., 2007)**. Ces codes sont généralement imprimés sur des étiquettes ou directement sur les produits à l'aide d'imprimantes laser ou de systèmes de transfert thermique, facilitant ainsi leur lecture et leur identification **(Laubacher et al., 2000)**. Développé après la seconde guerre mondiale, ce système est aujourd'hui essentiel dans divers secteurs, notamment le commerce, le transport et la traçabilité des produits alimentaires et pharmaceutiques **(Reinheimer et al., 2019)**.

Il existe plusieurs niveaux de codage en fonction des unités de conditionnement, à savoir :

Le niveau 1, correspondant à l'unité consommateur – soit le produit tel qu'il est vendu –, est traditionnellement codé selon le standard GS1 EAN-13, un système reposant sur une

combinaison de barres foncées et d'espaces clairs pour une lecture rapide et fiable (**GS1, 2021**).

Le standard GS1 repose sur un catalogue d'identifiants de données, appelé « Application Identifiers (AI), qui définissent le format et la nature des informations encodées. Chaque

donnée est encadrée par des caractères spécifiques, notamment des marqueurs de début, des fonctions garantissant une lecture optique efficace, un identifiant de donnée, ainsi qu'une clé du symbole et un caractère de fin, assurant ainsi une transmission fiable des informations (**GS1 France, 2005**).

Un système de séparateurs de champ permet aux lecteurs de naviguer d'une donnée à une autre sans ambiguïté, facilitant ainsi l'interprétation des codes-barres complexes. Différents niveaux de codage existent selon l'unité de conditionnement concernée : le niveau 3 correspond à l'unité de stockage, incluant les palettes et demi-palettes, tandis que le niveau 4 représente l'unité d'expédition, qu'il s'agisse de palettes homogènes ou hétérogènes, et utilise le SSCC (Serial Shipping Container Code) pour assurer une traçabilité précise des envois logistiques (**GS1 France, 2005**).

Tous les codes-barres GS1 sont des « conteneurs » qui peuvent contenir des informations sur des quantités différentes, telles que des numéros de série, des numéros de lot, des GTIN (**Global Trade Item Number - Numéro Global d'Article Commercial**), et des dates d'expiration. La figure 01 montre qu'il existe quatre types, ou « familles », de codes-barres : EAN/UPC, bidimensionnel (2D), DataBar et unidimensionnel (1D). Les autres systèmes de codes à barres développés par GS1 sont représentés selon (**GS1 France, 2005**) par :

- ❖ Le code à barres ITF-14, qui est utilisé pour l'impression directe sur les cartons, et qui est entouré d'un cadre imprimé pour faciliter la lecture, Les codes à barres GS1 Data Bar (RSS) utilisés dans les points de vente à partir de 2010, notamment pour les produits de grande consommation, lorsque cela sera nécessaire.

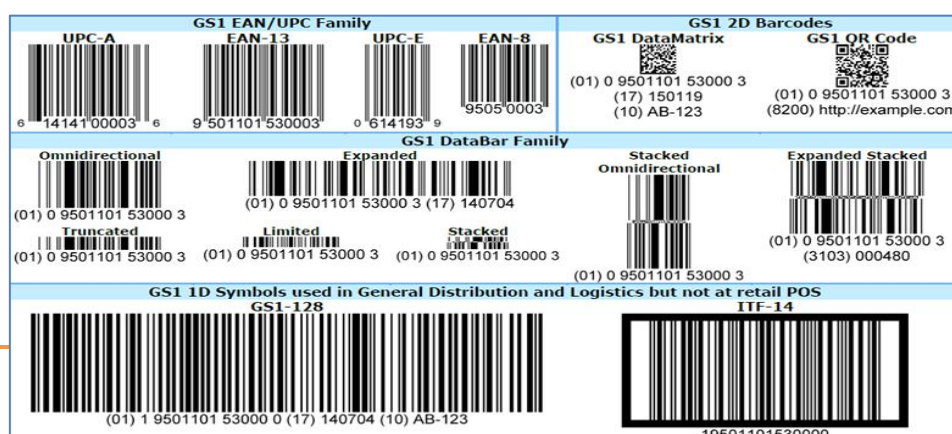


Figure 01 : Différents types du code à barres (GS1 France, 2005).

2.7.2 Base de données :

Une base de données est un outil essentiel pour la gestion de l'information, notamment dans le domaine de la traçabilité des produits. Elle permet d'organiser et de structurer des données en fonction d'un objectif spécifique, garantissant un accès rapide et sécurisé aux informations pertinentes (**Schiffers, 2011**). Un système de gestion de base de données (SGBD) assure le stockage, la sauvegarde et la protection des fichiers, aussi bien sur un plan physique que logique. Ce système optimise l'accès aux données mémorisées, qui peuvent être consultées depuis des postes de travail distants, améliorant ainsi l'efficacité et la fiabilité des processus de traçabilité.

Dans un contexte de traçabilité, les bases de données permettent d'effectuer des requêtes pour retrouver des informations précises. Comme exemple, lorsqu'un produit est identifié par un code unique, les détails correspondants peuvent être extraits directement de la base associée. D'après **Schiffers (2011)**, pour garantir une traçabilité efficace, une base de données doit intégrer plusieurs fonctionnalités essentielles :

- **Des interfaces de recherche** facilitant l'accès aux informations spécifiques sur un produit ou un lot donné.
- **Des interfaces d'alerte** permettant d'identifier rapidement les anomalies ou les risques potentiels dans la chaîne d'approvisionnement.

2.7.3 Logiciels de traçabilité :

Un système de traçabilité informatique est avant tout un outil d'enregistrement et de gestion des données. Dans l'industrie agroalimentaire, ces systèmes permettent de suivre la qualité et la sécurité des produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement, de fabrication et de distribution. Divers logiciels, tels que Ross Systems, quaTIS de TUV (Amérique) et Invensys Wonderware, sont couramment utilisés pour garantir une traçabilité optimale (**Van der Vorst et al., 2005**).

Les principaux éléments d'un système d'information de traçabilité sont :

- **ERP (Enterprise Resource Planning)** : progiciel permettant le suivi des matières premières depuis la réception jusqu'à l'expédition, tout en centralisant les informations sur les fournisseurs et clients, facilitant ainsi les plans de rappel des

produits (**Trienekens & Van der Vorst, 2006**).

- **MES (Manufacturing Execution System)** : système de gestion en temps réel dédié à la production, assurant la traçabilité détaillée des processus de fabrication, y compris les moyens, les méthodes et la main-d'œuvre impliqués (**Kelepouris *et al.*, 2007**).
- **LIMS (Laboratory Information Management System)** : solution de gestion des opérations liées au contrôle qualité, permettant le suivi des échantillons, des méthodes d'analyse et des équipements de mesure en laboratoire (**Stevenson & Cole, 2007**).
- **WMS (Warehouse Management System)** : système de gestion des stocks et de la logistique, assurant la traçabilité des mouvements de marchandises depuis la réception jusqu'à l'expédition, ainsi que la gestion détaillée des entrepôts (**García-Herrero *et al.*, 2016**).

Bien que ces technologies offrent des avantages considérables en matière de traçabilité et de sécurité alimentaire, leur coût, notamment en licences et en mises à jour, peut représenter un investissement important pour les entreprises (**Regattieri *et al.*, 2007**).

2.7.4 RFID (Radio Frequency IDentification) :

Le système RFID (Radio Frequency Identification) repose sur le principe selon lequel tout objet peut être équipé d'une pastille légère, appelée tag, capable de stocker et de transmettre des informations à courte distance grâce à un interrogateur ou lecteur. Ce système est composé de trois éléments principaux : le tag, l'interrogateur et le système d'information (**Krebs, 2008**).

Le tag est une étiquette contenant une puce électronique et une antenne, conditionnée sous différentes formes (carte, pastille, étiquette adhésive). Il existe deux types de tags :

- **Les étiquettes passives**, dont les données sont préenregistrées par le fabricant et ne peuvent être ni modifiées ni complétées.
- **Les étiquettes actives**, qui possèdent une source d'énergie interne et une puce leur permettant de transmettre des informations de manière autonome et d'interagir avec le lecteur (**Landt, 2005**).

L'interrogateur ou lecteur a plusieurs fonctions essentielles :

- Codage et décodage des données contenues dans le tag.
- Gestion et transmission des informations aux systèmes informatiques via des protocoles spécifiques.
- Établissement du dialogue entre le tag et le système d'information selon une fréquence radio prédéfinie.

Lors d'un échange d'informations dans un système RFID, l'interrogateur envoie un signal radio aux tags situés dans son champ de lecture. En réponse, les tags activés renvoient un signal codé en fonction d'un protocole de communication défini (**Finkenzeller, 2010**).

Enfin, le système d'information assure la gestion des données échangées et leur exploitation pour des applications de traçabilité, telles que le suivi des produits en logistique, la gestion des stocks, ou encore l'identification des objets dans l'industrie agroalimentaire (**GS1 France, 2015**).

Le fonctionnement du système RFID est illustré par la figure 02.

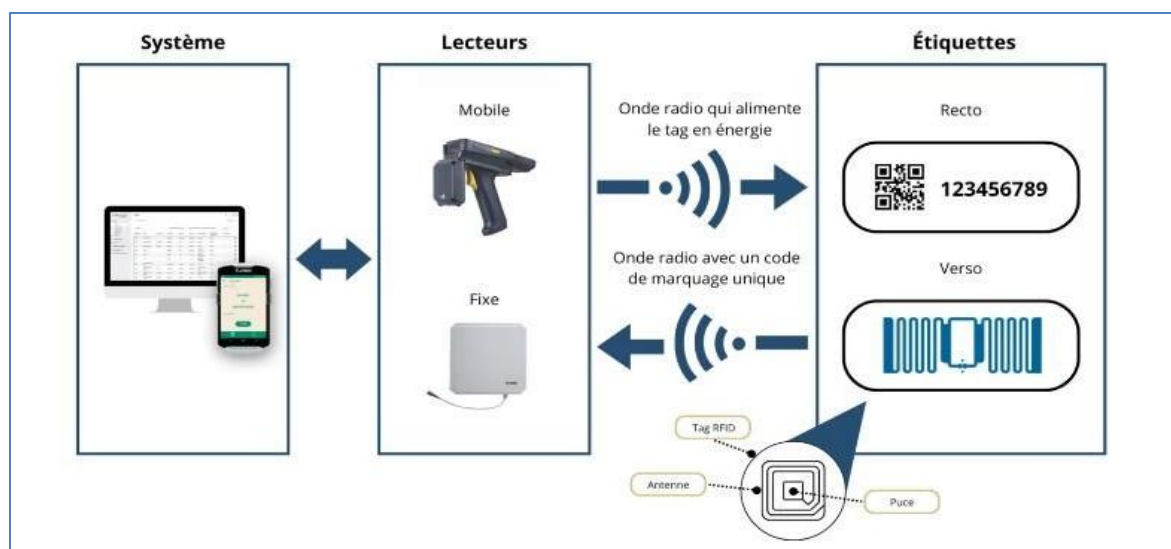


Figure 02 : Fonctionnement d'un système RFID

2.7.5 La blockchain :

La blockchain est une technologie de notarisation électronique qui assure l'inaltérabilité des informations une fois enregistrées. En décentralisant le stockage des données, elle favorise un partage d'informations plus transparent et sécurisé. Contrairement aux systèmes traditionnels centralisés, la blockchain repose sur un réseau distribué dans lequel chaque acteur (fournisseurs, transformateurs, distributeurs, etc.) détient une copie du registre sous

forme de nœud. Toute tentative de modification d'un bloc est immédiatement détectée par l'ensemble

du réseau, car chaque bloc contient une empreinte cryptographique des transactions précédentes, garantissant ainsi l'intégrité des données (**Nakamoto, 2008**).

Dans le domaine agroalimentaire, cette technologie offre un suivi en temps réel de chaque étape du cycle de production, assurant une traçabilité complète des produits. Elle permet aux consommateurs d'accéder à des informations vérifiables sur la provenance, les méthodes de production, les certifications et la qualité des produits (**Carrefour, 2019**). En agissant comme un tiers de confiance, la blockchain renforce la transparence et la confiance entre les entreprises et les consommateurs (**Tian, 2017**).

L'enregistrement de transactions dans des contrats numériques « smart contracts » : les termes d'un contrat sont transposés dans un programme qui exécute une transaction dans la blockchain lorsque sont réunies des conditions prédéfinies. (**BERCY INFOS, 2022**).

3 Chapitre 3 : La technologie du couscous et la traçabilité :

3.1 Définition :

Boudreau & Menard (1992) décrivent le couscous comme une semoule de blé dur étuvée et agglomérée en granules de 1 à 2 millimètres de diamètre.

Le couscous est une grosse semoule gonflée à l'eau, cuite à la vapeur d'un pot-au-feu de viande (mouton, bœuf ou poulet), ou même poisson, de légumes divers, de pois chiches et de raisins sec, on la mange mouillée d'un bouillon coloré fortement épicé au piment (harissa) (**Macaire et al., (2010)**).

D'après **Feillet (2000)**, le couscous est un aliment traditionnel des pays d'Afrique du nord (Algérie, Egypte, Maroc, Tunisie, Libye). C'est un plat préparé avec des semoules agglomérées et généralement servi avec des légumes, de la viande ou du poisson. D'origine berbère, il est très populaire dans de nombreux pays. L'origine du mot couscous est moins sûre. Il vient de l'arabe classique KOUSKOUS et du berbère K'SEKSU, qui désigne à la fois la semoule de blé dur et le plat populaire dont elle est l'ingrédient de base (figure 3).



Figure 03 : Plat de couscous

3.2 La semoule :

3.2.1 Définition :

La semoule est le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par un procédé de broyage ou de mouture au cours duquel le son et les germes sont essentiellement éliminés et le reste est réduit en poudre suffisamment fine (FAO, 1996). Les semoules sont classées en fonction du diamètre des mailles des tamis qui les retiennent (Vierling, 1999). Il y a des grosses semoules qui restent sur un tamis N°40 (maille de 0,5 mm) et des fines semoules dites propres ou vêtues (Selselet, 1991). Le rendement en semoule est inversement proportionnel à la friabilité de l'amande du grain, mais elles peuvent contenir des fractions de couches sous corticales adhérentes à l'endosperme (Apfelbaum *et al.*, 1981).

3.2.2 Nature du blé :

Les blés semouliers par excellence sont les blés durs dont l'amande est d'ordinaire vitreuse. Lorsque ces blés contiennent des grains totalement ou partiellement farineux (mitadinés), leur valeur pour la fabrication des semoules diminue pour deux raisons :

- Leur rendement en semoule est moins élevé.
- La présentation et la valeur de celle-ci est amoindrie par la présence de granules blancs non translucides (Litster *et al.*, 2001)

3.2.3 Transformation du blé dur en semoule :

La transformation de blé dur en semoule comporte deux étapes essentielles :

a) Nettoyage

Avant la mouture proprement dite, il y'a une phase de nettoyage pour débarrasser les particules étrangères et les impuretés qui accompagnent le blé. Selon **Berot et Godon (1991)**, le nettoyage du blé comporte deux phases :

- **Nettoyage à sec** : par passage sur plusieurs grilles, fixes, oscillantes ou vibrantes, dont les ouvertures ont des dimensions différentes. Cette phase consiste à éliminer successivement, du lot de grains, les pierres, les mottes de terre, les ficelles, les gros morceaux métalliques, les fragments d'animaux ou les petits animaux entiers, certains grains étrangers .
- **Préparation ou mouillage** : pour cela, il convient d'apporter la quantité d'eau nécessaire pour atteindre la teneur en eau souhaitée (cette quantité est en fonction de l'humidité initiale de blé, de l'humidité finale et de la masse de blé à mouiller), pour brasser le blé et le laisser au repos le temps voulu pour la migration correcte de l'eau à l'intérieure des grains. Une humidité suffisante permet d'obtenir une bonne séparation du son et de l'amande ;

b) Trituration :

La mouture ou la trituration comprend une réduction du grain en farine et des sous-produits (**Adrian et al., 1995**). Les étapes de transformations sont les suivants :

- **Broyage** : Le broyage est une opération qui est destinée à réduire les dimensions des grains par la mise en jeu d'énergie mécanique (**Berot et Godon, 1995**).
- **Sassage** : Dans ce cas des caractéristiques physiques autres que la granulométrie vont être utilisées conjointement ou non avec elle, pour séparer les particules de nature différente, la caractéristique la plus utilisée est la densité (**Berot et Godon, 1991**).

3.2.4 La fabrication industrielle du couscous :

La fabrication industrielle du couscous est un processus complexe qui combine plusieurs étapes de transformation pour obtenir un produit fini homogène et de qualité constante. Ce processus implique des techniques spécifiques allant de l'hydratation de la semoule à son conditionnement final. Chaque étape est cruciale pour garantir la sécurité alimentaire et optimiser les rendements tout en respectant les normes de qualité. Cette section explore les principales étapes de la production industrielle du couscous, en détaillant les technologies et équipements utilisés à chaque phase (Khellaf, 2018; Dari Couspate, 2020; Technopast, 2022).

1.Réception et Stockage de la matière première :

La farine arrive à l'usine, est destinée directement au dépôt de stockage qui est un dépôt organisé et offre des conditions optimales pour que la farine soit dans un bon état de point de vue humidité.

2- Entrée machine :

Par apport à la qualité demandée la matière première est un type ou mélange de plusieurs types des farines mis dans des silos à des pourcentages déterminés. Ces silos sont la source d'alimentation d'un malaxeur.

3-Malaxage :

Afin d'obtenir une pâte caractéristique au coucous, le malaxeur va mélanger un débit de la farine avec un débit d'eau correspondant. Cette pâte est ensuite envoyée vers le rouleur.

4-Roulage :

Après mélange avec l'eau, la semoule ou la farine sont "roulés" dans un appareil pour former les grains de couscous.

5-Cuisson :

Le couscous est ensuite calibré en plusieurs fois, puis transporté jusqu'au cuiseur vapeur. La phase de cuisson fait objet d'une attention particulière afin d'obtenir au moyen de l'injection de vapeur par le dessus et le dessous du produit, une cuisson homogène et en profondeur.

6- Séchage :

A la sortie du cuiseur, la couche de couscous est "d'émottée" puis le produit est séché dans un sécheur rotatif. Le couscous est enfin refroidi dans un appareil refroidisseur vibrant. L'humidité finale du produit est de 12,5%.

7 -Refroidissement, tamisage, conditionnement et stockage :

Après refroidissement, le couscous est envoyé dans un tamiseur final qui sépare les différents produits en fonction de la granulométrie demandée. Les couscous fin et moyen sont les plus populaires sur les marchés (diamètre moyen de 1,2 mm). Les différentes tailles de produits sont ensuite stockées et/ou emballées.

Les étapes de la fabrication du couscous sont résumées dans la figure 4.

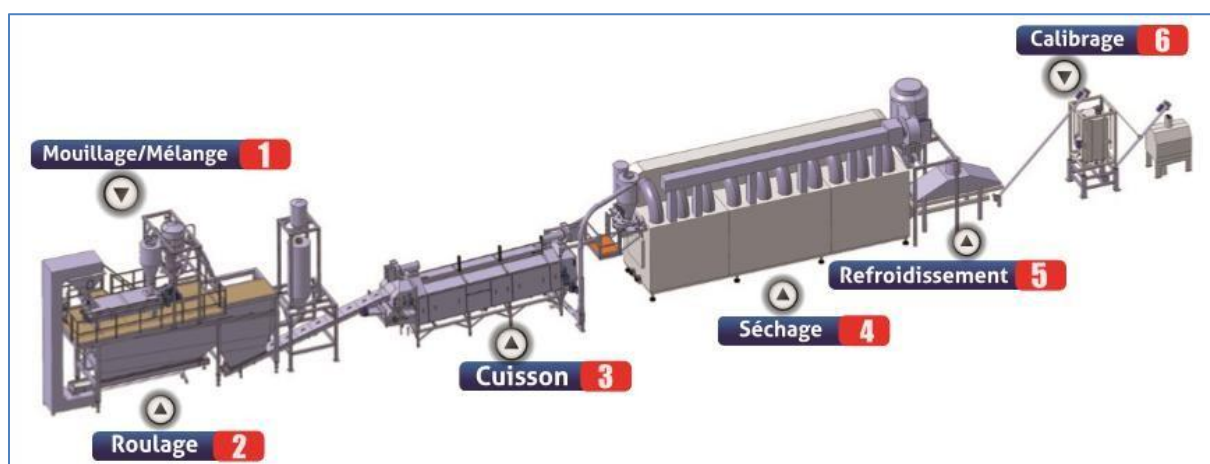


Figure 04 : Etapes de la fabrication industrielle du couscous.

3.3 Production du couscous et application des technologies de la traçabilité :

La production du couscous repose sur une série d'étapes rigoureuses qui garantissent la qualité du produit final tout en assurant sa traçabilité à chaque phase de fabrication. L'intégration des technologies de traçabilité permet de suivre le parcours du produit depuis la réception des matières premières jusqu'à sa distribution, répondant ainsi aux exigences de sécurité alimentaire (Golan *et al.*, 2004).

3.1.1. Réception des matières premières :

La première étape cruciale est la réception des matières premières, notamment la semoule de blé dur, qui doit répondre à des critères de qualité stricts. Des contrôles sont effectués pour vérifier la conformité aux normes microbiologiques et physico-chimiques (Cheftel *et al.*, 1985).

L'enregistrement de ces données via des systèmes numériques de traçabilité assure une transparence totale dès l'entrée des produits dans l'unité de production (**Regattieri *et al.*, 2007**).

3.1.2. Transformation :

Cette étape comprend l'humidification de la semoule, le roulage, la cuisson à la vapeur, puis le séchage. Chaque phase est contrôlée afin d'assurer une granulométrie homogène, une cuisson adéquate et un séchage qui garantit la conservation du produit (**Boukhelifa *et al.*, 2015**). Les systèmes de traçabilité permettent d'enregistrer les paramètres de production à chaque stade, assurant ainsi une remontée rapide des informations en cas de non-conformité (**Bechini *et al.*, 2008**).

3.1.3. Conditionnement :

Après transformation, le couscous est conditionné dans des emballages appropriés afin de préserver sa qualité. L'étiquetage joue ici un rôle clé dans la traçabilité, incluant le numéro de lot, la date de fabrication et la date de péremption (**Roth *et al.*, 2008**). Les technologies telles que les codes-barres ou les puces RFID facilitent le suivi automatisé des produits (**Bosona & Gebresenbet, 2013**).

3.1.4. Stockage et distribution :

Le produit conditionné est stocké dans des conditions maîtrisées pour éviter toute altération. Les données relatives à la température, à l'humidité et à la durée de stockage sont enregistrées, assurant une traçabilité complète jusqu'au point de vente (**Karlsen *et al.*, 2011**). La logistique intégrée dans les systèmes de traçabilité permet également d'identifier les flux de distribution et de localiser rapidement les produits en cas de rappel (**Thakur *et al.*, 2011**).

3.1.5. Contrôle de la qualité tout au long du processus :

Des contrôles qualité sont réalisés à chaque étape de la chaîne, depuis la matière première jusqu'au produit fini. Ces contrôles portent sur la sécurité microbiologique, les propriétés organoleptiques et les critères nutritionnels (**Luning & Marcelis, 2009**). Les résultats sont archivés numériquement pour garantir la conformité réglementaire et renforcer la confiance des consommateurs (**Opara & Mazaud, 2001**).

II. Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1 Présentation du lieu de stage

L'étude s'est déroulée à la SARL SOPI (Société des Pâtes Industrielles), créée en 1995 et connue à travers sa marque emblématique « Mama ». Cette entreprise privée est spécialisée dans la transformation des céréales et la production de produits agroalimentaires tels que les pâtes, le couscous, la semoule et la farine.

2 Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'efficacité du système de traçabilité alimentaire mis en place au sein de l'entreprise SOPI, en s'intéressant particulièrement à l'impact des technologies déployées tout au long du processus industriel du couscous.

Avant de procéder au test de traçabilité, une période d'immersion de cinq mois a été consacrée à approfondir la compréhension du fonctionnement de l'usine, du parcours de la matière première, ainsi que des mesures de contrôle et d'enregistrement appliquées à chaque étape.

Cette phase préparatoire a permis d'acquérir une vision complète du flux de production et des éléments critiques à maîtriser pour réaliser un test de traçabilité fiable et pertinent.

3 Protocole expérimental

Ce protocole s'est articulé autour de plusieurs axes complémentaires :

- **La traçabilité ascendante**, en partant du produit fini (couscous) pour remonter jusqu'à la matière première (blé dur), à travers l'analyse des documents internes, fiches de suivi et bulletins de contrôle.
 - **L'évaluation des PRP (Programmes Prérequis)**, notamment en ce qui concerne les pratiques d'hygiène, le nettoyage/désinfection, le contrôle des nuisibles, la potabilité de l'eau et l'hygiène et santé du personnel.
 - **L'identification et la vérification des PRPo (PRP opérationnels)**, comme les étapes de stockage du blé, le repos, la cuisson du couscous ou encore le tamisage.
 - **Le contrôle des CCP (Points Critiques pour la Maîtrise)**, en particulier les étapes sensibles comme le séchage du couscous ou le passage au détecteur de métaux.
- À travers l'ensemble de ces étapes, nous avons croisé les résultats analytiques, les documents de production, les données issues des technologies utilisées (Géstar, Infratec, analyseur de ligne) et les exigences réglementaires ou normatives applicables. Ce protocole a servi de base à l'étude du lot 18CGC1, sur lequel un test complet de traçabilité a été réalisé, de manière descendante, en mobilisant tous les éléments précédemment collectés.

Pour illustrer notre plan de traçabilité et assurer une compréhension claire du déroulement, un logigramme (**Figure 5**) a été élaboré. Il détaille les principales étapes de la chaîne de production, de l'achat à l'expédition, en identifiant les points de collecte documentaire utilisés pour l'évaluation.

- **Matériel utilisé :**

Le matériel utilisé dans la réalisation de l'étude, est regroupé dans le tableau 1.

Tableau 1 : Matériel utilisé

Matériel / Equipement	Fonction principale	Emplacement dans le processus	Mode d'utilisation ou rôle spécifique
Pont-basculé + Altsoft	Pesée du camion à la réception	Entrée matière première	Mesure du poids brut et net, enregistrement du lot dans le système
Cobra II (échantillonneur)	Prélèvement automatique du blé dans la benne du camion	Réception matières premières (MP)	Prélèvement de 5 échantillons représentatifs sur la surface du camion
Géstar	Analyse rapide des échantillons (protéines, humidité, impuretés)	Réception matières premières (MP)	Analyse automatique en quelques minutes, Fournit les résultats de conformité du lot réceptionné
Infratec	Analyse des produits semi-finis et finis (humidité, protéines, etc.)	Laboratoire	Contrôle qualité des produits durant la production
Analyseur de ligne (Perkin Elmer)	Analyse en temps réel des paramètres de semoule process	Entre la fabrication semoule et stockage	Mesure automatique (protéines, humidité, L,a,b...) chaque seconde
Détecteur de métaux	Vérification de l'absence de contaminations métalliques dans le produit fini	Ligne de conditionnement	Éjection automatiquement des produits non conformes
Colorimètre	Mesure de la couleur du couscous	Laboratoire	Évaluation de l'indice de clarté, jaune et brun du produit
Logiciel Excel + documentation SOPI + intranet	Suivi manuel et archivage des fiches de traçabilité et des analyses	Tous les services	Bases documentaires de suivi traçabilité (PRP, PRPo, CCP, etc.)

4 Description du logigramme :

4.1 Traçabilité en amont

➤ Achat :

Le service approvisionnement et celui du commerce extérieur sont chargés de l'acquisition des matières premières (blé dur), des matériaux d'emballage et des pièces de rechange. Chaque achat est réalisé en fonction d'un cahier de charges spécifique, garantissant la conformité aux exigences alimentaires et aux normes qualité.

➤ Réception de la matière première :

À la réception, le responsable de la réception vérifie la conformité du lot reçu. La fiche technique du blé, le certificat d'alimentarité, la correspondance du fournisseur, la quantité et le type de produit qui sont examinés avant toute acceptation.

4.2 Traçabilité interne

➤ Contrôle de la matière première :

Avant stockage, des analyses physico-chimiques et microbiologiques sont réalisées pour confirmer que la matière première répond aux standards requis de la qualité.

➤ Stockage de la matière première :

Les matières premières conformes sont stockées dans des silos appropriés, avec identification précise des lots pour assurer la continuité de la traçabilité.

➤ Production :

Le blé est transformé en semoule, puis en couscous selon des procédures industrielles strictes. La production suit un ordre logique garantissant la séparation des lots et la traçabilité des flux.

➤ Laboratoire contrôle qualité :

À chaque étape critique (semoule et couscous), des échantillons sont prélevés et analysés pour vérifier les paramètres clés (humidité, protéines, sécurité microbiologique).

➤ Conditionnement :

Le couscous conforme est conditionné sous différents formats. Chaque unité est marquée par un numéro de lot unique facilitant l'identification ultérieure.

➤ Contrôle qualité :

Avant la libération du produit pour l'expédition, des contrôles finaux sont effectués, notamment via le détecteur de métaux et des tests microbiologiques complémentaires.

➤ **Surveillance CCP (Points critiques de contrôle) :**

Des points critiques identifiés dans le processus (température de séchage, détection des métaux) sont suivis pour s'assurer de la maîtrise des risques.

➤ **Vérification du produit fini :**

Chaque lot est soumis à une dernière vérification avant stockage, validant la conformité du produit aux normes internes et réglementaires.

➤ **Stockage du produit fini :**

Les produits finis sont stockés dans des silos dédiés, avec un système de gestion qui respecte la règle du "premier entré, premier sorti" (FIFO).

4.3 Traçabilité en aval

➤ **Expédition :**

Le produit fini est préparé pour l'expédition sur la base des commandes clients.

Chaque expédition est documentée avec une fiche de transfert, une fiche palette, un bulletin de libération, et un PV de chargement, permettant de garantir la traçabilité complète jusqu'au destinataire final.

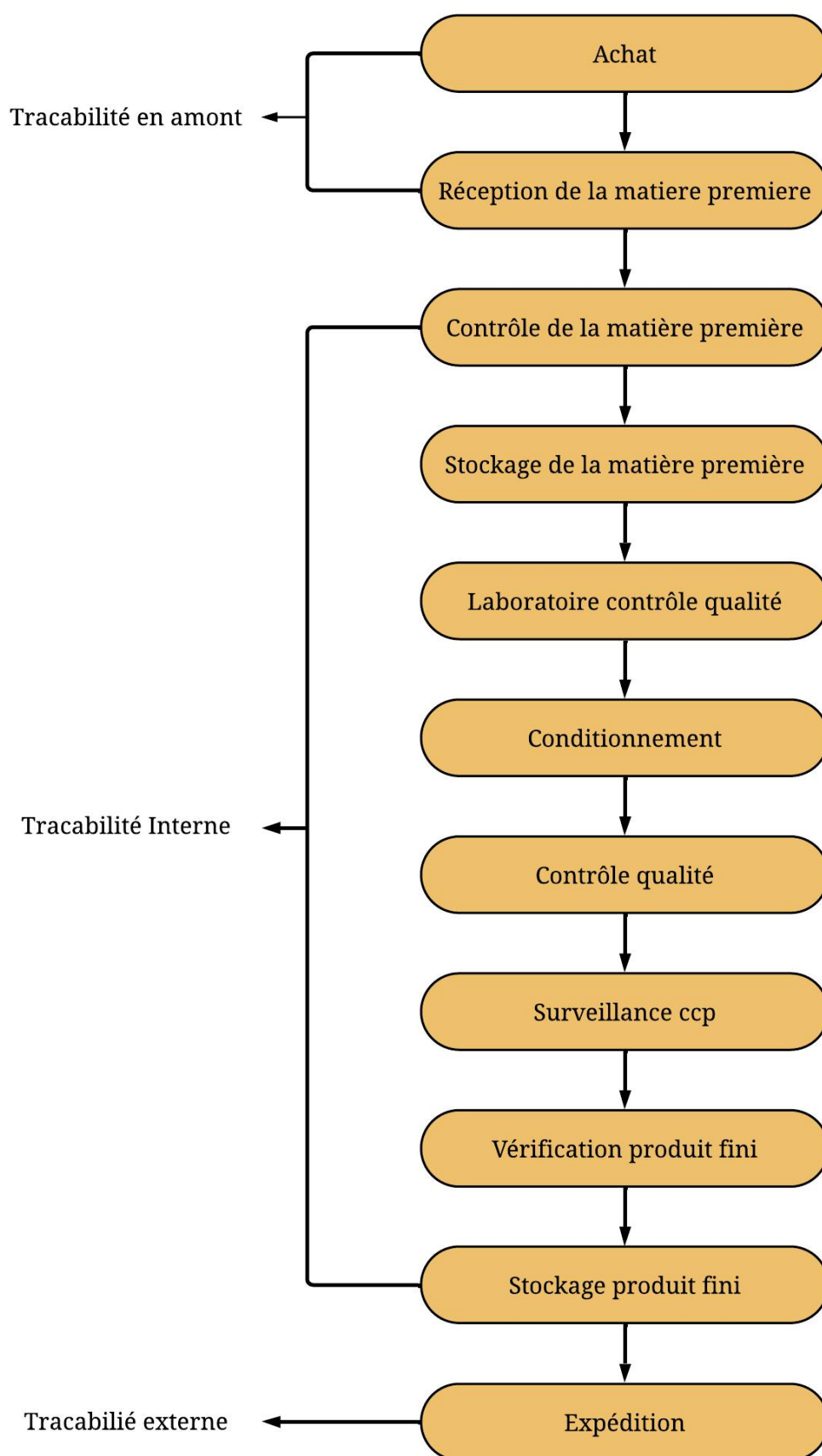
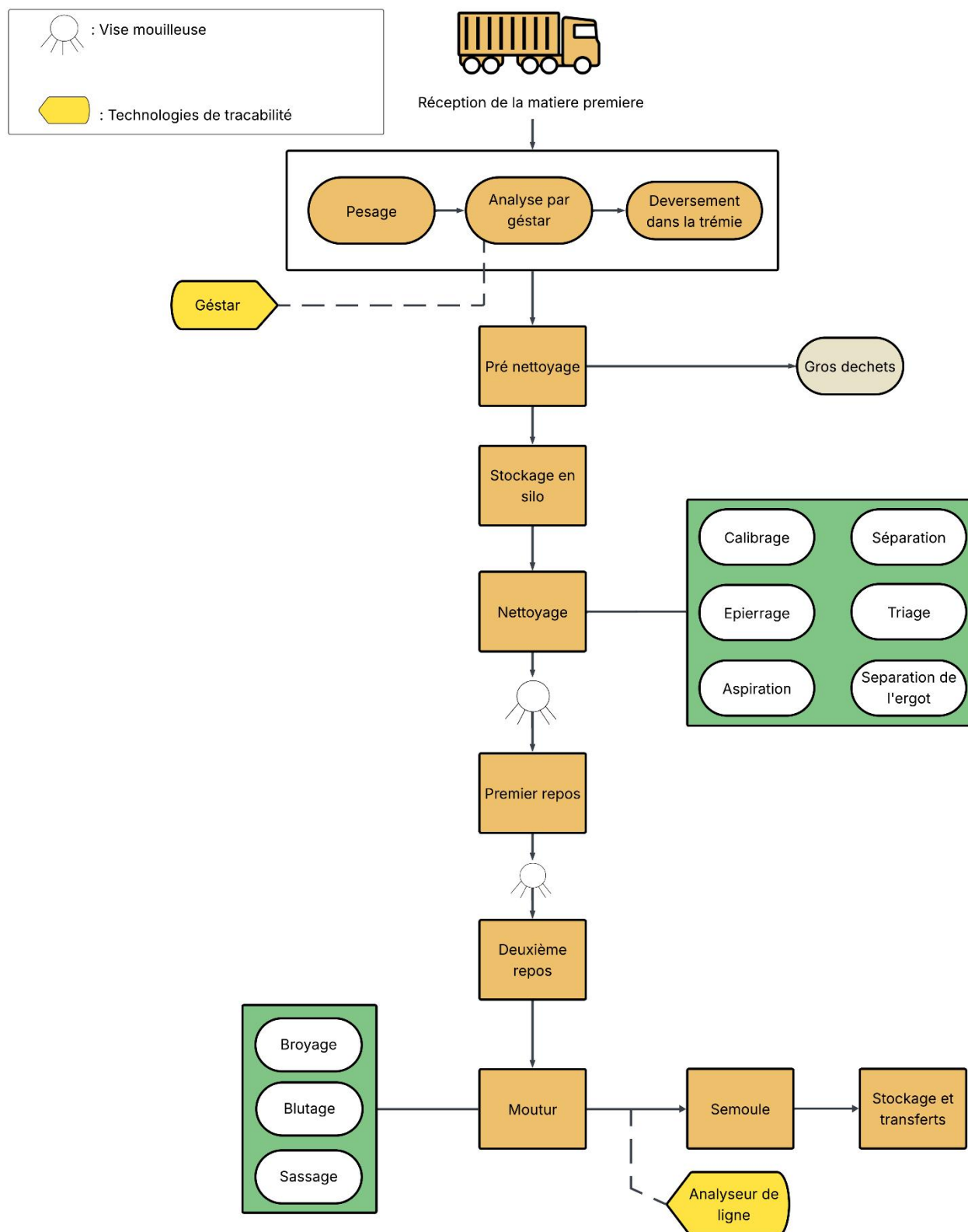


Figure 5 : Schéma explicatif du logigramme du plan de traçabilité

5 Fabrication de la semoule

5.1 Diagramme de fabrication de la semoule

Le processus de fabrication de la semoule, suivi à SOPI est illustré par la figure 6.



5.2 Réception de la matière première (MP)

5.2.1 Pont-bascule pour Pesée du camion

▪ Fonction et processus :

Dès l'arrivée du camion chargé de blé dur à l'usine, il est dirigé vers un pont-bascule industriel (figure 7) qui mesure avec précision le poids du lot. Cette pesée initiale est essentielle pour calculer la quantité de matière première reçue. Le poids brut du camion est enregistré et transféré automatiquement au système de gestion informatisé (Altsoft). Ce logiciel permet de créer une fiche de réception détaillée contenant les informations suivantes :

▪ Enregistrement des Informations du fournisseur

L'identité du fournisseur est enregistrée dès l'entrée du camion sur le site. Ces informations incluent :

- ❖ Le nom de l'exploitant agricole ou de la coopérative.
- ❖ La date et l'heure de réception.
- ❖ Le numéro du lot attribué pour garantir une traçabilité tout au long du processus de contrôle qualité.



Figure 7 : Pont bascule

▪ Mode de fonctionnement :

- Le camion est pesé avec sa cargaison pour obtenir le poids brut.
 - Une fois le blé déchargé, le camion est repassé à vide sur la balance pour déterminer le poids net livré.
 - Toutes les données sont enregistrées dans le logiciel Altsoft, qui permet de :
1. Gérer les entrées et sorties des lots de céréales sur le site.
 2. Automatiser le suivi des fournisseurs et la facturation basée sur le poids net livré.

3. Assurer une traçabilité complète en associant les lots réceptionnés aux résultats des analyses de qualité.

5.3 Contrôle de la MP

5.3.1 Échantillonnage

Après la pesée initiale, le camion est soumis à un processus d'échantillonnage automatisé pour vérifier la qualité du blé avant son acceptation. Ce processus est réalisé à l'aide du système Géstar, qui combine deux équipements clés :

- Cobra II (Échantillonneur automatique) : Il permet de prélever des échantillons représentatifs du lot de blé, conformément à la norme ISO 24333.
- Géstar (Système Automatisé de Réception et d'Analyse) :
Ce système analyse automatiquement les échantillons prélevés pour vérifier les paramètres de la qualité du blé.

- **Mode de fonctionnement :**

- Le responsable positionne le Cobra II (figure 8) sur la benne et initie le prélèvement.
- Le système effectue cinq prélèvements à différents points pour garantir la représentativité.
- Les échantillons sont immédiatement transférés vers Géstar., qui les analyse automatiquement.

L'échantillon prélevé est ensuite transféré automatiquement vers **Géstar**, un système innovant qui regroupe plusieurs outils d'analyse avancés.



Figure 8 : Echantillonneur automatique (Cobra II)

5.3.2 Analyses physico-chimiques par Géstar

a) Analyse des paramètres clés avec les Appareils du GÉSTAR.

▪ Aqua TR2 – Analyse de l'humidité

- ❖ Mesure le taux d'humidité du blé, un facteur déterminant pour la conservation et le stockage.
- ❖ Un taux d'humidité élevé peut entraîner le développement de moisissures et affecter la qualité du grain.

▪ Quaturo2 – Analyse des impuretés et grains défectueux

- ❖ Détecte la présence d'éléments étrangers dans l'échantillon (poussières, insectes, graines étrangères).
- ❖ Identifie le taux de grains cassés ou altérés, qui influence la qualité finale du blé.
- ❖ Affiche des résultats sous forme de pourcentage de matières étrangères.

▪ Infraneo – Analyse de la composition nutritionnelle

Utilise la spectroscopie proche infrarouge (NIR) pour déterminer :

- ❖ Le taux de protéines (%) – Indicateur clé pour l'utilisation du blé en meunerie.
- ❖ La teneur en gluten (%) – Influence la capacité de panification du blé.
- ❖ L'indice de chute de Hagberg, qui reflète la qualité enzymatique et l'aptitude du blé à la panification.

b) Exploitation des résultats et décision finale

Une fois les analyses terminées, si tous les paramètres sont conformes aux standards de qualité, le lot est accepté et peut être stocké.

Si des anomalies sont détectées, plusieurs options sont envisageables :

- Négociation du prix avec le fournisseur si des impuretés ou défauts sont présents.
- Refus du lot si le taux d'humidité est trop élevé ou si la contamination dépasse les seuils acceptables.
- Mélange avec d'autres lots pour corriger certains écarts de qualité.

6 Production

6.1 Semoule couscous

❖ Réception de la matière première

Le processus débute par la réception du blé brut, acheminé par camions et contrôlé à l'entrée de l'usine. Le blé est pesé, échantillonné et soumis à des analyses physico-chimiques et microbiologiques avant stockage. Seuls les lots conformes aux exigences de qualité sont acceptés et transférés vers les silos de stockage.

❖ Pré-nettoyage et stockage initial

Avant son traitement complet, le blé subit une première phase de **pré-nettoyage** visant à éliminer :

- Les impuretés grossières (cailloux, pailles, débris végétaux),
- Les grains cassés ou anormaux.

Ce tri est réalisé au moyen d'aspirateurs, de séparateurs et de trieurs mécaniques. Le blé ainsi débarrassé de ses gros déchets est ensuite entreposé temporairement dans des silos dédiés en attente de traitement.

❖ Nettoyage approfondi

Après le stockage initial, le blé passe dans une unité de nettoyage complet comprenant :

- Elimination des débris métalliques par l'aimant
- Séparation et aspiration
- Epierrage : élimination des pierres
- La séparation des grains par densité
- Triage mécanique : Le calibrage selon la taille,

Cette phase garantit que le produit brut soit totalement purifié avant les opérations de préparation à la mouture.

❖ Humidification et repos

Avant la mouture, le blé est humidifié à l'aide d'une vise mouilleuse pour assouplir l'enveloppe du grain et faciliter l'extraction de la semoule.

Deux étapes de repos sont nécessaires :

- Premier repos après le premier mouillage,
- Deuxième repos après un ajustement complémentaire de l'humidité.

Ces temps de repos assurent une pénétration homogène de l'eau au cœur du grain.

- Triage optique : cette étape permet l'élimination des grains d'ergot ainsi que de tout grain présentant une couleur ou une dimension anormale par rapport aux standards attendus

❖ Mouture

La mouture est effectuée par passage successif à travers des appareils de broyage et de blutage.

- Le broyage permet de briser l'enveloppe du grain,
- Le blutage trie les particules pour ne conserver que celles de granulométrie correspondant à la semoule.
- Sassage : permet de classer la semoule en différentes granulométries (fine, moyenne, grosse) afin d'assurer une répartition homogène adaptée aux exigences du produit final.

Les opérations sont contrôlées de manière continue pour optimiser le rendement et la qualité du produit fini.

❖ Analyse de la semoule process du couscous en ligne :

Avant son transfert vers les silos de stockage destinés à la production des pâtes ou du couscous, la semoule passe automatiquement par un analyseur de ligne (figure 9) positionné à la sortie de sassage. Cet équipement permet une surveillance en temps réel de la semoule



Figure 9 : Analyseur de ligne

produite.

Intégré directement au process de production, l'analyseur de ligne joue un rôle de régulation continue. Il est programmé pour détecter toute dérive de certains paramètres technologiques (comme l'humidité ou la couleur), et agit automatiquement en cas d'écart. Par exemple, si un paramètre dépasse les seuils définis, la ligne bascule temporairement vers un silo spécifique, évitant ainsi que le produit ne soit mélangé à un lot conforme. Ce système permet de maintenir une cohérence de qualité dans les lots envoyés vers le stockage, tout en réduisant le risque d'erreurs humaines et en assurant une réactivité immédiate dans le pilotage du process.

Les paramètres à contrôler sont : les protéines, l'humidité, le taux de cendre ; l'indice de couleur (jaune, rouge, marron), le taux de gluten et le taux de gluten index.

Les paramètres à contrôler sont : les protéines, l'humidité, le taux de cendre ; l'indice de couleur (jaune, rouge, marron), le taux de gluten et le taux de gluten index, et cela s'affiche dans l'interface de logiciel.

L'interface correspond à celle présentée dans la figure 10.



Figure 10 : Interface de logiciel d'analyseur de ligne

6.2 Processus de fabrication du couscous :

Le couscous est fabriqué selon le processus résumé en figure 11

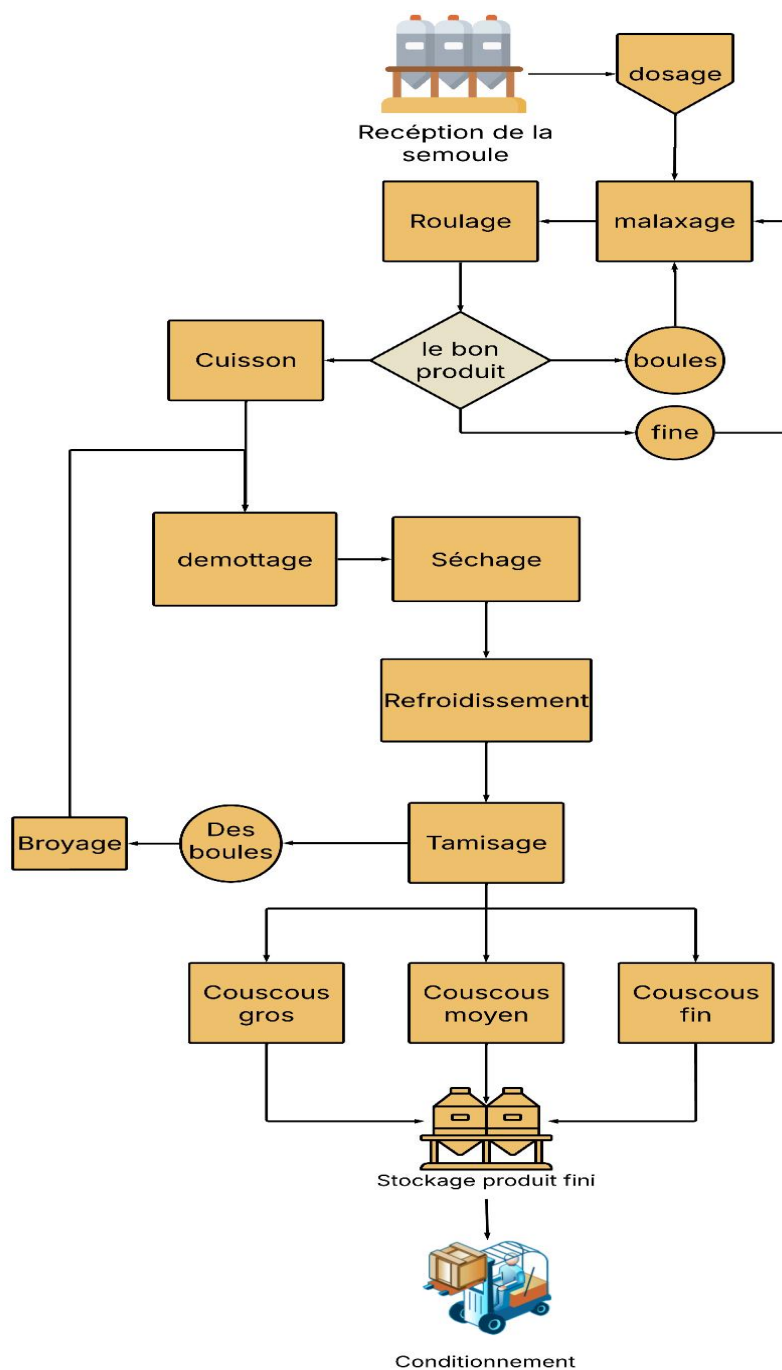


Figure 11 : Diagramme fabrication du couscous (réalisé par l'étudiant)

Remarque méthodologique :

Les étapes de production du couscous détaillées dans ce travail suivent une méthode standardisée, largement utilisée dans l'industrie agroalimentaire. Cette méthode a été décrite dans plusieurs sources documentaires, et bien que des variantes puissent exister selon les fabricants, le processus présenté ici reflète les pratiques industrielles courantes. Il s'agit donc d'un schéma de transformation représentatif, basé sur une synthèse d'informations issues de la littérature technique et professionnelle.

7 Contrôle de la qualité**Contrôle qualité :**

Le contrôle qualité intervient à chaque étape clé du processus de fabrication, depuis la réception des matières premières jusqu'au produit fini. Des prélèvements sont réalisés de façon systématique afin de vérifier la conformité des produits aux spécifications établies. En pratique, un échantillonnage est effectué toutes les deux heures en journée, et toutes les trois heures durant la nuit. Cette organisation rigoureuse permet de garantir un suivi continu de la qualité et d'assurer la détection précoce d'éventuelles non-conformités tout au long de la chaîne de production.

7.1 Analyses physico-chimiques**Contrôle de la matière première par Géstar :**

Le Géstar permet au laboratoire de consulter l'historique complet des analyses effectuées sur les matières premières, principalement le blé. Il fournit des informations détaillées sur des paramètres essentiels tels que la teneur en protéines, l'humidité, les impuretés, les grains cassés, le poids spécifique, le gluten, ainsi que les indices technologiques comme W et Zeleny.

Appareillage : Logiciel Altsoft et le Géstar.

Analyseur de ligne :

L'analyseur de ligne permet au laboratoire de suivre en temps réel les principaux paramètres de la semoule en cours de production. Il fournit des données instantanées et un historique consultable sur des indicateurs clés tels que le taux de gluten, la teneur en cendres, la teneur en protéines, l'humidité et les indices de couleur. Cet outil offre ainsi un support précieux au contrôle qualité en permettant d'anticiper d'éventuels écarts et d'ajuster rapidement le process.

Appareillage : L'analyseur de ligne et le Logiciel spécial de l'analyseur

Infratec :

L'Infratec est un analyseur à infrarouge proche (NIR) utilisé au laboratoire pour analyser principalement la semoule et le couscous. Il permet de mesurer rapidement trois paramètres essentiels : le taux de cendres, la teneur en protéines et l'humidité. Cet appareil est particulièrement apprécié pour sa rapidité et la fiabilité de ses résultats, sans nécessiter de longues préparations ni de destruction des échantillons.

Les tests à l'Infratec (Le taux d'humidité, le taux de cendre, Taux de protéine) (manuel de l'utilisation de l'équipement)

Appareillage : Infratec et Coupelle (figures 12 et 13).



Figure 12 : Coupelle



Figure 13 : Infratec

Mode opératoire :

- Mettre l'échantillon dans une coupelle.
- Placer la coupelle dans l'appareil INFRATEC.
- L'appareil effectue une lecture tout en donnant le taux de protéine, humidité et cendre.

Colorimétrie :

L'évaluation des différents indices de couleur, notamment l'indice de clarté, l'indice de brunissement et l'indice de jaunissement.

Appareillage : Colorimètre (pour couscous) et Analyseur de ligne (pour semoule)

Granulométrie :

La granulométrie est une analyse visant à déterminer la répartition dimensionnelle des particules constituant un produit, comme la semoule ou le couscous. Elle permet d'évaluer la proportion des différentes tailles de grains au sein d'un échantillon, généralement à l'aide de tamis de mailles normalisées. Cette méthode est essentielle pour garantir la conformité du

produit aux spécifications techniques et aux exigences de qualité, influençant notamment les propriétés technologiques, l'aspect visuel et le comportement en transformation.

Mode opératoire :

- Prélever un échantillon 100G de semoule ou de couscous
- Peser l'échantillon avec précision.
- Placer l'échantillon dans un jeu de tamis à mailles décroissantes, montés sur un tamiseur.
- Faire fonctionner le tamiseur pendant une 10min.
- Peser séparément par balance chaque fraction tamisée

Les tamis utilisés dans le tamisage sont donnés par le tableau 2.

Tableau 2 : Tamis utilisé pour tamisage

Échantillon	Tamis utilisées (µm)
Semoule	160/250/355/450/500/630
Couscous	630/710/900/1000/1250/1400/1600/1800

Indice de gonflement :

L'indice de gonflement permet d'évaluer la capacité du couscous à s'hydrater et à augmenter de volume, tout en restant aéré et léger après un traitement traditionnel à la vapeur.

Appareillage :

- Éprouvette graduée de 250 ml précise à 2 ml.
- Chronomètre précis à la seconde.
- Balance précise.
- Tige d'agitation en acier inoxydable.

Mode opératoire :

- Peser 50 g de couscous et les verser par gravité dans une éprouvette graduée. Noter le volume initial V_1 .
- Vider l'éprouvette et y ajouter 200 ml d'eau.
- Introduire le couscous dans l'eau, remuer deux à trois fois à l'aide d'une tige d'agitation, puis démarrer simultanément le chronomètre.
- Après 30 minutes, relever le volume final V_2 et l'exprimer avec une précision de 2 ml.

7.2 Analyses Microbiologiques :

Le tableau 3 présente les paramètres à contrôler pour chaque produit. Les méthodes d'analyse correspondantes sont illustrées dans l'annexe 3.

Tableau 3 : Paramètres à contrôler pour les analyses microbiologiques

Produits	Paramètres à contrôler	Fréquence
Eau de process	<i>Escherichia coli</i>	1 fois par semaine
	Entérocoques	
	Bactéries sulfito-réductrice y compris les spores	
	Aspect	
	Corps étrangers	
Couscous	Moisissures à 25°C	1 fois par jour
	Clostridium sulfito-réducteur à 46°C	

8 Contribution des PRP, PRPo et CCP à la traçabilité alimentaire.

Les Programmes Prérequis (PRP), les PRP opérationnels (PRPo) et les Points Critiques pour la Maîtrise (CCP) constituent les fondations essentielles de tout système de traçabilité efficace. Leur mise en œuvre permet de garantir la maîtrise des conditions d'hygiène, de sécurité et de qualité à chaque étape du processus, assurant ainsi une traçabilité fiable du produit tout au long de la chaîne de production.

✓ Evaluation des PRP (Programmes Prérequis)

8.1 Nettoyage et désinfection

Le programme de nettoyage et de désinfection a pour objectif de maintenir les conditions d'hygiène au sein des installations, équipements et environnement de fabrication. Il vise à empêcher toute contamination potentielle des denrées alimentaires par des surfaces ou équipements souillés

Organisation du nettoyage

Chez SOPI, le nettoyage est effectué quotidiennement dans toutes les zones de production, avec une fréquence plus soutenue pour les zones critiques telles que les lignes de conditionnement et les équipements de fabrication de couscous.

Chaque opération suit une procédure bien définie :

- Nettoyage humide avec des détergents spécifiques,
- Désinfection périodique selon la nature des zones (production, stockage, emballage),
- Enregistrement des interventions.

Méthodes de contrôle de l'efficacité

Deux types de vérifications sont réalisés :

- **Contrôle visuel** après chaque nettoyage quotidien pour valider l'absence de résidus visibles,
- **Contrôles microbiologiques par écouvillonnage** réalisés périodiquement pour vérifier la maîtrise de la charge bactérienne sur les surfaces critiques.

Ces résultats sont systématiquement enregistrés et archivés dans les fiches de suivi qualité.

Les opérations sont répertoriées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Récapitulatif des opérations

Élément concerné	Type d'opération	Fréquence	Mode de vérification	Responsable
Lignes de production	Nettoyage + Désinfection	Quotidienne	Contrôle visuel + fiche	Opérateur de production + agent de nettoyage
Silos de stockage	Nettoyage mécanique	Hebdomadaire	Contrôle visuel + fiche	Responsable maintenance
Équipements sensibles	Nettoyage + écouvillonnage	Hebdomadaire/pl anifié	Résultats microbiologiques	Service qualité
Sols et murs	Nettoyage humide	Quotidienne	Contrôle visuel	Agent de nettoyage

8.2 Personnel

Le personnel intervenant dans les zones de production joue un rôle déterminant dans la maîtrise de la sécurité alimentaire. Chez SOPI, des procédures spécifiques d'hygiène du personnel sont mises en place pour réduire les risques de contamination et renforcer la fiabilité du système de traçabilité.

Règles d'hygiène personnelle

Avant l'accès aux zones de production, chaque employé est soumis à des règles d'hygiène strictes :

- Lavage et désinfection des mains, obligatoire à l'entrée de chaque zone sensible,
- Port d'équipements de protection individuelle (EPI) : charlotte, blouse, sur chaussures,
- Interdiction de porter des bijoux ou objets personnels pouvant contaminer le produit.

Formation et sensibilisation

SOPI organise régulièrement des sessions de formation destinées à :

- Sensibiliser et former le personnel aux bonnes pratiques d'hygiène (tableau 5),
- Expliquer les risques de contamination croisée,
- Former aux procédures en cas d'incident (ex : blessure, rupture d'EPI).

Chaque nouvel employé suit une formation obligatoire avant d'intégrer les ateliers de production.

Tableau 5 : Récapitulatif des règles d'hygiène

Exigence d'hygiène	Application	Fréquence	Vérification	Responsable
Lavage/désinfection des mains	À l'entrée de chaque zone	Quotidienne	Observation + fiche d'accès	Superviseur de production
Port des EPI (charlotte, blouse)	Avant entrée en production	À chaque session	Contrôle visuel	Chef d'équipe
Absence d'objets personnels	Permanent (règlement intérieur)	Quotidienne	Inspection aléatoire	Hygiène+ superviseur (équipe)
Formation hygiène	Initiale + continue	Selon planning interne	Liste de présence	Service RH + qualité

8.3 Locaux

Conformité des locaux :

La conception et l'entretien des locaux de production jouent un rôle clé dans la prévention des risques de contamination des produits alimentaires. Chez SOPI, des mesures spécifiques sont appliquées pour garantir un environnement de travail sain et adapté aux exigences de la sécurité alimentaire.

Conception hygiénique des bâtiments :

Les bâtiments de production sont conçus selon les principes d'hygiène suivants :

- Séparation claire entre les zones propres (production) et les zones sales (réception, stockage),
- Utilisation de matériaux faciles à nettoyer (carrelage, inox),
- Plafonds et murs lisses, sans fissures ni recoins favorisant l'accumulation de saletés.
- Des circuits de circulation du personnel et des matières sont définis pour éviter les croisements et limiter les risques de contamination croisée.

Entretien régulier des locaux :

Un plan de nettoyage des infrastructures est mis en place comprenant :

- Nettoyage quotidien des sols et surfaces murales,
- Dépoussiérage et dégraissage des équipements fixes,
- Vérifications périodiques de l'état des structures (murs, plafonds, évacuations).

Tout écart détecté est immédiatement consigné et traité par le service maintenance ou qualité.

La récapitulation des exigences relatives aux locaux est rapportée dans le tableau 6.

Tableau 6 : Récapitulatif des exigences relatives aux locaux

Zone concernée	Type d'entretien	Fréquence	Méthode de vérification	Responsable
Zones de production	Nettoyage humide complet	Quotidien	Contrôle visuel + fiche	Superviseur de production
Zones de stockage matières premières	Nettoyage + contrôle structurel	Hebdomadaire	Inspection qualité	Responsable maintenance
Circuits de circulation	Balayage + désinfection	Quotidien	Contrôle hygiénique	Agent de nettoyage
Toitures, murs, plafonds	Vérification structurelle	Semestrielle	Rapport d'inspection	Responsable HSE

8.4 Potabilité des eaux :

➤ Contrôle de la potabilité des eaux :

L'eau utilisée dans le processus de production alimentaire doit répondre aux exigences de potabilité pour éviter tout risque de contamination des produits. L'eau de procès est soumise à des contrôles réguliers pour garantir sa conformité sanitaire.

➤ Surveillance de la qualité de l'eau :

L'eau utilisée dans la fabrication de la semoule et du couscous provient d'un réseau sécurisé et est soumise à :

- Des contrôles physiques et chimiques réguliers (température, odeur, couleur),
- Des analyses microbiologiques pour vérifier l'absence de germes pathogènes (Coliformes, E. coli, etc.). Chaque lot de production est lié aux résultats des analyses de l'eau pour garantir la continuité documentaire de la traçabilité.

Procédures de contrôle appliquées chez SOPI :

- Réalisation d'analyses d'eau par le laboratoire interne et des contre analyses de confirmation mensuelle par un laboratoire accrédité externe,
- Surveillance interne quotidienne des paramètres critiques (pression, état des filtres).
- Archivage des bulletins d'analyses pour chaque période de production.

En cas de non-conformité détectée, la production est immédiatement suspendue et des actions correctives sont déclenchées (tableau 7).

Tableau 7: Récapitulatif du contrôle de l'eau

Paramètre contrôlé	Fréquence	Méthode d'analyse	Responsable
Température, odeur, couleur	Quotidienne (sur site)	Contrôle visuel	Agent de maintenance
Pression des filtres	Quotidienne	Manomètre de contrôle	Responsable maintenance
Paramètres microbiologiques	Annuelle (externe)	Analyses laboratoire accrédité	Département contrôle qualité

8.5 Lutte contre les nuisibles :

La présence de nuisibles (insectes, rongeurs, oiseaux) dans les zones de production représente un risque majeur pour la sécurité alimentaire. Un programme de lutte contre les nuisibles est appliqué pour prévenir toute contamination directe ou indirecte des produits alimentaires tracés.

Mesures préventives mises en place :

Pour limiter l'accès des nuisibles aux locaux de production, SOPI applique plusieurs mesures structurelles et organisationnelles :

- Installation de grilles anti-rongeurs aux ouvertures,
- Pose de moustiquaires aux fenêtres,
- Interdiction de laisser des résidus alimentaires non protégés.

Programmes de surveillance et d'intervention :

Un plan de surveillance est mis en place avec :

- Dispositifs de piégeage et de détection (plaques collantes, pièges appâtés),
- Contrat annuel par un prestataire spécialisé en dératisation et désinsectisation.
- Inspections internes hebdomadaires réalisées par le service hygiène (tableau 8). En cas de détection d'une activité anormale, des interventions correctives immédiates sont déclenchées.

Tableau 8 : Récapitulatif du programme de lutte contre les nuisibles.

Action	Fréquence	Mode de vérification	Responsable
Inspection des dispositifs de piégeage	Hebdomadaire	Rapport d'inspection interne	Inspecteur HSE
Entretien des barrières physiques	Trimestrielle	Fiche de maintenance	Service maintenance
Intervention d'une société externe	Trimestrielle ou sur alerte	Rapport d'intervention	Entreprise spécialisée
Nettoyage des zones à risque	Quotidienne	Contrôle visuel	Agent de nettoyage

8.6 Stockage et transport :

Le stockage et le transport des matières premières, des produits semi-finis et des produits finis représentent des étapes critiques dans la maîtrise de la sécurité alimentaire. Des procédures spécifiques sont mises en œuvre pour garantir que les produits tracés conservent leur qualité et leur intégrité jusqu'à leur livraison finale.

Conditions de stockage :

Le stockage des matières premières et des produits finis couscous respecte des critères spécifiques :

- Maintien d'une température et d'une hygrométrie contrôlées,
- Entrepôts propres, ventilés et organisés selon la règle du "premier entré, premier sorti" (FIFO),
- Séparation physique entre produits finis, matières premières et produits non conformes.

Chaque lot de produit est identifié par un numéro de lot pour assurer la traçabilité.

Conditions de transport :

Lors de l'expédition, SOPI veille à :

- Utiliser des camions propres, dédiés au transport de denrées alimentaires,
- Vérifier l'état de propreté et la température des véhicules avant chargement,
- Charger les palettes de manière à éviter tout risque de d'endommagement du produit.

Le transport est enregistré par des documents logistiques internes (fiche de chargement, fiche de livraison), garantissant la continuité de la traçabilité jusqu'au client (tableau 9).

Tableau 9 : Récapitulatif des exigences de stockage et de transport

Opération	Fréquence	Méthode de vérification	Responsable
Contrôle des conditions de stockage	Quotidienne	Fiche de contrôle visuel	Responsable magasin
Contrôle des camions avant chargement	A chaque expédition	Check-list de transport	Responsable logistique
Suivi FIFO	Permanent	Logiciel de gestion + contrôle qualité	Responsable stock

9 Surveillance des mesures de maîtrise :

Elle se fait selon des Programmes Prérequis Opérationnel (PRPo), détaillés dans le tableau 10.

Tableau 10: Programme des Pré requis Opérationnel (PRPo)

PRPo N°	Étape	Danger	Mesures de maîtrise	Surveillance	Actions correctives	Enregistrements
Nettoyage blé : N°1	Nettoyage blé	Persistance : biologique et physique	Respecter les conditions de nettoyage (étape nettoyage et passage par trieur optique)	Présence ou absence des impuretés	Réglage des équipements de nettoyage	Fiche suivi nettoyage blé
Repos blé N°3	Repos blé, Stockage produit fini, Silo	Multiplication microbienne	Respecter le temps et l'humidité	Humidité et le temps	Réglage débit d'eau	Fiche suivi repos blé
Désinfection d'eau N°2	Chloration Traitement UV	Persistance biologique	Injection de chlore Passage lampe UV	Chlore libre et intensité UV	Augmentation taux du chlore, intervention sur la lampe	Bulletin d'analyses eau potable, fiche suivi lampe UV
Filtration d'eau N°7	Filtration	Contamination physique	Elimination danger physique	ΔP	Entretien des filtres	Fiche suivi filtration, fiche entretien
Cuisson couscous N°6	Cuisson	Persistance biologique	Respect des paramètres cuisson	Température et temps de passage	Ajustement température,	Logiciel SERA
Tamissage N°4	Tamissage	Persistance physique	Elimination des dangers physiques	État des mailles de tamis	Intervention sur les tamis	Fiches suivi état des tamis
Rétention des métaux N°5	Nettoyage blé dur	Persistance physique	Détection des métaux par attraction	État de fonctionnement	Intervention sur l'aimant	Surveillance nettoyage

10 Points Critiques de Contrôle (Ccp)

Les Points Critiques de Contrôle (Ccp) sont rapportés par le tableau 11.

Tableau 11 : Points Critiques de Contrôle (Ccp)

Ccp N°	Étape	Danger	Mesures de maîtrise	Surveillance	Actions correctives	Enregistrements
Stockage blé Ccp N° 1	Stockage blé	Multiplication biologique	Respect de l'humidité et température	Humidité Température	Ventilation	Logiciel SERA
Détection des métaux CCP N°2	Conditionnement	Persistance débris métallique	Élimination produit avec un corps étranger	Sensibilité de détecteur	Réglage du détecteur	Fiche suivi détecteur métaux
Séchage couscous Ccp N°3	Séchage. Refroidissement. Stock silo avant conditionnement.	Persistance biologique	Respect les conditions de séchage et refroidissement	Temps température humidité relative	Réajustement de la température	Logiciel SERA

11 Réalisation d'un test de traçabilité à SOPI

11.1 Présentation du produit testé

À l'issue de cette phase préparatoire, un test de traçabilité en aval a été réalisé au mois de **Mars 2025**, en s'appuyant sur une fiche de test interne. Le test a porté sur un paquet de couscous moyen conditionné en paquet de 1Kg, identifié sous le numéro de lot 18C GC1, fabriqué le 18 février 2025 par l'équipe C 1, conditionneuse GC1. Heure 12H 52.

Le but était de retracer à partir du produit fini, toutes les étapes de fabrication et de contrôle jusqu'à la réception de la matière première, afin d'évaluer l'efficacité des outils technologiques dans la continuité de la traçabilité.

❖ Fiche technique :

La fiche technique du produit testé (figure 14) comporte les données englobées dans tableau 12.



Figure 14 : Produit testé (couscous moyen 1KG)

Tableau 12 : Fiche technique du paquet de couscous testé

Rubrique	Détail
1. Produit	Couscous Moyen
2. Ingrédients	Semoule de blé dur, eau potable
3. Caractéristiques physico-chimiques	Taux d'humidité $\leq 13,5 \%$; Matières étrangères $\leq 0,05 \%$; Granulométrie homogène
4. Microbiologique	Conforme aux normes algériennes : absence de salmonelles, $<10^2$ UFC/g coliformes
5. Conditionnement	Sachets cellophane 500 g, 1 kg ou selon demande client
6. Conservation	12 mois à partir de la date de fabrication dans un endroit sec et frais
7. Valeur nutritionnelle (pour 100 g)	Énergie : 350 kcal ; Protéines : 12 g ; Glucides : 72 g
8. Mode de préparation	Cuisson à la vapeur, traditionnelle ou rapide selon instructions
9. Population cible	Tout public, sauf personnes allergiques au gluten
10. Usage final	Préparation culinaire (plats traditionnels, accompagnements)
11. Conformité réglementaire	Conforme aux normes algériennes en vigueur pour les produits céréaliers
12. Traçabilité	Chaque lot est identifié par un numéro unique permettant son suivi complet
13. Certification qualité	Produit certifié selon les standards ISO 22000 pour la sécurité alimentaire
14. Impact environnemental	Production respectueuse de l'environnement avec une gestion optimisée des ressources

❖ **Fiche du test de traçabilité:**

Les étapes du test réalisé sont résumées dans le tableau 13.

Tableau 13 : Fiche interne de test traçabilité

Étapes	Document vérifié
Achat	➤ Fiche des fournisseurs (OAIC)
	➤ Fiche technique du blé (confidentielle)
Réception	➤ Bulletin d'analyse Géstar
	➤ Fiche du contrôle de l'emballage
Stockage	➤ Fiche conditions de stockage de la matière première
Eau de procès	➤ Bulletin d'analyse
	➤ Fiche de suivi des filtres d'eau (entretien) + (pression)
Préparation du produit	➤ Bulletins
Conditionnement	➤ Suivi des détecteurs des métaux
	➤ Bulletin surveillance
Expédition	➤ Fiche transfert du produit
	➤ Fiche de contrôle des conditions de stockage
	➤ Fiche palette
	➤ Fiche libération
	➤ PV de chargement

III. Résultats et discussion

Résultats et discussion

La première étape de notre expérimentation sur la traçabilité descendante a consisté à vérifier les documents demandés dans la fiche du test de traçabilité, en commençant par l'expédition jusqu'à la réception de la matière première.

A. Résultats des vérifications des documents demandés dans le test de traçabilité.

1 Expédition :

Les informations nécessaires collectées à cette étape sont les suivantes :

1.1 Procès-verbal (PV) du chargement :

Il atteste du respect des conditions de chargement et de transport avant expédition (tableau 14).

Tableau 14 : PV de chargement

Lieu de chargement		Client	
Sarl SOPI		*****	
Fréquence des opérations			
Date de chargement : 20/02/2025 Heure : 09H00		Responsable du chargement : Responsable Magasin Expédition	
Caractéristique de la marchandise			
Type de camion	Matricule	Prestataire	
BEJAIA LOGISTIQUE	*****	*****	
Caractéristique de la marchandise			
Facture N°	Bon de chargement N°	Quantité palettes	
*****	*****	13	
Conditions de chargement			
Favorable : ✓	Défavorable :		

1.2 Fiche libération produits :

La fiche de libération du produit (tableau 15) garantit que le produit fini respecte les exigences qualité avant sa distribution.

Tableau 15 : Fiche de libération du produit

Type	Date de fabrication	Numéro du lot	Nombre de palettes	Quantité	Conformité
Couscous moyen	18/02/2025	GC1	13	13000	Conforme

Heure de libération : 14h07

1.3 Fiche de transfert du produit fini :

La fiche de transfert des produits finis établie par le service Conditionnement P&C, réceptionnée par le département Expédition et vérifiée par le Laboratoire, constitue un outil clé permettant d'assurer la traçabilité interne et le suivi logistique des produits lors de leur transfert. Elle est présentée dans le tableau 16. Date : 18/02/2025. Heure : 11h00/14h00. Equipe : C

Tableau 16 : Fiche du transfert du produit fini

Type de produit			Gamme	Nbr de palette	Quantité livrée	Quantité reçue
Couscous	Moyen	1 kg	Mama	13	1300	13000

Interprétation : l'ensemble des documents d'expédition, notamment le PV de chargement, les fiches palettes, les fiches de libération et les fiches de stocks des produits finis, comportent toutes les informations nécessaires conformément aux exigences internes de l'entreprise.

▪ **Check-list de la vérification stockage :**

Les Check-list sont collectées dans le tableau 17.

Tableau 17: Check-list de vérification des conditions de stockage.

Zone à vérifier/ paramètre de vérification	Indentification zones de stockage		Identification du produit stocké		Respect de séparation des produits finis selon leur nature		Respect d'espacement entre les produits		Respect d'empilement des produits stockés		Respect de la méthode FIFO	
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC
Sous-sol	✓		✓			x		x	✓		✓	
Niveau 01	✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Niveau 02	✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Zone stockage Semoule/Farine	✓		✓			x	✓		✓		✓	
Zone Tampon P&C		x	✓		✓		✓		✓		✓	
Zone stockage du produit fini	✓		✓		✓		✓		✓		✓	
Taux de conformité	83%		100%		67%		83%		100%		100%	

C : Conforme, NC : Non Conforme

2 Conditionnement

À ce stade, nous avons examiné les documents et les historiques du suivi, liés au conditionnement pour le 18/02/2025, notamment les fiches de surveillance des détecteurs de métaux, afin de confirmer la conformité des opérations.

Le Tableau 18 et Tableau 19 présentent les enregistrements des vérifications régulières effectuées sur les détecteurs, confirmant leur bon fonctionnement

Tableau 18 : Suivi des détecteurs des métaux

Heure	Vérification	Fonctionnement		Observation
		Conforme	Non conforme	
08h30	Ayoub	x		/
09h30	Oussama	x		/
10h30	Ayoub	x		/
11h30	Oussama	x		/
12h30	Ayoub	x		/

Tableau 19 : Surveillance des détecteurs des métaux

Heure	Vérification	Fonctionnement	Observation
08h30	Ayoub	Conforme	/
09h30	Oussama	Conforme	/
10h30	Ayoub	Conforme	/
11h30	Oussama	Conforme	/
12h30	Ayoub	Conforme	/
13h30	Oussama	Conforme	/

Interprétation : Les résultats présentés dans les tableaux 18 et 19 montrent que les vérifications des détecteurs de métaux ont été réalisées à intervalles réguliers tout au long de la journée. L'ensemble des enregistrements confirment un bon fonctionnement des dispositifs, avec une conformité systématique à chaque contrôle, sans observations particulières ni anomalies détectées.

3 Préparation du produit :

Dans cette section, nous présentons les résultats des contrôles qualité réalisés sur le couscous, en remontant jusqu'aux matières premières, afin de s'assurer de la conformité à chaque étape de production.

3.1 Résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques :

Le tableau 20 présente les caractéristiques chimiques du produit fini "Couscous Moyen 1Kg" analysé à 8h20.

- **Le produit conditionné :**

Tableau 20 : Paramètre physico-chimiques du produit conditionné

Heure d'analyse	Produit	Protéines %	Humidité %	Taux de cendres %
8H 20	CM1KG	13.0	12.0	0.99

CM : Couscous Moyen

- **Le produit semi-fini (couscous semi)**

Les analyses des produits semi-finis (couscous semi) effectuées par l'appareil Infratec, ont fourni les résultats reportés dans le tableau 21.

Tableau 21 : Résultats de l'analyse à l'Infratec pour le produit semi-fini

Heure d'analyse	Produit	Lieu de prélèvement	Protéines %	Humidité %	Cendres %
8H 20	CM	PL1200	13.6	12.3	0.98
8H 20	CM	PL1500	13.8	12.4	0.98

▪ Semoule couscous :

Les analyses du produit fini de la semoule, réalisées à l'aide de l'analyseur de ligne, ont permis d'obtenir les résultats en tableau 22.

Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la semoule couscous (Analyseur)

Heure de prélèvement	Ligne de production	Pro%	H%	C%	Gluten Sec	Gluten Index	Indice de couleur	
8H 20	1500/1800	14.45	13.65	1.09	12.9	59.45	L*81.6	B*33.6

Pro : protéines, H : humidité, C : cendres

▪ Le semi fini blé :

Les analyses des semoules semi-finie, effectuées par l'appareil Infratec, ont fourni les résultats reportés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Résultats de l'analyse physico-chimique du semi fini blé

Paramètre % / heure	16H00	19H00	22H00	1H00	4H00
Protéines %	15.20	ARRET	15.20	15.20	15.20
Humidité %	14.80	ARRET	14.80	14.80	14.80
Cendres %	0.99	ARRET	0.99	0.99	1

Interprétation

Les différents résultats obtenus mettent en évidence l'évolution des principaux paramètres physico-chimiques tout au long du processus de production, depuis le produit semi-fini jusqu'au produit fini. On observe une tendance générale à la diminution progressive du taux de protéines après chaque étape de transformation, ce qui est cohérent avec les pertes attendues au cours des procédés mécaniques, thermiques et de tamisage. Concernant l'humidité, les résultats montrent une maîtrise satisfaisante à toutes les étapes, avec des valeurs alignées sur les normes du Codex Alimentarius, garantissant la stabilité microbiologique et la bonne conservation du produit. Le taux de cendres (ou matière minérale), quant à lui, reste stable et conforme aux exigences normatives (maximum 0,9 % selon le Codex pour le couscous), confirmant le respect des standards de qualité attendus. Globalement, l'interprétation de ces résultats permet de conclure à la bonne gestion des

paramètres critiques de production, assurant la conformité des produits aux spécifications internes de l'entreprise SOPI et aux référentiels internationaux.

▪ **Gonflement :**

Ses résultats sont reportés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Indice de gonflement du couscous

Indice de gonflement			
Heure d'analyse	Produit	Lieu de prélèvement	A 30min
8H20	CM	PL 1200	2.67
	CM	PL 1500	2.60
	CM 1kg	CDT	2.70

PL : Ligne de production / CDT : Conditionnement

▪ **Indice de couleur (Colorimétrie) :**

Il est mentionné dans les tableaux 25 et 26.

Tableau 25 : Indice de couleur du couscous

Indice de couleur					
Heure d'analyse	Produit	Lieu de prélèvement	Paramètres		
			L	A	B
9H 00	CM	PL 1200	70.35	/	40.46
	CM	PL 1500	71.22	/	41.64
10H00	CM 1KG	CDT	72.89	/	41.56

PL : Ligne de production / CDT : Conditionnement / L : Clarté / B : Indice de jaune

Tableau 26 : Résultats de la colorimétrie de la semoule semi finie

Heure d'analyse	Indice de couleur
16H00	L :83.64
	B :31.75
22H00	L :81.25
	B :35.30

L : Clarté / B : Indice de jaune

Interprétation : L'indice de couleur est dans le seuil d'acceptabilité d'après les résultats obtenus, le produit s'avère conforme.

▪ **Granulométrie :**

La granulométrie du couscous moyen nous a fourni les résultats du tableau 27. Les tableaux 28 et 29 en donnent celles des semoules.

Tableau 27 : Granulométrie de la semoule couscous finie

	Heure Prélèvement	Ligne	1600 µm	1400 µm	1250 µm	1000 µm	900 µm	710 µm	630 µm	500 µm	Fond
Semoule couscous	9H30	1200	01	10	41	39	07	02	00	00	00
		1500	02	15	34	36	08	05	00	00	00
Produit CDT	19H00		01	10	38	34	09	06	02	00	00

Tableau 28: Granulométrie de la semoule couscous (process)

Produit	Heure prélèvement	Ligne	630 µm	500 µm	450 µm	355 µm	250 µm	160 µm	Fond
Semoule couscous	9H30	1500	03	27	11	38	14	06	01
	9H30	1200	04	27	12	35	16	05	01

Tableau 29 : Granulométrie de la semoule semi finie

Module / heure	630µm	500µm	450µm	335µm	250µm	160µm	Fond
	4	30	10	38	12	5	1

Interprétation : Tous les tableaux reflètent une granulométrie conforme aux exigences internes de SOPI, avec des distributions cohérentes selon le stade de production (couscous finie, semoule couscous, semoule semi-finie). Aucun écart critique n'est observé.

3.2 Résultats des analyses microbiologiques du couscous :

Ils sont donnés par le tableau 30.

Tableau 30 : Résultats des analyses microbiologiques du couscous

Germes recherche	Unité 01 (UFC)	Unité 02 (UFC)	Unité 03 (UFC)	Unité 04 (UFC)	Unité 05 (UFC)	Critère d'acceptabilité selon JOA n°39-2017	Méthode D'analyse
Moisissures à 25°C	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	(10 ² -10 ³)	NA ISO 21527-2-2011
Clostridium sulfito-réducteur à 46°C	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	(10 ² -10 ³)	15213 NA 15176-2012

ABS : absence

4 Résultats des analyses de l'eau de process

4.1 Résultats microbiologiques :

Ils sont cités dans le tableau 31.

Tableau 31 : Résultats du contrôle microbiologique et physico-visuel de l'eau

Germe recherche	Unité	Valeur limite (ufc)	Critère d'acceptabilité (décret 14-96 mars 2014 / décret 11-219 juin 2011)	Méthode d'analyse
<i>Escherichia coli</i>	n/100ml	0 (Forage : 20)	Abs	MOD-CQ-42
Entérocoques	n/100ml	0 (Forage : 20)	Abs	MOD-CQ-44
Bactéries sulfito-réductrices (les spores)	n/20ml	0	Abs	MOD-CQ-41
Aspect	/	Claire	/	Visuel
Corps étranger	/	Absence	/	Visuel

Les résultats des analyses de l'eau provenant de différentes sources : forage, bache à eau, filtres à sable, filtres à charbon, adoucisseur, chaudière à vapeur (12 tonnes), sont tous résumés dans le tableau 32

4.2 Résultats physicochimiques et variés

Ils sont présentés dans le tableau 32.

Tableau 32 : Résultats de l'analyse de l'eau provenant de différentes sources.

Eau de forage	Heure prélèvement			Aspect		pH		COND			
	8H 30			L		7.39		583			
Eau de la bâche	Heure prélèvement		Bâche 01			Bâche 02					
			Aspect		Chlore libre	As		Chlore libre			
	08H30		L	1.53	L		1.53				
	11H00		L	1.49	L		1.58				
	14H30		L	1.52	L		1.48				
Eau sortie du filtre à sable	Heure		Filtre à sable 1		Filtre à sable 2		Filtre à sable 3		Filtre à sable 4		
			Aspect	Turbidité	Aspect	Turbidité	Aspect	Turbidité	Aspect	Turbidité	
	08H30		L	0.69	L	0	L	0	L	0.91	
Eau sortie du filtre à charbon	Heure prélèvement	Filtre à charbon 1		Filtre à charbon 2		Filtre à charbon 3					
		Aspect	Turbidité	Aspect	Turbidité	Aspect	Turbidité				
	08H30	L	0	L	0	L	0.15				
	13H30	L	0.04	L	0.06	L	0.05				
Eau sortie de l'adoucisseur	Adoucisseur	pH	COND	TH	Cl ⁻	Aspect/corps étrangers					
	A	7	630	0	7.6	L					
	B	7	635	0	50.2	L					
	C	7	643	0	7.2	L					
Bâche Alimentaire	Heure prélèvement	Aspect	T°	pH	COND	TH	Cl ⁻	TA		TAC	
	8H30	L	84	8	425	0	6	1.6		11.6	
Chaudière à vapeur - 12 tonnes	Heure	Aspect	pH	COND	TH	TA	TAC	TA/TAC	SO ³	Cl ⁻	Ca
	8H30	L	12.24	3420	0	74	91	0.81	>40	41	0
Retour Condensat	Heure Prélèvement		Aspect/corps étrangers			pH		COND		TA	
	8H30		L			7.88		7		0	

L : limpide / COND : conductivité

Interprétation : On remarque dans l’ensemble que le pH de l’eau est entre 7 et 8, la turbidité est très faible (0–0,9 NTU), le chlore libre proche de 1,5 mg/l et une absence de corps étrangers. L’eau est donc conforme aux critères de potabilité et aux exigences d’usage en industrie alimentaire

3.3.3. Résultats du suivi de l’entretien de l’eau

Le tableau 33 donne la fiche du suivi des filtres d’eau présentant le contrôle quotidien de trois filtres d'eau du 16 au 19 février 2025. Pour chaque jour (du dimanche au mercredi), ainsi que le suivi de la lampe UV.

Tableau 33 : Résultats du suivi de l’entretien de l’eau

Suivi quotidien des trois filtres d'eau								
Journée	Équipe	Heure	Filtre 1		Filtre 2		Filtre 3	
			C	NC	C	NC	C	NC
Dimanche	/	09H00	✓		✓		✓	
Lundi	/	10H30	✓		✓		✓	
Mardi	/	11H00	✓		✓		✓	
Mercredi	/	11H00	✓		✓		✓	
Suivi de la lampe UV								
Semaines	S1		S2		S3		S4	
Unité	150		131		117		250	

Interprétation : les filtres sont conformes et les lampes UV aux exigences internes de l’entreprise.

▪ **Stockage :**

À cette étape la consommation de la matière première a été réalisée en flux direct, sans passage par les silos de stockage intermédiaire.

Interprétation : Il n’a pas été relevé de susceptibilité de non-conformité, compte tenu du passage direct en production sans étape de stockage prolongé.

5 Réception de la matière première :

Dans cette partie, nous présentons les résultats et les documents liés à la réception des matières premières, permettant de vérifier leur conformité avant l'entrée en production.

✓ Fiche contrôle de l'emballage :

La fiche de contrôle (tableau 34) de l'emballage vérifie la conformité et la qualité des emballages avant leur utilisation en contact avec les denrées alimentaires. **Date du contrôle** : 16 / 02 / 25.

Heure du contrôle : 14h.00. **Type d'emballage** : bobines en cellophane + carton.

Tableau 34 : Fiche contrôle de l'emballage

Paramètre à contrôler	Conforme / Non conforme	Observation
Emballage (Information + logo)	Conforme	
Qualité de l'emballage : • Résistance • Soudure (sac / carton) • Couleurs et qualité d'impression	Conforme	
Dimension (cm)	Conforme	

✓ Bulletin de l'analyse Géstár :

Dans cette étape, nous avons consulté l'historique des analyses réalisées via le Géstár présenté dans les tableaux 35 et 36, afin de vérifier la conformité de la matière première.

Tableau 35 : Résultats de l'analyse physico-chimique avec Géstar

Paramètre	Résultat
Poids spécifique	80.4kg/hl
Protéines	15.5%
Humidité	11.5°
Les impuretés	0.5%.
Grains cassés	5.2%
Impuretés + grains cassés	5.7 %
Bons grains	94.3%
Température	18.2°
Gluten	46%
W	489 (10 ⁻⁴ J)
Zeleny	15ml

Tableau 36 : Informations du lot réceptionné et marqué sur Altsoft

Article	Numéro de lot	Quantité programmée (T)	Tare	Brute	Net
Blé dur importation	40845852	30080	15240	45240	30000

Interprétation : Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques de la matière première (blé dur) utilisée sont globalement conformes aux exigences de qualité et aux normes internationales.

✓ Achat :

Dans cette section, nous vérifions les documents relatifs à l'achat, notamment les fiches des fournisseurs et les fiches techniques, afin de garantir que les matières premières proviennent de sources approuvées et répondent aux exigences établies.

Deux documents sont nécessaires dans l'étape des achats :

- ❖ La fiche technique du blé : conforme selon les normes interne chez SOPI
- ❖ La fiche du fournisseur : conforme

B. Résultats de l'évaluation du test de traçabilité :

Les résultats du test de traçabilité réalisé sur le couscous, sont englobés dans le tableau 37.

Tableau 37 : Résultats de l'évaluation de test traçabilité

Etapes	Document vérifié	Évaluation (C ou NC)
Achat	Fiche des fournisseurs (OAIC)	Conforme
	Fiche technique du blé (confidentielle)	Conforme
Réception	Bulletin de l'analyse Géstar	Conforme
	Fiche du contrôle de l'emballage	Conforme
Stockage	Consommation directe	Conforme
Eau de process	Bulletin d'analyse	Conforme
	Fiche du suivi des filtres d'eau (entretien)	Conforme
Préparation du produit	Bulletins d'analyses	Conforme
Conditionnement	Suivi des détecteurs des métaux	Conforme
	Bulletin de surveillance	Conforme
Expédition	Fiche du transfert du produit	Conforme
	Fiche de contrôle des conditions de stockage	Conforme
	Fiche palette	Conforme
	Fiche libération	Conforme
	PV de chargement	Conforme

✓ **Interprétation des résultats en amont**

02/02 Documents valide : Il s'agit du nombre total des enregistrements exigés dans cette phase, représentant 100 % de disponibilités. On remarque que tous les documents attendus au niveau de la traçabilité en amont ont été retrouvés (fiche fournisseur, fiche d'analyse à la réception du blé), et ils ont été jugés conformes et correctement archivés. Cela témoigne d'un système documentaire bien structuré à ce niveau, permettant une identification claire de la matière première utilisée dans la fabrication du lot de couscous testé.

✓ **Interprétation des résultats en interne**

13/13 Documents valide : Il s'agit du nombre total d'enregistrements exigés pour la partie interne du processus, correspondant également à 100 % de disponibilité.

Cependant, lors de l'exécution du test, nous avons constaté que certains documents n'étaient pas centralisés dans l'intranet de l'entreprise. Leur retrait a nécessité un délai supplémentaire, impliquant un déplacement physique vers plusieurs responsables de service pour accéder aux documents souhaités (bulletins d'analyse, fiches de suivi qualité, fiches de production, etc.).

Cette situation, bien que n'ayant pas entraîné de non-conformité documentaire, révèle une faiblesse organisationnelle au niveau du partage et de la centralisation des informations. Elle pourrait affecter la réactivité de l'entreprise en cas de contrôle urgent ou de retrait produit.

C. Résultats des Programmes Prérequis (PRP) :

Pour calculer le taux de conformité des PRP nous avons utilisé la formule suivante :

$$\text{Taux de conformité} = \left(\frac{\text{Le nombre de paramètre conforme}}{\text{Le nombre de paramètre total}} \right) \times 100$$

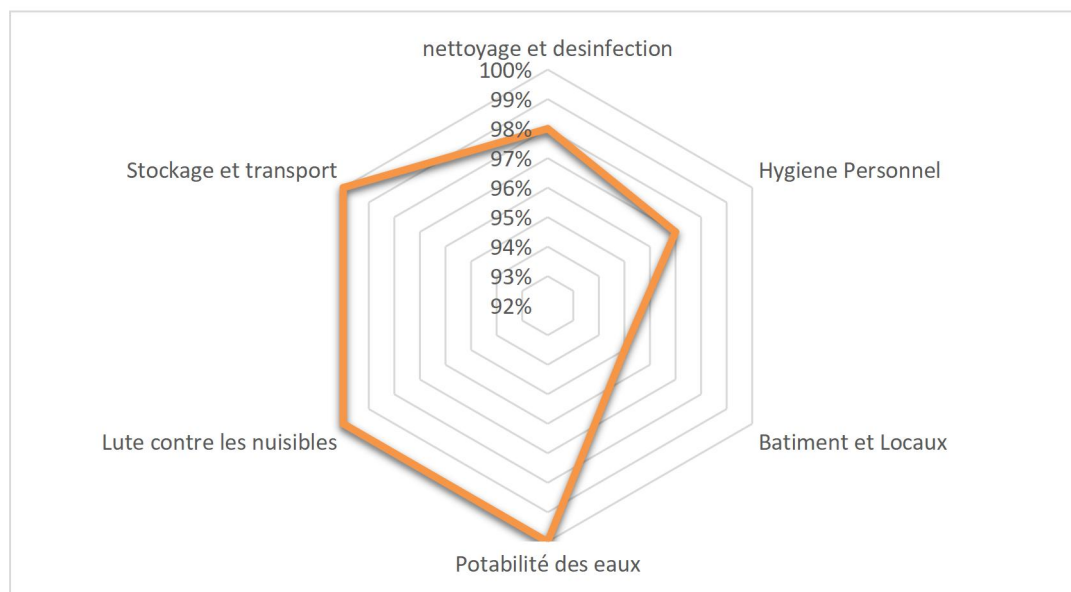
Le tableau 38 présente les résultats de la vérification des PRP à l'aide des check-lists

Tableau 38 : Le taux de conformité des PRP.

PRP	Taux de conformité
Nettoyage et désinfection	98%
Hygiène Personnel	97%
Bâtiment et Locaux	95%
Potabilité des eaux	100%
Lutte contre les nuisibles	100%
Stockage et transport	100%

Évaluation des taux de conformité des programmes prérequis :

Afin de faciliter l'analyse et la visualisation des données, le graphique ci-dessous (figure 15) illustre les taux de conformité finaux des programmes prérequis enregistrés lors de la journée

**Figure 15** : Taux de conformité des PRP

de production du lot de couscous.

Interprétation :**✓ Nettoyage et désinfection :**

Les résultats révèlent un taux de conformité élevé (98%), avec des opérations de nettoyage effectuées régulièrement selon les zones (quotidiennes pour les zones critiques, hebdomadaires ou planifiées pour les équipements spécifiques). Les contrôles visuels

confirment l'efficacité des interventions. Cela garantit une maîtrise des contaminations croisées et une bonne hygiène des surfaces.

✓ **Hygiène Personnel :**

L'analyse des PRP du personnel montre que les exigences en matière d'hygiène individuelle sont globalement respectées : port des EPI, hygiène des mains, absence de bijoux, etc. Quelques non-conformités mineures ont été relevées mais sans impact majeur. Des formations ont été mises en place afin de corriger les écarts identifiés et renforcer la sensibilisation du personnel aux bonnes pratiques

✓ **Bâtiment et locaux :**

Les résultats attestent de la conformité des infrastructures (propreté, matériaux adaptés, séparation des zones). Les taux de conformité des locaux sont élevés dans la majorité des zones (95 %).

✓ **Potabilité des eaux :**

Après vérification des traitements appliqués à l'eau de process, ainsi que le suivi régulier des lampes UV et des systèmes de filtration (tableaux 32 et 33), les résultats indiquent que les PRP relatifs à la potabilité de l'eau sont conformes aux exigences, garantissant ainsi une eau apte à l'usage alimentaire.

✓ **Lutte contre les nuisibles :**

Les données rapportées indiquent l'absence d'activité nuisible détectée.

✓ **Stockage et transport :**

L'ensemble des paramètres liés au transport (propreté des camions, hygiène des livreurs, séparation des produits) est jugé conforme à 100 %. Quant au stockage, l'analyse visuelle des conditions de stockage, appuyée par les contrôles enregistrés, montrent que les paramètres requis en termes de propreté, d'organisation et d'isolement des zones, sont respectés. Ainsi, le PRP relatif au stockage est jugé conforme, assurant la préservation de l'intégrité des matières et produits stockés.

D. Résultats de l'évaluation des PRPo (Programmes Prérequis opérationnel) :

Les PRPo enregistrés en fiches sont rapportés dans le tableau 39.

Tableau 39 : Différents PRPo suivis

PRPo 1. Surveillance du nettoyage blé dur															
Equipe	Heure	Séparateur/tarare		Table densimétrique /		Trieur mécanique		Toboggan		Trieur optique		Pression	Etat de l'aiment		
				Epierreur											
		C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	NC	C
EQ1	9H30	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
	10H30	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
	11H30	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
EQ2	12H30	✓		✓			x	✓		✓		✓		✓	
	14H00	✓		✓			x	✓		✓		✓		✓	
	15H00	✓		✓			x	✓		✓		✓		✓	
PRPo 3. Suivi du repos du blé															
Heure	Humidité Initial (B. Sale)	Humidité finale (AV. B1)	Quantité d'eau Ajoutée (L/h)	Débit(t/h)	Observation										
19H00	Arrêt				Silo plein										
22H00	09 .00	16.2	1417	16.5											
01H00	12	16.3	847	16.5											
04H00	12.1	16.2	807	16.5											

PRPo 4. Suivi de la mouture du blé

Heure	Etat des tamis planchister		Etat des tamis sasseur		Pression manomètres filtres		Etat des tamis		Observation
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	
9H30	✓		✓		✓		/	/	/
10H30	✓		✓		✓		/	/	/
11H30	✓		✓		✓		/	/	/
12H30	✓		✓		✓		/	/	/
14H00	✓		✓		✓		/	/	/
15H00	✓		✓		✓		/	/	/

PRPo4. Suivi des tamis du couscous

Heure	Etat des tamis de sureté ligne 1200		Etat des tamis de sureté ligne 1500			Etat des tamis de sureté ligne 1800			Observation
	C	NC	C		NC	C		NC	
9H00	✓		✓			✓			/
12H00	✓		✓			✓			/
15H00	✓		✓			✓			/

PRPo 5. Suivi Nettoyage blé

Heure	Séparateur/ Tarare		Table densimétrique /		Trieur mécanique		Toboggan		Trieur optique		Pression		Etat de l'aimant	
	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC	C	NC
9H30	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
10H30	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
11H30	✓		✓		✓		✓		✓		✓		✓	
12H30	✓		✓			x	✓		✓		✓		✓	
14H00	✓		✓			x	✓		✓		✓		✓	
15H00	✓		✓			x	✓		✓		✓		✓	

PRPo n°2 : Contrôle de désinfection d'eau

→ Les résultats sont présentés dans le tableau relatif au bulletin d'analyses de l'eau potable, ainsi que dans la fiche de suivi des lampes UV (**Tableaux 32 et 33**).

PRPo n°7 : Efficacité du système de filtration d'eau

→ Cette étape est documentée à travers la fiche de suivi des filtres et la fiche d'entretien du système.

PRPo n°6 : Surveillance du Cuisson couscous

→ Le suivi de cette étape est effectué à l'aide du **logiciel SERA**, qui enregistre en temps réel les paramètres de température, de pression et de durée appliqués lors du processus de cuisson.

Interprétation : Les différents enregistrements réalisés, confirment que cette étape critique a été correctement suivie, contribuant à la conformité globale du processus de préparation de la matière première.

E. Résultat des ccp :

- **Séchage et stockage du blé**

Pour le stockage du blé et le séchage, nous avons constaté, à travers le logiciel SERA, que les paramètres critiques étaient conformes aux exigences internes de SOPI.

- **Détecteur des métaux**

Les résultats relatifs au détecteur des métaux sont attestés par la fiche de suivi déjà mentionnée (**Tableau 18**), garantissant le bon fonctionnement de l'équipement.

E. Identification des technologies utilisées et leur intérêt

Pour l'identification des technologies et de leurs avantages en rapport avec le temps et la durée de l'analyse, une comparaison (tableau 44), entre les résultats obtenus par le Géstár, l'Analyseur de ligne et l'Infratec et ceux obtenus au laboratoire a été effectuée afin de déceler l'intérêt de ces technologies dans le contrôle des matières premières et du produit fini et par la suite, leur effet sur l'efficacité de la traçabilité et des enregistrements des résultats.

Tableau 40 : Comparaison des résultats des technologies utilisées avec ceux du laboratoire

Géstár et laboratoire				
Appareil / paramètre	Protéines (%)	Humidité (%)	Poids spécifique (g)	Facteur temps
Géstár	18.5	11.62	80.61	5 minutes
Laboratoire	18.49	11.63	80.62	2 heures
Analyseur de ligne et laboratoire				
Appareil / paramètre	Protéines (%)	Humidité (%)	Cendres (%)	Facteur temps
Analyseur de ligne	14.57	13.64	1.102	1 seconde
Laboratoire	14.45	13.65	1.09	4 heures
Infratec et laboratoire				
Appareil / paramètre	Protéines (%)	Humidité (%)	Cendres (%)	Facteur temps
Infratec	13.0	12.0	0.99	10 secondes
Laboratoire	13.2	12.0	0.98	4 heures

Interprétation : Les écarts entre les méthodes du Géstár et celles du laboratoire sont minimales, avec une très légère variation dans les taux de protéines, d'humidité et du poids spécifique. Cela montre que le Géstár offre une précision satisfaisante, tout en réduisant considérablement le temps d'analyse (5 minutes contre 2 heures). L'avantage opérationnel est donc notable, en particulier à la réception des matières premières, où la rapidité et l'autonomie du système renforcent l'efficacité du processus de traçabilité. Pour les valeurs enregistrées à partir de l'Analyseur et celles du laboratoire, elles sont très proches, avec un écart négligeable sur les taux de protéines, d'humidité et de cendres. L'analyseur se distingue toutefois par son extrême rapidité (1 seconde), contre 4 heures au laboratoire. Cet outil permet donc un suivi en temps réel des paramètres critiques, ce qui améliore la réactivité en cas de dérive et renforce le contrôle qualité intégré à la chaîne de production. Enfin, on observe que les écarts entre les résultats de l'Infratec et du laboratoire sont très faibles, ce qui confirme la fiabilité de l'Infratec pour l'analyse de la semoule. De plus, le facteur temps est un avantage notable : 10 secondes avec Infratec contre 4 heures en laboratoire. Cela démontre un gain de temps considérable pour des résultats similaires, permettant ainsi une prise de décision rapide sans compromettre la qualité des données.

Discussion générale :

L'évaluation de la fiche test de traçabilité effectuée dans le cadre de cette étude a montré une conformité totale à chaque étape du processus, depuis l'achat des matières premières jusqu'à l'expédition du produit fini. Cette conformité est attestée par la présence de tous les documents requis (fiches fournisseurs, bulletins d'analyse, fiches de suivi, PV de chargement, etc.) et leur concordance avec les exigences du système qualité en place. La capacité de reconstituer rapidement l'historique complet d'un produit démontre l'efficacité du système de traçabilité mis en œuvre.

Ces résultats corroborent ceux rapportés par **Merten *et al.* (2007)**, qui soulignent que les systèmes de traçabilité bien structurés permettent non seulement de garantir la sécurité alimentaire, mais également de renforcer la confiance du consommateur et d'améliorer la gestion des risques en cas d'incident sanitaire. Par ailleurs, **Golan *et al.* (2004)** indiquent que l'efficacité d'un système de traçabilité repose sur la continuité et la fiabilité des données enregistrées, deux critères qui ont été pleinement respectés dans le cadre de notre étude. En comparaison avec les travaux de **Bosona et Gebresenbet (2013)**, qui ont mis en évidence des défaillances dans les systèmes de traçabilité dans certains pays en développement (notamment au niveau de la collecte de données au stade de la production), notre étude montre que l'application rigoureuse de

procédures documentées et le

suivi systématique des lots permettent de pallier ces faiblesses et de garantir une traçabilité ascendante et descendante efficace.

De plus, l'analyse de la traçabilité réalisée dans notre travail rejoint les conclusions de **Bechini *et al.* (2008)**, selon lesquelles un système informatisé, combiné à une gestion rigoureuse des documents physiques en optimisant la traçabilité tout en assurant la conformité réglementaire et commerciale.

Cela est particulièrement important dans le contexte algérien où les normes locales (ex. : décret exécutif n° 05-467 du 10 décembre 2005 relatif à la qualité des produits laitiers) exigent des preuves tangibles de la traçabilité dans le cadre des contrôles de conformité. Aussi, les résultats obtenus à travers l'utilisation des trois équipements de traçabilité -Géstar, Analyseur de ligne et Infratec- montrent une rapidité et une fiabilité remarquables dans la collecte et le traitement des données relatives à la qualité et à la conformité des produits. Ces machines permettent une analyse quasi instantanée, facilitant ainsi une prise de décision rapide tout au long du processus de production. Le Géstar, par exemple, fournit des bulletins d'analyse précis en temps réel qui permettent de vérifier la conformité des matières premières à leur réception. Cette rapidité d'analyse réduit les délais entre la réception et la mise en production, contribuant à un meilleur contrôle qualité, comme le confirme l'étude de **Liu *et al.* (2018)** qui met en avant l'importance des systèmes d'analyse en ligne pour l'optimisation des processus agroalimentaires. Ceci dit, l'analyseur de ligne joue un rôle clé en permettant une mesure continue et non destructive des paramètres critiques durant la fabrication, ce qui limite les pertes et garantit la constance du produit fini. Selon **Wang *et al.* (2019)**, les analyseurs en ligne sont essentiels dans les industries alimentaires modernes pour garantir la traçabilité en temps réel, tout en réduisant le recours à des tests en laboratoire souvent plus longs et coûteux. Pour terminer, l'appareil Infratec est reconnu pour sa précision dans l'analyse spectroscopique des matières premières, notamment pour la quantification des composés organiques et humides. Les résultats obtenus avec Infratec concordent étroitement avec ceux des analyses classiques de laboratoire, ce qui valide la fiabilité de cette technologie. Ce point est également soutenu par les travaux de **Jones *et al.* (2017)**, qui démontrent que les technologies infrarouges offrent une alternative rapide et non destructive à la spectrométrie de laboratoire conventionnelle.

Dans l'ensemble, la combinaison de ces trois technologies permet d'assurer une traçabilité fiable, rapide et efficace, comparable -voire supérieure en termes de réactivité- aux analyses traditionnelles au laboratoire. Cette synergie contribue à la réduction des coûts, à l'amélioration de la qualité du produit, et à une meilleure maîtrise des processus industriels.

Conclusion

Conclusion :

Ce travail a permis d'évaluer l'impact des technologies appliquées sur la traçabilité alimentaire au sein de l'industrie SOPI, en suivant un protocole expérimental rigoureux basé sur un test de traçabilité descendante, tout en mobilisant des outils modernes tels que le Géstar à la réception, l'analyseur de ligne en production et l'Infratec dans l'analyse de la qualité des produits semi-finis et finis. Il a été possible de collecter et d'interpréter un ensemble de données détaillées couvrant l'ensemble de la chaîne de transformation, du blé au couscous conditionné.

Les résultats obtenus ont montré une complémentarité entre les technologies du terrain et les analyses de laboratoire. Les valeurs enregistrées entre appareils et laboratoire sont généralement proches, ce qui nous mène à conclure que l'avantage majeur des équipements automatisés réside dans le gain du temps considérable et le suivi de la qualité et de la production en temps réel. Ces avantages permettent de limiter les interruptions de production, de réduire les non-conformités et d'optimiser l'organisation du travail au sein des zones de production et du laboratoire de contrôle de qualité.

Le Géstar en particulier a transformé les pratiques de réception en permettant d'automatiser l'échantillonnage et l'analyse, évitant ainsi les manipulations manuelles à risque et réduisant la durée du contrôle à quelques minutes. De même, l'analyseur de ligne et l'Infratec ont apporté un suivi précis et constant des paramètres critiques tout au long du process. Leur contribution dépasse le simple contrôle qualité : ils participent au fait au système de traçabilité en fournissant un historique clair en cas de réclamation ou de retrait du produit.

Cependant, certaines limites ont été observées lors de la vérification des programmes prérequis et de certains points critiques. Ce qui confirme que l'entretien et la maintenance des équipements nécessitent souvent l'intervention de techniciens spécialisés, parfois étrangers, entraînant ainsi des délais et des coûts supplémentaires. De plus, ces technologies nécessitent des calibrations régulières et un investissement initial important. Bien qu'elles apportent des avantages indiscutables, leur utilisation peut être limitée pour ces raisons.

Enfin, certaines perspectives sont à proposer pour renforcer encore la traçabilité et la performance de l'entreprise, dont l'utilisation de moyens numériques comme l'ERP (Entreprise Resource Planning), tel qu'Odoo, un logiciel permettant de centraliser toutes les informations issues des différents équipements, et facilitant ainsi le suivi de la qualité, de la maintenance, de la logistique et de la traçabilité, la blockchain pour assurer une traçabilité totalement transparente et infalsifiable, en enregistrant chaque étape de la production et du contrôle qualité dans un registre

distribué et finalement, l'introduction de QR codes pour la palettisation en apposant un code QR sur chaque palette permettra de regrouper en un seul scan toutes les informations relatives au lot, à la traçabilité, aux certificats de qualité et aux résultats d'analyse. Ce système améliorerait la rapidité et la fiabilité des opérations logistiques, faciliterait le suivi en entrepôt et renforcerait la précision des expéditions. Toutes ces solutions permettraient à SOPI de renforcer la qualité de ses produits et de leur conformité réglementaire dans un contexte agroalimentaire de plus en plus exigeant et mondialisé.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- **Akanea.** (n.d.). *Comprendre la traçabilité alimentaire dans l'agroalimentaire*. Consulté le 15 février 2025, à l'adresse <https://akanea.com/agroalimentaire/glossaire-agroalimentaire/definition-tracabilite-alimentaire/>
 - **Bechini, A., Cimino, M. G. C. A., Marcelloni, F., & Tomasi, A. (2008).** Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business. *Information and Software Technology*, 50(4), 342-359.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584907000213>
 - **Bosona, T., & Gebresenbet, G. (2013).** Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control*, 33(1), 32-48.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713513000790>
 - **BOUDREAU, A. et MENARD, G.,** ‘Le blé, éléments fondamentaux et transformation’, 4^e trimestre presse université Laval, (1992), 439P.
 - **Boukhelifa, M., Semmar, N., & Bensid, A. (2015).** Etude technologique du couscous traditionnel. *Revue des Sciences et Technologies Agroalimentaires*, 6(2), 45-53.
 - **Carrefour. (2019).** "Carrefour lance la blockchain alimentaire." Disponible sur : <https://www.carrefour.com>.
 - **Cheftel, J. C., Cuq, J. L., & Lorient, D. (1985).** *Introduction à la chimie et physico-chimie des aliments*. Lavoisier.
 - **Dabbene, F., Gay, P., & Tortia, C. (2014).** "Traceability issues in food supply chain management: A review." *Biosystems Engineering*, 120, 65-80.
 - **FEILLET, P.,** ‘Le grain de blé : composition et utilisation’, INRA, Paris, (2000), 308p.
 - **García-Herrero, L., Costas, M., Gutiérrez, J. M., & de Llera, E. (2016).** "Warehouse management systems and their impact on traceability in food logistics." *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 623-632.
 - **Golan, E., Krissoff, B., Kuchler, F., Calvin, L., Nelson, K., & Price, G. (2004).** *Traceability in the U.S. food supply: Economic theory and industry studies*. U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
 - **GS1 France. (2005).** *Les codes-barres et la traçabilité des produits*. GS1 France.
 - **GS1. (2021).** *Introduction to Barcodes*. GS1 Official Documentation.
 - **Jones, P., Smith, R., & Williams, J. (2017).** Application of near-infrared spectroscopy for rapid quality assessment in food processing. *Food Chemistry*, 220, 451-460.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.045>
 - **Karlsen, K. M., Dreyer, B., Olsen, P., & Elvevoll, E. O. (2011).** Literature review: does a common theoretical framework to implement food traceability exist? *Food Control*, 22(2), 251-258.
-

- **Kelepouris, T., Pramataris, K., & Doukidis, G. (2007).** "RFID-enabled traceability in the food supply chain." *Industrial Management & Data Systems*, 107(2), 183-200.
 - **Keyence France.** (n.d.). *Qu'est-ce que la traçabilité ?*. Consulté le 15 février 2025, à l'adresse https://www.keyence.fr/ss/products/marketing/traceability/basic_about.jsp
 - **Kumar, P., Nayyar, A., Pathak, N., & Gupta, C. (2020).** *Blockchain and IoT-based food traceability for smart agriculture: A systematic review*. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124504.
 - **Larousse.fr.** (n.d.). *Définition de la traçabilité*. Consulté le 15 février 2025, à l'adresse <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/tra%C3%A7abilit%C3%A9/78831>
 - **Laubacher, R., Malone, T. W., & Dellarocas, C. (2000).** "The Dawn of the E-Lance Economy." *Harvard Business Review*, 78(9), 81-90.
 - **Liu, Y., Zhao, X., & Chen, J. (2018).** Implementation of real-time monitoring system in agro-food industry: A case study on grain quality control. *Journal of Food Engineering*, 238, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.05.011>
 - **Luning, P. A., & Marcelis, W. J. (2009).** A conceptual model of food quality management functions based on a techno-managerial approach. *Trends in Food Science & Technology*, 20(6-7), 327-335.
 - **MACAIRE, P., BERNARD, P. et LENGLIN, M.,** "Maroc pour tous", pierre Macaire: Le plein des sens, (2010), 105-106.
 - **Merten, C., Anklam, E., & von Holst, C. (2007).** Food traceability: A European perspective. *Food Additives & Contaminants*, 24(6), 721-726. <https://doi.org/10.1080/02652030701329095>
 - **Nakamoto, S. (2008).** *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
 - **Opara, L. U., & Mazaud, F. (2001).** Food traceability from field to plate. *Outlook on Agriculture*, 30(4), 239-247.
 - **Reinheimer, S., Sylla, M., & Guimarães, F. (2019).** "Barcoding and Food Traceability." *Journal of Food Safety*, 39(4), e12621.
 - **Roth, A. V., Tsay, A. A., Pullman, M. E., & Gray, J. V. (2008).** Unraveling the food supply chain: strategic insights from China and the 2007 recalls. *Journal of Supply Chain Management*, 44(1), 22-39.
 - **Ruiz-Garcia, L., Steinberger, G., & Rothmund, M. (2009).** "A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food supply chain." *Food Control*, 21(2), 112-121.
 - **Schiffers, H. (2011).** *Gestion des bases de données et traçabilité des produits*. Paris : Éditions Techniques.
-

- **SCIELO Venezuela.** (n.d.). *La traçabilité : un instrument de la sécurité alimentaire*. Consulté le 15 février 2025, à l'adresse https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-03542002000200002&script=sci_arttext
 - **Stevenson, M., & Cole, R. (2007).** "Modern traceability technologies and food safety." *Food Control*, 18(3), 271-279.
 - **Thakur, M., Ballou, D. P., & Legner, C. (2011).** Data quality in the context of supply chain management: a review. *International Journal of Production Research*, 49(15), 4463-4486.
 - **Tian, F. (2017).** "A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things." *2017 International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, IEEE.
 - **Trienekens, J., & van der Vorst, J. (2006).** "Traceability in food supply chains." *International Journal of Food Science & Technology*, 41(1), 13-21.
 - **Van der Vorst, J. G. A. J., Beulens, A. J. M., & Van Beek, P. (2005).** "Innovations in logistics and ICT in food supply chain networks." *Innovation in Agri-Food Systems*, 245-292.
 - **Verdouw, C. N., Beulens, A. J. M., Trienekens, J. H., & Wolfert, S. (2016).** "Big Data in food supply chains: Applying the ARIS framework." *Trends in Food Science & Technology*, 51, 116-124.
 - **Wang, L., Huang, H., & Zhao, Y. (2019).** In-line quality monitoring of food products using advanced sensor technologies: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 90, 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.009>
 - **Wikipédia.** (n.d.). *Traçabilité agroalimentaire*. Consulté le 15 février 2025, à l'adresse https://fr.wikipedia.org/wiki/Tra%C3%A7abilit%C3%A9_agroalimentaire
 - **« ISO - ISO 22000 — Management de la sécurité des denrées alimentaires ».** ISO, 7 juin 2022. <https://www.iso.org/fr/iso-22000-food-safety-management.html>.
 - **« ISO 22005:2007(fr), Traçabilité de la chaîne alimentaire — Principes généraux et exigences fondamentales s'appliquant à la conception du système et à sa mise en oeuvre ».** Consulté le 16 février 2025. <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:22005:ed-1:v1:fr>.
-

Annexes :**Annexe 1 :**

Créée en 1995, la SARL SOPI (Société des Pâtes Industrielles), connue à travers sa marque emblématique Mama, est une entreprise algérienne privée spécialisée dans la transformation des céréales et la production de produits agroalimentaires tels que les pâtes, le couscous, la semoule et la farine. L'activité de production a officiellement démarré en 1997, marquant le début d'une aventure industrielle fondée sur le savoir-faire et la passion d'un groupement de professionnels du secteur.

Dès 2001, SOPI lance sur le marché algérien ses premières pâtes sous la marque Pesta Mama, rapidement suivies par le couscous Mama, qui deviendra le produit phare de l'entreprise. Forte de cette réussite, la marque Mama s'impose dans les foyers algériens grâce à la qualité de ses produits et à une stratégie d'innovation continue.

Aujourd'hui, SOPI regroupe plus de 600 collaborateurs engagés à faire rayonner leur expertise à travers tout le territoire national et à l'international. Pour répondre aux attentes croissantes de ses consommateurs, l'entreprise a investi massivement dans des installations modernes et des équipements de pointe, lui permettant d'assurer une production conforme aux normes de qualité les plus exigeantes.

Localisation :

Située à Guerouaou, localité de la Mitidja entre Boufarik et Blida, SOPI petit à petit marque sa contribution à cette industrie grandissante et si particulière dans cette région d'Algérie.

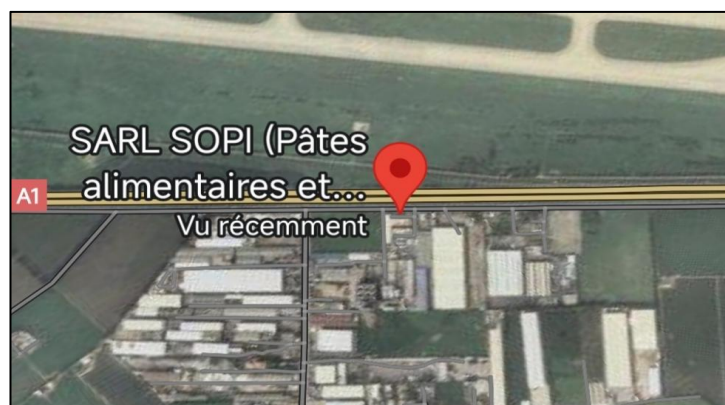


Figure 16 : représente la localisation de SARL SOPI MAMA (GPS, 2025)

Annexe 2 : Système Géstar (figure 17)

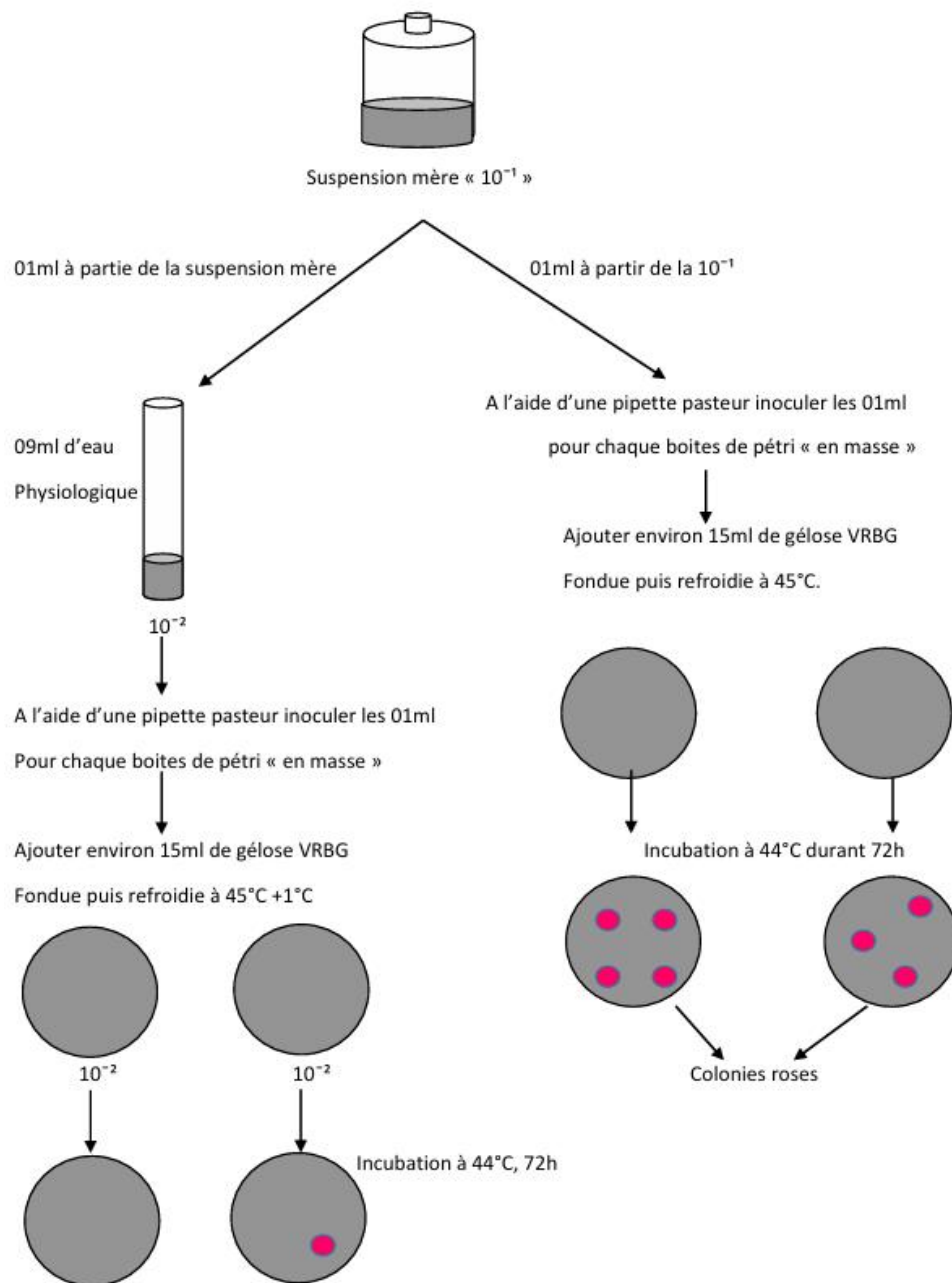


Figure 17 : Système Géstar pour l'analyse rapide

Annexe 3 : Interface du logiciel lié a l’analyseur de ligne



Figure 18 : Interface des résultats d’analyseur de ligne.

Annexe 4 : le protocole des analyses microbiologiques**Figure 19 : Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli* (SOP1).**

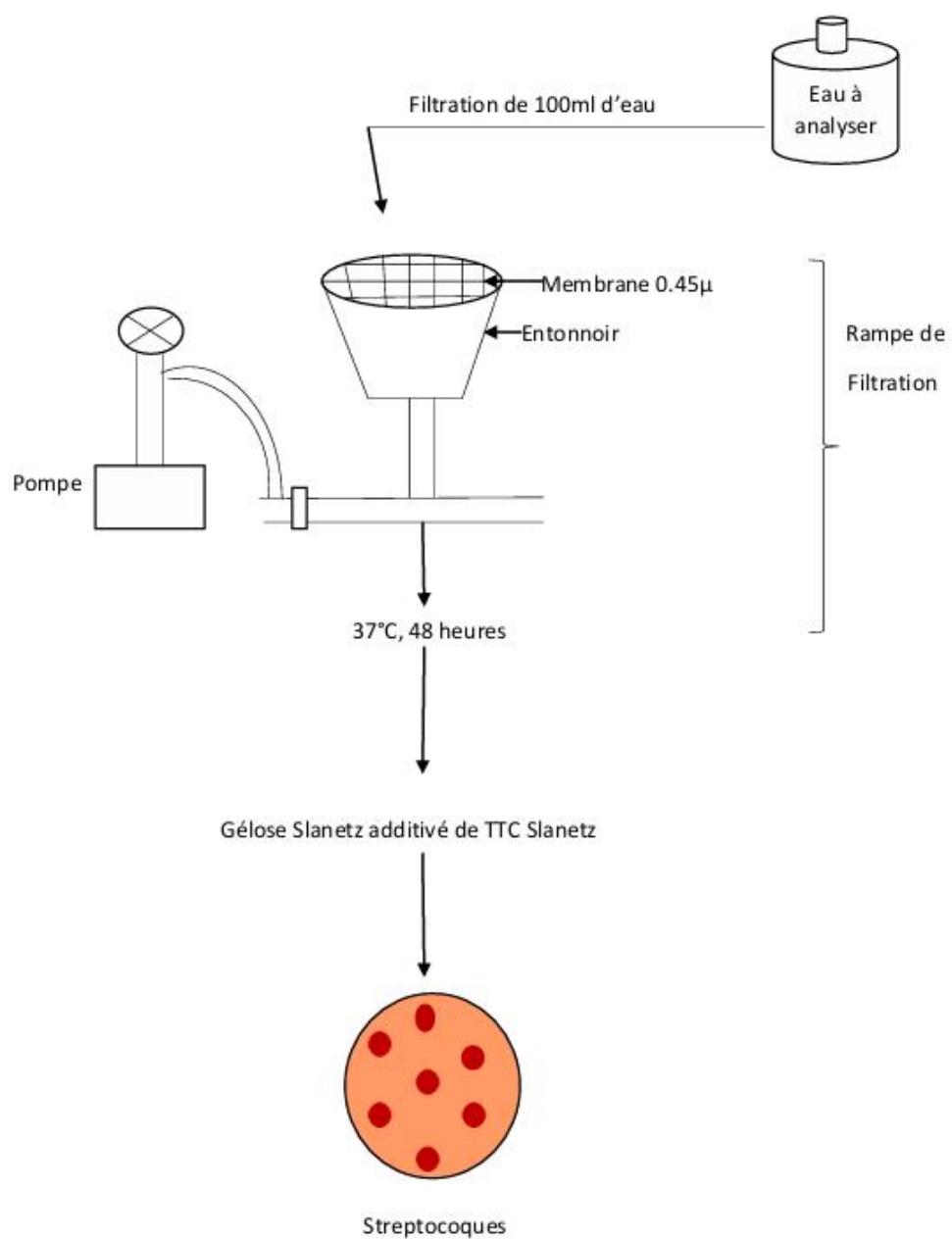


Figure 20 : Recherche et dénombrement des Entérocoques dans l'eau (SOP1)

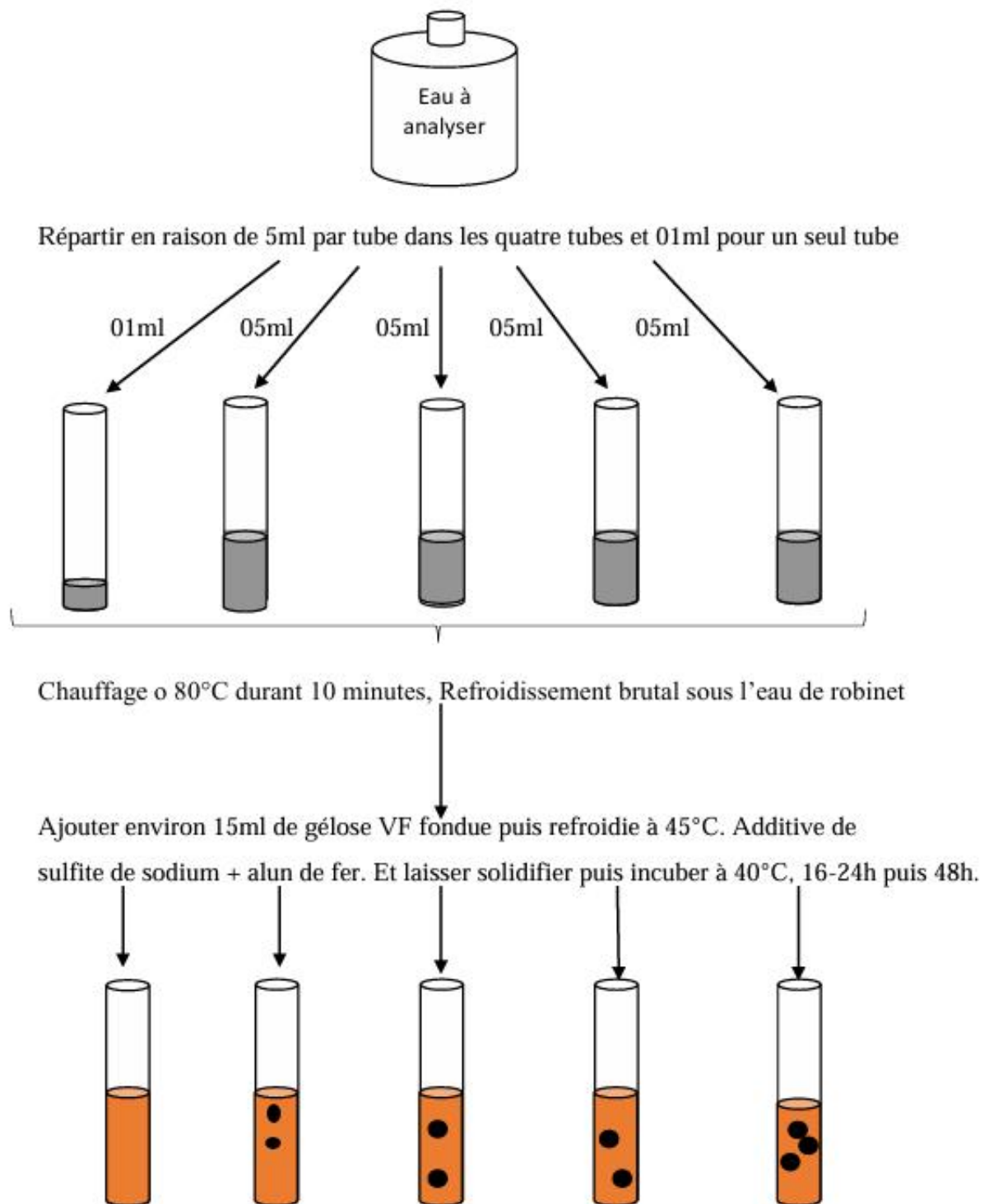


Figure 21 : Recherche et dénombrement des Anaérobies Sulfito-Réducteurs (SOPI).

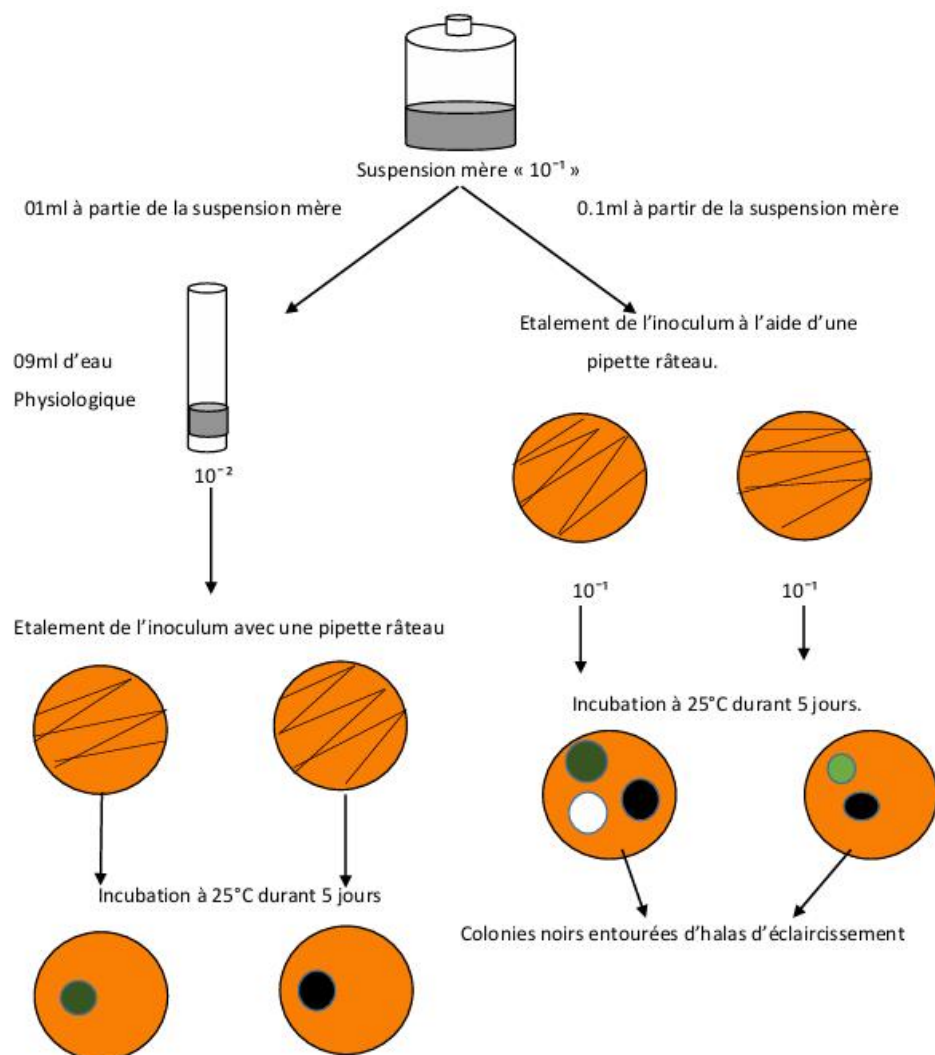


Figure 22 : Recherche et dénombrement des moisissures (SOPI).

République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences Alimentaires

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en

Spécialité : Sécurité Agro-alimentaire et Assurance Qualité

Filière : Sciences Alimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème :

**Impact des technologies modernes sur la traçabilité
alimentaire : étude au sein de l'entreprise SOPI « Mama »**

Réalisé par :

ET TSAALBI Mohamed Ayoub

BENHAOUA Oussama

Devant les jurys :

Dr. Kouidri A.

MCA USDB

Présidente

Dr. Nabi I.

MAB USDB

Examineur

Dr. Fernane S.

MCB USDB

Promotrice

Année universitaire 2024/2025