

# Université du 20 Août 1955-SKIKDA



## Institut des Sciences et Techniques Appliquées (ISTA-Skikda)

**Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de  
Master.**

**Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle**

**Spécialité : Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE) dans  
l'industrie pétrolière et gazière**

### **SmartSafe Storage Innovation pour un Avenir sans Accidents**

Présenté et soutenu publiquement le : 28/06/2025

Par :

- AYAT WADJDI AMIR

Devant le jury composé de :

Rapporteur :

Pr. ZENNIR YUCEF

U- 20 Août 1955. Skikda

Jun 2025

---

# Remerciements



---

# Dédicaces



ملخص

الكلمات المفتاحية:

**Abstract**

**Keywords:**

**Résumé**

**Mots clés :**

---

# Table des matières



<b>Remerciements</b>	<b>ii</b>
<b>Dédicaces</b>	<b>iii</b>
<b>Résumés</b>	<b>iv</b>
<b>Table des matières</b>	<b>v</b>
<b>Table des figures</b>	<b>viii</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>ix</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Présentation du projet</b>	<b>2</b>
1.1 Problématique . . . . .	2
1.2 idée d'un projet . . . . .	3
1.2.1 Architecture Générale du Système . . . . .	3
1.2.2 Surveillance multi-paramétrique couplée à une logique événementielle	4
1.2.3 Système d'intervention automatisée par actionneur électromécanique	5
1.2.4 Optimisation de la gestion des risques via un dispositif portable connecté . . . . .	7
1.3 Les valeurs proposées . . . . .	7
1.4 Équipe de travail . . . . .	8
1.5 Les objectifs du projet . . . . .	8
1.6 Calendrier de réalisation du projet . . . . .	10
<b>2 L'aspect innovant</b>	<b>13</b>
2.1 Aspect innovant . . . . .	13

2.1.1	Présentation de l'innovation . . . . .	13
2.2	Proposition théorique . . . . .	14
2.2.1	Nature de l'innovation du SmartSafe Storage . . . . .	14
2.2.2	Domaine de l'innovation . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Analyse stratégique du march</b>	<b>16</b>
3.1	Analyse stratégique du marché . . . . .	16
3.1.1	Segment du marché . . . . .	16
3.1.2	Plan d'action pour notre système de sécurité intelligent IoT . . . . .	19
3.2	Mesure de l'intensité de la concurrence . . . . .	20
3.2.1	Analyse du graphique à barres . . . . .	20
3.2.2	La clientèle . . . . .	21
3.2.3	Nos Fournisseurs : Acteurs Clés de la Fiabilité Technique . . . . .	22
3.2.4	Distribution de notre Produit : Une Stratégie Logistique Ciblée et Optimisée . . . . .	23
3.3	Analyse de la Demande : Un Besoin Critique en Sécurité Active . . . . .	24
3.3.1	Éléments de l'Analyse de la Demande . . . . .	25
3.4	Analyse de l'Environnement : Facteurs Clés à Prendre en Compte . . . . .	26
3.5	Stratégie marketing . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Plan de production et organisation</b>	<b>31</b>
4.1	Processus de production . . . . .	31
4.1.1	L'approvisionnement : Une étape stratégique et sécurisée . . . . .	33
<b>5</b>	<b>Plan financier</b>	<b>37</b>
5.1	Ressources Humaines . . . . .	37
5.2	Immobilisations et Fournitures . . . . .	38
5.3	Charges diverses . . . . .	39
5.4	Analyse par catégorie . . . . .	39
5.5	Marketing et communication . . . . .	40
5.6	Prévisions du chiffre d'affaires . . . . .	41
5.6.1	Scénario standard . . . . .	41
5.6.2	Scénario optimiste . . . . .	41
5.6.3	Scénario pessimiste . . . . .	41
5.7	Les comptes de résultats escomptés . . . . .	42
<b>6</b>	<b>Prototype expérimental</b>	<b>44</b>
6.1	Conception Technique du Prototype . . . . .	44
6.1.1	Capteurs multi-paramètres . . . . .	44

<b>Conclusion générale</b>	<b>51</b>
<b>Acronymes</b>	<b>52</b>

---

# Table des figures



1.1	SmartSafe Storage (prototype) . . . . .	3
1.2	Heletech LoRa 32 . . . . .	3
1.3	Schéma Fonctionnel de Transmission des Données par Technologie LoRa . . . . .	4
1.4	Schéma fonctionnel du dispositif portable – Affichage température “High” . . . . .	4
1.5	Schéma de détection de gaz avec capteur MQ-4 . . . . .	5
1.6	Schéma fonctionnel du SmartSafe Storage . . . . .	6
1.7	Schéma de câblage fonctionnel du système de détection de flamme avec alerte GSM . . . . .	6
1.8	L’importance d’un dispositif portable . . . . .	7
1.9	Objectifs escomptés à travers notre projet . . . . .	9
1.10	Diagramme de GANTT . . . . .	11
3.1	Plan d’action du notre système. . . . .	19
3.2	Plan d’action du notre système. . . . .	20
3.3	Analyse de l’Environnement . . . . .	26
4.1	Processus de production de SmartSafe Storage . . . . .	32
4.2	Chaîne d’Approvisionnement de Notre Système SmartSafe Storage . . . . .	33
6.1	Capteur de température DS18B20 . . . . .	45
6.2	Test du capteur DS18B20 . . . . .	45
6.3	Caractéristiques techniques du module MQ-4 . . . . .	46
6.4	Schéma fonctionnel de câblage (ESP32 + MQ-4 + Relais/micro vanne) . . . . .	47
6.5	Capteur de flamme ST060 . . . . .	48
6.6	Transmission d’alerte via module GSM après persistance de la flamme . . . . .	50
6.7	Teste de flamme . . . . .	50

---

# Liste des tableaux



1.1	Calendrier pour la réalisation de notre projet . . . . .	10
2.1	es valeurs ajouter d'un SmartSafe Storage . . . . .	14
2.2	Domaine de l'Innovation . . . . .	15
3.1	Segmentation géographique du smartsafe Storage . . . . .	16
3.2	Segmentation démographique des entreprises industrielles ciblées . . . . .	17
3.3	Segmentation psychographique et comportementale des utilisateurs industriels	17
3.4	Segmentation par bénéfices recherchés et réponses du système . . . . .	18
3.5	Segmentation générationnelle simplifiée et raisons du ciblage . . . . .	18
3.6	Analyse du graphique à barres . . . . .	21
3.7	Principales entreprises ciblées dans le secteur énergétique . . . . .	22
3.8	Nos Fournisseurs Stratégiques . . . . .	23
3.9	Analyse de la Demande du notre projet . . . . .	25
3.10	Analyse SWOT du SmartSafe Storage . . . . .	28
4.1	Répartition des Profils de la Main d'Œuvre et Leurs Compétences Techniques .	34
5.1	Ressources Humaines . . . . .	37
5.2	Les immobilisations et fournitures . . . . .	38
5.3	Charges diverses : exploitation, administratives et amortissements . . . . .	39
5.4	Marketing et Communication . . . . .	40
5.5	Chiffre d'affaires prévisionnel - scénario standard . . . . .	41
5.6	Chiffre d'affaires prévisionnel - scénario optimiste . . . . .	41
5.7	Chiffre d'affaires prévisionnel - scénario pessimiste . . . . .	41
5.8	Compte de résultat prévisionnel de N+1 à N+4 . . . . .	42
6.1	Seuils typiques pour déclenchement . . . . .	47

---

# Introduction générale



---

# Présentation du projet

## Présentation du projet

Ce projet propose un système intelligent de surveillance et d'automatisation pour le stockage hydrocarbure « SmartSafe storge », soulignant l'importance de la surveillance continue, une prévention efficace, une sécurité renforcée, une automatisation intelligente et une réactivité immédiate. Face aux solutions existantes souvent limitées à la détection passive ou à l'intervention manuelle, ce système innovant offre une approche proactive et automatisée pour la gestion des risques liés au stockage de l'hydrocarbure. SmartSafe storge combine détection anticipée, double sécurité incendie, et transmission d'alerte en temps réel via LoRa et GSM.

### 1.1 Problématique

Dans les zones de stockage d'hydrocarbure, la détection tardive d'une fuite ou d'un départ de feu, combinée à une absence de réponse automatisée, peut entraîner des catastrophes humaines, environnementales et économiques majeures. Les systèmes classiques manquent souvent de réactivité, d'alerte à distance et d'actions coordonnées en temps réel, ce qui limite leur efficacité en situation critique. Alors, comment peut-on concevoir un système capable de surveiller en continu, d'alerter instantanément et d'agir automatiquement face à un danger imminent ? Comment passer d'une sécurité industrielle réactive à une protection intelligente, instantanée et autonome face aux dangers majeurs ?

## 1.2 idée d'un projet

### 1.2.1 Architecture Générale du Système

Le projet est structuré autour d'un système cyber-physique intelligent, intégrant des capteurs industriels, des microcontrôleurs, et une double interface de communication LoRa + GSM, permettant une surveillance et une intervention automatisées et sans fil, pour les zones de stockage de produits inflammables.

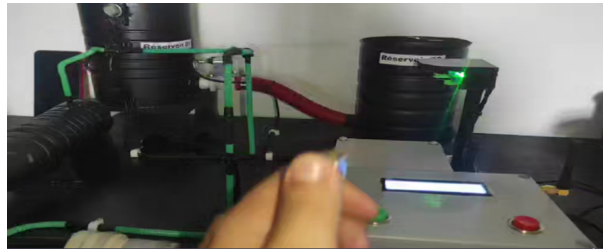


FIGURE 1.1 : SmartSafe Storage (prototype)

Chaque microcontrôleur embarque une intelligence locale sous forme d'un algorithme en C++ (Arduino IDE) qui permet :

- ▶ de comparer les mesures aux seuils prédéfinis ;
- ▶ de prendre des décisions autonomes ;
- ▶ et de transmettre l'information de manière sélective à l'unité centrale via le protocole LoRaWAN.

Ce réseau de capteurs constitue une infrastructure de détection proactive, minimisant la dépendance à un serveur central et assurant la résilience du système en cas de défaillance de communication.



FIGURE 1.2 : Heletech LoRa 32

La technologie LoRa (Long Range Radio) est utilisée pour transmettre les données sur de longues distances (> 5 km en champ libre) avec une faible consommation énergétique. Les trames de données LoRa sont formatées en paquets compressés, contenant l'ID du capteur, la valeur mesurée, l'état logique (normal, alerte, danger), et un horodatage local.

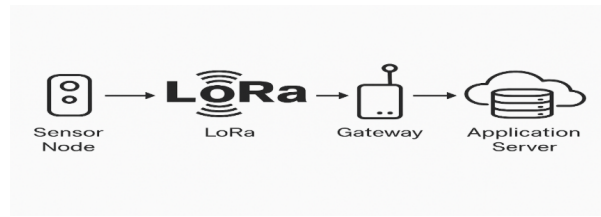


FIGURE 1.3 : Schéma Fonctionnel de Transmission des Données par Technologie LoRa

Ce schéma illustre comment la technologie LoRa (Long Range) permet la transmission sans fil de données depuis plusieurs capteurs vers une passerelle centrale, qui envoie ensuite les informations vers un serveur cloud ou une application de surveillance. Grâce à sa portée étendue et sa faible consommation d'énergie, LoRa est idéale pour les environnements industriels nécessitant une connectivité fiable sur de longues distances.

## 1.2.2 Surveillance multi-paramétrique couplée à une logique événementielle

Trois grandes familles de capteurs sont intégrées dans le dispositif pour assurer une détection complète des risques :

- ▶ **Capteurs de température industrielle (type DS18B20)** : Ces capteurs sont capables de résister aux environnements à haute température et de détecter l'approche du point d'éclair des liquides inflammables. Ils peuvent être adaptés pour répondre aux normes ATEX.

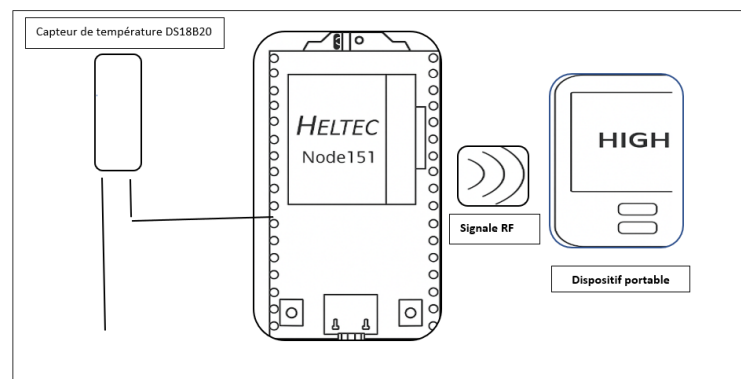


FIGURE 1.4 : Schéma fonctionnel du dispositif portable – Affichage température “High”

- ▶ **Capteurs de gaz inflammables (type MQ-4)** : Ces capteurs sont calibrés pour détecter la présence de méthane, propane, butane ou vapeurs d'hydrocarbures volatils. Un préchauffage automatique est intégré afin d'éviter les fausses lectures en environnement instable.

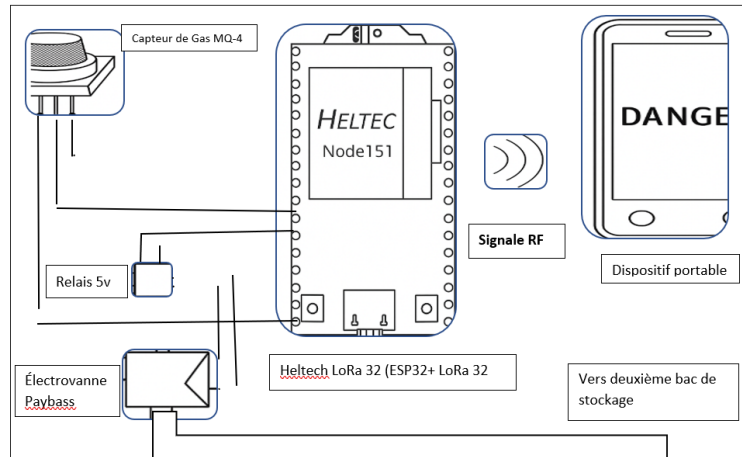


FIGURE 1.5 : Schéma de détection de gaz avec capteur MQ-4

- ▶ **Capteurs de flamme à double spectre (IR/UV)** : Ils permettent de détecter la lumière dans les longueurs d'onde caractéristiques d'un feu tout en intégrant un système de temporisation pour éviter la confusion avec un flash lumineux ou un arc électrique.

### 1.2.3 Système d'intervention automatisée par actionneur électromécanique

Le dispositif propose une réponse automatisée en cas d'anomalie, structurée autour d'une chaîne d'action réactive :

- ▶ **Vanne de dérivation motorisée** : Commandée par un servomoteur à couple élevé ou une électrovanne industrielle, elle permet de transférer le liquide dangereux vers un réservoir tampon en cas de détection de fuite de gaz ou d'élévation de température.
- ▶ **Système d'extinction automatique** : Composé d'une micro-vanne électromécanique, d'une pompe haute pression (12/24V) et d'un circuit hydraulique, il permet l'injection d'un fluide extincteur dès détection de flamme.

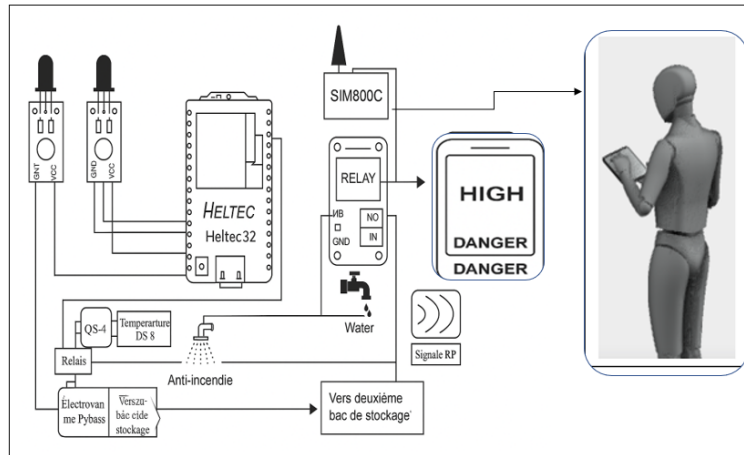


FIGURE 1.6 : Schéma fonctionnel du SmartSafe Storage

- **Alerte GSM par redondance de détection** : Si l'incendie persiste au-delà de 7 secondes, un second capteur de flamme déclenche un module GSM (SIM800C) qui envoie un SMS ou un appel vocal préenregistré.

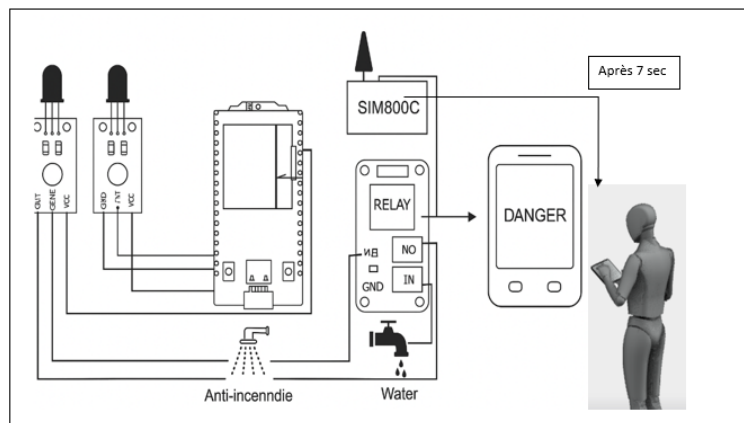


FIGURE 1.7 : Schéma de câblage fonctionnel du système de détection de flamme avec alerte GSM

## 1.2.4 Optimisation de la gestion des risques via un dispositif portable connecté

Le système intègre un dispositif connecté portable assurant la centralisation et la transmission des données :



FIGURE 1.8 : L'importance d'un dispositif portable

- ▶ Intégration des capteurs avec affichage local et télétransmission.
- ▶ Commande à distance des actionneurs via microcontrôleur.
- ▶ Enregistrement des événements critiques pour analyse postérieure.

L'intégration d'un dispositif embarqué de surveillance connectée représente une avancée majeure dans l'optimisation des délais d'intervention. Ce module, équipé d'un écran OLED haute définition, offre une visualisation en temps réel des paramètres critiques, tels que température et concentration de gaz volatils. Grâce à un algorithme automatique embarqué.

## 1.3 Les valeurs proposées

- ▶ **Détection multi-paramètres intelligente et précoce** : L'intégration simultanée de capteurs de température, de fuite de gaz et de flamme permet une surveillance exhaustive des risques. Cette approche multi-sensorielle garantit une détection rapide et précise des anomalies, réduisant considérablement le temps de réaction.
- ▶ **Communication sans fil longue portée et faible consommation (LoRa)** : L'utilisation de la technologie LoRa assure une transmission fiable des données en temps réel sur de longues distances, même dans des environnements industriels complexes, sans

dépendance à des infrastructures filaires coûteuses ou vulnérables. Cette connectivité optimise la surveillance en continu et la réactivité.

- ▶ **Dispositif portable avec alertes haptiques** : L'alerte via un appareil portable vibrant garantit que l'opérateur est immédiatement informé, même dans des environnements très bruyants où les alarmes sonores classiques sont inefficaces. Cette innovation améliore significativement la sécurité humaine sur site.
- ▶ **Système de dérivation automatique pour gestion des fuites** : La commande automatique d'une vanne de dérivation permet de transférer rapidement les hydrocarbures vers un second réservoir sécurisé, limitant ainsi l'exposition au danger et prévenant l'accumulation de gaz ou liquide inflammable dans une zone à risque.
- ▶ **Activation intelligente du plan d'intervention via GSM** : En cas de persistance prolongée du feu (plus de 7 secondes), le système active automatiquement le plan d'intervention interne via un module GSM SIM800C, assurant une notification rapide aux équipes d'intervention, même à distance, renforçant ainsi la gestion de crise.
- ▶ **Architecture modulaire et évolutive** : Le système est conçu pour être facilement adaptable à différents types d'installations et volumes de stockage, avec possibilité d'ajouter de nouveaux capteurs ou modules de communication, garantissant ainsi une solution pérenne et personnalisable.

Cette combinaison de technologies avancées, d'alertes multi-canal et d'automatisation intelligente confère à notre système une capacité unique à réduire drastiquement les risques d'incident tout en optimisant la réactivité et la sécurité des opérateurs.

## 1.4 Équipe de travail

L'équipe de travail est composée de :

- ▶ L'étudiante 1 : Wajdi Ayat Amir

## 1.5 Les objectifs du projet

L'objectif principal de notre projet est de concevoir et de développer un système intelligent, autonome et réactif de surveillance et d'intervention automatisée pour les zones de stockage des hydrocarbures, en intégrant des capteurs multi-paramètres (température, gaz, flamme), une communication sans fil longue portée (LoRa), et une gestion d'urgence en cascade.

Plus précisément, ce système vise à :

- ▶ détecter en temps réel toute élévation anormale de température, fuite de gaz ou apparition de flamme, grâce à des capteurs calibrés pour les environnements industriels ;
- ▶ notifier instantanément l'opérateur via un dispositif portable avec retour haptique (vibration), pour garantir la réception de l'alerte même dans un environnement bruyant dépassant les 80 dB ;
- ▶ déclencher automatiquement une réponse technique adaptée, comme l'ouverture d'une vanne de dérivation vers un réservoir secondaire afin de limiter la propagation du danger en cas de fuite ;
- ▶ gérer les scénarios critiques via un double système de capteurs de flamme : l'un déclenche le système d'extinction, l'autre mesure la persistance du feu. Si l'incendie dure plus de 7 secondes, une alerte GSM via SIM800C active automatiquement le plan d'intervention interne.

Ce projet répond à un besoin industriel crucial : minimiser le temps entre détection, alerte et réaction dans des situations à fort potentiel de danger, tout en renforçant la sécurité humaine, environnementale et matérielle à travers l'automatisation intelligente et la connectivité embarquée.



FIGURE 1.9 : Objectifs escomptés à travers notre projet

## 1.6 Calendrier de réalisation du projet

Afin d'assurer une gestion rigoureuse et progressive de notre projet, un calendrier de réalisation a été établi. Il décrit les différentes phases du développement, depuis l'étude préliminaire jusqu'à l'évaluation finale. Chaque étape a été planifiée selon une logique technique, permettant de garantir la cohérence, la faisabilité et l'efficacité du système conçu.

Phase	Période estimée	Activités principales
Planification	Semaine 1 à 2	Définition des besoins : analyse du contexte et de la problématique, choix des capteurs et modules LoRa.
Conception technique	Semaine 3 à 5	Conception de l'architecture du système (mécanique, électronique, logiciel), schéma électrique, choix des composants.
Développement et prototypage	Semaine 6 à 10	Assemblage du prototype, programmation des capteurs (gaz, température, flamme), intégration LoRa et SIM800C.
Test et validation	Semaine 11 à 13	Tests en conditions simulées, test du système d'alerte (vibration, LoRa, GSM), ajustements techniques.
Optimisation et fiabilisation	Semaine 14 à 15	Amélioration des temps de réponse, sécurisation de l'alimentation et du boîtier, vérification de conformité (QHSE).
Évaluation et documentation	Semaine 16 à 18	Évaluation finale par rapport aux objectifs, rédaction du rapport de fin d'étude, préparation de la soutenance.

TABEAU 1.1 : Calendrier pour la réalisation de notre projet

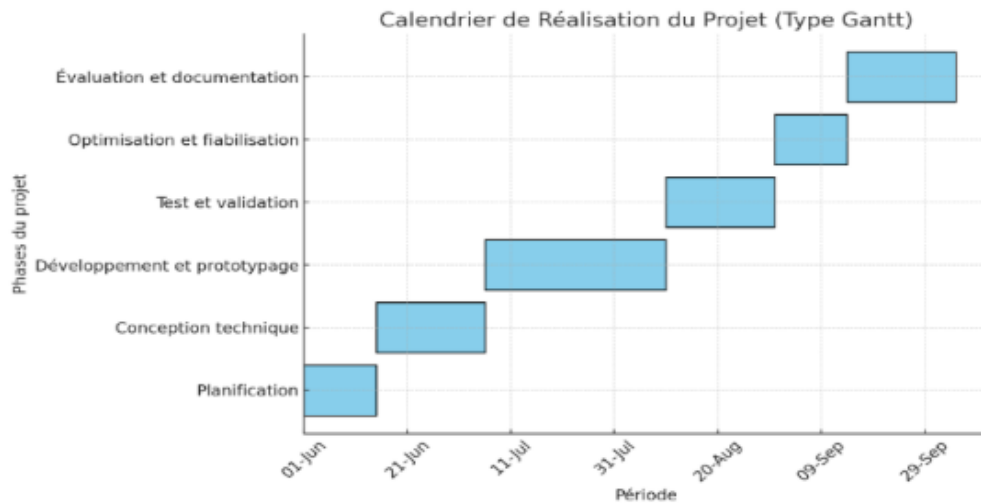


FIGURE 1.10 : Diagramme de GANTT

## Discussion du Diagramme de Gantt

Le diagramme de Gantt présenté ci-dessus offre une visualisation structurée et temporelle de l'ensemble du cycle de vie du projet, réparti sur 18 semaines. Il met en évidence la logique séquentielle et interdépendante des différentes phases, tout en assurant une maîtrise fine des délais.

### 1. Planification (Sem. 1–2)

Cette phase initiale est critique pour définir les spécifications techniques, le choix des capteurs adaptés (gaz, température, flamme), la technologie de communication (LoRa) ainsi que les modules d'alerte (vibration, SIM800C). Elle garantit un alignement entre les exigences industrielles et les solutions techniques proposées.

### 2. Conception technique (Sem. 3–5)

Nous y définissons l'architecture du système embarqué, la topologie des capteurs, l'intégration des modules LoRa, ainsi que les schémas électriques. Cette phase pose les bases pour un système robuste, modulaire et évolutif.

### 3. Développement & prototypage (Sem. 6–10)

Phase intensive, elle couvre l'intégration physique et logicielle des composants. L'accent est mis sur la programmation des seuils critiques, la calibration des capteurs en conditions industrielles simulées, et l'interfaçage entre les modules de communication et les microcontrôleurs.

### 4. Test et validation (Sem. 11–13)

Tous les scénarios d'incidents sont testés (fuite, surchauffe, incendie). Le système est évalué sur sa réactivité (<5s), sa portée de communication LoRa, et la fiabilité de l'alerte via vibration et GSM. Les ajustements de seuils et de temporisation sont

réalisés ici pour optimiser la performance en conditions réelles.

**5. Optimisation & fiabilisation (Sem. 14–15)**

Cette étape assure la robustesse opérationnelle du système : sécurisation de l'alimentation, protection contre l'humidité et interférences, et respect des normes QHSE. Elle permet aussi d'améliorer l'efficacité énergétique et la gestion d'erreurs.

**6. Évaluation & documentation (Sem. 16–18)**

Une évaluation croisée (technique, fonctionnelle, sécuritaire) est menée pour vérifier la conformité aux objectifs. En parallèle, toute la traçabilité du développement, le manuel d'utilisation, et le rapport final sont produits en vue de la soutenance.

---

# L'aspect innovant

## 2.1 Aspect innovant

Nous expliquerons dans ce qui suit, la nature de l'innovation relative à notre projet.

### 2.1.1 Présentation de l'innovation

L'innovation présentée dans ce projet repose sur le développement d'un système intelligent, embarqué et autonome dédié à la surveillance active et à la gestion automatisée des risques liés au stockage de produits inflammables. Elle s'appuie sur une approche multidisciplinaire combinant l'électronique embarquée, les télécommunications sans fil longue portée (LoRa), l'automatisation, et l'ingénierie de la sécurité industrielle.

Le cœur de l'innovation technique réside dans l'intégration cohérente de plusieurs sous-systèmes intelligents :

- ▶ Un réseau de capteurs multiparamètres calibrés industriellement (température, gaz, flamme), capables de surveiller en temps réel l'état des zones à risques.
- ▶ Une unité centrale embarquée (microcontrôleur) programmée pour analyser dynamiquement les données issues des capteurs et décider du déclenchement d'un ou plusieurs protocoles d'intervention.
- ▶ Un système de communication bidirectionnelle hybride combinant :
  - **LoRa** : pour la transmission des alertes à moyenne et longue portée sans infrastructure lourde,
  - **GSM (SIM800C)** : pour l'activation à distance du plan d'intervention interne en cas de danger persistant (plus de 7 secondes).
- ▶ Un dispositif d'alerte portatif à retour haptique (vibration), conçu pour fonctionner même dans des environnements industriels très bruyants (>80 dB), garantissant une notification fiable à l'opérateur.

- ▶ Deux boucles de réaction indépendantes et intelligentes :
  - La première déclenche une vanne de dérivation vers un réservoir secondaire en cas de fuite ou surchauffe, limitant la propagation du risque.
  - La seconde active un système d'extinction automatique (microvanne, pompe à eau, tuyauterie) lors de la détection de flamme.

L'aspect innovant réside dans la capacité du système à combiner **détection**, **prise de décision** et **action** dans une logique distribuée et autonome, sans intervention humaine directe, tout en maintenant une traçabilité et une communication à distance en temps réel.

## 2.2 Proposition théorique

(Cette section peut comporter les éléments suivants : la description du projet, la conception formelle ou semi-formelle du projet, l'architecture du système, le processus et la démarche suivis dans l'élaboration du projet, etc.)

### 2.2.1 Nature de l'innovation du SmartSafe Storage

L'innovation proposée dans ce projet est technologique, fonctionnelle et systémique, s'inscrivant dans le cadre de la sécurité industrielle intelligente. Elle repose sur l'intégration cohérente de solutions embarquées, réactives et connectées, capables de fonctionner en autonomie complète dans des environnements à haut risque.

Catégorie	Description technique	Valeur ajoutée
Technologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capteurs industriels multiparamètres (température, gaz, flamme)</li> <li>- Communication longue portée LoRa</li> <li>- Transmission GSM via SIM800C</li> </ul>	Surveillance fiable, communication autonome, couverture à distance sans dépendance réseau local
Fonctionnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaction automatique selon le type d'incident</li> <li>- Alarme portable vibrant adaptée aux environnements &gt;80 dB</li> <li>- Détection + action sans intervention humaine</li> </ul>	Gain de temps, meilleure efficacité de réponse, sécurité renforcée pour l'opérateur
Systémique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécurité en cascade : détection → alerte → réaction locale → notification distante</li> <li>- Redondance des capteurs de flamme pour double action sécuritaire</li> </ul>	Réduction du risque de défaillance, amélioration de la continuité opérationnelle et de la résilience

TABLEAU 2.1 : es valeurs ajouter d'un SmartSafe Storage

## 2.2.2 Domaine de l'innovation

Face aux risques croissants liés au stockage et à la manipulation de substances inflammables, la mise en place de systèmes intelligents de surveillance et d'intervention devient une nécessité stratégique. Notre solution s'adapte à différents environnements industriels critiques, où la détection précoce, l'alerte instantanée et l'automatisation des réactions sont essentielles pour prévenir les incidents majeurs et protéger les vies, les infrastructures et l'environnement.

Secteur d'application	Cas d'usage spécifique	Objectif / Bénéfice technique
Industrie pétrolière et gazière	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surveillance des réservoirs d'hydrocarbures</li> <li>- Détection de fuites et incendies</li> <li>- Zones ATEX</li> </ul>	Prévention des explosions, réaction rapide, sécurité du personnel et des équipements
Industrie chimique / pharmaceutique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle de cuves contenant des produits volatils</li> <li>- Risques de surchauffe ou réactions dangereuses</li> </ul>	Détection précoce, automatisation des interventions, conformité réglementaire
Entreposage et logistique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stockage de substances inflammables (peintures, solvants)</li> <li>- Risques en cas de mauvais conditionnement</li> </ul>	Protection continue des stocks sensibles, intégration facile avec systèmes de sécurité existants
Sites classés SEVESO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zones industrielles à haut risque</li> <li>- Exigences réglementaires strictes en matière de prévention des accidents majeurs</li> </ul>	Renforcement des défenses techniques, réduction des délais de réaction, conformité aux normes
Applications mobiles / chantiers	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unités mobiles de stockage ou de production</li> <li>- Zones temporairement sensibles</li> </ul>	Portabilité, autonomie énergétique, efficacité dans les zones sans infrastructure permanente

TABLEAU 2.2 : Domaine de l'Innovation

# Analyse stratégique du march

## 3.1 Analyse stratégique du marché

Dans ce qui suit, nous présenterons l'analyse stratégique du marché.

### 3.1.1 Segment du marché

Le marché visé par notre solution se situe dans le secteur de la sécurité industrielle intelligente, avec un focus sur les zones de stockage à risques, , nous devons identifier les différents segments de marché susceptibles de bénéficier du notre projet. Voici la segmentation possible :

#### a) Segmentation géographique :

Cette segmentation se base sur la localisation des utilisateurs potentiels du système : Le système est autonome et utilise LoRa, donc idéal pour des zones éloignées ou non couvertes par le réseau GSM, tout en étant robuste pour les environnements à risque élevé.

Zone	Cible principale
Zones industrielles	Sites classés SEVESO, plateformes pétrolières, usines chimiques
Pays en développement	Régions où les normes de sécurité sont en cours de renforcement
Pays industrialisés	Zones où les exigences réglementaires sont strictes et la technologie est avancée
Régions désertiques ou isolées	Sites éloignés sans réseau cellulaire constant (d'où l'intérêt de la communication LoRa)

TABLEAU 3.1 : Segmentation géographique du smartsafe Storage

Le système est autonome et utilise LoRa, donc idéal pour des zones éloignées ou non couvertes par le réseau GSM, tout en étant robuste pour les environnements à risque élevé.

- b) Segmentation démographique :** Ce système cible des acteurs industriels spécifiques ayant des responsabilités liées à la gestion des risques, la conformité réglementaire et la prévention des accidents. Ce système cible des acteurs industriels spécifiques

Critère	Cible
Taille de l'entreprise	Grandes entreprises, PME industrielles
Type d'organisation	Raffineries, usines chimiques, sociétés de logistique, entrepôts classés SEVESO
Responsables concernés	Chefs de sécurité, ingénieurs HSE, exploitants techniques

TABLEAU 3.2 : Segmentation démographique des entreprises industrielles ciblées

ayant des responsabilités liées à la gestion des risques, la conformité réglementaire et la prévention des accidents.

- c) Segmentation Psychographique et Comportementale :** Elle analyse le comportement d'achat, les valeurs et les priorités des clients potentiels :

Comportement / Valeur	Cible visée
Orientation vers la sécurité proactive	Entreprises investissant dans la prévention plutôt que dans la réaction
Sensibilité aux nouvelles technologies	Industriels ouverts aux solutions IoT, Industrie 4.0
Réactivité en cas d'incident	Organisations souhaitant réduire le temps entre détection et action
Recherche d'autonomie technologique	Sites visant à limiter la dépendance à la main-d'œuvre humaine
Préoccupation environnementale	Entreprises engagées dans une démarche QHSE ou RSE
Acceptation de l'innovation	Structures prêtes à intégrer des solutions embarquées intelligentes

TABLEAU 3.3 : Segmentation psychographique et comportementale des utilisateurs industriels

**d) Segmentation par Bénéfices Recherchés :** On segmente ici selon les attentes et avantages recherchés par les clients :

Bénéfices recherchés	Comment le système y répond
Réduction du temps de réaction	Alerte immédiate + action automatique (vanne de dérivation + extinction)
Prévention des accidents majeurs	Surveillance continue via capteurs multiparamètres intelligents
Sécurité même en environnement bruyant	Retour haptique (vibration) du dispositif portable pour garantir l'alerte
Conformité réglementaire	Double capteur de flamme + escalade via GSM pour couvrir tous les scénarios critiques

TABLEAU 3.4 : Segmentation par bénéfices recherchés et réponses du système

Le système offre des solutions concrètes aux problèmes critiques : fuite, flamme, incendie, tout en réduisant la charge opérationnelle.

**e) Segmentation Générationnelle :** Elle identifie les générations ou cultures professionnelles ciblées : Notre projet s'intègre parfaitement dans les politiques RSE et

Groupe	Raisons du ciblage
Génération Z et Millennials	Génération technophiles, ouvertes à l'innovation, souvent responsables HSE
Génération X	Décideurs expérimentés dans les industries à risques
Nouvelles entreprises	Startups industrielles en quête de solutions intelligentes dès la conception

TABLEAU 3.5 : Segmentation générationnelle simplifiée et raisons du ciblage

les stratégies de sécurité intelligente promues par les nouvelles générations de décideurs.

### 3.1.2 Plan d'action pour notre système de sécurité intelligent IoT

Face à la complexité croissante des risques liés au stockage des produits inflammables dans les environnements industriels, il devient essentiel de mettre en place une stratégie structurée, innovante et progressive pour garantir une protection efficace des personnes, des installations et de l'environnement. Le plan d'action suivant s'articule autour de six étapes clés, allant de l'analyse des besoins à l'industrialisation, en intégrant la conception technique, les tests sur site, ainsi que la sensibilisation des utilisateurs. Ce parcours stratégique vise à assurer le déploiement optimal d'un système intelligent, autonome et interconnecté, capable d'apporter une réponse rapide, fiable et automatisée face aux situations critiques.

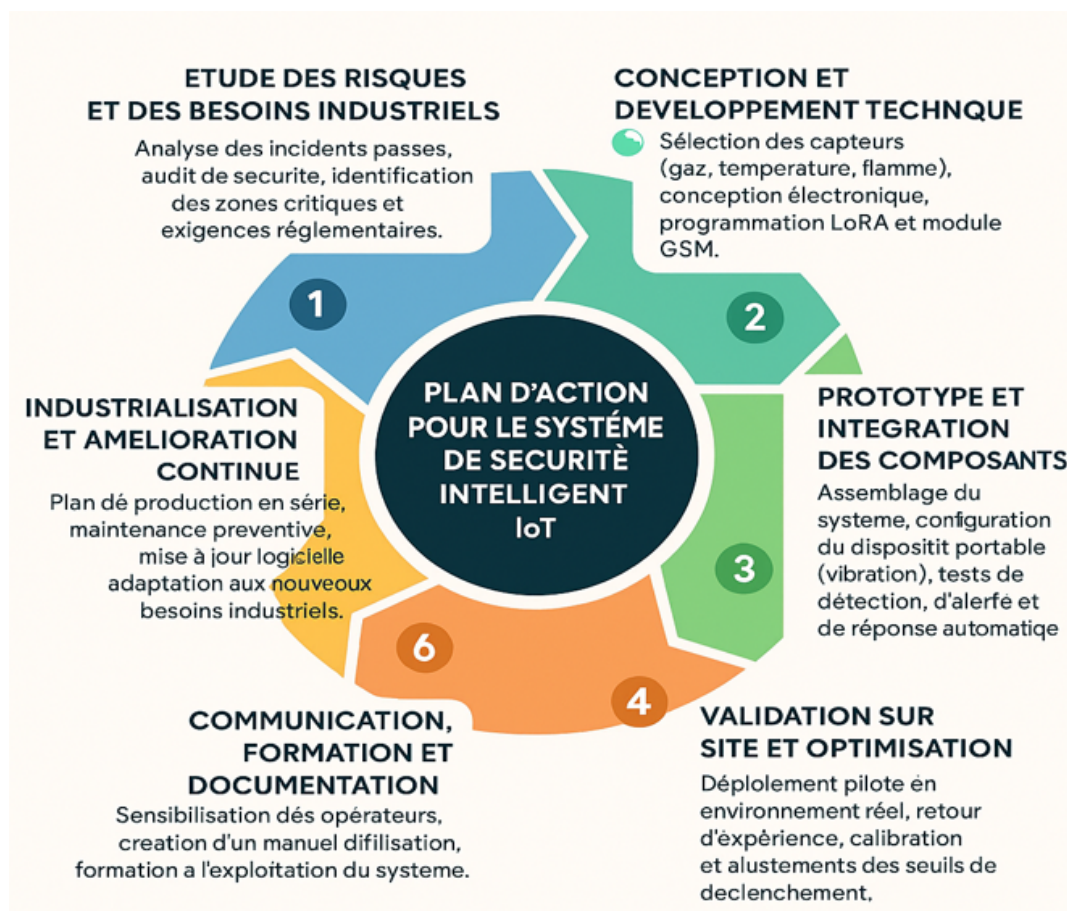


FIGURE 3.1 : Plan d'action du notre système.

## 3.2 Mesure de l'intensité de la concurrence

L'intensité de la concurrence dans le secteur des systèmes de surveillance et d'automatisation pour zones à risques industriels peut être évaluée selon plusieurs dimensions stratégiques, techniques et économiques :

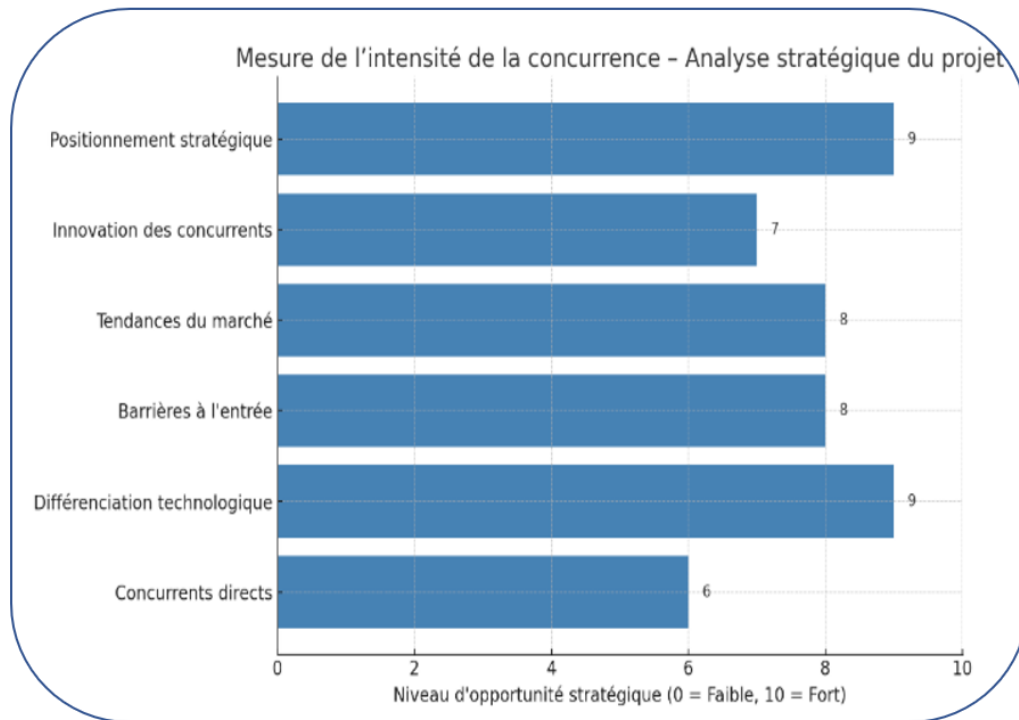


FIGURE 3.2 : Plan d'action du notre système.

### 3.2.1 Analyse du graphique à barres

Le graphique à barres représentant la mesure de l'intensité de la concurrence selon plusieurs critères stratégiques. Il met en valeur les points forts de notre projet sur le marché actuel, notamment la différenciation technologique et le positionnement stratégique :

Critère	Score	Description
Concurrents directs	6/10	Le score moyen indique qu'il existe quelques solutions concurrentes, mais peu sont intégrées et autonomes comme la vôtre. Cela montre un marché encore partiellement saturé, donc une opportunité d'entrée efficace.
Différenciation technologique	9/10	Notre système combine plusieurs technologies (capteurs multi-paramètres, LoRa, GSM, réponse en cascade) rarement réunies dans une seule solution, ce qui vous place très haut en différenciation technique.
Barrières à l'entrée / Coûts de changement	8/10	Grâce à une conception modulaire, adaptable, facile à installer, et un coût maîtrisé, votre solution réduit les barrières à l'adoption pour les clients tout en créant une barrière technologique pour les nouveaux entrants.
Tendances du marché	8/10	L'augmentation des normes HSE, la digitalisation des installations industrielles et la demande de sécurité proactive renforcent les opportunités de développement de ce type de système connecté.
Niveau d'innovation des concurrents	7/10	Les solutions existantes sont souvent fragmentées ou centralisées. Peu proposent une approche distribuée, autonome et communicante en temps réel, ce qui vous permet de vous démarquer.
Positionnement stratégique	9/10	Grâce à l'intégration de la communication longue portée (LoRa), de la réaction automatique, et d'un dispositif portable avec alerte vibrante même dans les zones à +80 dB, votre système répond à des besoins spécifiques et critiques non couverts jusqu'ici.

TABLEAU 3.6 : Analyse du graphique à barres

### 3.2.2 La clientèle

Notre projet s'adresse principalement aux entreprises opérant dans les secteurs à haut risque, tels que la pétrochimie, le gaz, l'énergie, les dépôts logistiques et les sites de production sensibles. Ces acteurs recherchent des technologies fiables, autonomes et réactives pour renforcer la sécurité de leurs zones de stockage tout en respectant les normes HSE les plus strictes. Notre client idéal est donc un responsable sécurité ou un exploitant industriel à la recherche d'un système intelligent capable de détecter, alerter et agir automatiquement, réduisant ainsi les temps de réaction et les pertes humaines ou matérielles.





Nom de l'entreprise	Domaine d'activité	Logo
Sonatrach et ses filiales (raffinerie)	Entreprise pétrolière et gazière algérienne, la plus grande d'Afrique. Spécialisée dans l'exploration, la production, le transport, la transformation et la commercialisation.	
SONELGAZ	Spécialisée dans la production, la distribution et la commercialisation de l'électricité et du gaz naturel.	
Petro Baraka	Société algérienne située à Biskra, spécialisée dans le stockage et la distribution des produits pétroliers.	
NAFTAL	Société algérienne spécialisée dans la distribution et la commercialisation des hydrocarbures destinés à la consommation locale.	

TABLEAU 3.7 : Principales entreprises ciblées dans le secteur énergétique

### 3.2.3 Nos Fournisseurs : Acteurs Clés de la Fiabilité Technique

Dans le cadre du développement de notre système intelligent de sécurité pour zones de stockage de produits inflammables, le choix des fournisseurs représente un maillon stratégique de la chaîne de valeur. Pour garantir la performance, la durabilité et la conformité aux normes industrielles, nous collaborons avec des fournisseurs locaux rigoureusement sélectionnés, capables de fournir des composants certifiés (capteurs, modules de communication, systèmes mécatroniques) parfaitement adaptés aux environnements critiques.

Fournisseur	Nom de l'entreprise	Localisation	Coordonnées	Produit / Ressource fournie	Certifications
Fournisseur capteurs	TechSensor Algérie	Alger	contact@techsensor.c	Capteurs de température, gaz, flamme certifiés industrie lourde	ISO 9001, ATEX, CE
Fournisseur LoRa / GSM	Algérienne de Composants (ADC)	Oran	info@adc-components.dz	Modules LoRa SX1276, Cartes GSM SIM800C, antennes industrielles	ISO 14001, CE
Fournisseur mécatronique	HydraTech	Constantine	hydrattech@dzmail.d	Microvannes, pompes à eau basse tension, électrovannes	ISO 9001, RoHS
Fournisseur cartes & circuits	ÉlecTech Skikda	Skikda	support@electech-skikda.dz	PCB, microcontrôleurs, circuits embarqués pour systèmes autonomes	CE, ISO 9001, EN ISO 13849
Fournisseur boîtiers & protos	BoxPro Algérie	Blida	boxpro@dzpro.dz	Boîtiers industriels IP65, matériaux pour prototypes, systèmes étanches	IP65, ISO 9001, ATEX

TABLEAU 3.8 : Nos Fournisseurs Stratégiques

### 3.2.4 Distribution de notre Produit : Une Stratégie Logistique Ciblée et Optimisée

La distribution de notre système s'appuie sur une approche B2B technique et spécialisée, visant les secteurs à fort risque industriel. L'objectif est de positionner notre solution là où les besoins en sécurité sont les plus critiques, tout en assurant une couverture efficace sur le territoire national.

► **1. Vente directe aux industries**

**Cible :** Raffineries, zones pétrochimiques, centrales électriques, unités de stockage de carburants.

**Méthode :** Démarchage technique, démonstrations sur site, contractualisation directe avec les responsables HSE (Hygiène Sécurité Environnement).

► **2. Partenariat avec des intégrateurs systèmes**

**Cible :** Entreprises d'ingénierie, de maintenance industrielle et bureaux d'études.

**Rôle :** Intégrer notre solution dans des projets de sécurisation globale ou dans la rénovation d'installations industrielles.

► **3. Collaboration avec bureaux d'études et cabinets HSE**

**Cible :** Consultants en sécurité, entreprises d'audit ou de mise en conformité.

**Objectif :** Appuyer les recommandations de ces experts avec notre solution technologique validée.

► **4. Présence dans les salons professionnels et foires technologiques**

**But :** Gagner en visibilité, entrer en contact avec des acteurs industriels et décisionnaires publics/privés.

**Outils :** Démonstrateurs fonctionnels, plaquettes techniques, réseau professionnel.

► **5. Plateformes techniques et e-distribution industrielle**

**Canal :** Vente sur des plateformes spécialisées en équipements de sécurité industrielle (type *DZindustry, AlgérieTech. . .*).

**Avantage :** Étendre la portée géographique et rendre le produit accessible à distance.

**Résumé :** Notre **distribution** s’articule autour de **canaux spécialisés, personnalisés et géographiquement ciblés**, avec un accent sur la **valeur ajoutée technique**, la **réactivité logistique** et l’**accompagnement client**.

### **3.3 Analyse de la Demande : Un Besoin Critique en Sécurité Active**

Dans un contexte industriel où les risques liés aux produits inflammables restent élevés, la demande en solutions de sécurité intelligentes, autonomes et connectées devient de plus en plus urgente. Les exigences réglementaires, les normes de sécurité (ISO, ATEX) et la pression croissante pour la prévention proactive des accidents poussent les entreprises à investir dans des dispositifs fiables et automatisés. Notre analyse s’appuie sur l’étude de plusieurs indicateurs clés pour comprendre la typologie de la demande, sa fréquence, ses motivations et ses attentes techniques.

### 3.3.1 Éléments de l'Analyse de la Demande

La demande identifiée est qualifiée, technique et orientée performance. Elle concerne principalement les secteurs industriels exposés à des risques thermiques, chimiques ou gazeux, où le facteur temps est déterminant pour sauver des vies, des biens et l'environnement.

Critère	Observation
Fréquence de la demande	Récurrente dans les sites industriels sensibles (stockage, traitement, raffinerie).
Origine de la demande	Ingénieurs HSE, responsables sécurité, bureaux d'études spécialisés.
Motivations principales	Réduction des risques, conformité aux normes, automatisation de l'intervention.
Contraintes exprimées	Fiabilité, compatibilité avec l'environnement industriel, autonomie énergétique.
Tendance de marché	Hausse de la demande en systèmes LoRa, IoT industriels et sécurité intelligente.
Budget alloué (moyen)	Élevé dans les entreprises à haut risque; valorisation des systèmes innovants.
Attentes spécifiques	Temps de réaction réduit, alerte fiable, intégration facile avec les systèmes existants.

TABLEAU 3.9 : Analyse de la Demande du notre projet

### 3.4 Analyse de l'Environnement : Facteurs Clés à Prendre en Compte

L'analyse de la demande permet de comprendre les besoins réels du marché visé, en identifiant qui sont les clients potentiels, ce qu'ils attendent, et comment leur offrir une solution adaptée. Elle constitue une étape essentielle pour s'assurer que notre système de sécurité intelligent répond à une demande concrète, présente un intérêt économique, et peut trouver sa place dans un environnement industriel à la recherche de solutions fiables, connectées et réactives.

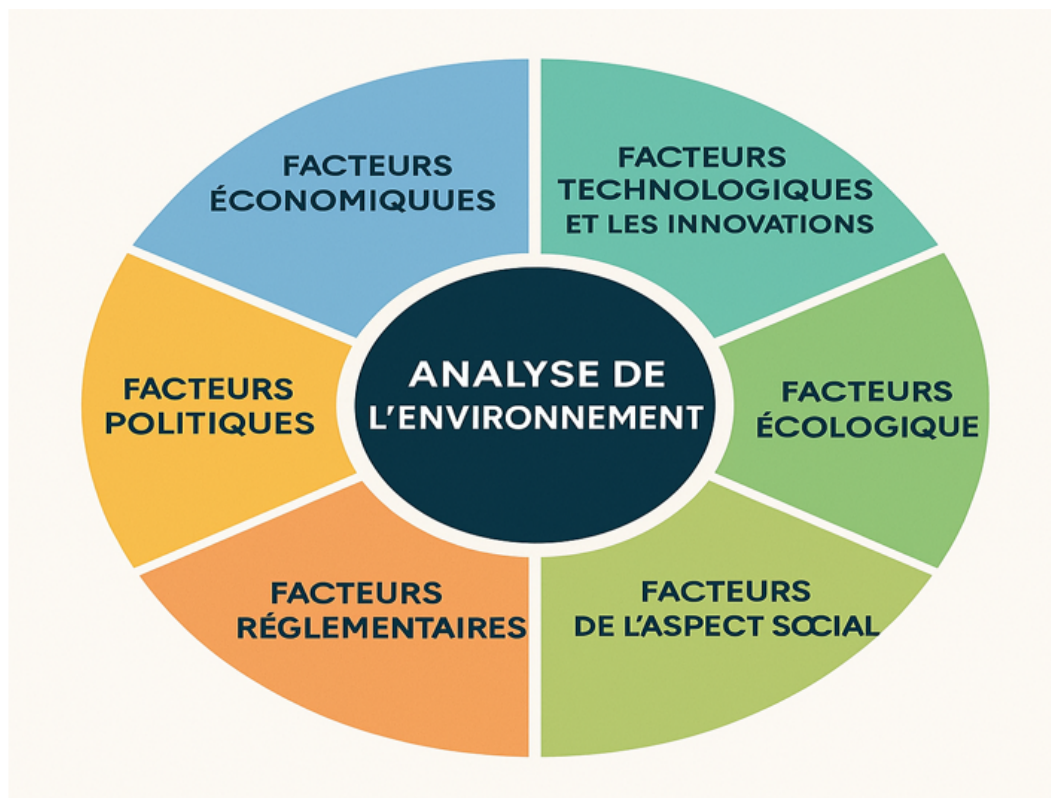


FIGURE 3.3 : Analyse de l'Environnement

#### 1. Facteurs Économiques

- ▶ *Stabilité du marché industriel* : Les fluctuations économiques peuvent influencer les investissements en sécurité.
- ▶ *Budget alloué à la prévention des risques* : En hausse dans les industries pétrolières et chimiques à cause du coût des accidents.
- ▶ *Aides et subventions* : Disponibles pour les projets à fort impact en sécurité ou environnement.

#### 2. Facteurs Technologiques & Innovations

- ▶ *Émergence de l'IoT industriel* : Capteurs connectés, communication LoRa, traitement de données en temps réel.
- ▶ *Automatisation intelligente* : Réduction du besoin en intervention humaine.
- ▶ *Interopérabilité des systèmes* : Votre solution doit être compatible avec les équipements industriels existants.

### 3. Facteurs Politiques

- ▶ *Stabilité politique du pays* : Influence les décisions d'investissement en matière de sécurité.
- ▶ *Politiques industrielles* : L'État encourage l'innovation dans la sécurité industrielle via des appels à projets.
- ▶ *Soutien institutionnel* : Partenariats publics/privés possibles pour le déploiement.

### 4. Facteurs Réglementaires

- ▶ *Normes ISO (45001, 14001)* : Gestion de la sécurité, de l'environnement, et de la santé au travail.
- ▶ *Certifications ATEX* : Nécessaires pour les équipements en atmosphères explosives.
- ▶ *Conformité légale* : Respect des directives nationales et internationales de sécurité.

### 5. Facteurs Sociaux

- ▶ *Culture de la sécurité* : De plus en plus intégrée dans les entreprises à haut risque.
- ▶ *Pression sociale et médiatique* : En cas d'incident, l'impact sur l'image de marque est fort.
- ▶ *Formation continue des opérateurs* : Les solutions automatisées doivent rester simples à comprendre et à utiliser.

### 6. Facteurs Écologiques

- ▶ *Réduction des impacts environnementaux* : Le système contribue à limiter les fuites de gaz, les incendies, et les pollutions.
- ▶ *Conformité aux politiques environnementales* : Alignement avec les objectifs de développement durable.
- ▶ *Technologie verte* : Utilisation de composants à faible consommation énergétique et recyclables.

Afin de mieux positionner notre solution sur le marché et d'identifier les leviers stratégiques de développement, une analyse SWOT s'impose.

Cette méthode permet de mettre en lumière les forces techniques de notre système, les faiblesses à améliorer, les opportunités du marché à saisir, ainsi que les menaces potentielles

à anticiper dans un environnement industriel en constante évolution.

<b>Analyse SWOT du système de sécurité intelligent</b>	
<b>Forces</b>	<b>Faiblesses</b>
Système intelligent et autonome (réaction sans intervention humaine)	Dépendance à la connectivité LoRa ou GSM en cas d'interférences
Capteurs multi-paramètres (température, fuite de gaz, flamme) calibrés pour environnements à risques	Coût initial de mise en place pour les PME
Communication LoRa longue portée et faible consommation	Maintenance périodique des capteurs et du système hydraulique
Double niveau de sécurité : extinction automatique + alerte GSM	Besoin de tests rigoureux pour validation dans milieux ATEX
Réduction du temps de réaction en cas d'incident	
Le système peut être facilement adapté ou étendu à différents sites industriels selon les besoins spécifiques	
Le dispositif d'alerte portable vibre, garantissant la réception de l'alerte même en environnement bruyant (>80 dB)	
Le design du système peut être adapté aux exigences ISO, ATEX, directives européennes	
<b>Opportunités</b>	<b>Menaces</b>
Besoin croissant en sécurité industrielle dans les secteurs hydrocarbures, chimie, logistique	Concurrence d'autres solutions IoT ou systèmes filaires déjà présents
Intégration possible avec des systèmes de supervision existants (SCADA, BMS)	Risque de non-acceptation par certains opérateurs traditionnels
Marché porteur pour solutions connectées et préventives	Évolutions réglementaires pouvant exiger des certifications plus strictes (ATEX, IECEx)
Subventions ou appels à projets liés à la sécurité et à l'environnement	Obsolescence technologique rapide dans l'IoT

TABLEAU 3.10 : Analyse SWOT du SmartSafe Storage

## 3.5 Stratégie marketing

Pour garantir le déploiement efficace de notre solution sur le marché, notre stratégie marketing repose sur une approche ciblée, technique et progressive adaptée au secteur industriel. Voici les principaux axes :

### Ciblage de Marché Intelligent

Nous concentrons notre offre sur :

- ▶ Les sites industriels à haut risque (pétrochimie, dépôts d'hydrocarbures, usines chimiques)
- ▶ Les entreprises soumises à des normes strictes en matière de sécurité (zones ATEX)
- ▶ Les zones industrielles éloignées où les interventions humaines sont longues ou risquées

### Positionnement Technologique Unique

Nous nous positionnons comme une solution proactive, connectée et autonome pour la sécurité industrielle.

**Notre avantage clé** : la détection multi-capteurs + intervention automatique + communication LoRa longue portée.

### Canaux de Communication

Nous utiliserons une combinaison de canaux techniques et professionnels pour faire connaître notre produit :

- ▶ Présence dans des salons industriels (ex. : NAPEC, SIEE Pollutec)
- ▶ Articles techniques dans des revues spécialisées (énergies, sécurité)
- ▶ Partenariat avec les chambres de commerce et clusters industriels
- ▶ Démonstrations sur site et essais pilotes

### Politique de Prix Stratégique

- ▶ Offre modulaire : le client peut choisir les capteurs et modules dont il a besoin
- ▶ Tarification différenciée : selon le niveau d'automatisation et la zone d'application
- ▶ Rentabilité prouvée : réduction des accidents, des arrêts de production et des coûts d'intervention

## **Stratégie de Fidélisation**

- ▶ Formation gratuite à l'utilisation du système
- ▶ Suivi post-installation et maintenance préventive
- ▶ Mises à jour logicielles à distance via réseau LoRa ou GSM
- ▶ Programme de fidélité pour clients multi-sites

## **Indicateurs de Suivi Marketing**

- ▶ Taux de conversion après démonstration
- ▶ Feedback clients sur l'efficacité réelle
- ▶ Nombre d'installations industrielles
- ▶ Réduction mesurée des incidents post-déploiement

---

# Plan de production et organisation

## 4.1 Processus de production

Le processus de production de notre système intelligent de surveillance et d'intervention automatisée a été conçu pour garantir efficacité, fiabilité et sécurité à chaque étape. De l'étude technique à la mise en service sur le terrain, chaque phase suit une logique industrielle rigoureuse, intégrant des technologies avancées (capteurs multi-paramètres, communication LoRa, automatisation) et un contrôle qualité strict. Ce processus structuré permet d'assurer un produit final robuste, adapté aux environnements sensibles comme les zones de stockage de produits inflammables.



FIGURE 4.1 : Processus de production de SmartSafe Storage

Cette figure illustre un schéma de processus de production en plusieurs étapes séquentielles, représentant la fabrication et la mise en œuvre d'un système intelligent de surveillance des zones de stockage de produits inflammables :

1. **Étude de faisabilité et conception** : Identification des besoins techniques, choix des capteurs (température, gaz, flamme), planification des fonctions du système.
2. **Approvisionnement en composants** : Acquisition des modules LoRa, capteurs, microcontrôleurs, et composants de sécurité (vannes, pompes, etc.).
3. **Assemblage des modules électroniques** : Intégration physique et électrique des capteurs avec l'unité de traitement et les modules de communication.
4. **Programmation et tests logiciels** : Développement des scripts pour la détection, l'alerte et la réaction automatisée; vérification des performances.

5. **Intégration du système complet** : Montage de l'ensemble dans un boîtier sécurisé et étanche, prêt à être déployé sur site.
6. **Installation sur site** : Déploiement dans un environnement industriel réel.
7. **Mise en service & maintenance** : Activation, essais de bon fonctionnement, et planification de la maintenance préventive et corrective.

#### 4.1.1 L'approvisionnement : Une étape stratégique et sécurisée

L'approvisionnement constitue une phase critique dans le processus de production de notre système intelligent de surveillance pour zones de stockage inflammables. Il s'agit d'acquérir, dans les délais et aux normes requises, l'ensemble des composants électroniques, mécaniques et de sécurité nécessaire à l'assemblage du système. Cette étape garantit la qualité, la compatibilité technique et la conformité réglementaire du produit final.

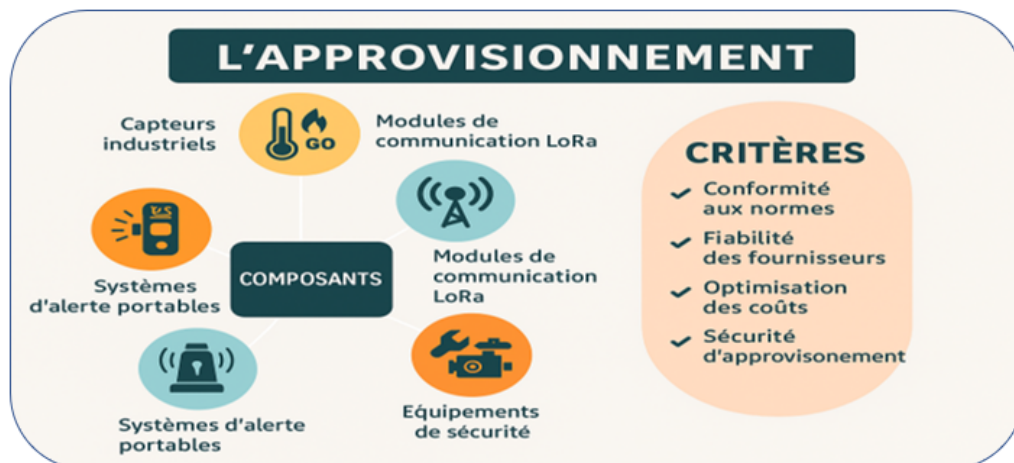


FIGURE 4.2 : Chaîne d'Approvisionnement de Notre Système SmartSafe Storage

### Composants concernés et critères de sélection

#### Composants concernés :

- ▶ Capteurs industriels : température, gaz, flamme (certifiés ATEX ou équivalents).
- ▶ Modules de communication **LoRa** : longue portée, faible consommation.
- ▶ Microcontrôleurs et cartes de commande : ESP32, Arduino, ou équivalents.
- ▶ Équipements de sécurité : microvannes, électrovannes, pompes à eau, tuyaux haute pression.
- ▶ Systèmes d'alerte portables : boîtiers vibrants avec affichage de données.

- ▶ Modules **GSM SIM800C** : pour la gestion des urgences prolongées.

**Critères de sélection :**

- ▶ Conformité aux normes (**ISO, CE, ATEX**. . .).
- ▶ Fiabilité des fournisseurs (expérience, délais, certifications).
- ▶ Optimisation des coûts et logistique d'importation ou d'achat local.
- ▶ Sécurité d'approvisionnement : stocks de secours, alternatives disponibles.

## La Main d'Œuvre : Pilier du Bon Fonctionnement du Projet

La réussite de notre projet repose sur une équipe multidisciplinaire compétente et bien structurée. Chaque profil est sélectionné pour ses compétences techniques, sa rigueur en matière de sécurité, et sa capacité à innover dans un environnement industriel exigeant.

### 1. Types de Profils Requis

Fonction	Rôle	Compétences clés
Ingénieur électronique / IoT	Conception du système embarqué, intégration des capteurs, LoRa, GSM	Électronique, communication sans fil, programmation embarquée
Technicien en automatisation	Installation et maintenance des systèmes automatisés (vanne, pompe, etc.)	Automatismes industriels, capteurs, actionneurs
Développeur embarqué	Programmation des microcontrôleurs, gestion des signaux	Langages C/C++, gestion des interruptions, microcontrôleurs
Spécialiste HSE	Surveillance des risques et conformité sécurité	Normes HSE, analyse de risques, audit
Chargé de support technique et formation	Formation des utilisateurs, documentation technique	Pédagogie, communication, support
Responsable qualité	Vérification de la conformité aux normes ISO/ATEX	Systèmes qualité, traçabilité, certifications

TABLEAU 4.1 : Répartition des Profils de la Main d'Œuvre et Leurs Compétences Techniques

## Formation et Développement

- ▶ Formation initiale sur le système et ses modules (capteurs, LoRa, microvanne, etc.)
- ▶ Ateliers sur la sécurité industrielle, la norme ATEX et la gestion des urgences
- ▶ Mise à jour continue sur les nouvelles technologies IoT et protocoles de sécurité

## Organisation du Travail

- ▶ Équipe répartie en deux pôles : Développement technique et Intervention/Maintenance
- ▶ Rotation du personnel d'intervention pour garantir la disponibilité 24h/24 dans les zones sensibles
- ▶ Suivi des performances et formations complémentaires planifiées chaque semestre

## Partenaires Clés : Moteurs Stratégiques de Réussite

Dans tout projet innovant, les partenaires clés jouent un rôle essentiel pour garantir la viabilité, la mise en œuvre et le développement durable du produit. Ils représentent des acteurs avec lesquels l'équipe du projet collabore pour obtenir un avantage technologique, logistique, commercial ou réglementaire.

### Rôle des Partenaires dans notre Projet

- ▶ **Fournisseurs spécialisés :**
  - Fournissent des capteurs intelligents (gaz, température, flamme) et des modules LoRa ou GSM certifiés (ATEX, ISO)
  - Garantissent la qualité, la traçabilité et la conformité aux normes industrielles
- ▶ **Instituts de recherche et universités :**
  - Appuient le développement technique et les tests de fiabilité
  - Offrent des laboratoires et du personnel qualifié pour la phase de prototypage
- ▶ **Experts en sécurité industrielle :**
  - Apportent des conseils sur la réglementation, l'ergonomie, les normes de sécurité (INERIS, ISO 45001)
  - Aident à l'optimisation du système pour répondre aux exigences du terrain
- ▶ **Acteurs industriels (zones pétrochimiques, entreprises de logistique dangereuse) :**
  - Permettent l'expérimentation en environnement réel
  - Sont des utilisateurs potentiels du produit (co-développement)

▶ **Soutiens institutionnels :**

- Ministères, incubateurs, agences de financement (ANSEJ, ANDI)
- Aident à lever des fonds, à protéger la propriété intellectuelle ou à accélérer la mise sur le marché

## Plan financier

Le plan de financement est une composante essentielle pour assurer la viabilité économique de tout projet innovant. Il permet d'estimer les besoins financiers liés aux ressources humaines, équipements, frais d'exploitation, et de démontrer la capacité du projet à attirer des fonds tout en maîtrisant ses coûts. La figure suivante illustre en particulier les charges salariales prévues pour l'équipe technique et administrative, ainsi que les cotisations sociales associées (CNAS).

### 5.1 Ressources Humaines

Poste	Salaire mensuel	Salaire annuel	Nombre	Total	CNAS 26%
Ingénieur électronique	60 000	720 000	2	1 440 000	374 400
Ingénieur automatique	60 000	720 000	2	1 440 000	374 400
Assistante	40 000	480 000	1	480 000	124 800
HSE	40 000	480 000	1	480 000	124 800
<b>TOTAL</b>			<b>6</b>	<b>3 840 000</b>	<b>998 400</b>

TABLEAU 5.1 : Ressources Humaines

Ce tableau met en évidence la structure des ressources humaines nécessaires au bon déroulement du projet. L'équipe est composée de profils techniques qualifiés (ingénieurs en électronique et en automatique), ainsi que de fonctions supports essentielles (assistante administrative et responsable HSE), ce qui démontre une organisation bien pensée, à la fois pour la conception, la mise en œuvre et le suivi des normes de sécurité.

Le coût salarial annuel global s'élève à 3 840 000 DA, ce qui constitue un investissement significatif mais nécessaire pour garantir un niveau de compétence élevé. À cela s'ajoutent les charges sociales (CNAS) de 998 400 DA, représentant 26% des salaires, en conformité avec les obligations légales en Algérie.

## 5.2 Immobilisations et Fournitures

Libellé	Montant	Quantité	Prix	Utilisation (année)	Taux	Amort.
Imprimante 3D	30 000	1	30 000	5	20%	6 000
Bradford	500	1	500	5	20%	100
Fer à souder	1 000	1	1 000	5	20%	200
Résistance	10	1	10	5	20%	2
Câblage	1 000	1	1 000	5	20%	200
Chaise employés	10 000	4	40 000	5	20%	8 000
Chaise visiteur	10 000	2	20 000	5	20%	4 000
Armoire	20 000	2	40 000	5	20%	8 000
<b>Total équipements</b>			<b>132 510</b>			<b>26 502</b>
PC	60 000	2	120 000	4	25%	30 000
Imprimante/copieuse	50 000	1	50 000	4	25%	12 500
Onduleur	10 000	2	20 000	4	25%	5 000
Modem	5 000	1	5 000	4	25%	1 250
Périphériques informatiques	8 000	1	8 000	4	25%	2 000
Licence Windows	1 500	1	1 500	1	100%	1 500
Licence antivirus	1 500	1	1 500	1	100%	1 500
<b>Total informatique</b>			<b>206 000</b>			<b>53 750</b>
<b>Total général</b>			<b>338 510</b>			<b>80 252</b>

TABLEAU 5.2 : Les immobilisations et fournitures

Le tableau met en évidence deux grandes catégories d'investissements :

- ▶ **Immobilisations techniques et fournitures** (imprimante 3D, breadboard, fer à souder, chaises, armoires. . .) :
  - Montant total : 132 510 DA
  - Amortissement annuel global : 26 502 DA
- ▶ **Équipements informatiques** (PC, imprimante, onduleur, logiciels. . .) :
  - Montant total : 206 000 DA
  - Amortissement annuel : 53 750 DA

Ces matériels sont essentiels pour la fabrication, le développement, la programmation, et la gestion du système de surveillance connecté.

## 5.3 Charges diverses

Libellé	Montant N	Montant N+1	Montant N+2	Montant N+3
Loyer du bureau	840 000	840 000	840 000	840 000
Achat fournitures administratives	30 000	30 000	30 000	30 000
Achat matériel	338 510	–	–	–
Achat réactifs et consommables	13 000	13 000	13 000	13 000
Matières Premières	2 188 000	2 406 800	2 647 480	2 912 228
Factures eau/gaz/électricité	80 000	80 000	80 000	80 000
Abonnement internet et téléphone	65 000	65 000	65 000	65 000
Amort. équipements informatiques	53 750	53 750	53 750	53 750
Amort. équipements techniques	26 502	26 502	26 502	26 502
Honoraires comptables / notaire	20 000	–	–	–
Frais bancaires	5 000	5 000	5 000	5 000
<b>Total charges</b>	<b>3 659 762</b>	<b>3 520 052</b>	<b>3 760 732</b>	<b>4 025 480</b>

TABLEAU 5.3 : Charges diverses : exploitation, administratives et amortissements

Ce tableau regroupe l'ensemble des charges administratives, financières et d'exploitation nécessaires pour assurer le bon fonctionnement du projet *Smart Safe Storage* sur une période de quatre ans.

## 5.4 Analyse par catégorie

### Amortissements :

Les coûts d'amortissement sont constants et correspondent à l'usure planifiée des équipements informatiques et techniques utilisés dans la fabrication et la surveillance du système. Cela montre que l'entreprise investit dès la première année dans des équipements pérennes.

### Frais administratifs :

Les honoraires juridiques sont concentrés sur l'année N, correspondant à la création de la structure juridique, dépôt de brevet, rédaction de statuts, etc. Les frais bancaires restent constants et gérables.

### Charges de fonctionnement :

Le loyer du bureau, les abonnements et les frais énergétiques sont stables sur les 4 années, ce qui facilite la gestion budgétaire.

### Investissements techniques et matières premières :

Le gros de l'investissement matériel a lieu en année N, ce qui est typique pour une phase

de prototypage. La hausse progressive des matières premières traduit une augmentation de la production ou une montée en charge industrielle, ce qui est bon signe pour le développement du projet.

## 5.5 Marketing et communication

Poste	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
Création Identité Visuelle	400 000	–	–	–	–	–
Campagne de Lancement	750 000	500 000	600 000	700 000	800 000	900 000
Rédaction de Contenu	200 000	100 000	125 000	150 000	175 000	200 000
<b>Total Marketing</b>	<b>1 350 000</b>	<b>600 000</b>	<b>725 000</b>	<b>850 000</b>	<b>975 000</b>	<b>1 100 000</b>

TABLEAU 5.4 : Marketing et Communication

Ce tableau détaille les investissements marketing du projet sur une période de six années. Il met en évidence une stratégie de communication structurée, adaptée au développement progressif de la notoriété et de la présence sur le marché.

### **Création de l'identité visuelle (400 000 DA en N)**

Cet investissement unique en N correspond à la phase de lancement de la marque : création du logo, charte graphique, design des supports de communication (brochures, site web, packaging. . .). Ce poste est essentiel pour poser les bases de la visibilité et de la crédibilité du projet. L'absence de coûts les années suivantes indique que l'identité visuelle est considérée comme pérenne.

### **Campagnes de lancement (500 000 à 900 000 DA/an)**

Un effort très fort est engagé en N (750 000 DA) pour faire connaître le produit sur le marché, puis une présence régulière est maintenue, avec des montants croissants à partir de N+2, traduisant probablement une volonté d'élargir le public cible ou d'entrer sur de nouveaux marchés.

### **Rédaction de contenu (progression continue)**

La rédaction de contenu (200 000 DA en N, jusqu'à 200 000 DA en N+5) montre que le projet accorde une importance au marketing de contenu (articles, blogs, fiches produits, newsletters). Cela appuie une stratégie de communication digitale durable pour fidéliser les clients, améliorer le référencement, et valoriser les produits et valeurs de l'entreprise.

## 5.6 Prévisions du chiffre d'affaires

### 5.6.1 Scénario standard

Produit	N+1	N+2	N+3	N+4
Prix unitaire (DA)	70 000	77 000	87 010	98 321.30
Nombre de ventes	150	180	216	259
<b>Chiffre d'affaires (DA)</b>	<b>10 500 000</b>	<b>13 860 000</b>	<b>18 794 160</b>	<b>25 484 881</b>

TABLEAU 5.5 : Chiffre d'affaires prévisionnel - scénario standard

### 5.6.2 Scénario optimiste

Produit	N+1	N+2	N+3	N+4
Prix unitaire (DA)	70 000	84 000	84 000	84 000
Nombre de ventes	170	204	245	294
<b>Chiffre d'affaires (DA)</b>	<b>11 900 000</b>	<b>17 136 000</b>	<b>20 563 200</b>	<b>24 675 840</b>

TABLEAU 5.6 : Chiffre d'affaires prévisionnel - scénario optimiste

### 5.6.3 Scénario pessimiste

Produit	N+1	N+2	N+3	N+4
Prix unitaire (DA)	50 000	55 000	60 500	66 550
Nombre de ventes	90	108	130	156
<b>Chiffre d'affaires (DA)</b>	<b>4 500 000</b>	<b>5 940 000</b>	<b>7 840 800</b>	<b>10 349 856</b>

TABLEAU 5.7 : Chiffre d'affaires prévisionnel - scénario pessimiste

## 5.7 Les comptes de résultats escomptés

Compte de Résultat (en milliers DA)	N+1	N+2	N+3	N+4
Commission reçues	10 500 000	13 860 000	18 794 160	25 484 881
Commission versées	–	–	–	–
Subvention d'exploitation	–	–	–	–
<b>Produit opérationnel</b>	10 500 000	13 860 000	18 794 160	25 484 881
Services extérieurs et autres consommations	–	–	–	–
Charge de personnel	4 838 400	4 838 400	4 838 400	4 838 400
Production immobilisée	–	–	–	–
Impôts, taxes et versements assimilés	–	–	–	–
Autres produits opérationnels	–	–	–	–
Autres charges opérationnelles	4 929 510	4 039 800	4 405 480	4 795 228
Dotation aux amortissements et provisions	80 252	80 252	80 252	80 252
Reprise sur pertes et provisions	–	–	–	–
<b>Résultat technique opérationnel</b>	651 838	4 901 548	9 470 028	15 771 001
Produits financiers	–	–	–	–
Charges financières	–	–	–	–
<b>Résultat financier</b>	–	–	–	–
<b>Résultat ordinaire avant impôts</b>	651 838	4 901 548	9 470 028	15 771 001
Impôts exigibles sur résultat ordinaire	–	–	–	–
Impôts différés sur résultat ordinaire	–	–	–	–
<b>Résultat net d'activité ordinaire</b>	651 838	4 901 548	9 470 028	15 771 001
Éléments extraordinaires (produit)	–	–	–	–
Éléments extraordinaires (charge)	–	–	–	–
<b>Résultat extraordinaire</b>	–	–	–	–
<b>Résultat net de l'exercice</b>	651 838	4 901 548	9 470 028	15 771 001

TABLEAU 5.8 : Compte de résultat prévisionnel de N+1 à N+4

### Conclusion :

Le plan de financement présenté constitue une base solide et réaliste pour assurer le lancement, la mise en œuvre et le développement du projet. En tenant compte des besoins

en ressources humaines, des équipements techniques et informatiques, ainsi que des charges sociales, ce plan permet de :

- ▶ Garantir la viabilité financière du projet, en anticipant les coûts fixes et variables.
- ▶ Assurer une gestion rigoureuse des ressources, en répartissant les investissements selon les priorités du projet.
- ▶ Convaincre les partenaires et investisseurs potentiels, grâce à une vision claire, chiffrée et maîtrisée des besoins de financement.

En somme, ce plan de financement reflète la maturité et la crédibilité du projet, en démontrant sa capacité à mobiliser les moyens nécessaires pour atteindre ses objectifs technologiques, sécuritaires et économiques.

---

# Prototype expérimental

## 6.1 Conception Technique du Prototype

La conception technique de notre prototype repose sur une architecture intégrée combinant détection intelligente, communication sans fil longue portée (**LoRa**), et mécanismes de réponse automatisée. L'objectif est d'assurer une surveillance continue, une détection précoce des incidents (température élevée, fuite de gaz, présence de flamme), et une réaction rapide sans intervention humaine.

Le système est structuré autour de plusieurs sous-ensembles techniques.

### 6.1.1 Capteurs multi-paramètres

#### 6.1.1.1 Capteur de température (DS18B20)

Utilisé pour surveiller la chaleur ambiante.

**Fonctionnement du capteur de température DS18B20** Le **DS18B20** est un capteur de température numérique haute précision qui communique via le protocole *1-Wire*, ce qui signifie qu'il utilise une seule broche de données (en plus de VCC et GND) pour transmettre les informations.

- ▶ **Acquisition** : placé dans la zone de stockage, exposé à l'environnement du produit inflammable.
- ▶ **Précision** :  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  dans la plage de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $+85^{\circ}\text{C}$ .

#### Logique de fonctionnement

- ▶ **Conversion numérique** : signal 16 bits sans erreur analogique.
- ▶ **Transmission** : via 1-Wire vers ESP32 ou Arduino.
- ▶ **Comparaison** : avec une valeur seuil (ex.  $37^{\circ}\text{C}$  pour essence).

### Fonctionnalités techniques du DS18B20 :

- ▶ Résistance à la flexion, meilleure conductivité thermique.
- ▶ Longueur du câble : 100 cm
- ▶ Dimensions de la gaine en acier inoxydable : 6 x 50 mm
- ▶ Plage d'alimentation : 3.0V à 5.5V
- ▶ Température de fonctionnement : de -55°C à +125°C
- ▶ Température de stockage : de -55°C à +125°C
- ▶ Précision dans la plage -10°C à +85°C : ±0.5°C



FIGURE 6.1 : Capteur de température DS18B20

### Exemple de condition logique :

```
if (temperature >= pointEclair) {  
    // Risque d'inflammation → alerte  
}
```

### Affichage OLED (SSD1306 0.96") :

- ▶ Température : 42.3 °C
- ▶ Point Éclair : 37 °C
- ▶ ÉTAT : DANGER

### Actions déclenchées :

- ▶ Alerte sonore ou vibration
- ▶ Transmission LoRa vers unité distante



FIGURE 6.2 : Test du capteur DS18B20

### 6.1.1.2 Capteur de gaz MQ-4

#### Fonctionnement général du capteur MQ-4

Le capteur MQ-4 est un capteur de gaz qui détecte principalement le méthane ( $\text{CH}_4$ ), mais aussi d'autres gaz inflammables. Il convertit la concentration du gaz en une tension analogique (ou logique selon le montage) proportionnelle à la densité détectée.

Il s'agit d'un capteur de gaz naturel comprimé (GNC) simple à utiliser, adapté pour détecter les concentrations de gaz naturel (composé principalement de méthane [ $\text{CH}_4$ ]) dans l'air. Le MQ-4 peut détecter des concentrations de gaz naturel de 200 à 10 000 ppm. Ce capteur a une sensibilité élevée et un temps de réponse rapide. La sortie du capteur est une résistance analogique.

- ▶ Dual-mode, la sortie analogique de sortie de signal et de niveau TTL output
- ▶ Haute sensibilité à la GPL, gaz, l'alcool, de l'hydrogène et plus
- ▶ Une réponse rapide et la récupération
- ▶ Bonne stabilité et de longue durée de service
- ▶ Super pour la maison ou détection de fuite de gaz en usine
- ▶ À utiliser pour détecter : Les gaz combustibles tels que le GPL, le butane, le méthane, l'alcool, le propane, l'hydrogène, de la fumée, etc.

#### Spécification :

- ▶ Puce principale : MQ-4 du module de capteur de gaz
- ▶ Tension de fonctionnement : 5 V
- ▶ La détection de gamme : 300 à 10 000 ppm
- ▶ Signal de sortie TTL valide est faible
- ▶ Taille : 32x22x27 mm
- ▶ Dimensions : 32 × 21 × 20 mm
- ▶ Poids : 9.00 g



FIGURE 6.3 : Caractéristiques techniques du module MQ-4

## Principe de fonctionnement dans le système

- ▶ Surveillance en continu de la concentration de gaz dans l'air.
- ▶ Si le seuil de détection prédéfini (par exemple 300 ppm) est dépassé, cela signifie une fuite de gaz probable.

Le système déclenche alors automatiquement :

- ▶ Une alerte (Sonore/vibrante).
- ▶ L'ouverture d'une microvanne électromécanique de bypass via un signal numérique.

Cette vanne redirige le contenu vers un réservoir de secours, évitant l'accumulation dangereuse.

## Schéma de câblage (ESP32 + MQ-4 + Relais/microvanne)

- ▶ MQ-4 → Broche analogique (ex : GPIO34)
- ▶ Module relais 5V connecté à la broche (ex : GPIO16)
- ▶ Microvanne branchée au relais (alimentée en 12V ou 5V selon modèle)

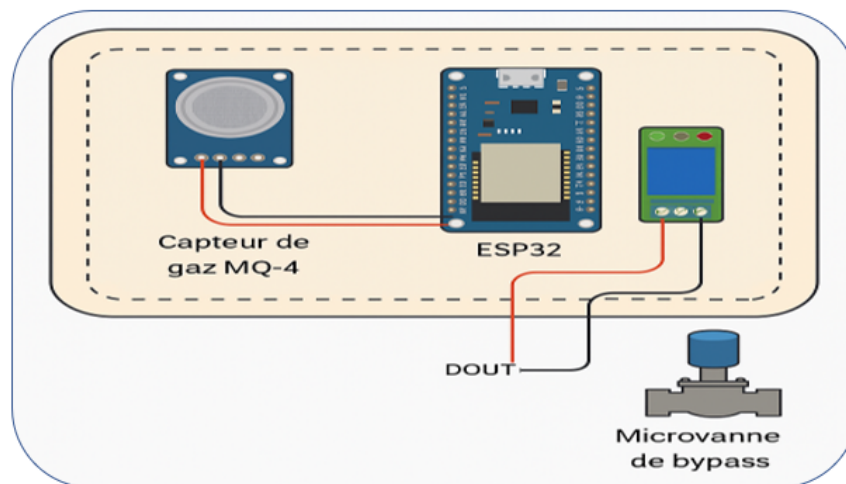


FIGURE 6.4 : Schéma fonctionnel de câblage (ESP32 + MQ-4 + Relais/micro vanne)

## Seuils typiques pour déclenchement

Type de Gaz	Seuil MQ-4 (ppm)	Action
Butane	> 300 ppm	Déclenchement vanne

TABEAU 6.1 : Seuils typiques pour déclenchement

### 6.1.1.3 Capteur de flamme ST060

#### Caractéristiques du module :

- ▶ Peut détecter la flamme ou la longueur d'onde à 760 nm à 1100 nm de la source lumineuse. La distance des briquets de flamme d'essai est de 80 cm. Plus la flamme est grande, plus la distance de détection est grande.
- ▶ Angle de détection de 60 degrés, particulièrement sensible au spectre de flamme.
- ▶ Sensibilité réglable (via le potentiomètre numérique bleu).
- ▶ Signal de sortie du comparateur avec bonne forme d'onde et capacité de conduite de 15 mA.
- ▶ Potentiomètre de précision pour le réglage de la sensibilité.
- ▶ Tension de fonctionnement : 3.3V – 5V.
- ▶ Sorties disponibles : numérique (0 et 1) et tension analogique (AO).
- ▶ Trou de fixation pour une installation facile.
- ▶ Petite taille du PCB : 3.2 cm x 1.4 cm.
- ▶ Utilisation d'un comparateur LM393 à large tension.

#### Instructions de câblage :

- ▶ **VCC** : Alimentation 3.3V – 5V.
- ▶ **GND** : Masse.
- ▶ **DO** : Sortie numérique TTL.
- ▶ **AO** : Sortie analogique.

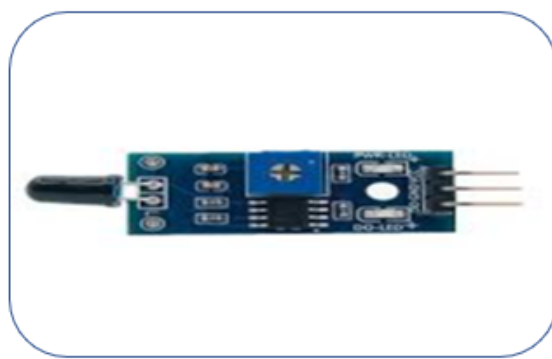


FIGURE 6.5 : Capteur de flamme ST060

#### Module d'utilisation :

- ▶ Le capteur est particulièrement sensible à la lumière des flammes, mais peut également réagir à la lumière ordinaire. Il est généralement utilisé comme alarme incendie ou pour d'autres fins similaires.

- ▶ L'interface de sortie peut être directement connectée à un port *IO* du microcontrôleur.
- ▶ Il est recommandé de maintenir une certaine distance entre le capteur et la flamme afin de ne pas endommager le capteur (distance recommandée : 80 cm avec un briquet).
- ▶ Plus la flamme est grande, plus la distance de détection est importante.

### **Fonctionnement du capteur de flamme IR (ST060) et déclenchement du système incendie**

**Détection initiale :** Le capteur IR surveille l'environnement à la recherche de rayonnements lumineux spécifiques émis par une flamme. Lorsqu'une flamme est détectée (lumière pulsée dans l'IR), il envoie immédiatement un signal électrique à un microcontrôleur (ESP32).

**Déclenchement du système incendie :** À la réception du signal, le microcontrôleur active :

- ▶ Une microvanne (électrovanne) connectée à une pompe à eau ou un agent extincteur.
- ▶ La pompe haute pression propulse l'agent extincteur via un tuyau vers la zone enflammée.

**Surveillance de la persistance de la flamme :** Un deuxième capteur de flamme reste actif pour surveiller la zone après activation.

Si la flamme est toujours présente après 7 secondes, cela indique que l'extinction automatique est insuffisante.

**Transmission de l'alerte :** Le microcontrôleur envoie alors un signal via module GSM (SIM800C) pour activer le plan interne d'intervention d'urgence (ex. : alerte au service de sécurité).

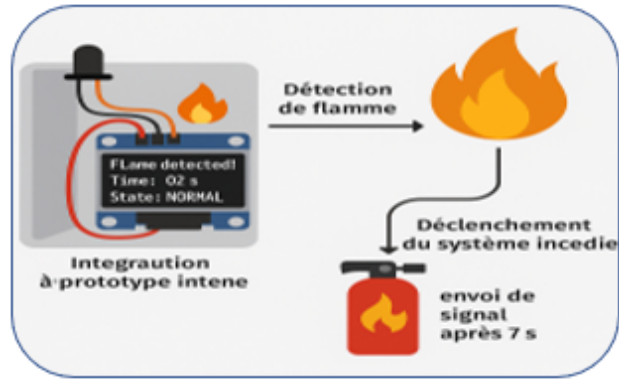


FIGURE 6.6 : Transmission d'alerte via module GSM après persistance de la flamme

Ce double mécanisme (détection + validation après 7s) permet d'assurer :

- ▶ Une réaction rapide et automatique.
- ▶ Une escalade contrôlée si le feu persiste.
- ▶ Une réduction des délais critiques en cas d'incendie dans une zone de stockage inflammable.



FIGURE 6.7 : Teste de flamme

---

# Conclusion générale



---

# Acronymes



**LoRa** Long Range (communication radio longue portée à faible consommation)

**LoRaWAN** Long Range Wide Area Network (réseau étendu basé sur la technologie LoRa)

**GSM** Global System for Mobile Communications (système mondial de communication mobile)

**SIM800C** Module de communication GSM permettant l'envoi de SMS et d'appels

**IR** InfraRouge (spectre lumineux infrarouge, utilisé pour la détection de flammes)

**UV** UltraViolet (spectre lumineux ultraviolet, aussi utilisé pour la détection de flammes)

**MQ-4** Capteur de gaz inflammables (méthane, propane, butane)

**DS18B20** Capteur de température numérique résistant, adapté aux environnements industriels

**IDE** Integrated Development Environment (environnement de développement intégré, ici Arduino IDE)

**ATEX** ATmosphères EXplosibles (certification pour zones à risque d'explosion)

**QHSE** Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement

**SEVESO** Sites d'Entreposage de Substances Extrêmement dangereuses Soumis à des Obligations spécifiques (directive européenne sur les sites industriels à risque majeur)

**PME** Petite et Moyenne Entreprise

**RSE** Responsabilité Sociétale des Entreprises

**IoT** Internet of Things (Internet des objets)

**HSE** Hygiène, Sécurité, Environnement

**B2B** Business to Business (relation commerciale interentreprises)

**SCADA** Supervisory Control and Data Acquisition (système de contrôle et d'acquisition de données)

**BMS** Building Management System (système de gestion technique du bâtiment)

**IECEx** International Electrotechnical Commission Explosive (certification internationale pour équipements en atmosphères explosives)

**OLED** Organic Light Emitting Diode (diode électroluminescente organique)

**I2C** Inter-Integrated Circuit (protocole de communication série pour composants électroniques)

**ESP32** Microcontrôleur avec connectivités Wi-Fi et Bluetooth intégrées

**TTL** Transistor-Transistor Logic (logique de commutation numérique standard)

**PCB** Printed Circuit Board (carte à circuit imprimé)

**CNAS** Caisse Nationale des Assurances Sociales (organisme algérien de sécurité sociale)

**INERIS** Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (France)

**ANSEJ** Agence Nationale de Soutien à l'Emploi des Jeunes (Algérie)

**ANDI** Agence Nationale de Développement de l'Investissement (Algérie)

**LM393** Comparateur de tension double utilisé dans les modules de détection