

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

\*\*\*\*

République de Tunis

\*\*\*\*

Ecole Supérieure Privée d'ingénierie et de Technologie

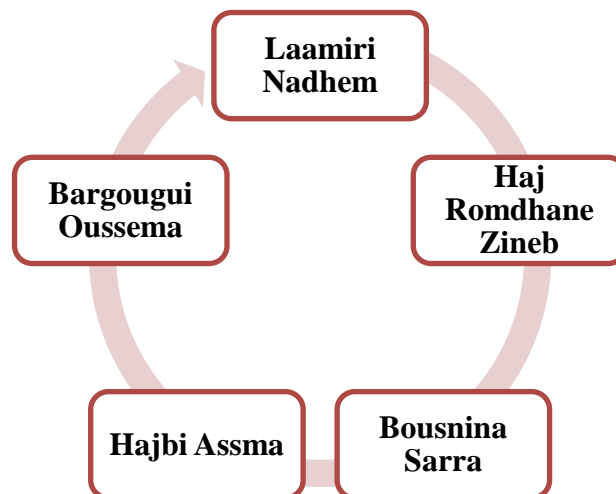
ESPRIT

Cycle D'ingénieur National en génie  
Informatique

Rapport de Projet d'Architecture des Microcontrôleurs

# Système de Surveillance de la Qualité de l'air

Réalisé par :



Soutenu le 12/12/2023

Devant le jury composé

Professeur : Mme Tebber Feten

Année Universitaire : 2023-2024



# **Remercîment**

Avant tout développement sur cette expérience, il paraît opportun de commencer ce rapport par exprimer notre profonde gratitude pour votre engagement exceptionnel en tant que notre professeur tout au long de cette période. Votre surveillance continue, votre sérieux et vos compétences ont grandement contribué à notre apprentissage et à notre développement académique. Nous apprécions particulièrement votre patience remarquable, surtout dans les moments où nous avons eu du mal à suivre le rythme. Votre compréhension et votre soutien inébranlable ont été des sources d'inspiration qui nous ont aidés à persévérer. Votre capacité à nous motiver et à nous guider pour avancer et nous améliorer constamment a été une bénédiction pour notre parcours éducatif. Nous sommes reconnaissants de pouvoir bénéficier de votre enseignement exceptionnel et de votre dévouement envers notre réussite. Merci infiniment pour tout ce que vous avez fait.

## Table des matières

Chapitre I :	2
1.1 Introduction :	3
1.2 Présentation de la problématique :	3
1.3 Le PIC 16f877 :	3
1.3.1 Structure externe :	3
1.3.2 Structure interne :	4
1.3.1.1 Caractéristiques de la CPU.....	4
1.3.1.2 Caractéristiques des périphériques.....	4
Conclusion :	5
Chapitre II :	6
2.1 Introduction :	7
2.2 Les réponses aux questions posées dans le cahier des charges:.....	7
2.2.1 Séance 1 :	7
2.2.2 Séance 2 :	10
2.2.3 Séance 3 :	10
Conclusion :	11
Chapitre III :	12
3.1 Introduction :	13
3.2 Description du fonctionnement :	13
3.3 Montage Isis :	14
3.4 Organigramme :	19
3.5 Code :	20
Conclusion :	21
Conclusion générale :	22

### Table des figures

Figure 1 : Structure externe .....	3
Figure 2 : Architecture interne .....	5
Figure 3 : Pins du PIC 16f877 pour ADC .....	11
Figure 4 : Montage ISIS en marche .....	14
Figure 5 : Montage ISIS en cas du danger .....	15
Figure 6 : Afficheur LCD.....	15
Figure 7 : Alarme (buzzer) .....	16
Figure 8 : Capteur de gaz MQ2.....	16
Figure 9 : Capteur d'humidité HCH-1000 .....	17
Figure 10 : Capteur de température DS1620.....	17
Figure 11 : Leds.....	18
Figure 12 : Buttons.....	18
Figure 13 :Organigramme de la partie main .....	19
Figure 14: Organigramme de la partie interrupt et compteur.....	19
Figure 15 : Echantillon du code .....	20
Figure 16 : Code de la partie interruption .....	20
Figure 17 : La bonne exécution du code .....	21

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison entre PIC 16f877 et PIC 16f84A .....	9
--	---

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le contexte des usines de production alimentaire et pharmaceutique, où la préservation de la qualité des produits est d'une importance capitale, la gestion de la qualité de l'air revêt un rôle critique. La nécessité de surveiller en permanence la composition atmosphérique découle de la volonté de détecter toute présence de contaminants et de bactéries potentiellement nuisibles.

Afin de répondre aux normes rigoureuses imposées par ces industries sensibles, Dans ce cadre, notre projet au sein de Mme Feten Teber consiste à gérer la conception et la mise en œuvre d'un système de surveillance de la qualité de l'air.

Ce système serait conçu pour mesurer divers paramètres, notamment la concentration de gaz nocifs, la température et l'humidité de l'air. En intégrant ces mesures précises, notre dispositif vise à assurer un environnement de production optimal, garantissant ainsi la conformité aux exigences strictes des usines opérant dans les secteurs alimentaire et pharmaceutique.

Une telle approche proactive contribuerait non seulement à la protection de la qualité des produits, mais également à l'assurance de la sécurité des consommateurs et au respect des normes sanitaires en vigueur.

La technologie de surveillance que nous envisageons jouerait ainsi un rôle essentiel dans l'optimisation des processus de production, offrant une solution complète pour la gestion de la qualité de l'air dans ces environnements particulièrement sensibles.

# **Chapitre I : Présentation du Problème et Etude du PIC**



### 1.1 Introduction :

La qualité de l'air est un enjeu crucial dans les usines de production alimentaire et pharmaceutique, où la moindre contamination peut compromettre la qualité des produits fabriqués.

### 1.2 Présentation de la problématique :

Comment assurer la fiabilité et la précision des mesures de concentration de gaz nocifs, de température et d'humidité de l'air?

Comment garantir la maintenance et la calibration du système pour une utilisation optimale ?

### 1.3 Le PIC 16f877 :

Le microcontrôleur PIC 16F877 est devenu un microcontrôleur très populaire dans l'électronique loisir. Sa simplicité, son prix, et l'accessibilité des outils de programmation peuvent expliquer sa popularité, donc Dans la suite du projet, on va utiliser le ce pic et le programmer selon nos besoins

Les éléments essentiels du PIC 16F877 sont :

#### 1.3.1 Structure externe :

Le PIC16F877 est un circuit intégré de 40 broches :

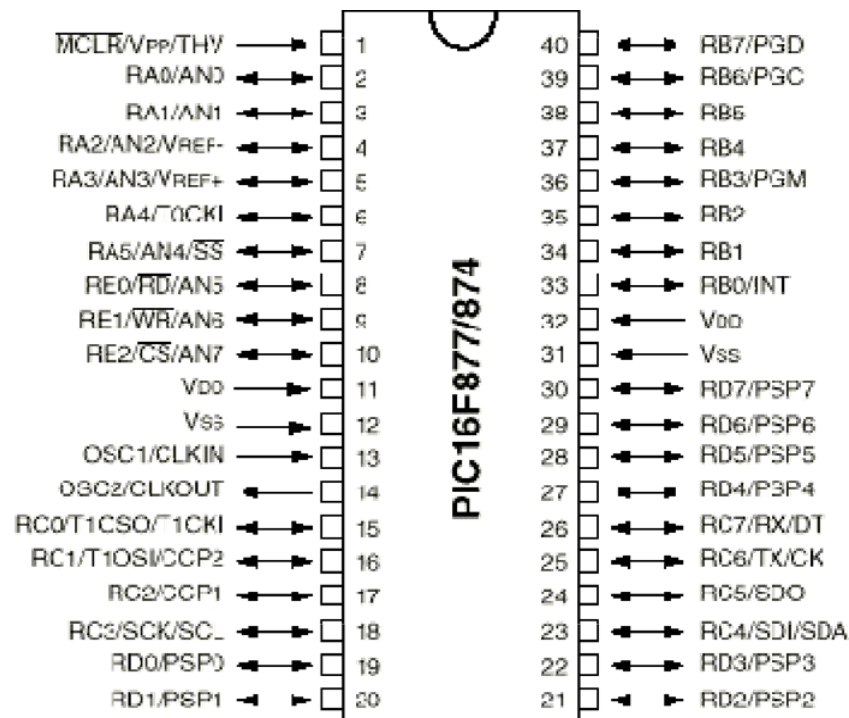


Figure 1 : Structure externe

### **1.3.2 Structure interne :**

#### **1.3.1.1 Caractéristiques de la CPU**

- \* CPU à architecture RISC (8 bits)
- \* Mémoire programme de 8 Kmots de 14 bits (Flash),
- \* Mémoire donnée de 368 Octets,
- \* EEPROM donnée de 256 Octets,
- \* 14 sources interruptions
- \* Générateur d'horloge de type RC ou quartz (jusqu'à 20 MHz)
- \* 05 ports d'entrée sortie
- \* Fonctionnement en mode sleep pour réduction de la consommation,
- \* Programmation par mode ICSP (**I**n **C**ircuit **S**erial **P**rogramming) 12V ou 5V,
- \* Possibilité aux applications utilisateur d'accéder à la mémoire programme

#### **1.3.1.2 Caractéristiques des périphériques**

- \* Timer0 : Timer/Compteur 8 bits avec un prédiviseur 8 bits
- \* Timer1 : Tier/Compteur 16 bits avec un prédivision de 1, 2, 4, ou 8 ; il peut être incrémenté en mode veille (Sleep), via une horloge externe,
- \* Timer2 : Timer 8 bits avec deux diviseurs (pré et post diviseur)
- \* Deux modules « Capture, Compare et PWM » :
  - \* Module capture 16 bits avec une résolution max. 12,5 ns, Module Compare 16 bits avec une résolution max. 200 ns, Module PWM avec une résolution max. 10 bits,
- \* Convertisseur Analogiques numériques multi-canal (8 voies) avec une conversion sur 10 bits,
- \* **S**ynchronous **S**erial **P**ort (SSP) SSP, Port série synchrone en mode I2C (mode maître/esclave),
- \* **U**niversal **S**ynchronous **A**synchronous **R**eceiver **T**ransmitter (USART) : Port série universel, mode asynchrone (RS232) et mode synchrone

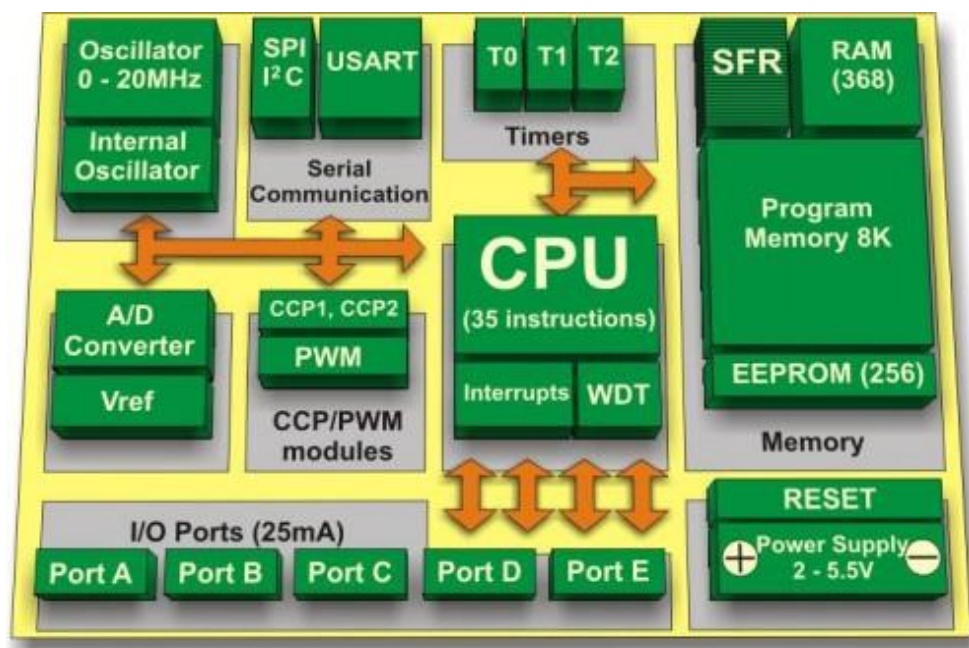


Figure 2 : Architecture interne

### Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté un aperçu rapide sur la problématique et de même sur l'architecture du PIC 16F877. Dans le chapitre suivant nous allons reprendre aux questions posées dans le cahier des charges.

# **Chapitre II : Réponse aux Questions**

### 2.1 Introduction :

Ce chapitre porte nos réponses aux questions posées dans le cahier des charges classées selon les séances.

### 2.2 Les réponses aux questions posées dans le cahier des charges:

#### 2.2.1 Séance 1 :

##### 1) Nombre de Ports :

Le PIC16F877 est équipé de 5 ports d'entrée/sortie (I/O): PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, et PORTE.

Détails des Ports :

PORTA (6 bits) : Peut être utilisé pour l'entrée/sortie numérique ou comme entrée pour le convertisseur A/D.

PORTB (8 bits) : Port d'entrée/sortie avec des capacités d'interruption externe.

PORTC (8 bits) : Supporte les communications série (UART, SPI, I<sup>2</sup>C).

PORTD (8 bits) : Utilisé souvent pour l'interface avec les afficheurs LCD.

PORTE (3 bits) : Utilisé pour des entrées supplémentaires ou des contrôles analogiques.

##### 2) Composants et Leurs Rôles (structure Harvard (séparation des mémoires)) :

Unité Centrale de Traitement (CPU) : Exécute des instructions du programme.

Mémoire de Programme (Flash) : Stocke le programme de l'utilisateur (14 bits x 8K).

Mémoire de Données (RAM) : Utilisée pour le stockage temporaire des données (368 x 8 bits).

EEPROM de Données : Pour le stockage permanent des données (256 x 8 bits).

Ports d'Entrée/Sortie : Pour interagir avec d'autres circuits.

TMR0/TMR1/TMR2 (Timers) : Pour les fonctions de temporisation.

PWM (Modulation de Largeur d'Impulsion) : Pour contrôler les moteurs, LED, etc.

UART, SPI, I<sup>2</sup>C (Communication Série) : Pour la communication avec d'autres périphériques.

Convertisseur A/D : Convertit les signaux analogiques en numérique.

##### 3) Sources d'Interruptions :

Interruptions Externes : Changements sur les pins spécifiques (INT, PORTB, etc.):

###### 1. Interruption Externe sur le Pin INT (RB0)

Pin RB0/INT : Le PIC16F877 dispose d'une interruption externe spécifique sur le pin RB0.

Fonctionnement : Cette interruption est déclenchée par un changement d'état (front montant

## Chapitre II : Réponse aux questions

---

ou descendant) sur ce pin.

Configuration : Il est possible de configurer le bord sur lequel l'interruption est déclenchée (montant ou descendant) via les registres de configuration du microcontrôleur.

### 2. Interruptions sur le Port B (RB4-RB7)

Pins de Changement d'État (RB4 à RB7) : En plus de RB0, les pins RB4 à RB7 peuvent également déclencher des interruptions.

Fonctionnement : Ces interruptions sont déclenchées par des changements d'état (niveau haut à bas ou bas à haut) sur ces pins.

Particularité : Ces interruptions sont idéales pour surveiller des entrées externes sans utiliser continuellement le CPU pour lire l'état des pins.

### 3. Autres Sources d'Interruptions Externes

Interruptions de Timers : Bien que techniquement internes, les interruptions de timers (TMR0, TMR1, TMR2) peuvent être déclenchées par des événements externes, comme des impulsions de comptage.

Interruptions de Communication Série : Les modules UART, SPI et I<sup>2</sup>C peuvent déclencher des interruptions lors de la réception ou de la transmission de données, ce qui est souvent lié à des activités externes.

### 4. Gestion des Interruptions

Registre INTCON : Ce registre joue un rôle crucial dans la configuration des interruptions externes, y compris leur activation/désactivation et la détermination des bords déclencheurs.

Priorité d'Interruption : Le PIC16F877 permet de définir des priorités pour différentes sources d'interruption, ce qui est crucial dans les systèmes où plusieurs sources d'interruption doivent être gérées efficacement.

Vecteur d'Interruption : Lorsqu'une interruption se produit, le microcontrôleur saute à une adresse spécifique de la mémoire programme, appelée vecteur d'interruption, où le gestionnaire d'interruption est situé.

Interruptions des Timers : Débordement ou comparaison des valeurs des timers.

Interruptions de Communication : UART, SPI, I<sup>2</sup>C.

Autres : Interruptions liées au convertisseur A/D, à la réinitialisation, etc.

### 4) Comparaison entre PIC16F877 vs PIC16F84A:

Domaines de comparaisons	PIC16F877	PIC16F84A
<b>Architecture et Unité de Traitement</b>	CPU plus avancé. Meilleure performance en termes de vitesse et de capacité de traitement	CPU plus simple, adapté pour des applications basiques
<b>Mémoire</b>	Mémoire de Programme : 8K x 14 bits (Flash). RAM : 368 x 8 bits. EEPROM : 256 x 8 bits.	Mémoire de Programme : 1K x 14 bits (Flash). RAM : 68 x 8 bits. EEPROM : 64 x 8 bits
<b>Ports d'Entrée/Sortie</b>	5 ports I/O (PORTA à PORTE) avec différentes fonctionnalités (analogique, PWM, communication série). PORTA (6 bits), PORTB (8 bits), PORTC (8 bits), PORTD (8 bits), PORTE (3 bits).	2 ports I/O (PORTA et PORTB). PORTA (5 bits), PORTB (8 bits)
<b>Fonctionnalités de Communication</b>	Supporte UART, SPI, I <sup>2</sup> C pour la communication série.	Moins de fonctionnalités de communication intégrées.
<b>Convertisseur A/D</b>	Inclut un convertisseur analogique-numérique.	Pas de convertisseur A/D intégré.
<b>Timers et PWM</b>	Timers : TMR0, TMR1, TMR2. Fonctionnalités PWM avancées	Timer : TMR0. Pas de PWM intégré.
<b>Interruptions</b>	Plusieurs sources d'interruption, y compris externes, timers, et communication série	Interruptions limitées à des changements d'état externes et au timer TMR0.

**Tableau 1 : Comparaison entre PIC 16f877 et PIC 16f84A**

### 2.2.2 Séance 2 :

les sources d'interruptions utilisées dans votre système sont :

RB0 (bouton de démarrage)

RB7 (bouton de consultation)

RB4 (capteur de gaz)

### 2.2.3 Séance 3 :

\*Un convertisseur ADC (Analog to Digital Converter) est un dispositif électronique qui convertit un signal analogique en un signal numérique. Les signaux analogiques sont continus et peuvent prendre une infinité de valeurs dans une plage donnée, tandis que les signaux numériques sont discrets et représentent ces valeurs analogiques sous forme de chiffres binaires.

Définition Détaillée du Convertisseur ADC

Conversion: L'ADC convertit des signaux analogiques (comme la tension d'une entrée) en données numériques pouvant être traitées par un microprocesseur.

Résolution: La résolution d'un ADC détermine sa précision. Elle est généralement exprimée en bits. Par exemple, un ADC de 8 bits peut représenter le signal analogique avec  $2^8$  (256) niveaux différents.

Taux d'échantillonnage: C'est la vitesse à laquelle l'ADC peut convertir les signaux analogiques en numérique. Un taux d'échantillonnage élevé permet de capturer plus précisément des signaux changeant rapidement.

Utilisation de l'ADC avec le PIC16F877

Le PIC16F877 est un microcontrôleur populaire de Microchip qui dispose d'un module ADC intégré.

\*Pins pour ADC : Le PIC16F877 possède plusieurs entrées analogiques pour l'ADC, généralement désignées par AN0, AN1, etc. Ces entrées sont multiplexées sur des pins PORTA et certains pins de PORTE.

PORTA: Les pins RA0 à RA5 (AN0 à AN5) sont généralement utilisés pour l'ADC.

PORTE: Les pins RE0 à RE2 (AN5 à AN7) peuvent également être utilisées pour des entrées analogiques supplémentaires.

Configuration:

Registre ADCON0: Utilisé pour sélectionner le canal ADC et démarrer la conversion.



## Chapitre II : Réponse aux questions

Registre ADCON1: Permet de configurer le format du résultat (justification à gauche ou à droite) et de définir quels pins sont analogiques ou numériques.

ADC Channel	Pin
Channel 0	RA0/AN0 (Port A)
Channel 1	RA1/AN1 (Port A)
Channel 2	RA2/AN2/VRef- (Port A)
Channel 3	RA3/AN3/VRef+ (Port A)
Channel 4	RA5/AN4 (Port A)
Channel 5	RE0/AN5 (Port E)
Channel 6	RE1/AN6 (Port E)
Channel 7	RE2/AN7 (Port E)

**Figure 3 : Pins du PIC 16f877 pour ADC**

### Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté nos réponses aux questions posées dans le cahier des charges dans le chapitre suivant on va présenter le montage ISIS, l'organigramme et le code.

# **Chapitre III : Montage ISIS Code ET Organigramme**

### 3.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous tenons à présenter le fonctionnement du système, le montage ISIS et le composant utilisé dans ce montage, nous allons de même présenter le code et l'organigramme.

### 3.2 Description du fonctionnement :

#### 1) A l'état initial :

- L'afficheur LCD affiche « en veille » pour montrer que le système n'a pas encore démarré.
- Une led rouge est allumée.
- Les valeurs initiales stocker dans la mémoire EEPROM :
  - o Valeur seuil de la température est égale à 23°C ;
  - o Valeur seuil de l'humidité est égale à 30% ;

#### 2) En appuyant sur le bouton de démarrage :

- L'afficheur LCD affiche « en marche » et la valeur de la température et de l'humidité pour montrer que le système commence à fonctionner correctement.
- Une led verte s'allume.
- Les capteurs commencent à prendre les mesures de l'air.
- S'il y'a un dépassement de seuil au niveau de l'un des 3 capteurs :
  - o Le nombre de fois que le système dépasse le seuil va être stocké dans la mémoire EEPROM.
  - o Une led rouge commence à clignoter 5 fois pendant 2 secondes.
  - o L'afficheur LCD affiche le mot « en danger ».
  - o Une alarme va être déclencher pour avertir le responsable qu'il y'a un problème pour prendre les mesures nécessaires.
  - o Pour libérer le gaz nocif, le responsable appuies 4 fois sur le bouton intervenir, l'afficheur LCD affiche le mot « libéré » pendant 3 secondes et puis le système revient à son état de repos.

#### 3) En appuyant sur le bouton consulter :

Le responsable peut consulter le nombre de fois que son système dépasse le seuil en l'affichant sur l'afficheur LCD, pendant 3s, et en l'associant avec le mot « problème(s) ».

### 3.3 Montage Isis :

Proteus est une suite logicielle permettant la CAO électronique éditée par la société Labcenter Electronics. Proteus est composé de deux logiciels principaux : ISIS, permettant entre autres la création de schémas et la simulation électrique, et ARES, destiné à la création de circuits imprimés. Grâce à des modules additionnels, ISIS est également capable de simuler le comportement d'un microcontrôleur (PIC, Atmel, 8051, ARM, HC11...) et son interaction avec les composants qui l'entourent.

Voici des images du Montage ISIS de notre projet :

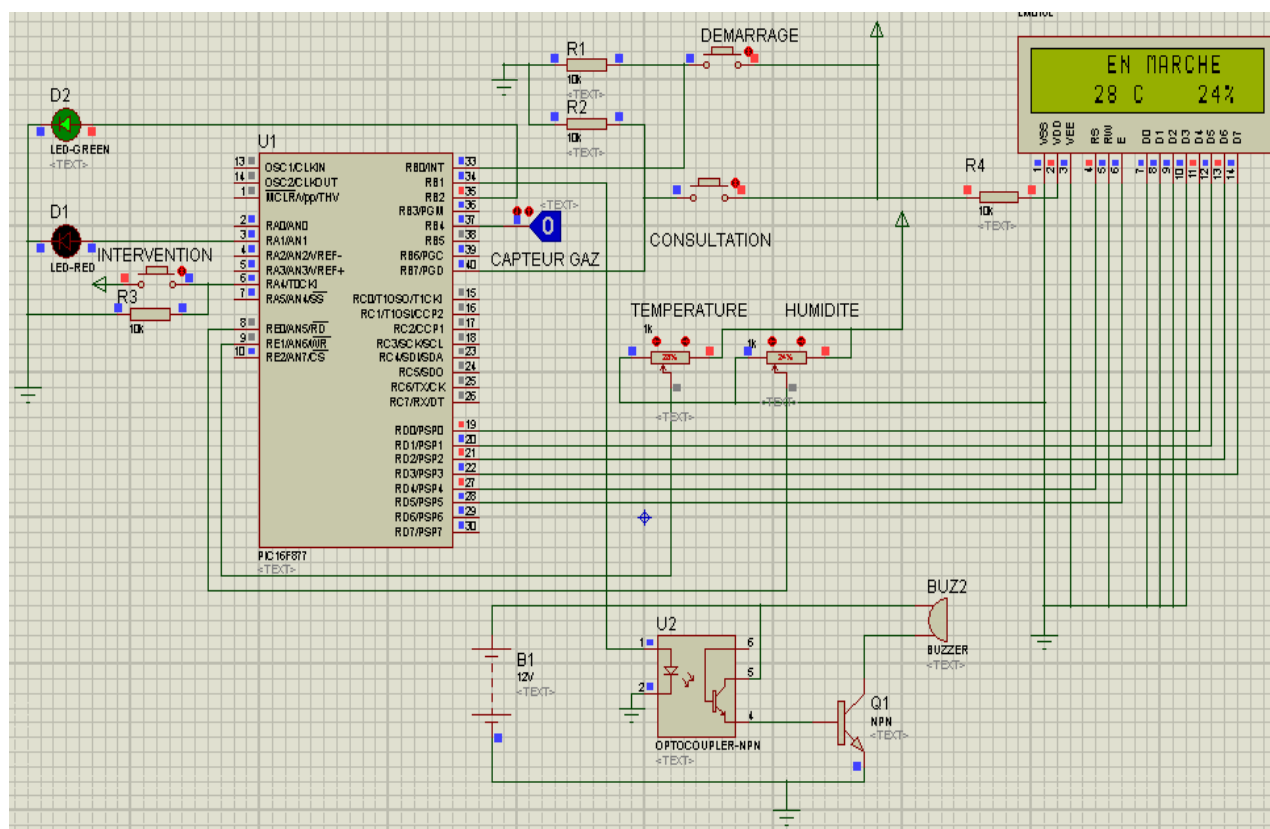


Figure 4 : Montage ISIS en marche

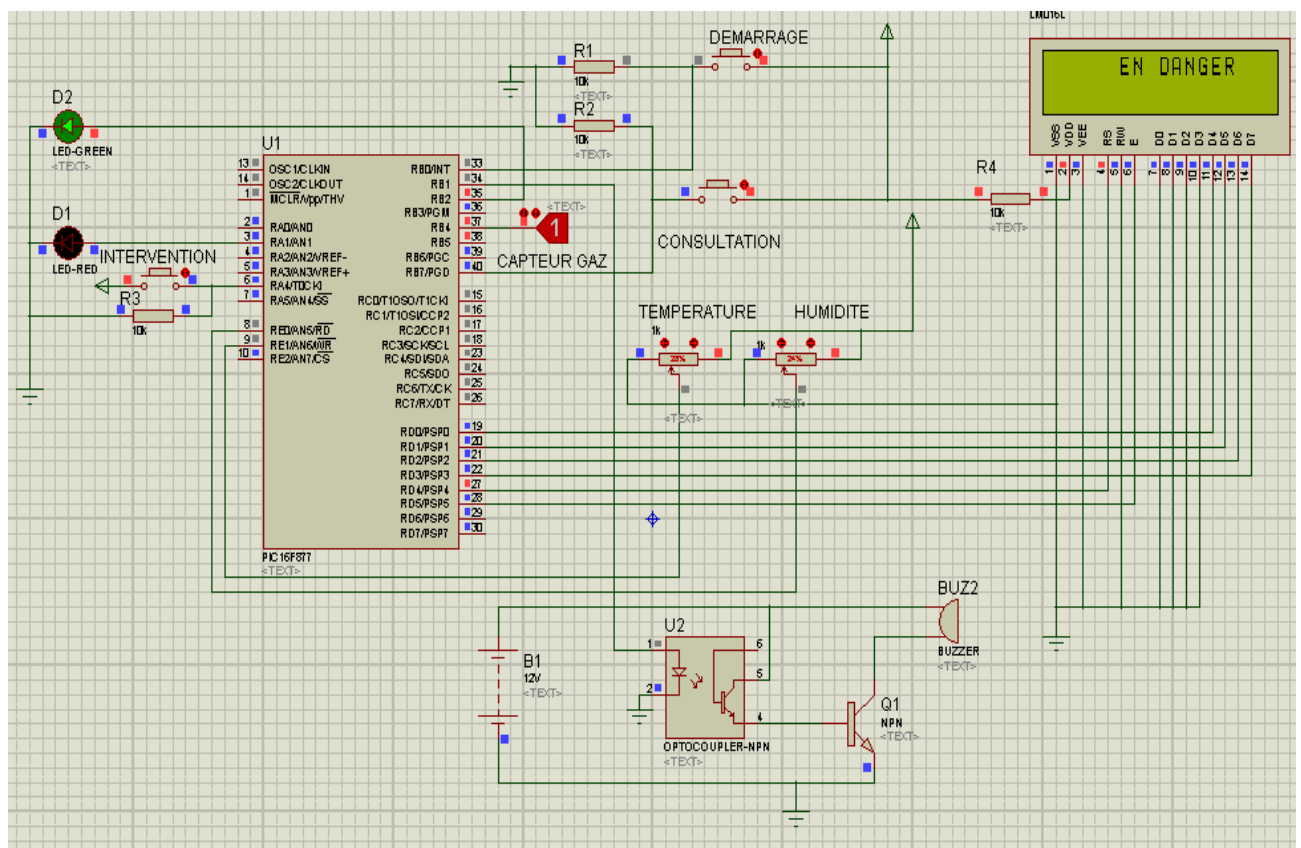


Figure 5 : Montage ISIS en cas du danger

### 3.2.1 Composant utilisé en montage ISIS :

#### 1) Afficheur LCD :

L'afficheur LCD est en particulier une interface visuelle entre un système (projet) et l'homme (utilisateur).



Figure 6 : Afficheur LCD

### 2) Alarme (buzzer) :

Il s'agit d'un petit buzzer électronique actif à son intermittent. C'est génial d'ajouter Audio Alert à vos conceptions électroniques. Il fonctionne sur une alimentation DC 3-24V, utilise un élément de bobine pour générer une tonalité audible).

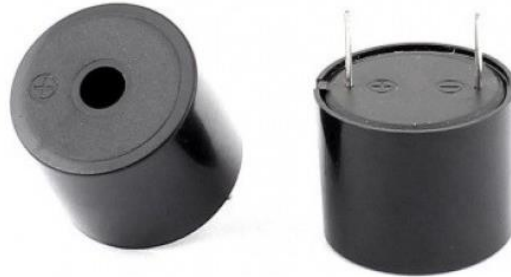


Figure 7 : Alarme (buzzer)

### 3) Capteur de gaz MQ2:

Le capteur de gaz MQ2 est utilisé pour la détection des fuites de gaz pour les équipements des marchés de grandes consommations et industriel. Ce capteur est conçu pour détecter le LPG, i-butane, propane, méthane ,alcool, hydrogene et la fumée. Il a une grande sensibilité et un temps de réponse rapide.



Figure 8 : Capteur de gaz MQ2

### 3) Capteur d'humidité HCH-1000:

Il s'agit d'une sonde permettant de mesurer l'humidité relative ou absolue et, donc, de réguler la ventilation en fonction de l'humidité de l'air. Elle est particulièrement adaptée dans les locaux humides (sanitaires, cuisines, ...) là où l'air est extrait.

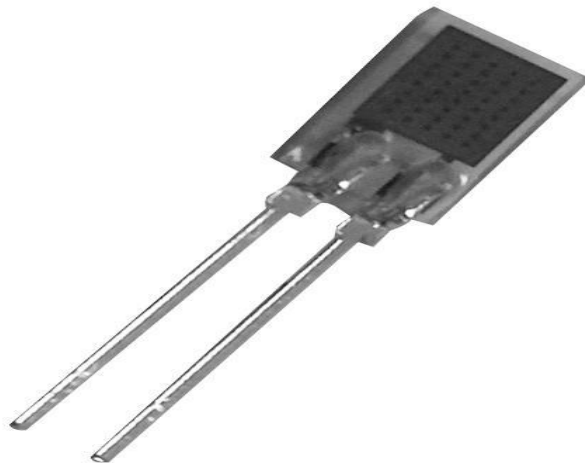


Figure 9 : Capteur d'humidité HCH-1000

### 3) Capteur de température DS1620 :

Le modèle DS1620/1621 est un convertisseur température vers numérique avec sorties d'alarme en cas de température trop élevée ou trop faible. La température est fournie sous forme de valeur de 9 bits. Applications : ordinateurs, téléphones mobiles, équipement bureautique et enregistreurs de données.



Figure 10 : Capteur de température DS1620

### 3) Led :

Une LED (en français : DEL : diode électroluminescente) est un composant électronique et optique, qui en étant traversé par du courant électrique, émet une lumière d'une intensité diffuse.



Figure 11 : Leds

### 3) Button :

Un bouton (ou bouton poussoir et bouton-poussoir) est un interrupteur simple qui permet de contrôler les capacités d'un processus



Figure 12 : Buttons

**Nb!!** Dans le montage ISIS on a représenté quelques composants différemment et c'était en consultation avec notre professeur, mais ça n'a aucun effet sur le fonctionnement du système.



### 3.4 Organigramme :

Un organigramme est une représentation graphique d'un problème, de son analyse et de sa résolution à l'aide de symboles traduisant des opérations, des données, des liaisons ou des appareils.

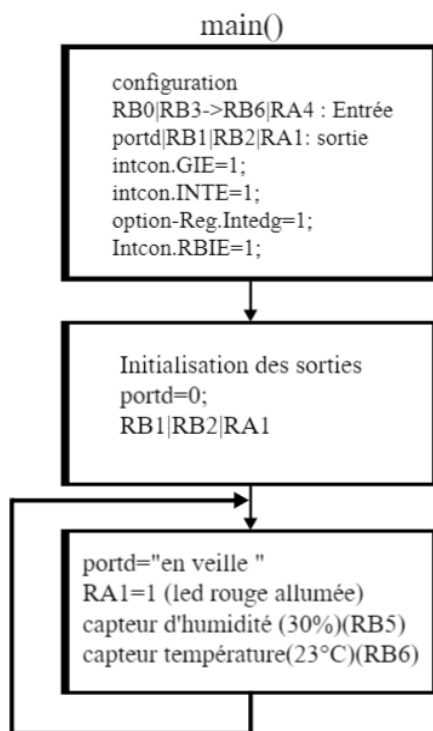


Figure 13 :Organigramme de la partie main

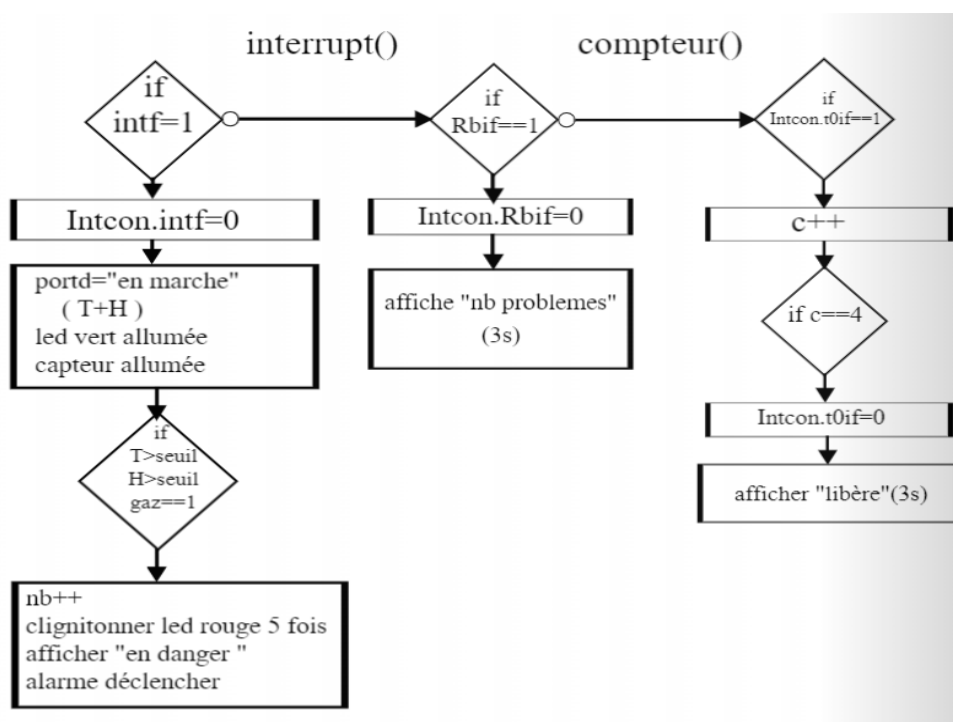
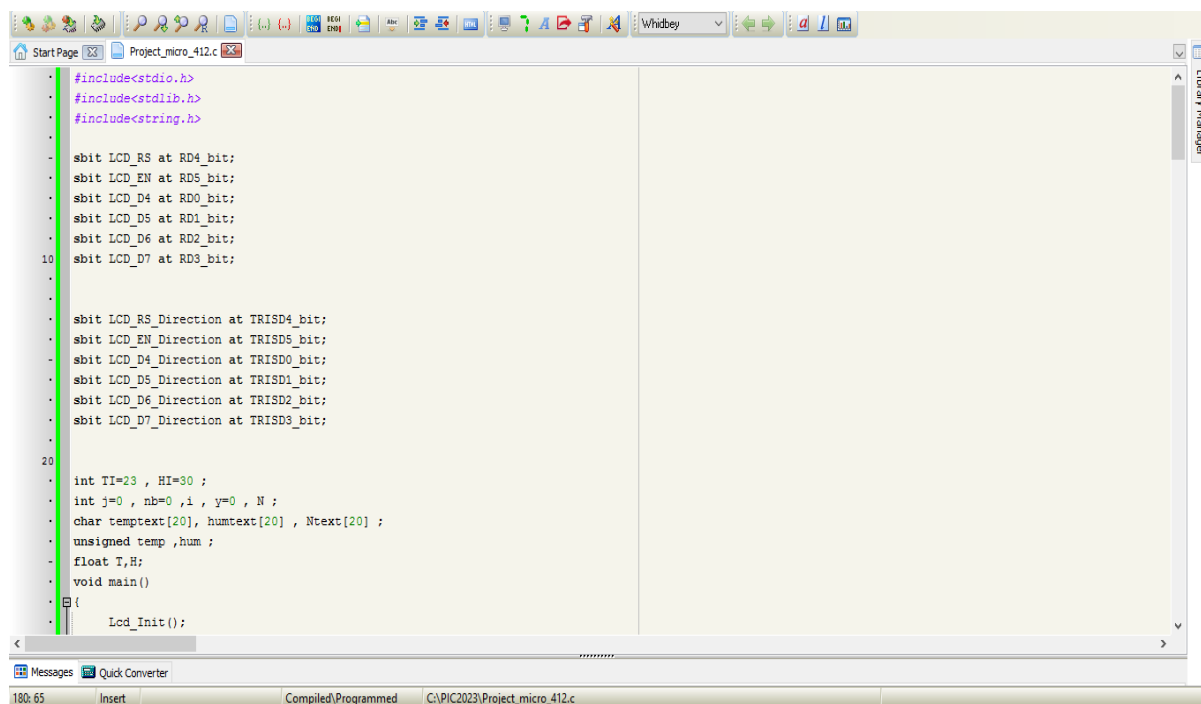


Figure 14: Organigramme de la partie interrupt et compteur

### 3.5 Code :

Le code informatique est un langage qui permet à un humain de programmer un logiciel ou un ordinateur. C'est à l'aide du code informatique que l'on conçoit des jeux vidéo, des sites Internet, des applications mobiles ou même des robots.



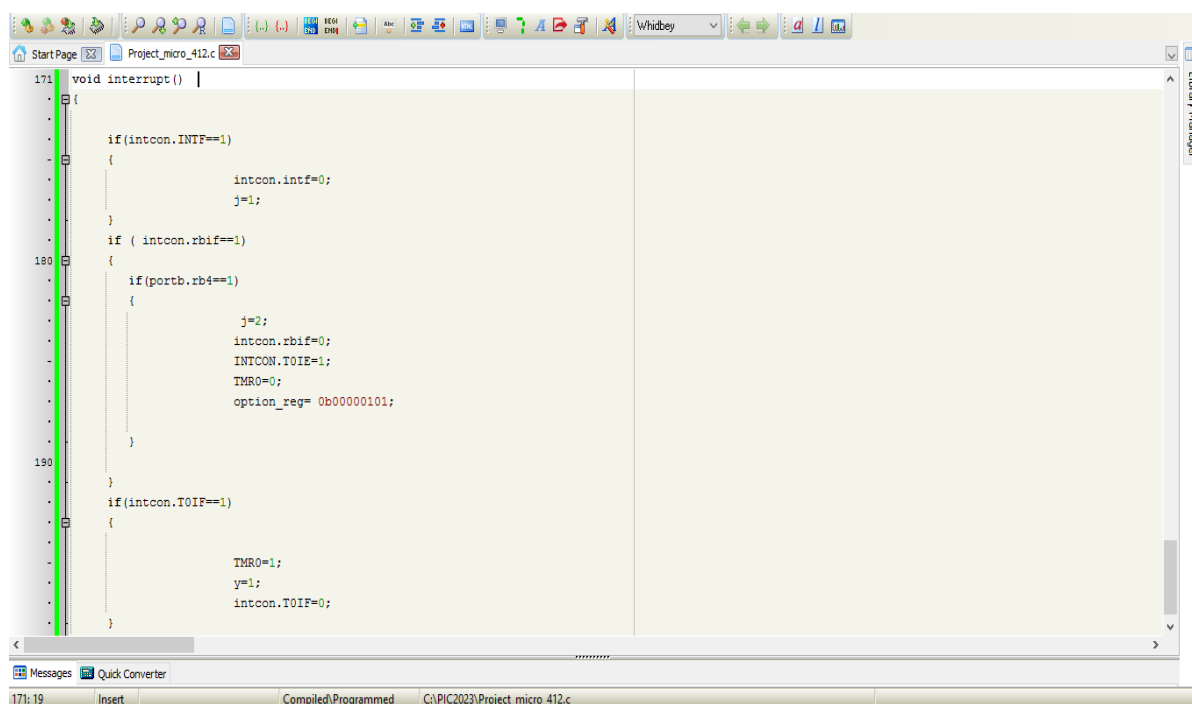
```
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<string.h>

sbit LCD_RS at RD4_bit;
sbit LCD_EN at RD5_bit;
sbit LCD_D4 at RD0_bit;
sbit LCD_D5 at RD1_bit;
sbit LCD_D6 at RD2_bit;
sbit LCD_D7 at RD3_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISD4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISD5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISD0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISD1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISD3_bit;

int TI=23 , HI=30 ;
int j=0 , nb=0 , i , y=0 , N ;
char temptext[20], humtext[20] , Ntext[20] ;
unsigned temp , hum ;
float T,H;
void main()
{
    Lcd_Init();
```

Figure 15 : Echantillon du code



```
void interrupt()
{
    if(intcon.INTF==1)
    {
        intcon.intf=0;
        j=1;
    }
    if ( intcon.rbif==1)
    {
        if(portb.rb4==1)
        {
            j=2;
            intcon.rbif=0;
            INTCON.T0IE=1;
            TMR0=0;
            option_reg= 0b00000101;
        }
    }
    if(intcon.T0IF==1)
    {
        TMR0=1;
        y=1;
        intcon.T0IF=0;
    }
}
```

Figure 16 : Code de la partie interruption

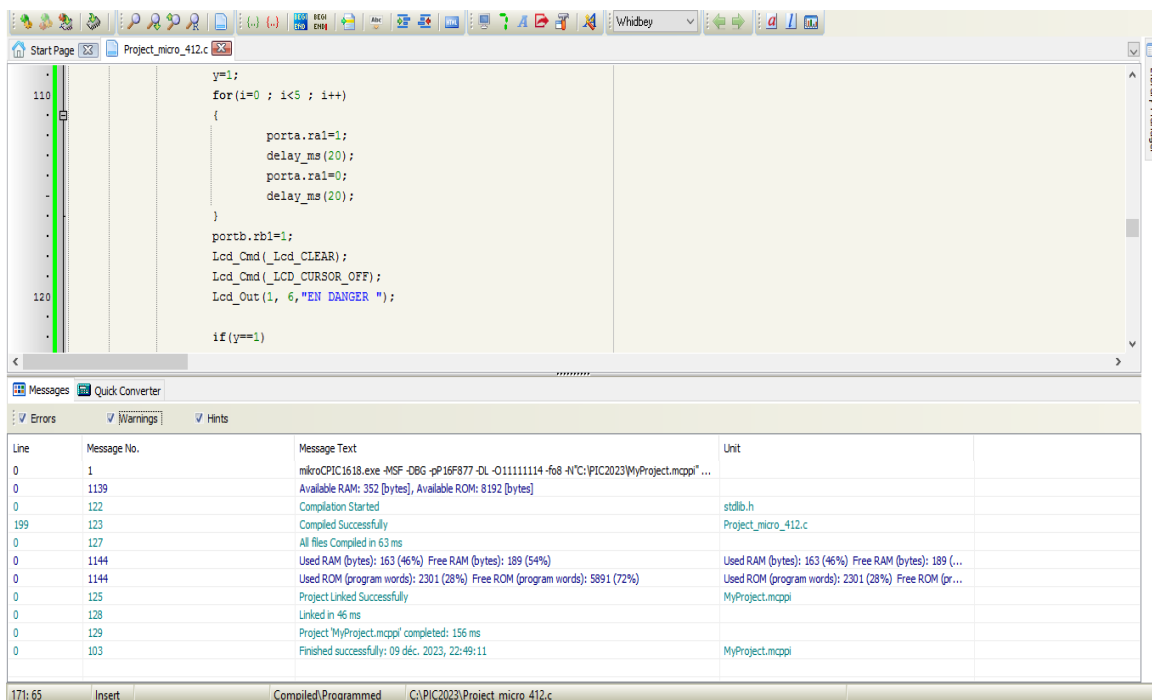


Figure 17 : La bonne exécution du code

## Conclusion :

Ce chapitre était conçu pour présenter globalement notre système pour résoudre le problème des unités de stockage des produits pharmaceutiques, nous avons présenté le fonctionnement de notre système, le montage ISIS, les composants à utiliser, l'organigramme et on a fini par présenter le code.

## **Conclusion générale :**

En conclusion, la mise en place d'un système de surveillance de la qualité de l'air dans les usines de production alimentaire et pharmaceutique représente une réponse proactive aux impératifs stricts de préservation de la qualité des produits.

En envisageant la mesure de paramètres tels que la concentration de gaz nocifs, la température et l'humidité de l'air, nous anticipons les défis inhérents à ces environnements sensibles.

Cette approche préventive vise à détecter efficacement la présence de contaminants et de bactéries, contribuant ainsi à garantir la conformité aux normes sanitaires les plus élevées.

Par la mise en œuvre de cette technologie de surveillance avancée, non seulement nous assurons la protection de la qualité des produits, mais nous favorisons également la sécurité des consommateurs.

En somme, notre engagement envers la création d'un environnement de production optimal démontre notre volonté de répondre aux exigences spécifiques des secteurs alimentaire et pharmaceutique, contribuant ainsi à renforcer la fiabilité et la qualité des produits livrés par ces industries cruciales.

