



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Automatique  
Automatique et informatique industrielle

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :  
**BENLEMBAREK Salah Eddine**

Le : [Click here to enter a date.](#)

## Étude de l'automatisation d'une serre agricole en utilisant l'API Schneider M340

---

### Jury :

Mr.	ARIF Ali	MCA	Université de Biskra	Président
Mr.	SAADOUNE Achour	Pr.	Université de Biskra	Rapporteur
M.	RECHID Naima	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019-2020



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Automatique  
Automatique et informatique industrielle

---

## Étude de l'automatisation d'une serre agricole en utilisant l'API Schneider M340

---

**Présenté par :**

*BENLEMBAREK Salah Eddine*

**Avis favorable de l'encadreur :**

*Pr. SAADOUNE Achour*

*signature*

**Avis favorable du Président du Jury**

**Dr. ARIF Ali**

*Signature*

**Cachet et signature**



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de génie électrique

# MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies  
Automatique  
Automatique et informatique industrielle

---

## Étude de l'automatisation d'une serre agricole en utilisant l'API Schneider M340

---

Présenté par : *BENLEMBAREK Salah Eddine*

Dirigé par: *Pr. SAADOUNE Achour*

### RESUMES (Français et Arabe)

Le but de ce projet est l'étude de l'automatisation d'un système d'irrigation dans une serre agricole afin d'améliorer la production et économiser la quantité d'eau utilisée et de simplifier la vie des agriculteurs. La commande est à l'aide de l'automate programmable M340 avec le logiciel de programmation UNITY Pro.

#### ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة النظام الآلي للسقي داخل بيت بلاستيكي من أجل تحسين الإنتاج والاقتصاد في كمية الماء وتسهيل حياة الفلاحين التحكم تم باستخدام المبرمج الآلي شنايدر M340 مع برنامج البرمجة *Unity Pro*

# Dédicace

A ma famille

A ma maman bien-aimée

Mon cher père

Près de mon cœur

À mes frères et sœurs

A Mes amis



# Remerciement

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ.

Au nom de Dieu le miséricordieux. Dieu merci cela m'a permis d'atteindre ce point dans ma vie scolaire, et j'espère que je continuerai à trouver un instrument que Dieu Tout-Puissant pourra satisfaire. Je remercie, ma mère et mon père, qui sont tous à l'honneur. Puisse Allah vous récompenser de tout bien et Allah pardonnera leurs péchés.

Et je remercie le professeur superviseur SAADOUNE Achour, qui m'a aidé à me guider et à m'apprendre à terminer ma note de fin d'études.

Et n'oubliez pas tous les professeurs de la filière Automatique du département de Génie Electrique Nabar Hanane, Naima Rachid, Guettaf abderrezak, Abdou latifa, Arif Ali...

Je conclurai, en remerciant vivement toute ma famille qui m'a toujours Supporté moralement et financièrement pendant toutes mes longues années d'étude.

Et a tous mes amis

A tous mes collègues de la promotion 2020.

## Sommaire

**Introduction générale** 01

### **Chapitre 1: *Généralité sur les serres agricoles***

1.1	Introduction	02
1.2	Place des légumes dans l'alimentation humaine	02
1.3	La culture sous serre	03
1.3.1	Définition d'une serre agricole	03
1.3.2	Choix de la serre et de sa couverture	03
1.3.3	Les différents types de serres	04
1.3.4	Mise en place des serres	04
1.3.5	L'énergie et la serre	04
1.4	L'effet de serre	05
1.5	Déperditions calorifiques	08
1.6	La déshumidification	09
1.7	Lumière et rayonnement solaire	10
1.8	Le gaz carbonique	12
1.9	Conclusion	13

### **Chapitre 2: *Etude de l'automatisation d'un système d'irrigation dans une serre agricole***

2.1	Introduction	14
-----	--------------	----

2.2	Définition d'un API	14
2.3	Structure d'un API	14
2.4	Architecture d'un API	15
2.4.1	Aspects extérieurs	15
2.4.2	Structure interne	15
2.5	Automate Modicon M340	16
2.5.1	Description de l'automate Modicon M340	16
2.5.2	Les critères Modicon M340	17
2.5.3	Le logiciel de programmation Unity Pro	17
2.6	Capteur d'humidité de sol	18
2.6.1	Présentation	18
2.6.2	Fonctionnement	19
2.7	Capteur de niveau	19
2.8	Électrovanne	19
2.8.1	Présentation	19
2.8.2	Régulation de débit	20
2.9	Pompe à eau	20
2.10	Module entrée/sorties analogique Modicon M340	20
2.11	Configuration du Module entrée/sorties analogique Unity pro	22

### ***Chapitre 3: Programmation et simulation***

3.1	Introduction	24
3.2	Le cahier de charge	24
3.3	L'organigramme correspondant au cahier de charge	24
3.4	Mise à l'échelle des entrées analogique	25
3.5	Programmation et simulation	27
3.6	Conclusion	31
	<b>Conclusion générale</b>	<b>32</b>
	<b>Bibliographiques</b>	<b>34</b>

# *Introduction générale*



## **Introduction générale**

Une serre est une structure qui peut être parfaitement close destinée en général à la production agricole. Elle vise à soustraire aux éléments climatiques les cultures vivrières ou de loisir pour une meilleure gestion des besoins des plantes et pour en accélérer la croissance ou les produire indépendamment des saisons.[1]

Dans une serre agricole, généralement les agriculteurs ont fait l'arrosage des plantes manuellement. L'arrosage manuel ne permet pas à promouvoir la conservation de l'eau, cela peut causer une quantité excessive ou manque d'eau dans le sol et ça c'est un grand problème, sans oublier que le processus d'irrigation est devenu un processus complexe à cause du manque de main-d'œuvre et de la perte de temps. Un autre facteur qui peut affecter la qualité des cultures est le facteur de l'humidité et température. Pour ces raisons, la solution de penser à l'automatisation de la serre agricole est venue.

L'automatisation de la serre agricole est a pour objectif d'améliorer la productivité et économiser la quantité d'eau utilisée et de simplifier la vie des agriculteurs.

Dans ce mémoire on va étudier l'automatisation d'un système d'irrigation dans une serre agricole en utilisant l'automate programmable Modicon M340.

On va résumer ce travail dans 3 chapitres principaux :

Le premier chapitre présente une généralité sur les serres agricole. Le 2ème chapitre est consacré a l'étude de l'automatisation d'un système d'irrigation dans une serre agricole. Le 3ème chapitre présente notre programmation et simulation.

Finalement, une conclusion générale.

## **Chapitre 1**

### **Généralité sur les serres agricoles**

#### **1.1 Introduction**

La culture sous abris est devenue un instrument ordinaire de notre approvisionnement en produits frais. Quelle que soit l'optique choisie: économique, sociale ou écologique, la production locale apparaît plus sensée que l'importation de régions lointaines, lorsqu'il s'agit de produits cultivés de toutes façons sous abris. Cela étant, l'exploitation raisonnée des infrastructures impose, sous nos climats, le chauffage quasi continu des serres pour une production en toute saison. [2]

Le mode de culture approprié à cette situation est appelé la serriculture, il fait appel à plusieurs éléments constitutifs d'un agro-système basé sur le principe de fondement d'un microclimat assurant la protection et le déroulement normal de la croissance des plantes. L'apparition des abris assure le développement des différents organes des plantes ; ce dernier tire alors le profit de l'environnement extérieur d'une façon planifiée et contrôlée.

Depuis une dizaine d'années, les cultures maraîchères sous abris ont connu un développement considérable sur le pourtour du bassin méditerranéen. Si nous analysons, lors de ces dernières années, les structures socio-économiques dans les pays méditerranéens se sont rapidement et profondément transformées. Ces changements se sont accompagnés de modification dans les habitudes alimentaires, qui se caractérise par une augmentation de la consommation des fruits et légumes dont la demande est continue toute l'année. Pour s'adapter et répondre efficacement à cette demande, les systèmes de production ont dû évoluer, notamment vers une plus grande maîtrise des conditions de production microclimatique [3].

#### **1.2 Place des légumes dans l'alimentation humaine**

Dans l'histoire de l'homme, les légumes tiennent une place importante dans l'alimentation humaine. En effet, les légumes ont de nombreuses propriétés: [4]

- ils enrichissent le régime alimentaire;
- ils améliorent la qualité gustative des autres aliments;
- ils facilitent la digestion;
- ils possèdent, dans certains cas, des qualités curatives;

Les légumes sont en générale très riches en vitamines et sels minéraux, relativement pauvres en protéines avec toutefois une composition en acides aminés équilibrée (teneur élevée en méthionine et glycine), très pauvre en lipides et riches en fibres. [4] Selon la FAO, pour un régime alimentaire équilibré, la consommation de légumes doit être de 200 g/pers./j., soit environ 75

kg/pers./an. Les habitants des pays à climat tempéré consomment en moyenne cette quantité. En revanche, dans certains pays désertiques et/ou climat tropical, la consommation de légumes devient insuffisante. En Asie subtropicale, par exemple, elle est de 50 kg/pers./an, en Asie du Sud-Est de 25 kg/pers./an, en Amérique latine de 22 kg/pers./an et en Afrique équatoriale seulement de 13 kg/pers./an [4].

### **1.3 La culture sous serre**

#### **1.3.1 Définition d'une serre agricole**

La serre est une construction destinée à abriter des cultures de plantes ornementales, légumières ou fruitières, et parfois -dans un but expérimental ou didactique- de toutes autres plantes, dans des conditions plus favorables ou plus sûres qu'en plein air. [5]

Ceci implique :

- une enveloppe transparente aux radiations nécessaires pour la vie des plantes, d'où résulte un climat modifié par rapport au climat extérieur;
- des dimensions appropriées à la culture envisagée, allant des « palmarium » aux serres basses ;
- un substrat naturel ou artificiel et une alimentation en eau;
- des dispositifs permettant des échanges d'air avec l'extérieur;
- éventuellement des dispositifs pour limiter les variations de paramètres comme la température ou l'humidité dans la serre, ou pour en contrôler plus précisément le climat.

Voici une autre définition plus succincte : la serre est un volume plus ou moins séparé de l'extérieur par une paroi plus ou moins transparente et perméable à l'air.

En France, la norme AFNOR/U 57001 indique : les serres de production peuvent se définir comme des « enceintes destinées à la culture et à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire et dont les dimensions permettent à un homme de travailler aisément à l'intérieur ». Ceci exclut donc les châssis et petits tunnels (chenille, tunnels nantais...). [5]

#### **1.3.2 Choix de la serre et de sa couverture**

Les principaux critères de choix d'une serre et de sa couverture d'après (Urban, 1997) sont les suivants [6] :

- La transmission du rayonnement utile à la photosynthèse (elle détermine le potentiel de production).
- La solidité et la durabilité (attention aux zones comportant des risques climatiques).
- La fonctionnalité et la facilité de maintenance (elle joue un rôle dans les couts de main-d'œuvre).
- Les économies d'énergie (quand il faut chauffer).
- Le prix.

### 1.3.3 Les différents types de serres

On distingue trois principaux types de structures de serre: la serre en verre, la serre multi chapelle plastique et la serre tunnel plastique (Fig. I.1).



Figure. I.1: Les trois principaux types de serres

### 1.3.4 Mise en place des serres

Le choix du site d'implantation des serres est essentiel. L'ensoleillement et le potentiel de production sont beaucoup plus faibles dans les régions septentrionales que dans les régions méditerranéennes. Et, ils sont plus faibles dans ces dernières que sous les tropiques. Il est bon de se rappeler aussi que les saisons sont inversées d'un hémisphère à l'autre, et que la différence de rayonnement journalier cumulé entre les régions du nord et du sud est beaucoup plus marquée en hiver qu'en été. Les régions du nord et du sud sont en fait assez complémentaires : les premières ont une vocation naturelle pour la production estivale de qualité, et les secondes ont l'avantage en hiver. [6]

Il faut enfin garder à l'esprit que l'objectif de la production sous serre, comme de toute production, n'est pas d'atteindre le rendement maximal de produits de qualité mais de générer la marge la plus élevée possible, ce qui est infiniment plus subtil. D'autres considérations que l'ensoleillement entrent donc en ligne de compte à l'heure du choix du site d'implantation d'une serre, comme la proximité des marchés, le contexte socioéconomique, l'environnement scientifique et technique. [6]

### 1.3.5 L'énergie et la serre

Intérêts de la détermination du microclimat

L'évolution des modes de consommation a eu un impact sur la production des fruits et légumes mais aussi des plantes et des fleurs. Les consommateurs actuels souhaitent que ces produits soient disponibles tout au long de l'année quelle que soit leur période de production et même leur région

d'origine. Ainsi, la tomate en frais est passée d'un produit de saison à un produit disponible toute l'année. Pour les cultures ornementales, des plantes d'origine tropicale sont aujourd'hui cultivées un peu partout. De plus, la demande en fleurs est forte en hiver lors des fêtes alors que la saison est défavorable. Cette évolution a d'autre part permis aux serristes de vendre des produits précoces et d'obtenir une plus grande valeur ajoutée. Pour répondre à ces besoins, de nouveaux outils et techniques de production ont été développés. L'outil serre et ses équipements de chauffage permettent de mieux gérer la croissance des plantes car la gestion du climat est maîtrisée. Plusieurs paramètres influencent la croissance des plantes et sont à maîtriser : [7]

### ***La température ambiante***

Chaque espèce requiert une température optimale de croissance qui peut atteindre 18 à 20°C (notamment en cultures maraîchères et pour certaines plantes en pot d'origine exotique).

La température de l'ambiance joue un rôle important pour les fonctions vitales de la plante : la photosynthèse, la transpiration, la circulation de la sève, la multiplication et la différenciation des cellules des organes aériens (Cniha A, 2005). Par exemple, en production de tomate, la température influence fortement le calibre du fruit, la coloration et la forme. La température optimale pour la photosynthèse de la tomate varie entre 22 et 25 °C (Grasselly et al., 2000). En ornement, les différentes espèces ont des températures de croissance optimales très variables. En dessous ou au dessus de ce seuil de température, la qualité des plantes est plus ou moins dépréciée. [7]

Le maintien d'une température d'ambiance nécessite l'utilisation d'un système de chauffage. Au départ, l'intérêt des productions sous serres était de pouvoir profiter du phénomène d'effet de serre qui permet une augmentation conséquente de la température grâce au rayonnement solaire. Or, à certains moments (la nuit ou les journées sans soleil), la serre devient un émetteur de chaleur et les températures peuvent fortement y diminuer. [7]

De nos jours les serres sont devenues des outils de production de masse devant fournir des produits même en hors saison.

Pour pallier ces déperditions thermiques et répondre aux exigences des consommateurs actuels, différents systèmes de chauffage sont mis en place.

## **1.4 L'effet de serre**

L'effet de serre est le résultat d'interposition entre l'atmosphère et le sol d'un matériau transparent pour les radiations courtes provenant du soleil et absorbant au maximum les radiations longues en provenance du sol. [1]

L'effet de serre se manifeste essentiellement par l'élévation de la température. Sa détermination peut être ramenée à la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la serre ( $\Delta T$ )

multipliée par le nombre d'heures pendant lesquelles cette différence existe (H). Effet de serre= $\Delta T.H$

Le phénomène d'effet de serre permet une augmentation conséquente de la température, mais dans d'autres circonstances, la serre devient un émetteur de chaleur et les températures peuvent fortement y diminuer. [8]

Ce phénomène s'explique par plusieurs raisons :

- La nuit, les parois et la toiture échangent de la chaleur avec l'extérieur par conduction, convection et rayonnement;
- Les fuites potentielles provoquent un renouvellement d'air qui substitue à l'air chaud intérieur l'air froid de l'extérieur;
- D'autres pertes ont également lieu par le sol par conduction et évaporation;
- De plus, la serre ne possédant pas des parois épaisses n'est pas capable d'emmagasiner beaucoup de chaleur, on dit qu'elle possède une faible inertie thermique. Elle correspond alors à un volume dans lequel la température s'élève facilement mais en contrepartie peut rapidement diminuer.

#### **1.4.1 Les échanges thermiques (Les transferts de chaleur)**

Les sources de variation de température dans une serre sont causées par le rayonnement solaire et par la réflexion du rayonnement de grande longueur d'onde la nuit.

D'autre part, l'existence de phénomènes thermiques plus complexes régissent le comportement thermique de la serre qui transfère un état température vers un état chaleur. Ce dernier est défini comme correspondant à une variation de la température. Il existe différents modes de transfert de chaleur : par convection, conduction et ou rayonnement. [9].

##### ***a) Transfert de chaleur par conduction***

Échange de chaleur entre points d'un solide ou encore d'un liquide (ou d'un gaz) immobile et opaque.

Ce mode de transfert correspond à un phénomène microscopique dans lequel les constituants atomiques ou moléculaires transmettent de proche en proche, par mécanisme de choc ou d'interaction à distance, une énergie d'agitation thermique sans déplacement macroscopique de matière.

**b) Transfert de chaleur par convection**

La convection : échange de chaleur entre une paroi et un fluide (avec transport de la chaleur par le fluide en mouvement).

Il correspond à des transferts d'énergie liés aux déplacements des fluides qui correspond dans notre cas à l'air. Selon la nature des mécanismes engendrant le mouvement des fluides, nous distinguons soit une convection naturelle, soit une convection forcée.

La quantité de chaleur échangée par convection entre un fluide à température  $\theta_1$  et un solide à température  $\theta_2$  s'écrit : [9]

$$Q = hS(\theta_1 - \theta_2) \quad (1.1)$$

Avec :

h : coefficient de convection

S : surface d'échange.

**c) Transfert de chaleur par rayonnement**

Le rayonnement : échange de chaleur entre deux parois séparées par un milieu transparent. Tous les corps solides, liquides ou gazeux émettent un rayonnement de nature électromagnétique. Cette énergie est échangée directement des parois à la surface des plantes et non à l'air ambiant.

Il transmet l'énergie sans support matériel par le biais d'une onde électromagnétique solaire. Ce transfert est défini à travers l'exemple suivant : un corps noir porté à la température T émet un rayonnement dont l'énergie rayonnée par unité de temps et de surface est : (loi de Stéphane)

$$Q = \sigma T^4 \quad (1.2)$$

La température apportée par le rayonnement et l'effet de serre mais diminuée par les pertes thermiques ne permet pas d'assurer tout au long de l'année des températures optimales pour la croissance des plantes.

De plus, l'humidité à l'intérieur de la serre, dépendante des conditions climatiques de la transpiration de la culture en fonction de l'espèce considérée, doit être bien maîtrisée pour ne pas limiter la croissance de la plante et éviter les risques phytosanitaires (développement de maladies) [10].

## 1.5 Déperditions calorifiques

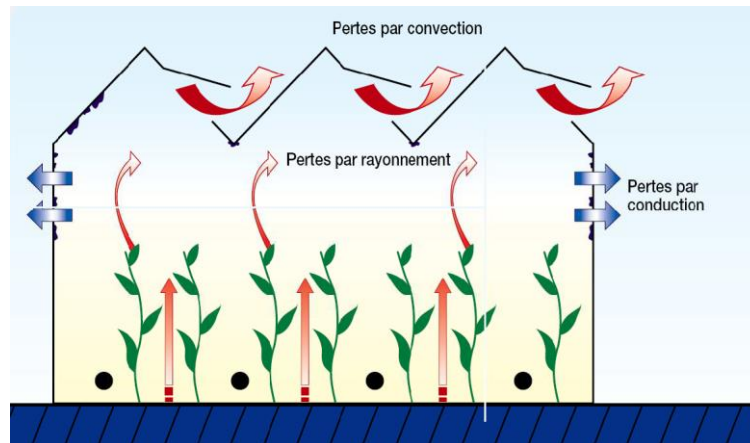


Figure. I.2: Les pertes de chaleur au niveau de la serre sont de trois ordres

### a) *Pertes par rayonnement*

Les variations par rayonnement sont atténuées lorsqu'il y a des nuages, ces derniers agissant comme un écran entre la serre et la voûte céleste.

### b) *Pertes par renouvellement d'air*

Celles-ci sont d'autant plus importantes que l'écart de température et d'humidité entre l'air intérieur et l'air extérieur est important, particulièrement lorsque la serre manque d'étanchéité. Le phénomène de courant d'air suite à un vent augmente les variations de chaleur.

### c) *Pertes par convection/conduction*

Les variations par conduction/convection à travers l'enveloppe sont d'autant plus importantes que la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur est forte, et que la vitesse de vent est élevée. Les matériaux de couverture et de doublage, de même que les écrans thermiques, doivent être choisis en fonction de leurs propriétés optiques avec l'objectif de réduire les pertes radiatives.

### *L'hygrométrie de l'air*

L'hygrométrie de l'air a de fortes conséquences, notamment sur la photosynthèse et la transpiration de la plante, les exigences des espèces cultivées pour ce paramètre sont variables.

### *Humidité relative de l'air*

Le degré hygrométrique (humidité relative) dans une serre est inversement proportionnel à la température de l'air. L'élévation diurne de cette dernière engendre automatiquement une chute de l'humidité relative si la quantité d'eau est restée constante.

### *Consigne pratique d'hygrométrie*

Il n'existe pas de recommandation espèce par espèce. Tout au plus peut-on dire [10] :



- Pour la phase de multiplication, l'humidité relative doit être supérieure à 80%;
- Pour les phases de croissance, de floraison et de fructification, la plupart des plantes s'accommodent d'une humidité relative comprise entre 60 et 80%, à l'exception des plantes vertes et du concombre qui préfèrent une hygrométrie supérieure à 70%, et des plantes succulentes (Cactées) qui préfèrent une humidité relative comprise entre 30 et 60%. La pollinisation chez la tomate requiert une humidité relative comprise entre 50 et 70%.

On peut aussi donner les conseils généraux suivants [10]:

- Eviter les condensations;
- Eviter les hygrométries proches de la saturation (100%);
- Eviter les hygrométries inférieures à 40% chez les plantes arrosées de manière incorrecte ainsi que chez les jeunes plants qui n'ont pas encore été « durcis »;
- Eviter absolument les hygrométries inférieures à 20%.

### 1.6 La déshumidification

L'humidité de l'air est généralement exprimée en humidité relative ou déficit hydrique. On constate que la technique de déshumidification traditionnellement employée par les producteurs combine l'aération et le chauffage. Le chauffage permet d'une part de diminuer l'humidité relative de l'air en augmentant la pression de vapeur saturante, d'autre part de faciliter l'évaluation de l'air chaud chargé humidité grâce à l'aération.

Cette technique entraîne une perte d'énergie puisqu'une partie de l'énergie dégagée par le chauffage est évacuée par l'aération (cette pratique de la déshumidification représente environ 20 à 30% des dépenses énergétiques [1]).

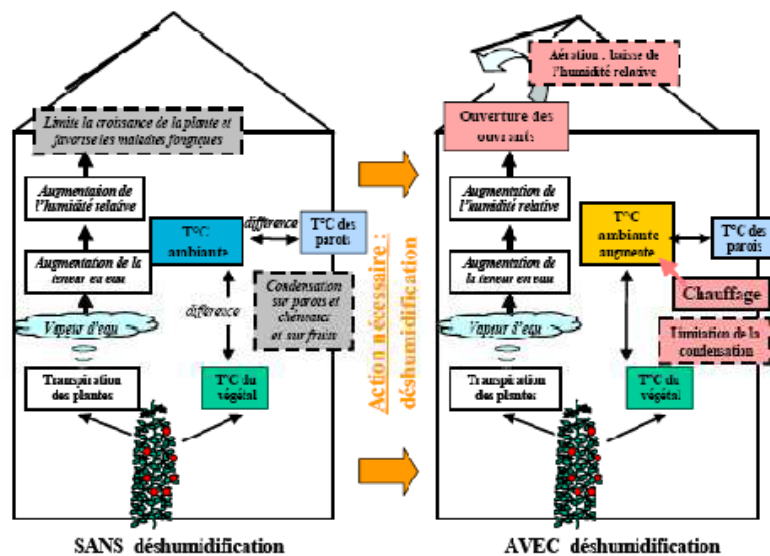


Figure. I.4: La déshumidification, un processus nécessaire à une bonne croissance des plantes.

### 1.7 Lumière et rayonnement solaire

Le rayonnement (solaire ou artificiel) active la photosynthèse des cultures et permet d'obtenir une bonne qualité des plantes et des fruits produits.

L'utilisation de la lumière artificielle (éclairage photosynthétique) pour une croissance optimale des plantes entraîne une consommation d'énergie électrique. La gestion de l'hygrométrie fait appel aujourd'hui à une technique de déshumidification où le chauffage et l'aération ont lieu simultanément [11].

Le CO<sub>2</sub> est généralement récupéré sur les fumées de combustion d'une chaudière, encore source de consommation d'énergie.

Le rayonnement solaire reçu par la plante agit particulièrement sur la transpiration et la photosynthèse. La quantité d'énergie solaire et son assimilation par le feuillage influencent l'intensité de la photosynthèse. Généralement, plus l'essentiellement reçu est important, et plus la teneur en matière sèche et en sucres des fruits est élevée.

Pour les cultures ornementales, le manque de lumière provoque l'étiollement des plantes et des problèmes de floraison. Cependant une lumière excessive peut aussi être défavorable à la qualité des plantes (phénomènes de brûlures ou déformations foliaires) et dans ce cas des écrans d'ombrage sont utilisés. La régulation de la quantité de rayonnement reçue par les plantes est donc particulièrement importante à maîtriser. Une exception est faite pour les utilisateurs d'éclairage photosynthétique. En ornement, cette technique est assez répandue selon les espèces cultivées, contrairement au maraichage où seules quelques exploitations l'utilisent [11].

L'éclairage est utilisé pour améliorer l'efficacité photosynthétique des plantes. Il permet de maintenir un niveau minimal de flux lumineux. Cet éclairage est donc appelé photosynthétique et permet de favoriser la croissance des plantes ou l'enracinement des boutures. Par exemple, il est également employé pour améliorer la précocité de certaines cultures ou pour augmenter les rendements en production de fleurs coupées [11].

Néanmoins, ce rayonnement artificiel, pour être efficace, doit fournir entre 50 et 200W électriques par m<sup>2</sup>, ce qui nécessite l'installation de lampes de forte puissance électrique (400 à 600W). L'inconvénient réside donc dans le coût en électricité engendré et ce dispositif doit faire l'objet d'une étude au cas par cas [11].

La figure (1.2) présente le bilan simplifié des échanges radiatifs entre l'extérieur et l'intérieur de la serre. On remarque que seulement 70 % de l'énergie solaire extérieure traverse les parois de la serre, l'autre partie est réfléchi ou absorbée. Cette part varie selon la saison, par la variation de l'angle d'incidence des rayons sur les vitres, et selon les matériaux de couverture (les nouveaux matériaux permettent d'avoir une transmission de 80 %).

L'intensité de rayonnement global extérieur et donc intérieur varie énormément géographique (Fig. 1.2). Sur la même figure (1.2), on peut comprendre le fonctionnement de l'effet de serre. Wacquand (1995) décrit ce phénomène : « l'énergie solaire qui pénètre dans la serre est absorbée par les plantes, le sol et les différentes structures. Il en résulte une augmentation d'émission de chaleur par ces différents corps sous forme de rayonnements infrarouges (IR) longs. Le verre et les matières plastiques « thermiques » ne laissant pas sortir les rayonnements infrarouges longs, il en résulte que l'énergie solaire est piégée par la serre, c'est l'effet de serre » [11].

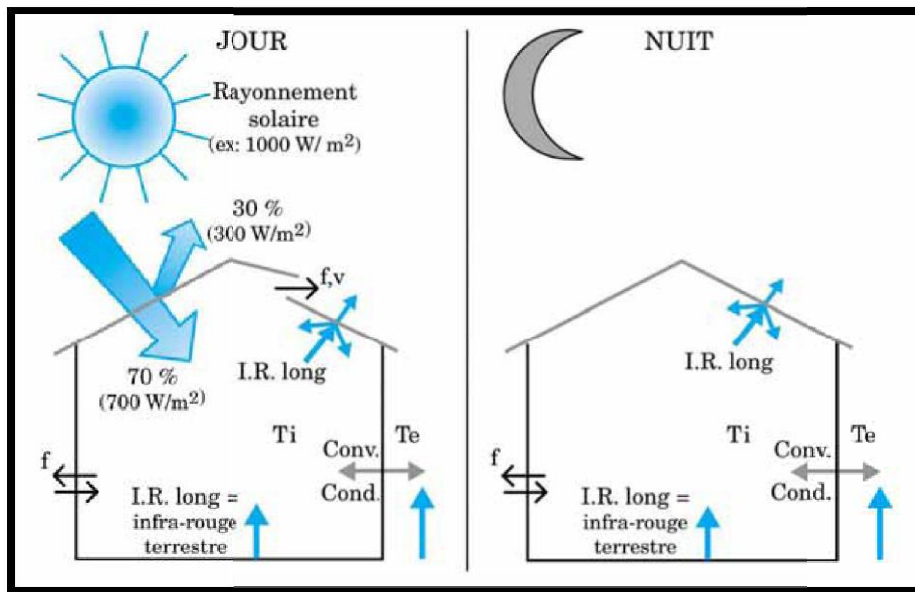


Figure. I.5: Bilan simplifié des échanges radiatifs [11].

Avec:

f : fuite

v : aération

Ti : Température intérieure (en °C ou K)

Te : Température extérieure (en °C ou K)

Conv : convection

Cond : conduction

IR long : Infra Rouge long

La culture sous serre permet de bénéficier de la luminosité naturelle avec la possibilité de rallonger la photopériode par des lumières artificielles tout en gardant le contrôle des conditions hygrométriques. Elle permet notamment de rallonger la période où l'on peut cultiver certains végétaux, ou de les cultiver en dehors des régions où on les trouve originellement.

### **1.8 Le gaz carbonique**

Le gaz carbonique est un facteur limitant de la photosynthèse, les producteurs cherchent à obtenir une teneur de CO<sub>2</sub> dans la serre supérieure à la normale pour maximiser l'activité photosynthétique [11].

Le gaz carbonique contenu dans l'air est un autre facteur influençant la photosynthèse.

« Lorsque la teneur en CO<sub>2</sub> augmente, la photosynthèse augmente d'abord de façon linéaire, puis moins rapidement jusqu'à 1000 ou 1500ppm » [11].

Quel que soit le type de plantes, le CO<sub>2</sub> est un élément déterminant de la croissance. En stimulant la photosynthèse, il accroît les rendements et augmente de façon significative la qualité de la production.

Une partie des apports en CO<sub>2</sub> dans les serres peut être effectuée par le rejet direct des produits de combustion du propane: Où comment cultiver la perfection de vos récoltes ?

La concentration en CO<sub>2</sub> de l'air influence la photosynthèse de la plante. Sous réserve de lumière et de température suffisante, l'enrichissement de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> accroît la matière sèche de tous les organes de la plante. Elle permet une augmentation du calibre et de la proportion des assimilats dans les fruits [11].

En ornement, le CO<sub>2</sub> accélère la croissance, les fleurs sont plus nombreuses et la qualité des fleurs coupées est améliorée [11].

## **1.9 Conclusion**

Il s'agit d'une technologie moderne de production contre saison à l'aide d'un contrôle climatique et de l'utilisation de matières et d'engrais améliorant la productivité. L'usage des serres multi-chapelles permet également d'assurer des conditions de croissance optimales, de mieux organiser la profession, de combattre les parasites et les maladies. Mais ce n'est pas tous les agriculteurs qui peuvent se permettre d'investir dans ce créneau, car cette technique nécessite un investissement lourd, du savoir faire et un encadrement des agriculteurs.

## Chapitre 2

### Etude de l'automatisation d'un système d'irrigation dans une serre agricole

#### 2.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter l'ensemble des outils matériels et logiciels utilisés pour l'automatisation d'un système d'irrigation dans une serre agricole. L'automatisation de système d'irrigation fait à l'aide des dispositifs électroniques (capteurs, ordinateur...) qui se sert à contrôler l'humidité du sol et exécuter l'opération.

Pour étudier le système on utilise un automate programmable industriel Schneider M340 BMX P34 2020, pompe à eau, électrovanne proportionnel, d'un capteur d'humidité, un capteur du niveau d'eau du réservoir.

#### 2.2 Définition d'un API

Un automate programmable est un système électronique fonctionnant de manière numérique, destiné à l'environnement industriel. Il utilise une mémoire programme pour le stockage interne des instructions pour la mise en œuvre des fonctions spécifiques, telles que: des fonctions logique, mise en séquence, temporisation, comptage et calcul arithmétique. Il peut commander, au moyen des entrées/sorties (de type tout/rien ou analogiques), de divers types de machines ou de processus. L'API et les périphériques associés sont conçus pour pouvoir facilement s'intégrer à un système d'automatisme industriel et être facilement utilisé dans toutes leurs fonctions prévues.[3]

#### 2.3 Structure d'un API

La structure matérielle d'un API est illustrée par la figure (2.1). Elle se compose de quatre parties principales :

- 1- Mémoire
- 2- Processeur
- 3- Interfaces d'Entrées/Sorties
- 4- Alimentation (240 Vac, 24Vcc).

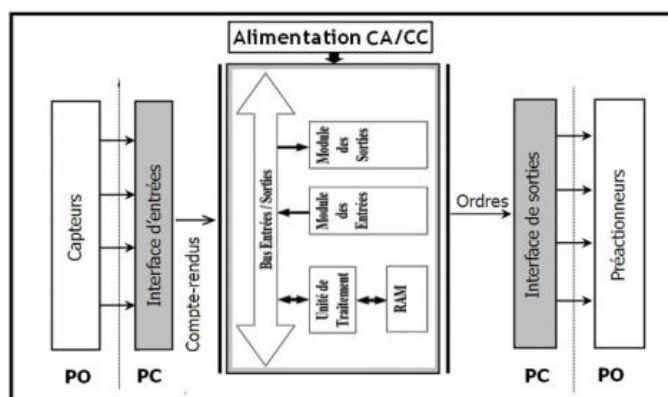


Figure 2.1 : Structure interne d'un API.

## 2.4 Architecture d'un API

### 2.4.1 Aspects extérieurs

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire :

**Compact** : Il intègre le processeur, l'alimentation et les entrées/sorties. Il peut réaliser certaines fonctions supplémentaires et recevoir des extensions limitées. Il est généralement destiné à la commande de petits automatismes.

**Modulaire** : Dans ce modèle le processeur, l'alimentation et les interfaces entrées/sorties sont des unités séparées (modules). Ces autom complexes de grande puissance de traitement.



Figure 2.2 : aspect extérieur d'une API.

### 2.4.2. Structure interne

- a) **Module d'alimentation** : assure la distribution d'énergie aux différents modules.
- b) **Unité centrale** : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).
- c) **Mémoires** : permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM).
- d) **Interfaces d'entrées / sorties** : éléments de signalisation du Système.

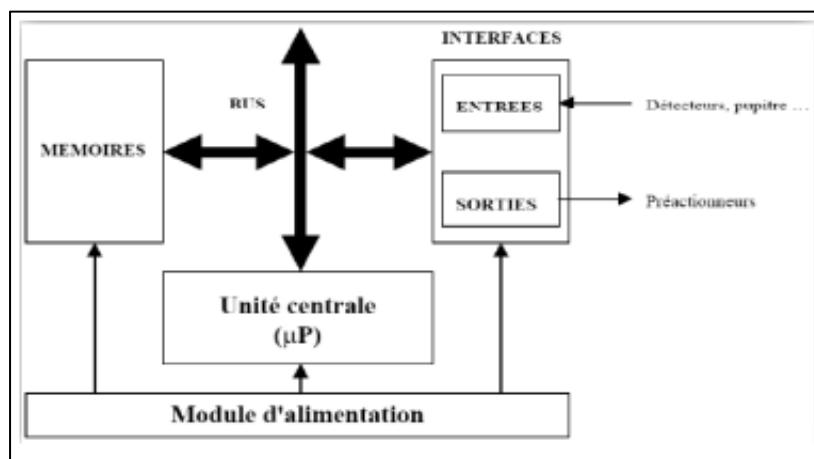


Figure 2.3 : Architecture interne des automates.

## 2.5 Automate Modicon M340

Le Modicon M340 est une plateforme cyber-sécurisée grâce à ses caractéristiques avancées de cyber sécurité intégrées et à sa robustesse.

La plate-forme Modicon M340 propose également les fonctions suivantes :

- ✓ Une protection contre les connexions à distance non autorisées grâce à une liste de contrôle d'accès modifiable en ligne,
- ✓ Une protection contre les modifications de programmation à distance grâce à un mot de passe,
- ✓ Une option permettant d'activer ou de désactiver les services HTTP ou FTP,
- ✓ Une intégrité des fichiers exécutables de Unity Pro,
- ✓ Une désactivation par défaut des services inutiles,
- ✓ Une activation par défaut des fonctions de sécurité. [6]

### 2.5.1 Description de l'automate Modicon M340

Cet automate est adapté aux environnements sévères ou aux plages de température de fonctionnement élargie de  $-25\text{ °C}$  à  $+70\text{ °C}$ . Les cartes électroniques reçoivent une application de vernis afin d'augmenter l'isolement ainsi que la résistance à la condensation, aux atmosphères poussiéreuses, à la corrosion chimique plus particulièrement lors d'un usage en atmosphère soufrée ou atmosphère halogène. Cette protection permet une utilisation dans des environnements chimiquement agressifs. [3]

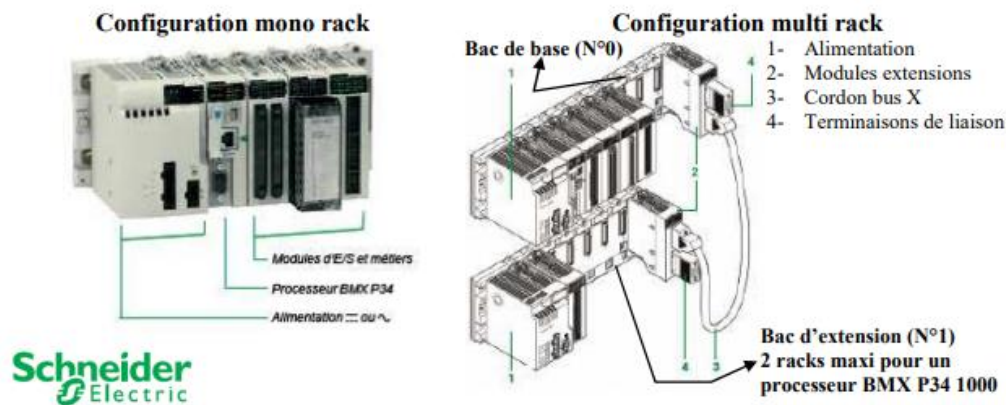


Figure 2.4 : Description de l'automate Modicon M340



### 2.5.2 Les critères Modicon M340

- ✓ Les capacités de traitement du processus (vitesse, taille du programme, opération, temps réel, ...).
- ✓ Le nombre d'entrées/sorties.
- ✓ La nature des entrées/sorties (numériques, analogiques ou booléennes).
- ✓ La nature de traitement (temporisation, comptage, etc. ...).
- ✓ La communication avec d'autres systèmes.
- ✓ Une grande résistance contre les chocs, les vibrations, la température, l'altitude et tenue aux perturbations électriques.
- ✓ Architecture rack permettant l'embrochage et le débrochage des modules sous tension et en fonctionnement (Hot-swap).[6]

### 2.2.3 Le logiciel de programmation Unity Pro

Unity Pro est le logiciel de programmation, débogage et d'exploitation commun pour les gammes de Modicon M340, M580, Premium et Quantum.

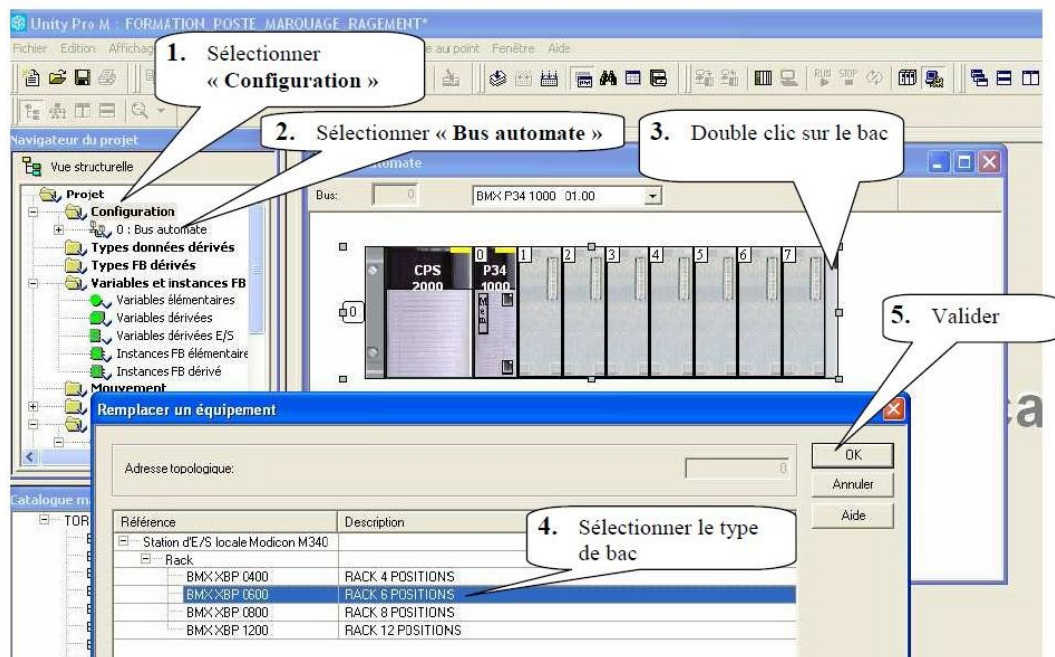


Figure 2.5: Interface utilisateur du logiciel Unity Pro XL

Unity Pro propose les langages suivants pour la création du programme utilisateur:

- Langage à blocs fonction (FBD)
- Langage à contacts (LD)

- Liste d'instructions IL
- Littéral structuré ST
- Diagramme fonctionnel en séquence SFC

Tous ces langages peuvent être utilisés ensemble dans le même projet.

Tous ces langages sont conformes à la norme CEI 61131-3. [7]

## 2.6 Capteur d'humidité de sol

### 2.6.1 Présentation

Le capteur d'humidité du sol mesure la teneur d'eau dans le sol. Le capteur est équipé de deux sorties analogique et numérique.

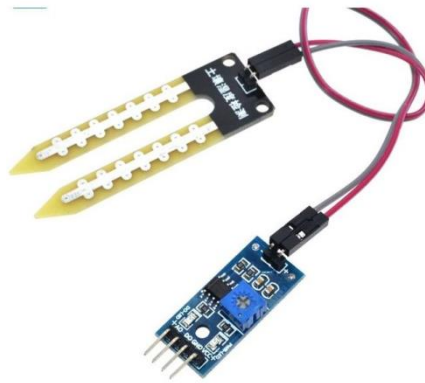


Figure 2.6: Capteur d'humidité du sol

### 2.6.2 Fonctionnement

Le capteur composé de deux sondes qui ont permet au courant de passer à travers la terre et ensuite nous donne la valeur de la résistance qui nous permet de mesurer l'humidité. Quand il y a trop d'eau, le sol va conduire plus d'électricité ça veut dire va de faible résistance. Le sol sec va conduire faible électricité ça veut dire plus de résistance.

Le capteur peut connecter en deux modes; le mode analogique et le mode numérique. [8]

La spécification du capteur d'humidité du sol FC-28 est:

Voltage d'entrée	3.3 – 5v
Voltage de sortie	0 – 4.2v
Courant d'entrée	35mA
Signal de sortie	Analogique et numérique

Tableau 2.1: Spécification du capteur [8]

## 2.7 Capteur de niveau

Dans l'industrie, les capteurs de niveau sont utilisés pour mesurer le niveau d'un solide, liquide ou gaz dans une cuve, silo ou réservoir. Les capteurs de niveau peuvent être analogiques (capteur de niveau ultrasonique, hydrostatique) ou digitaux (capteur de niveau capacitif). Ainsi, on rencontre plusieurs technologies de capteurs de niveau parmi lesquelles on peut citer : les capteurs de niveau ultrasoniques, les capteurs de niveau capacitifs, les capteurs de niveau hydrostatiques, les capteurs de niveau à flotteur. [10]



Figure 2.7: Capteur de niveau

## 2.8 Électrovanne

### 2.8.1 Présentation

Dans ce projet on a choisi l'électrovanne proportionnelle parce que cette technologie est une solution économique et compacte pour réguler un débit ou une pression.

Il existe plusieurs modèles et types d'électrovannes proportionnelles selon le type de régulation et le système de commande. [9]

On a choisi la technologie proportionnelle pour avoir des positions d'ouverture intermédiaires afin de régler le débit de l'ouverture de la vanne par rapport la quantité d'eau à ajouter.



Figure 2.8: Electrovanne proportionnelle

### 2.8.2 Régulation de débit

Une vanne en contrôle de débit régule une quantité de fluide passant à travers le corps de vanne. Les vannes de régulation de débit répondent principalement à des signaux générés. [9]  
Le débit de la vanne sera contrôlé par rapport la comparaison entre la consigne et la valeur mesurée par le capteur.

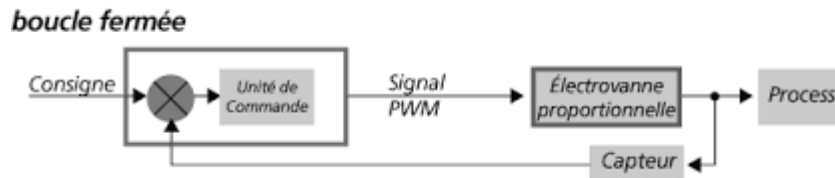


Figure 2.9: Régulation en boucle fermée [9]

### 2.9 Pompe à eau

La pompe à eau est un dispositif utilisé pour le prélèvement d'eau du réservoir pour le fournir aux cultures. Marche et l'arrêt de la pompe est contrôlé par le PLC.



Figure 2.10: Pompe à eau

### 2.10 Module entrée/sorties analogique Modicon M340

Les modules d'entrées : Ce sont des cartes spécialisés capables de recevoir en toute sécurité pour l'automate les signaux issus des capteurs, des boutons poussoirs, etc. Elles peuvent être en tout ou rien (TOR) ou analogiques.

Les modules de sorties : Ce sont des cartes spécialisés capables de commander en toute sécurité pour l'automate les circuits extérieurs. . Elles peuvent être en tout ou rien (TOR), ou analogiques.

Une entrée analogique reçoit un signal qui peut varier entre 2 valeurs (ex : 0 – 10 V DC, 4 - 20mA). Ce signal peut être l'image d'une température mesurée par un capteur.

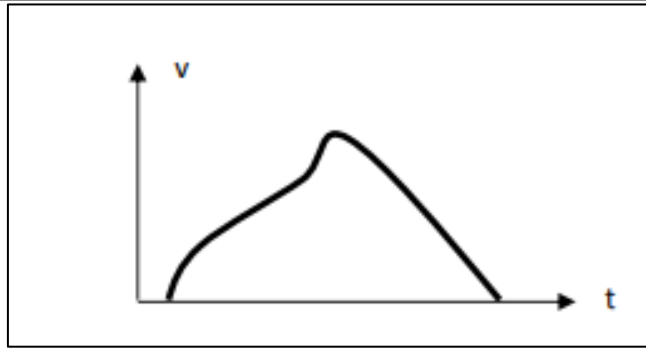


Figure 2.11 : Signal analogique

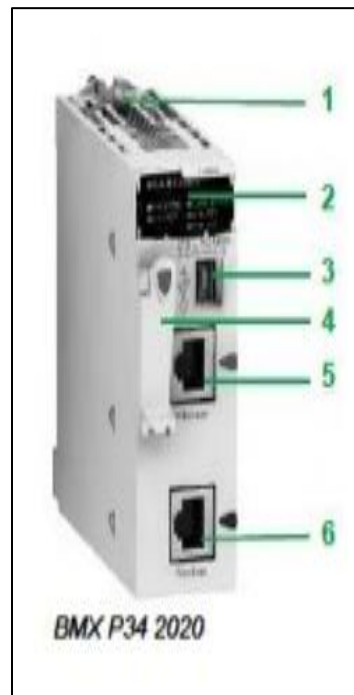


Figure 2.12 : Modicon M340 analogique

1. Vis de sécurité pour le verrouillage du module dans l'emplacement du rack.
2. Un bloc de visualisation comprenant, selon modèle 8 ou 10 voyants.
3. Un connecteur type USB mini B pour le raccordement d'un terminal de programmation (ou d'un terminal de dialogue opérateur Magelis XBT GT/GK/GTW).
4. Un emplacement équipé de sa carte mémoire Flash pour la sauvegarde de l'application. Un voyant, situé au-dessus de cet emplacement indique la reconnaissance ou l'accès à la carte mémoire.
5. Un connecteur type RJ45 pour liaison série Modbus ou liaison Mode Caractères (RS 232C/RS 485, 2 fils, non isolée)
6. Un connecteur type RJ45 pour le raccordement au réseau Ethernet Modbus/TCP 10BASET/100BASE-TX.

## 2.11 Configuration du Module entrée/sorties analogique Unity pro

Le logiciel de mise en œuvre UNITY PRO assiste le concepteur de l'application dans la gestion de la structure et de l'occupation de l'espace mémoire de la plate-forme d'automatisme Modicon M340.

1. Lancez le logiciel Unity Pro.
2. Cliquez sur Fichier, puis sur Nouveau et sélectionnez un automate.[2]

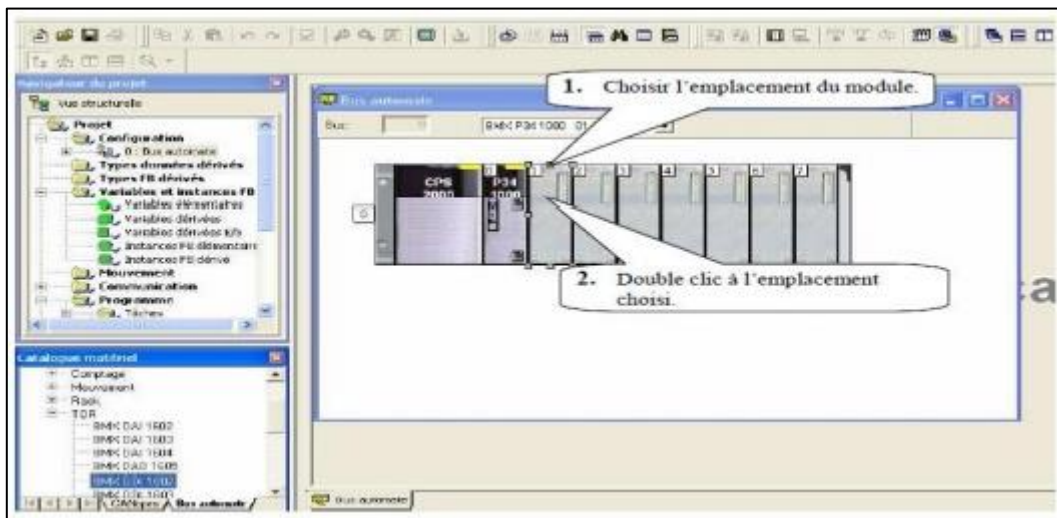


Figure 2.13 : Choix des modules d'entrées /sorties

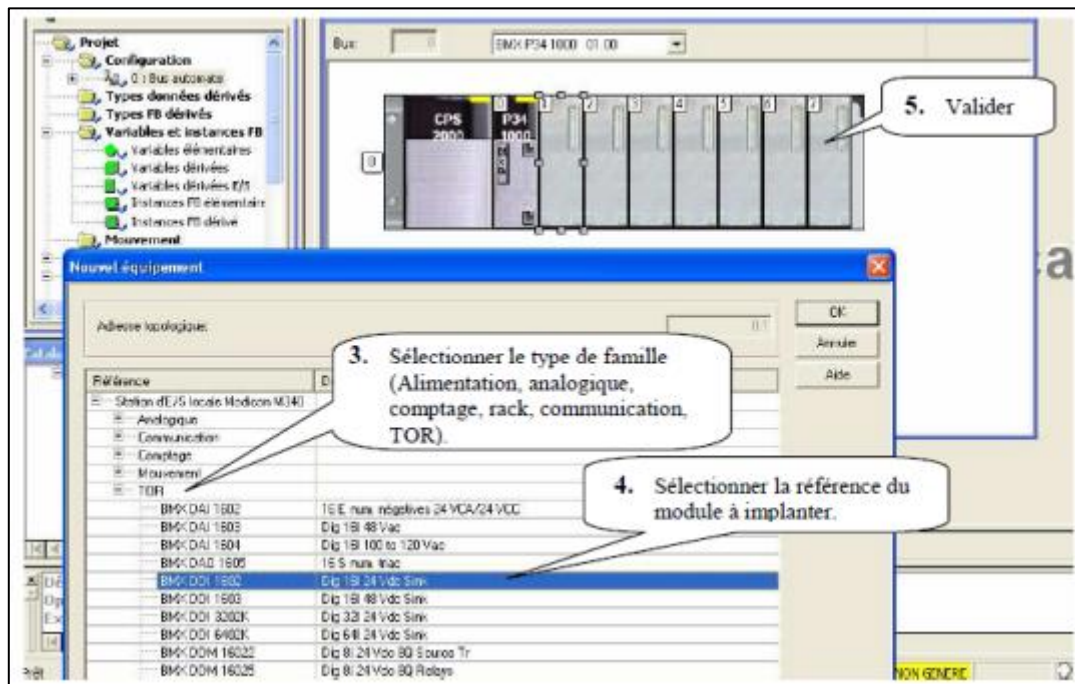


Figure 2.14 : Configuration des cartes d'entrées /sorties



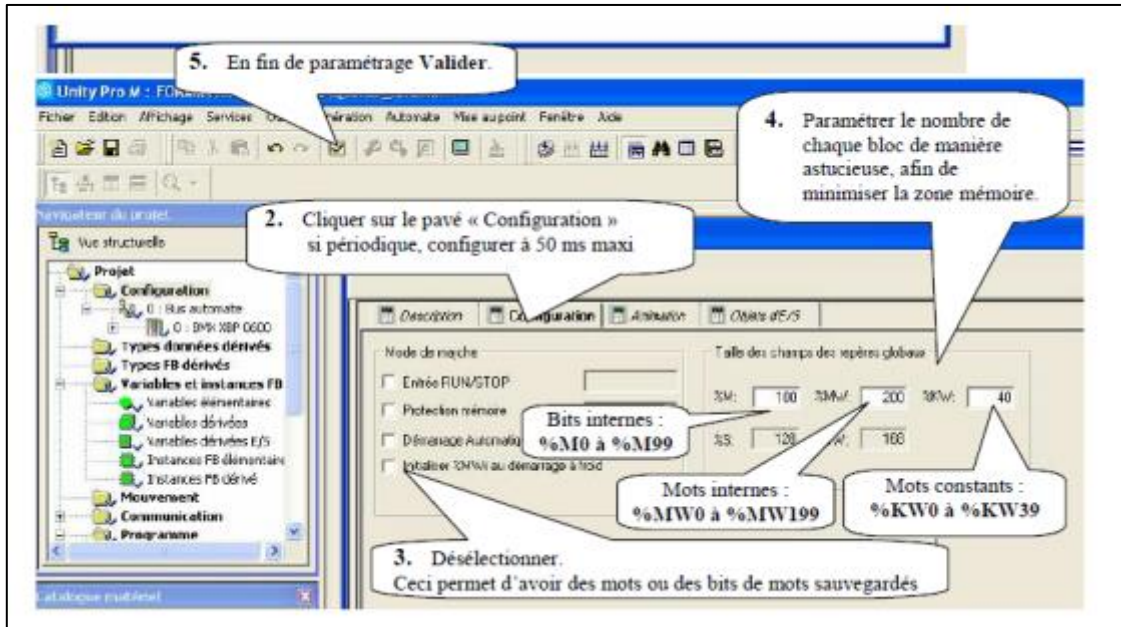


Figure 2.15 : Configuration des modules

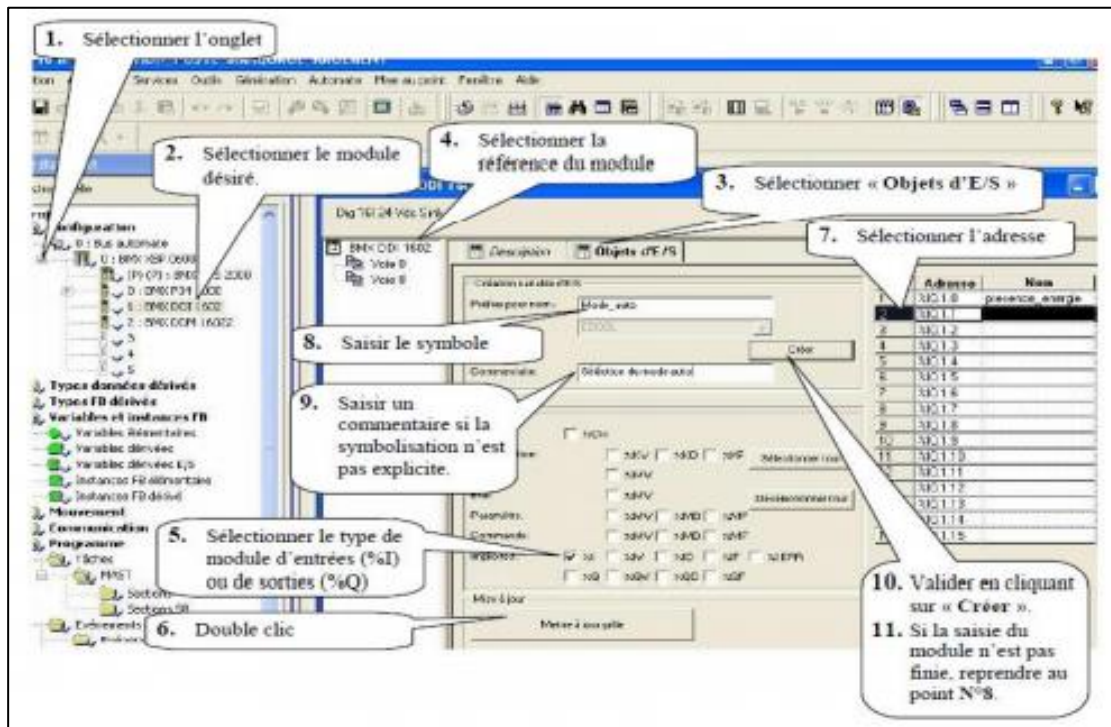


Figure 2.16: Edition des adresses symboliques des entrées/sorties

## Chapitre 3

### Programmation et simulation

#### 3.1 Introduction

Dans ce chapitre on va présenter les étapes de programmation et de simulation d'un système d'irrigation dans une serre agricole. Le système d'irrigation automatique contrôlé par un programmeur. L'irrigation est exécutée automatiquement selon le facteur d'humidité sans intervention humaine. Ce système d'irrigation est modélisé graphiquement et simulé en utilisant l'interface homme-machine (HMI).

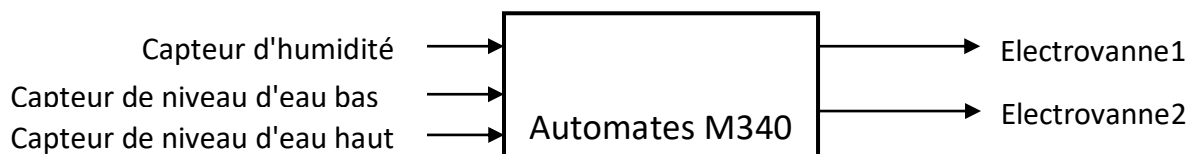
#### 3.2 Le cahier de charge

Dans l'entrée, nous avons introduit :

- ❖ Capteur d'humidité mesure l'humidité dans le sol (comme une entrée analogique)
- ❖ Deux capteurs de niveau mesurent le niveau d'eau dans le réservoir (comme des entrées numériques).

Dans la sortie, nous avons pris deux sorties numérique :

- ❖ Electrovanne1: l'électrovanne1 ouverte lorsque le pourcentage d'humidité est inférieur au égale la consigne donnée par l'utilisateur, si non l'électrovanne1 est fermée.
- ❖ Electrovanne2: lorsque le niveau d'eau est bas, l'électrovanne2 ouverte, si non l'électrovanne2 est fermée.



#### 3.3 L'organigramme correspondant au cahier de charge

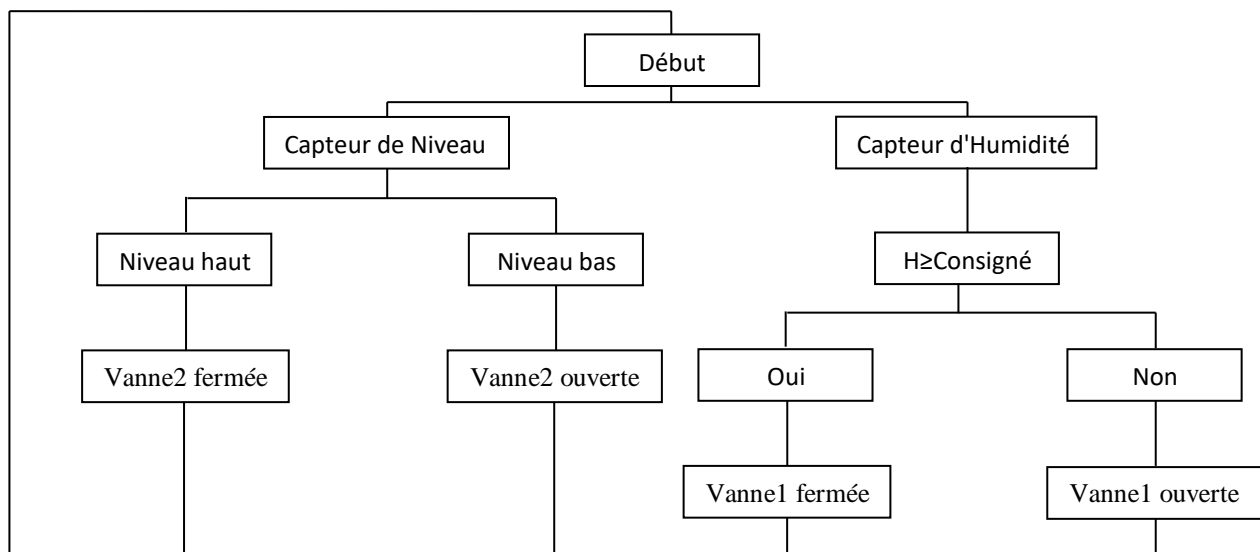


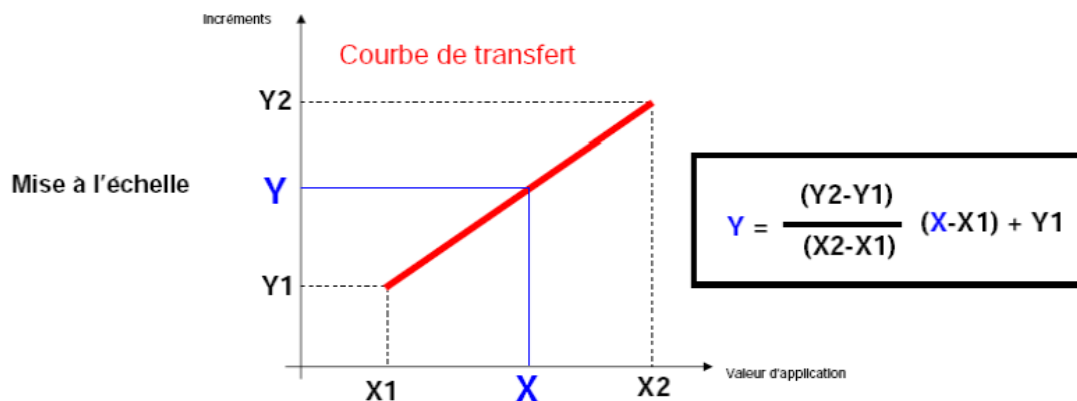
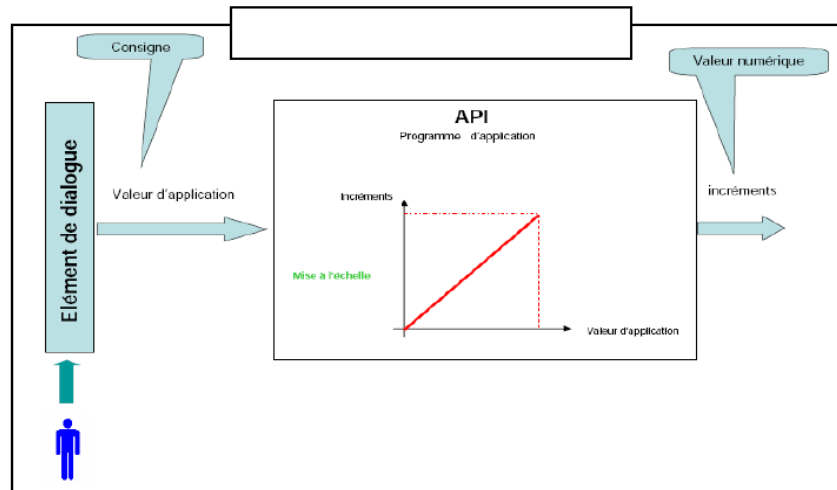
Figure 3.1: Organigramme du système



### 3.4 Mise à l'échelle des entrées analogique

La mise à l'échelle d'une valeur analogique consiste à appliquer à la valeur numérique, convertie par le coupleur, un coefficient (sous forme d'expression linéaire) pour réaliser le traitement des données dans l'automate programmable.

Ce calcul est généralement fait à partir d'une instruction automate.



Y1:valeur basse de la valeur numérique (incréments)

Y2:valeur haute de la valeur numérique (incréments)

X1:valeur basse de la consigne (variable d'application)

X2:valeur haute de la consigne (variable d'application)

X: valeur de la consigne à convertir

Y: valeur numérique après la mise a l'échelle

Figure 3.2: Mise à l'échelle des entrées analogique. [12]

Une entrée analogique d'un module d'entrée-sortie analogique se situe dans la plage 0 à 16384 des valeurs valides.

Pour transformé la valeur analogique en unité physique on doit la mettez à l'échelle à l'aide de la règle de trois. Le bloc fonction " **I\_SCALE** " de Unity Pro permet la mise à l'échelle et la conversion en format réel des entrées/sorties analogique. Ce bloc est uniquement disponible sur

la plate-forme Quantum et donc non utilisable sur les Premium et les M340. Sur TSX Premium et M340 la fonction de mise à l'échelle est paramétrée directement dans l'écran de configuration du coupleur analogique (tous les coupleurs ne le permettent pas). Pour la conversion en format réel, utiliser la fonction de conversion. **INT\_TO\_REAL** [13].

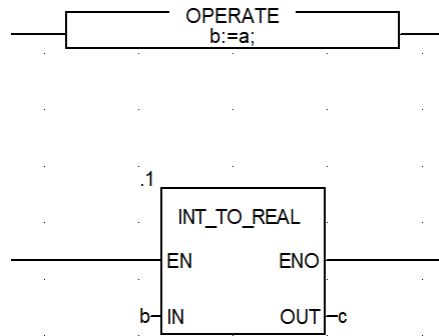
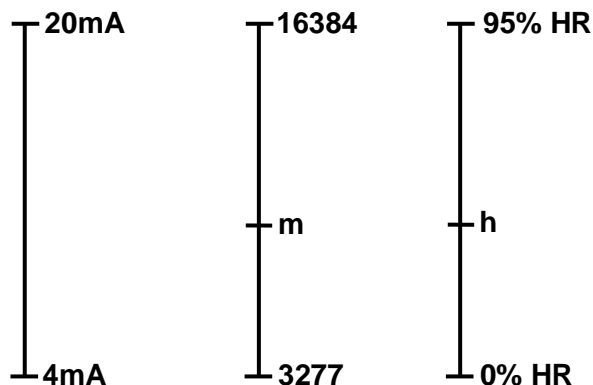


Figure 3.3: Mise à l'échelle l'entrée analogique (capteur d'humidité)

Le capteur d'humidité est un capteur actif qui mesure l'humidité relative (% HR) et convertit la mesure en Tension 0 . . . 5 V DC ou 0 . . . 10 V DC ou courant électrique 4 . . . 20 mA .. comme la série SHR.

On suppose que la plage du capteur d'humidité utilisé dans notre travail est de 0.....95% HR.

**La mise à l'échelle:**



Avec: m est la valeur mesurée et h la valeur d'humidité correspondante.

$$h=(95*(m-3277))/13107$$

### 3.5 Programmation et simulation

Choix de l'automate utilisé "Modicum M340 BMX P34 2020" et le rack

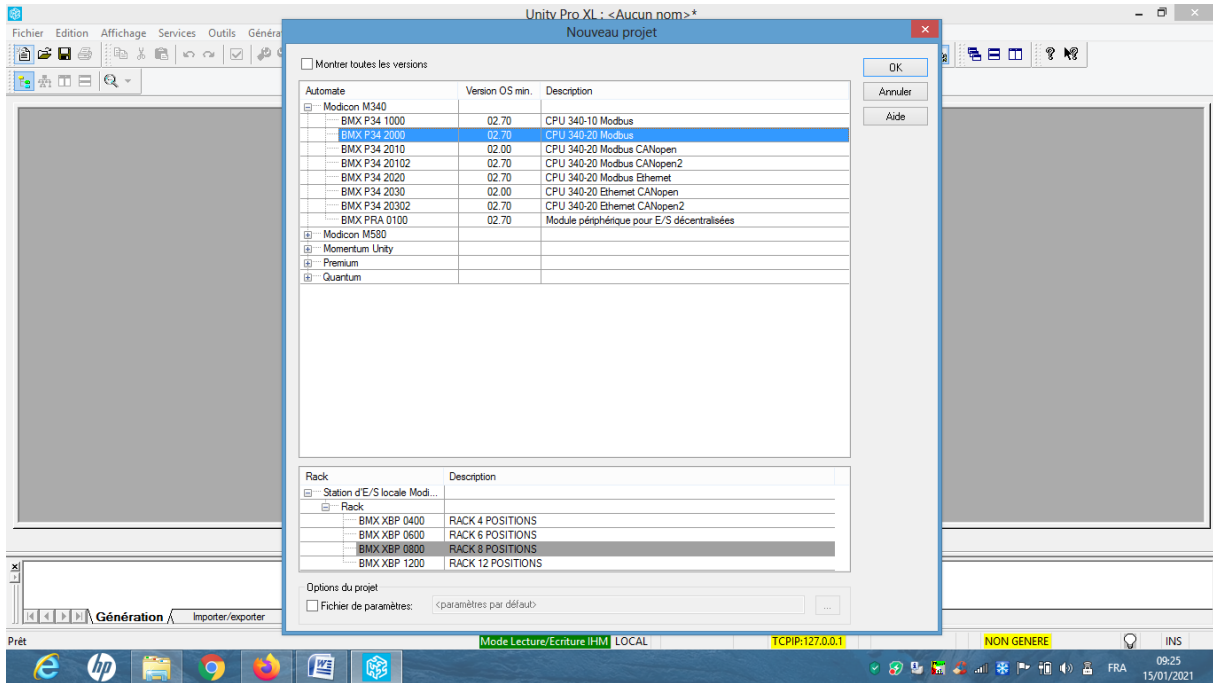


Figure 3.4: Le choix de l'automate

### Création de la table des variables

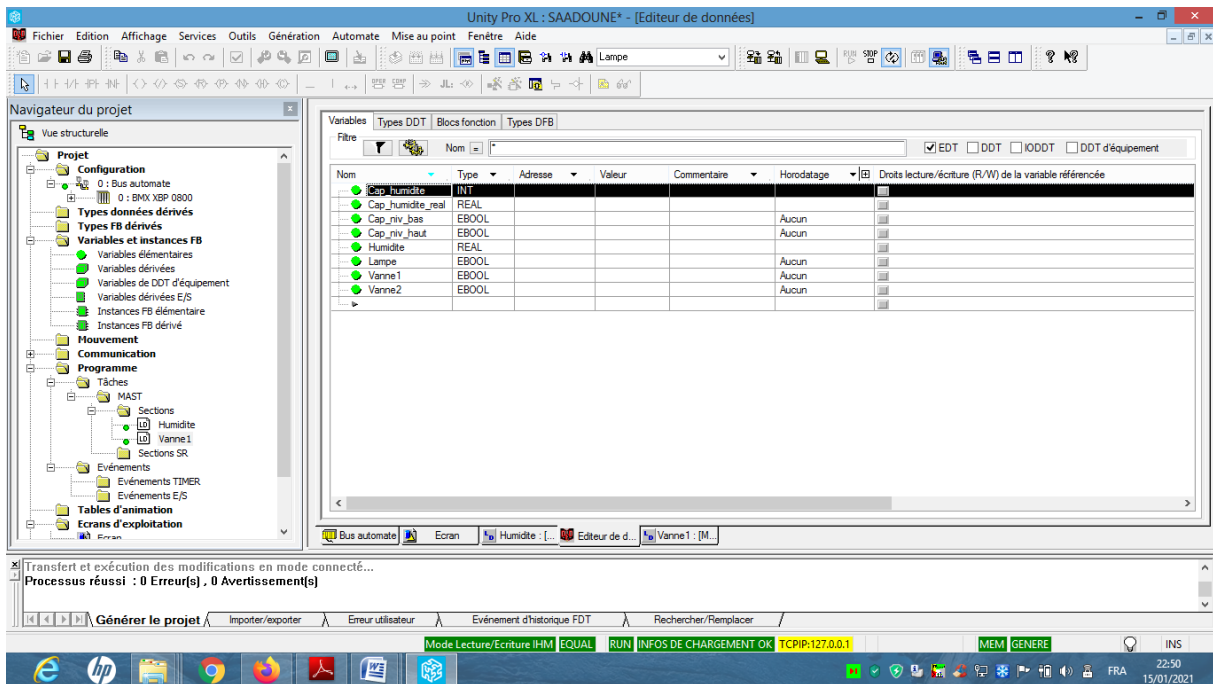


Figure 3.5: Déclaration des variables

Mise à l'échelle de l'entrée analogique (capteur d'humidité)

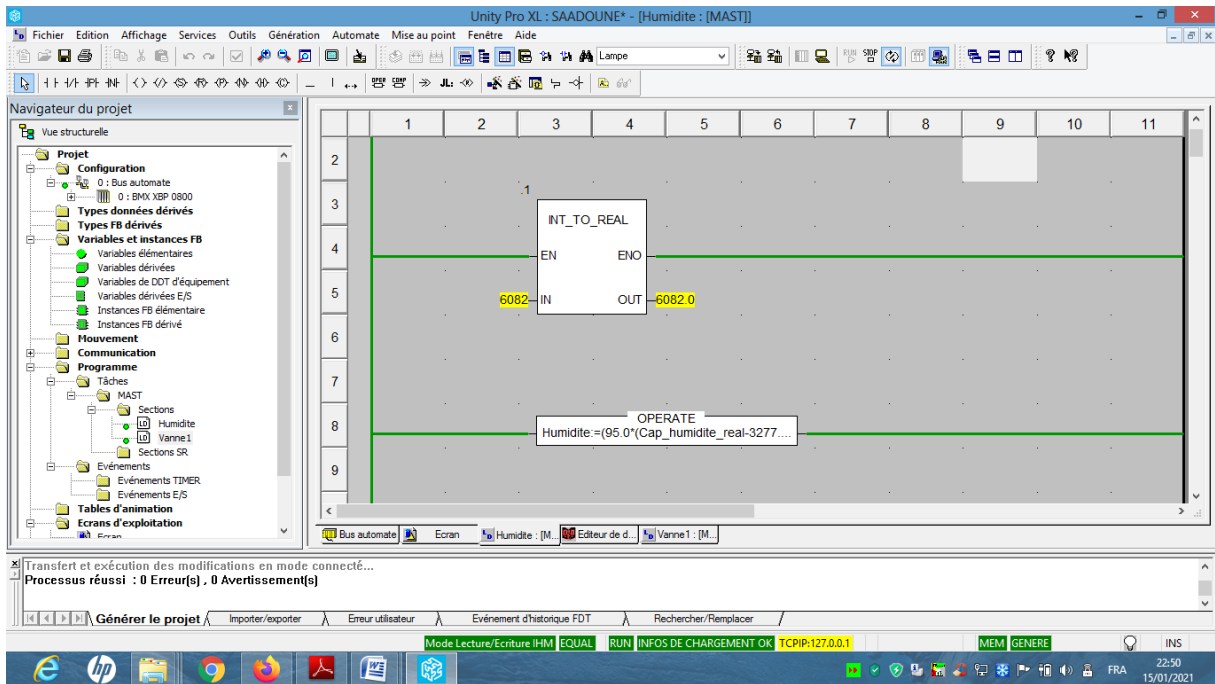


Figure 3.6 : Mise à l'échelle de l'entrée analogique (capteur d'humidité)

La commande des sorties (la vanne1 d'irrigation et la vanne2 de remplissage du réservoir)

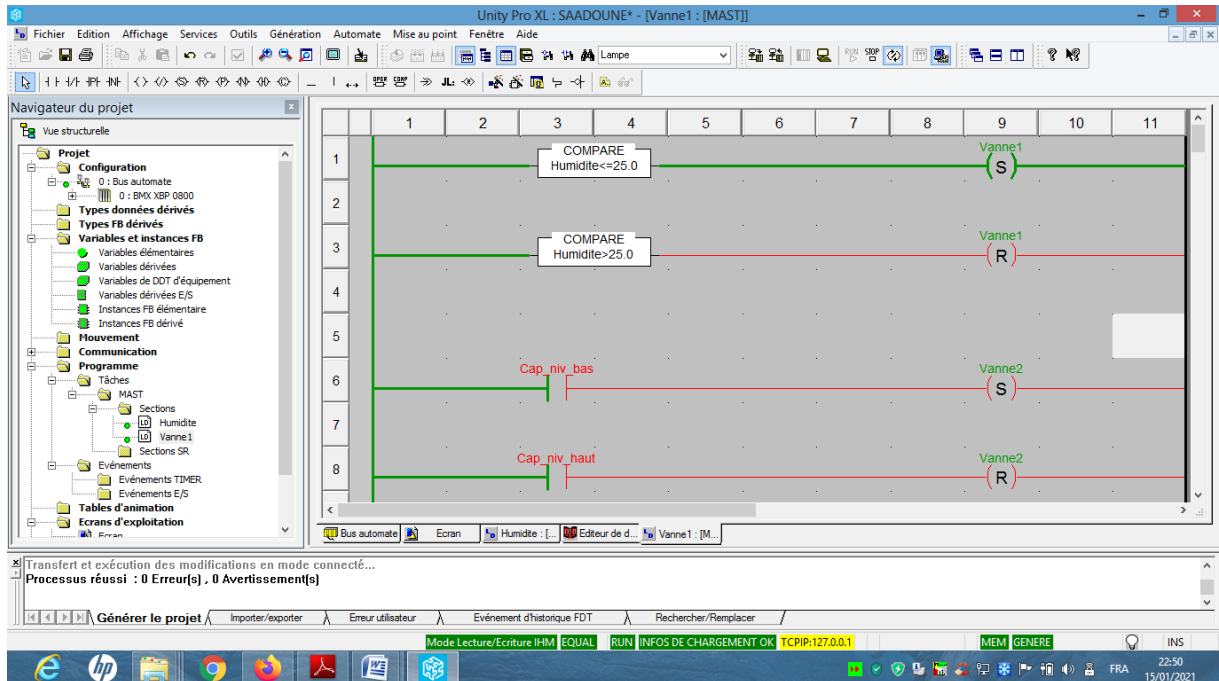


Figure 3.6 : Commande des vannes

Le système d'irrigation est modélisé graphiquement en utilisant l'interface homme-machine (HMI) (figure ci-dessous). L'opérateur donne la consigne d'humidité et surveille le fonctionnement du système.

Dans notre exemple on a choisi la valeur 25% comme une valeur de consigne d'humidité (voir figure 3.6). Les capteurs des niveaux (niveau bas et niveau haut) sont simulés en utilisant des boutons poussoirs.

La figure 3.7 montre que la valeur d'humidité (20.33074%) mesurée par le capteur est inférieure à la valeur du consigné (25%) et le niveau du réservoir est en bas, dans ce cas la vanne1 d'irrigation et la vanne2 de remplissage du réservoir sont ouvertes (voir figure 3.7).

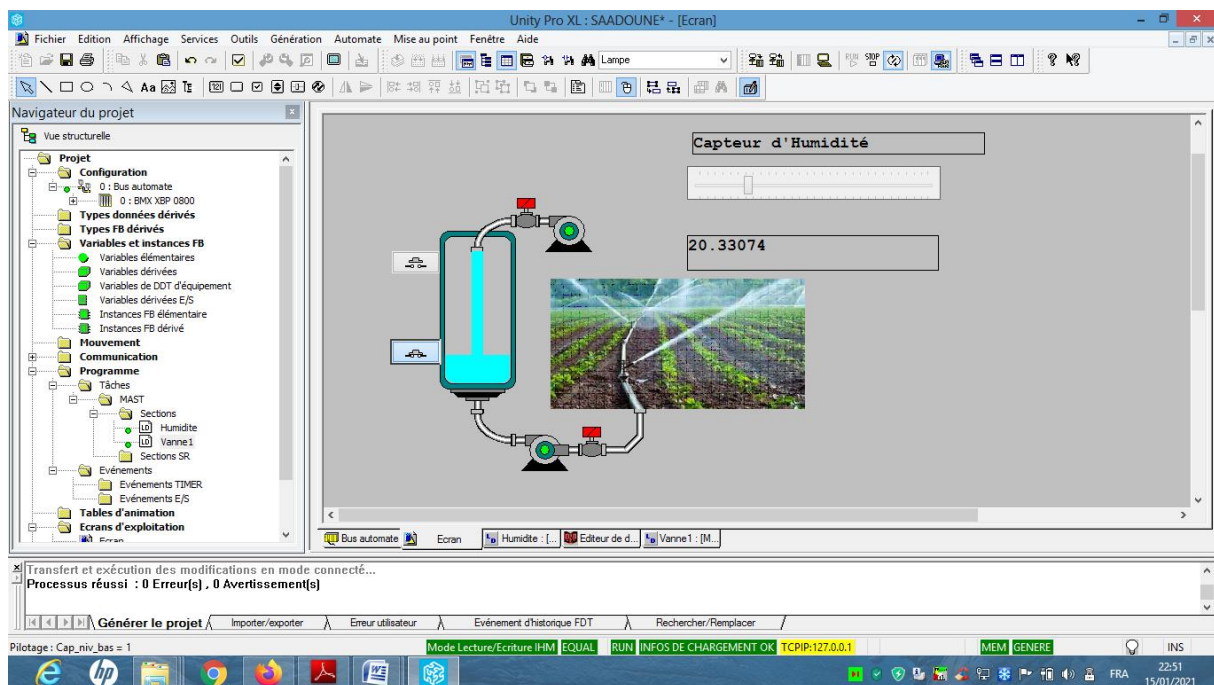


Figure 3.7 : Commande des vannes HMI.

Quand la valeur d'humidité mesurée (28.83269% figure 3.10) est supérieure à la valeur du consigné (25%) et quand le niveau du réservoir est haut, la vanne1 d'irrigation et la vanne2 de remplissage du réservoir sont fermés. (voir figures 3.8, 3.9 et 3.10).

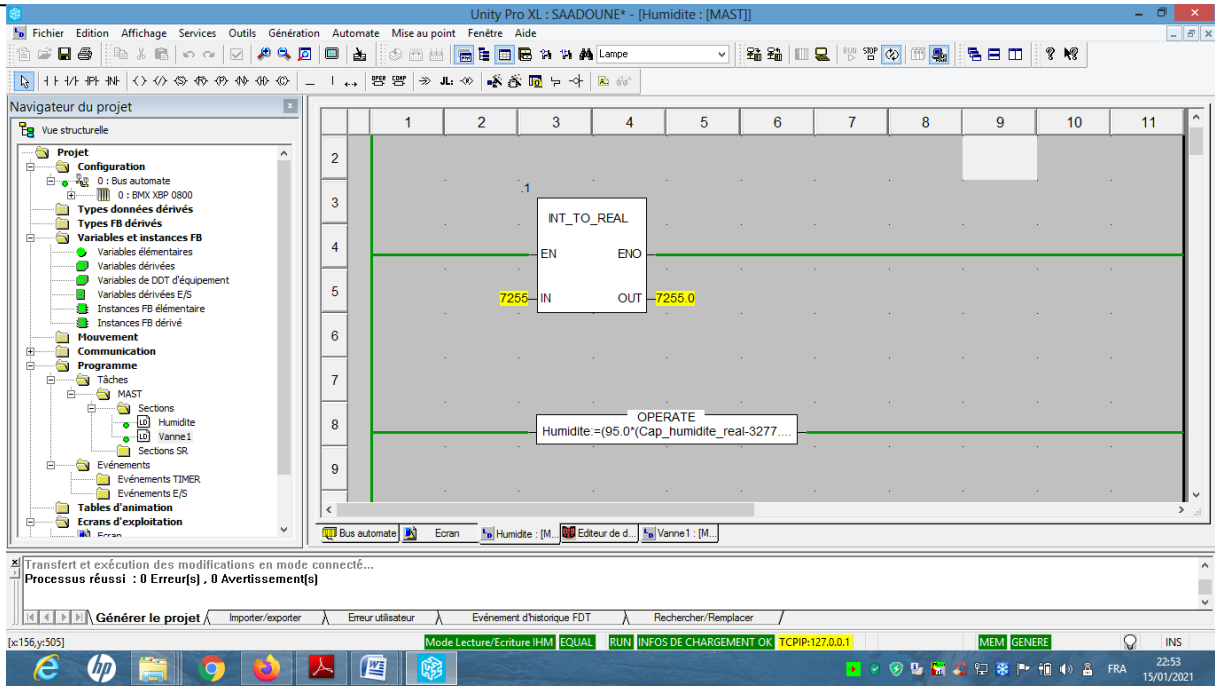


Figure 3.8 : Mise à l'échelle de l'entrée analogique (capteur d'humidité)

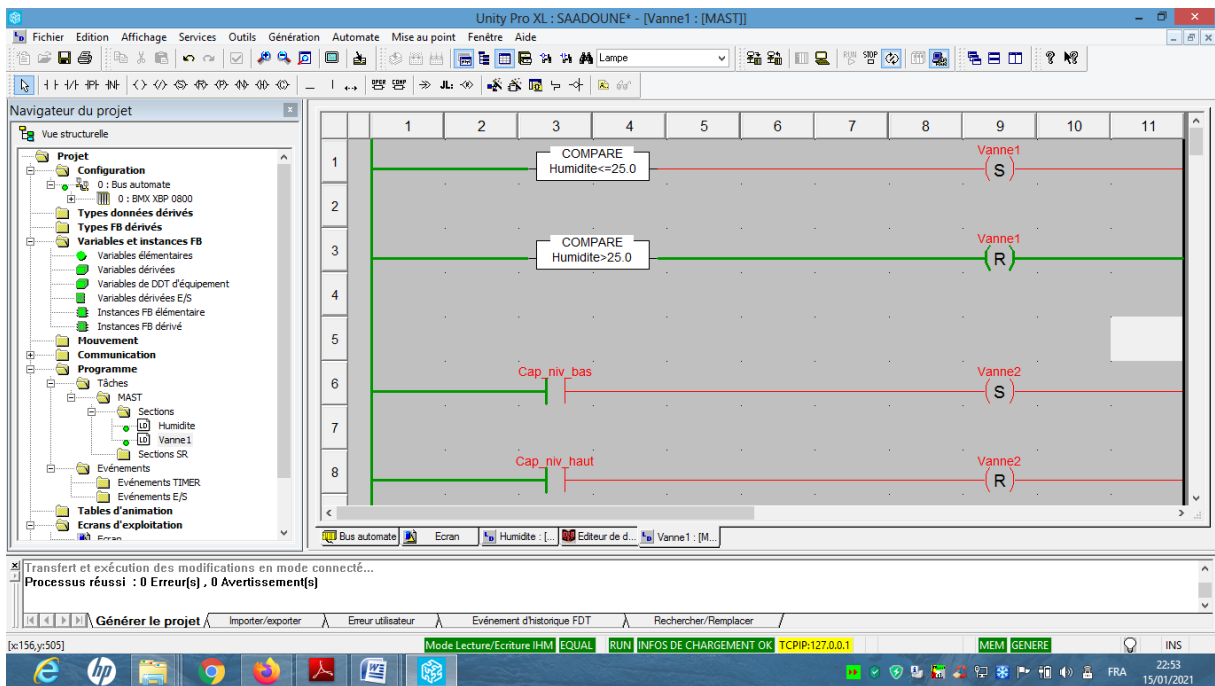


Figure 3.9 : Commande des vannes

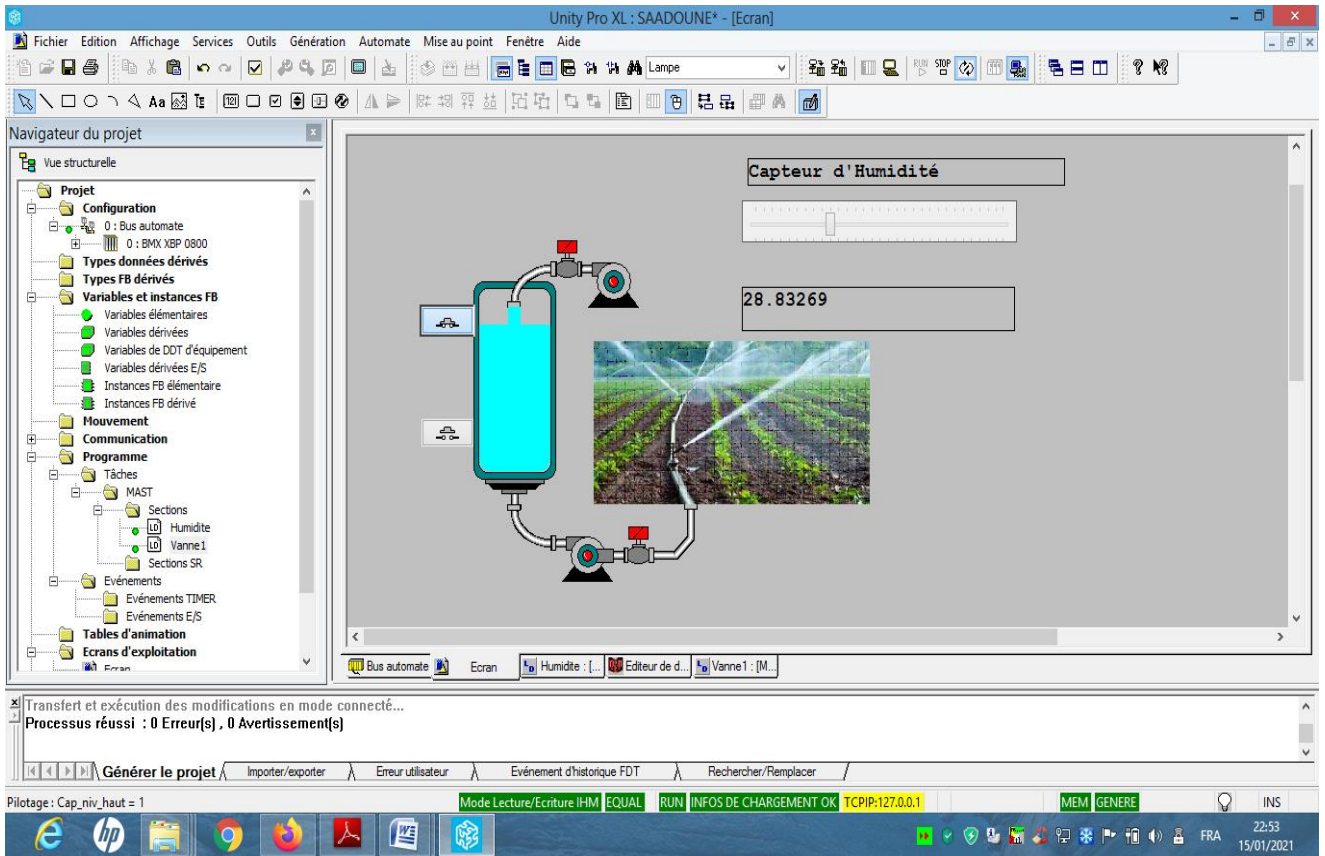


Figure 3.10 : Commande des vannes HMI.

## **Conclusion générale**

Dans ce travail on a étudié la l'automatisation d'un système d'irrigation en utilisant l'automate programmable Schneider M340, capteurs d'humidité, capteurs de niveau d'eau dans le réservoir, une électrovanne pour l'irrigation et une autre électrovanne pour le remplissage du réservoir. Les paramètres sont affichés en écran d'exploitation (HMI).

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les automates programmables et en particulier l'automate Schneider, et nous avons découvert aussi comment réaliser un programme à l'aide du logiciel de programmation Unity Pro et crée une Interface HMI.

D'autre part, ce travail nous a permis d'avoir une idée générale sur le domaine de l'automatisation d'une serre agricole, et de comprendre les différentes étapes suivies pour une telle automatisation. Dans notre projet nous avons réussi à écrire un programme en langage à contact d'un système d'irrigation. Ce programme est validé par simulation.



## BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BEN SAIDJ Zahia (2018). Gestion d'une serre agricole à base d'ARDUINO, Mémoire de Master en Electronique, UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
- [2] P. Hollmuller ; B. Lachal; P. Jaboyedoff; A. Reist; J.Gil; L. Danloy. GEOSER : STOCKAGE SOLAIRE A COURT TERME EN SERRES HORTICOLES, Preprint (ed. in Proceedings de CISBAT'01, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, pp. 391-396, 2001)
- [3] F. BOUNAAMA, B. DRAOUI et A. HASNI, MODELISATION NEURO-FLOUE DU BILAN HYDRIQUE D'UNE SERRE HORTICOLE, Institut de Génie Mécanique, Centre Universitaire de Béchar
- [4] Abak K. Production, qualité et marché des légumes dans les pays méditerranéens. In : Lauret F. (ed.). *Les fruits et légumes dans les économies méditerranéennes : actes du colloque de Chania*. Montpellier : CIHEAM, 1992. p. 103-109 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéennes; n. 19)
- [5] E. BERNINGER, Eléments climatiques et physiologiques, INRA, Paris, 1989
- [6] BACI WASSIME, Gestion automatique des serres agricoles dans une ferme, Département d'informatique, Mémoire master, Université Mohamed Khider – BISKRA, 2019.
- [7] TOUCHERIFT IDRIS, TAIEB HAMID, Contrôle des paramètres climatiques d'une serre agricole, *Mémoire Master*, Université Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou, 2018.
- [8] BEN SAIDJ Zahia, Gestion d'une serre agricole à base d'ARDUINO, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou, 2018
- [9] DLIM Massinissa, MOHELLEBI Salim, SADI Karima, Simulation numérique de l'ambiance interne d'une serre de culture sous un climat chaud et sec, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou, 2018
- [10] Laurent Urban, Isabelle Urban, La production sous serre, tome 1 : la gestion du climat (2e ed.), 2010
- [11] ADEME, UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE DANS LES SERRES, Situation technico-économique en 2005 et leviers d'action actuels et futurs, Synthèse, 2007.
- [12] <http://mai.crsa.free.fr/Automatismes/PP/PP%20-%20Le%20traitement%20analogique.pdf>
- [13] <https://www.se.com/fr/fr/faqs/FA17370/>

