

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie Saharienne

Option : Phytotechnie

THEME

**Utilisation des eaux géothermales dans l'amélioration  
des productions Maraichères sous serre.  
cas de tomate (*lycopersicum esculentum* Mill)  
dans la région de Hassi Ben Abdallah (Ouargla)**

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> BEN SAYAH Faïza**

**Membres du jury :**

Président	<b>Mr SAKER M.L.</b>	M.C. B. Université Kasdi MERBAH Ouargla
Promoteur	<b>Mr CHELOUFI H.</b>	M.C.A. Université Kasdi MERBAH Ouargla
Co-promoteur	<b>Mr GOUSMI D.</b>	Directeur Station I.T.D.A.S Ouargla
Examineurs	<b>M<sup>me</sup> IDDER H.</b>	M.A. B. Univ. Ouargla
	<b>Mr EDDOUD A.</b>	M.A.C.C. Univ. Ouargla

**Année universitaire : 2008/2009**

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the top and right. The text is centered within this frame.

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

## **Introduction générale**

La recherche de la précocité mais aussi de la productivité élevée est un souci constant chez le maraîcher car elle constitue pour eux une source de profit en mettant sur le marché des produits en dehors de leur période normale de production à des prix très élevés.

Beaucoup de techniques sont introduites pour arriver à ces objectifs à savoir l'utilisation des abris serres, des semences hybrides, de la fertilisation liquide et de l'irrigation goutte à goutte qui sont autant d'éléments qui ont contribué au développement considérable du maraîchage (**AMIROUCHE, 1987**).

Parmi les cultures auxquelles l'Algérie accorde une attention particulière, on distingue la culture de tomate, cette dernière occupe la deuxième place comme produit maraîcher après la pomme de terre. (**D.S.A, 2007**)

Vu son importance dans notre mode alimentaire ; la tomate a connue des améliorations tant au niveau de production qu'au niveau du rendement.

Les serres constituent un moyen d'amélioration du calendrier de production et de rendement par rapport au plein champ ; cependant, la couverture en elle même ne suffit pas à assurer à la plante une température minimale permettant de réaliser l'objectif de production de cette culture. A cet effet, le développement des techniques de chauffage des serres a connu un intéressement important par la profession au vu des retombées économiques plus qu'encourageantes.

Ce chauffage est le fait de la mobilisation des énergies classiques (charbon, gaz, électricité...) mais aussi des énergies renouvelables telles que la géothermie. Cette dernière, source d'énergie nouvelle, douce et renouvelable, a été jugée comme étant la plus intéressante au vu du prix d'exploitation (**C.D.E.R, 1997**).

Elle a été utilisée dans plusieurs pays dans le domaine de l'agriculture pour chauffer les serres agricoles. Ce chauffage des serres a commencé d'être appliqué au début de 1950 en Hollande, en Belgique notamment pour la production des cultures ornementales ; les pays comme l'Italie, la France et l'Espagne ont considéré jusqu'à lors que les

conditions favorables d'ensoleillement et de température ne justifiaient pas tel outil de production. (Encarta, 2009)

En Algérie, les puits d'eau chaude qui étaient destinés depuis plusieurs décennies pour la consommation humaine et pour l'irrigation, ne furent exploités pour le chauffage des serres agricoles qu'à partir des années 70 et c'était une contribution assez modeste de l'énergie géothermale dans le développement du secteur agricole.

Les cultures sous serres dans notre région sont pratiquées dans une période où généralement les conditions climatiques s'écartent des exigences des plantes ; la plasticulture quoiqu'ayant amélioré cette situation, le déficit persistait engendrant ainsi des chutes prématurées des fruits par suite de déficience de pollinisation mais aussi l'obtention de fruits déformés et de petits calibres.

Pour pallier à ce problème, le chauffage des serres par les eaux géothermales a donné des résultats très significatifs au niveau de la région de Ouargla et plus précisément au niveau de l'ITDAS de Hassi Ben Abdallah. Le chauffage des serres par les eaux chaudes a été retenu pour de multiples raisons à savoir :

- l'amélioration de la production maraîchère ; le chauffage pendant la période hivernale dans les régions sahariennes pourrait permettre l'augmentation de la production maraîchère locale grâce à la température optimale pour le développement végétatif assurée par le chauffage
- la disponibilité des eaux chaudes géothermales dans la région où l'irrigation se fait à partir des forages de l'Albien (température aux environs de 58 °C)
- la possibilité de recyclage des eaux après refroidissement à des fins d'irrigation.

Le présent travail de recherche s'inscrit dans le cadre des objectifs de la station de développement de l'agriculture saharienne de Hassi Ben Abdallah à savoir l'étude du comportement de nouvelles variétés de cultures maraîchères dans les conditions édapho-climatiques sahariennes ; nous aurons de ce fait, à apprécier le comportement de variétés de tomates dans les abris serres mais aussi mesurer le gain engendré pour chaque variété si les serres venaient d'être chauffées à travers la mobilisation des eaux géothermales et de dresser un bilan de l'utilisation des eaux géothermales par la station expérimentale (I.T.D.A.S).





**PREMIERE PARTIE**

**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the top and right. The text is centered within this scroll.

# **Chapitre I**

## **Présentation de la région d'étude**

**Chapitre I : Présentation de la région d'étude****I-1-situation et limites géographiques**

La wilaya de Ouargla est située au sud-est de l'Algérie s'étalant sur une superficie de 163230 km<sup>2</sup> (**Fig. 01**) et demeure de ce fait une des collectivités administratives les plus étendues du pays ; les coordonnées géographiques du chef-lieu de la wilaya sont 134 m d'altitude, 31°54' nord de latitude et 5°20' de longitude (**ROUVILOIS-BRIGOL, 1975**).

Selon la direction de la planification et de l'aménagement du territoire de Ouargla (**D.P.A.T, 2008**), la wilaya de Ouargla est limitée :

- Au nord : par les wilayas de Djelfa, d'El-Oued et de Biskra.
- A l'est : par la Tunisie,
- Au sud : par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi
- A l'ouest : par la wilaya de Ghardaïa.

**I-2- Données climatiques**

Le climat est une composante du milieu, il exerce un rôle déterminant dans le développement des végétaux. Ses effets sur la production végétale se manifestent de différentes manières, en conditionnant le choix des cultures et des variétés, en agissant directement sur le processus d'élaboration du rendement ou encore en imposant des contraintes pour la réalisation de l'efficacité des techniques culturales pratiquées (**VILLAIN, 1997**).

La région de Ouargla est caractérisée par un climat contrasté, bien exprimé par des précipitations rares et irrégulières et des températures élevées, une luminosité intense ainsi qu'une forte évaporation due à la sécheresse de l'air. L'amplitude thermique est importante entre le jour et la nuit et entre l'été et l'hiver.

**1- Température :**

A Ouargla, les températures sont en moyenne très élevées, le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne de 34.89°C et le mois le plus froid est janvier avec

11.59°C. La température moyenne maximale est de 30.77°C et la température moyenne minimale est de 16.49° (O.N.M, 2008).

**2- Précipitation :**

Les précipitations dans la région de Ouargla sont rares et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Leurs répartitions sont marquées par une période de sécheresse étalée sur toute l'année. Les précipitations moyennes annuelles sont de 31.94 mm/an.

**3-Humidité relative :**

L'humidité relative de l'air est très faible avec une moyenne annuelle de 41.40% ; celle-ci est à son minimum au mois de juillet (25.2%) et à son maximum au mois de décembre (62%).

**4-Evaporation :**

La région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, l'intensité étant renforcée par les vents, notamment par ceux qui sont chauds (TOUTAIN, 1979). L'évaporation est très importante surtout pendant les mois chauds où on note un maximum de 512.7 mm au moins de juillet et un minimum de 94.28 mm au mois de décembre.

**5-Insolation :**

La région de Ouargla est caractérisée par une forte insolation durant la journée où on enregistre une moyenne de 267.2 heures/mois pour un maximum de 336.4 heures au mois de juillet et un minimum de 193.4 au mois de décembre.

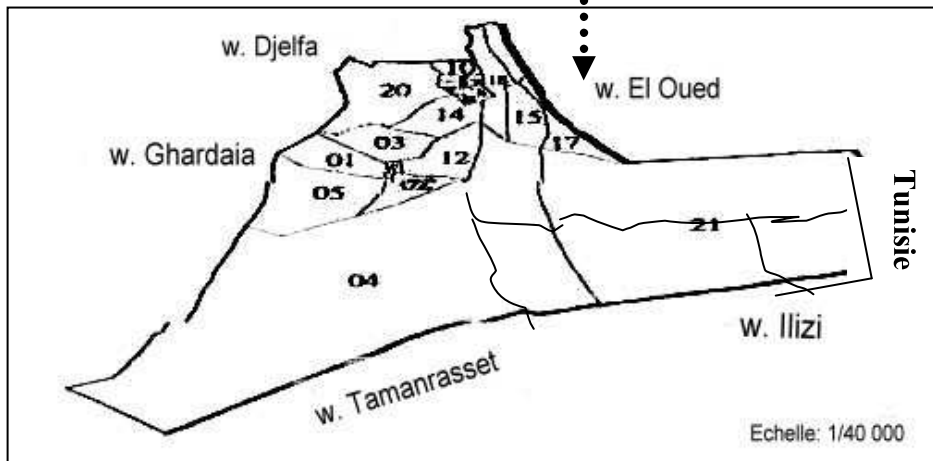
**6-Vent :**

Les vents sont très fréquents et soufflent presque durant toute l'année avec des vitesses qui varient d'un mois à un autre. La vitesse moyenne est de 3.81m/s, la direction des vents dominants est de Nord, Nord-est et Sud, Sud-est. (O.N.M, 2008).



Carte A

Echelle: 1/ 50 000



Carte B

Les communes de la région de Ouargla	
01-	Ouargla
05-	Rouissat
03-	N'goussa
02-	Ain Beida
11-	Sidi Khouiled
12-	Hassi Ben Abdellah

**Carte A** : Carte politique de l'Algérie (Encarta, 2004)

**Carte B** : Division administrative de la wilaya de Ouargla (D.P.A.T, 2001)

**Fig. 01:** Situation géographique de la région de Ouargla

Tableau 01 : Données climatiques de la région de Ouargla (1999-2008)

Mois	T Min (°C)	T Max (°C)	T Moy (°C)	H (%)	E (mm)	V. V (m/S)	I (h)	P (mm)
janvier	4,69	18,33	11,59	59,2	111,1	2,79	230,3	4,96
Février	8,05	22,07	14,94	48,7	171,1	3,67	246	3,23
Mars	10,72	25,85	18,4	40,5	264,1	4,03	266,9	9,85
Avril	15,29	30,3	20,68	34,7	322,9	4,75	280,5	1,77
Mai	20,27	34,92	27,8	31,9	384,6	4,91	273,9	2,1
Juin	24,95	38,81	32,71	26,6	466	4,6	303,4	0,3
Juillet	28,11	43,51	34,89	25,2	512,6	4,25	336,4	0,7
Aout	27,62	43,36	34,16	27,5	446,8	3,95	319,8	6,13
septembre	23,67	37,49	30,66	37,3	334,1	3,72	259,2	3,94
Octobre	18,31	32,37	25,4	45,6	261,6	3,51	254,4	6,96
Novembre	10,29	23,57	19,96	57,7	142,8	2,78	242,2	9,41
Décembre	6	18,69	12,2	62	92,8	2,76	193,4	3,15
Moyenne	16,49	30,77	23,61	41,40	3510,5*	3,81	267,2	52,5*

H : Humidité relative T : Température P : Précipitation (O.N.M. Ouargla, 2009)

V.V : Vitesse de vent I : Insolation E : Evaporation \* cumul annuel

## 7- Synthèse climatique

### a) Diagramme Ombrothermique :

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la région de Ouargla indique une sécheresse qui s'étale sur toute l'année avec néanmoins des intensités différentes selon la saison (Fig. 02)

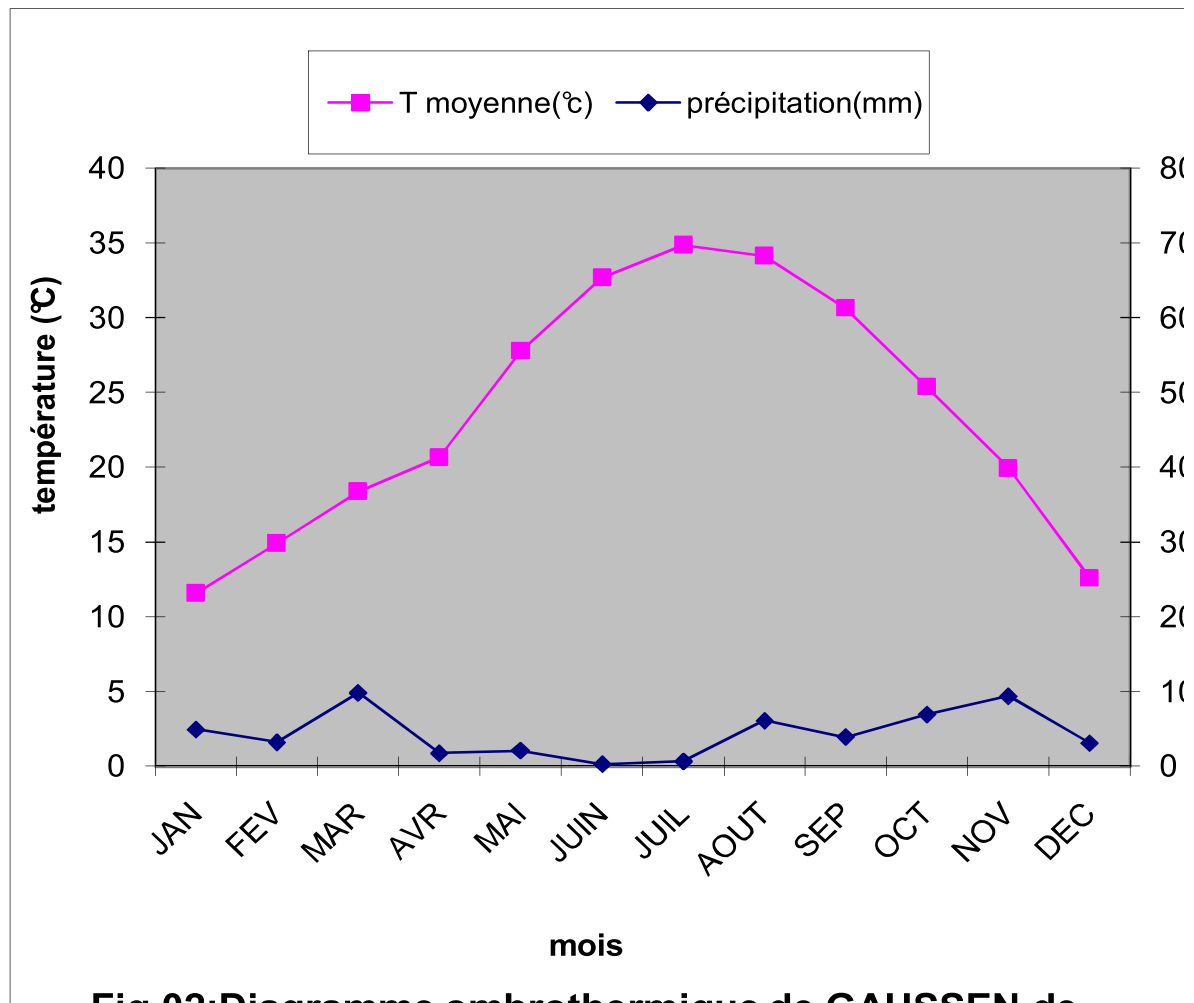


Fig 02: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN de b) Climagramme d'EMBERGER :

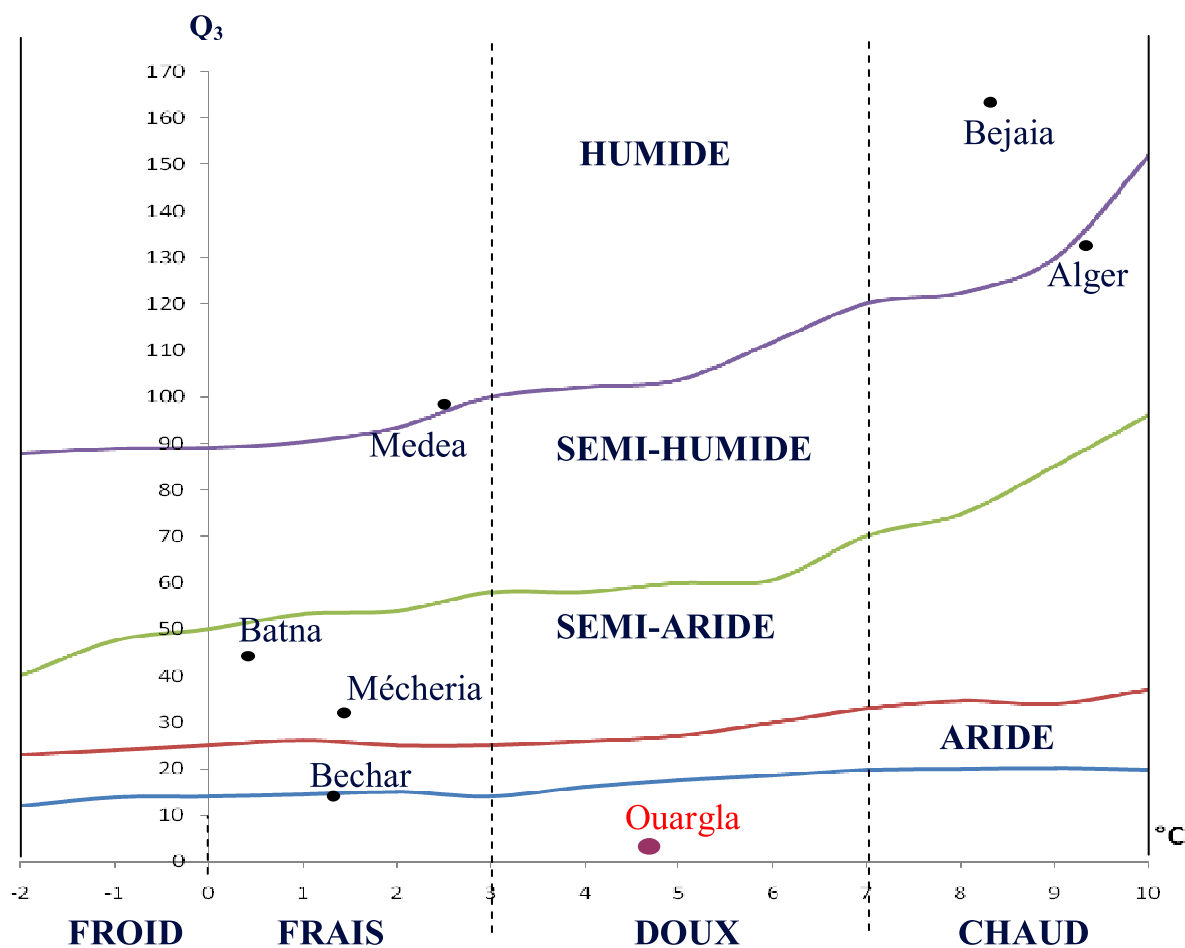
Le climagramme d'EMBERGER permet de connaître l'étage climatique de la région d'étude ; nous avons utilisé la formule de STEWAR (1969 in LE HOUEROU, 1995) adaptée pour l'Algérie qui se présente comme suit :

$$O_2 = \frac{3.43 p}{(M - m)}$$

- Q<sub>3</sub> : quotient pluviométrique d'EMBERGER
- P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm
- M : Moyenne des Maxima du mois le plus chaud en (°C)
- m : Moyenne des minima du mois le plus froid en (°C)

3,43 : Coefficient de Stewart établi pour l'Algérie

A partir de ce Climagramme (**Fig. 03**), on distingue que l'étage bioclimatique de la région de Ouargla est saharien à hiver doux, puisque  $Q_2 = 4.66$ .



**Fig. 03** : Climagramme d'EMBERGER de la région d'Ouargla

### I-3-Données édaphiques

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés aussi par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération. D'après (**HALILAT, 1993**), la typologie des sols de la région indique des sols salsodiques, des sols hydromorphes et des sols minéraux bruts.

### I-4- Données hydrologiques



Les eaux souterraines représentent le principal patrimoine hydrique de la région de Ouargla, Elles sont constituées de 03 nappes différentes (A.N.R.H ,1998).

#### **I-4-1- Nappe phréatique**

De profondeur variant entre 1m et 8m selon les zones et les saisons parfois elle affleure à la surface. Elle s'écoule du sud vers le nord selon la pente de la vallée de l'oued M'ya. Les analyses des eaux de celle-ci montrent qu'elle est très salée avec une conductivité électrique de l'ordre de 5 à 10 Ds/m et parfois dépassant les 20

#### **I-4-2-Nappe du complexe terminal**

Elle couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 Km<sup>2</sup>, sa profondeur varie de 100 à 400 mètres et elle alimente l'essentiel des palmeraies de Bas-Sahara (Ziban, Oued Righ, Souf et Ouargla) (HAMDI AISSA, 2001). Elle est composée de deux nappes soit :

\* **la nappe du moi-pliocène** : appelée également nappe des sables qui fut à l'origine des palmeraies irriguées. Elle s'écoule du Sud Sud-Ouest vers le Nord Nord-Est en direction du Chott M'elghir. La température de ces eaux est de l'ordre de 23 à 25°C avec une salinité variant de 1.89 à 4.60 g/l pour une profondeur de 60 à 200m. (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975)

\* **la nappe du sénonien** : L'exploitation de cette nappe est faible au vu de son faible débit. Elle est généralement utilisée pour la consommation des populations en eau potable car elle est moins salée que la nappe du moi-pliocène.

#### **I-4-3-Nappe albienne**

Cette nappe est contenue dans les argiles sableuses et les grès continentaux intercalaires et couvre une superficie de l'ordre de 600 000 Km<sup>2</sup>. Elle est située entre 1120 et 1400m de profondeur dans la région de Ouargla avec un écoulement général du sud vers le nord. Les eaux de l'albien sont beaucoup plus chaudes avec une température de l'ordre de 58°C et une faible teneur en sel variant entre 1.7 à 2g/l (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).



# **Chapitre II**

## **Aperçu général sur la tomate**

## **Chapitre II : Aperçu général sur la tomate**

### **II-1-Historique**

La tomate est originaire d'Amérique du sud (Indes). D'après **STURTEVANT**, elle fut décrite pour la première fois par **MALTHIOLUS** en **1554**, introduite en Europe en 1560 grâce aux espagnoles qui l'amènèrent dans leur pays. Comme plante ornementale; ce n'est qu'en 1778 qu'elle a été considérée comme légume.

Elle fit son apparition en Afrique du nord au 18ème siècle au Maroc d'abord puis en Algérie en 1905 sous l'influence hispanique dans la région d'Oran. La tomate est un produit largement consommé par la population algérienne.




















### **II-2-Importance de la Tomate**

#### **II-2-1- Dans le monde**

La tomate occupe la deuxième place dans le monde après la pomme de terre, elle est cultivée sous presque toutes les latitudes sur une superficie d'environ 3 millions d'hectares, ce qui représente près du tiers des surfaces mondiales consacrées aux légumes. Avec une production d'environ 124 millions de tonnes en 2004 et de 122 en 2005 (**FAO, 2006**).

La consommation en Kg/an/habitant est de 42 pour l'Italie, 30 pour la Grèce et l'Espagne et 10 pour le Portugal.

**Tableau 02** : Production mondiale de la tomate en tonnes (2004/2005)

<b>Production en tonnes. Chiffres 2004-2005</b>				
Données de FAOSTAT (FAO) Base de données de la FAO				
Chine	30143929,00	24 %	31644040,00	26 %
 États-Unis	12867180,00	10 %	11043300,00	9 %
 Turquie	9440000,00	8 %	9700000,00	8 %
 Égypte	7640818,00	6 %	7600000,00	6 %
 Inde	7600000,00	6 %	7600000,00	6 %
 Italie	7682504,00	6 %	7187016,00	6 %
 Espagne	4441800,00	4 %	4473573,00	4 %
 Iran	4200000,00	3 %	4200000,00	3 %
 Brésil	3515567,00	3 %	3303530,00	3 %
 Mexique	2148130,00	2 %	2148130,00	2 %
 Russie	2017860,00	2 %	2100000,00	2 %
 Grèce	1932000,00	2 %	1713580,00	1 %
 Chili	1200000,00	1 %	1230000,00	1 %
 Maroc	1201230,00	1 %	1201230,00	1 %
 Ouzbékistan	1245470,00	1 %	1200000,00	1 %
 Ukraine	1145700,00	1 %	1200000,00	1 %
 Portugal	1200930,00	1 %	1175000,00	1 %
 Irak	988000,00	1 %	1000000,00	1 %
 Syrie	920000,00	1 %	920000,00	1 %
 Tunisie	1118000,00	1 %	920000,00	1 %
Autres pays	21780606,00	18 %	20752357,00	17 %
<b>Total</b>	<b>124429724,00</b>	<b>100 %</b>	<b>122311756,00</b>	<b>100 %</b>

(Wikipédia, juin 2008)

**II-2-2- En Algérie**

La superficie occupée par la tomate en Algérie est d'environ 20 436 hectares avec une production de 5 489 336 quintaux pour un rendement moyen d'environ 269 qx/ha. (D.S.A., 2007). La consommation en 2000 était de 720.000 tonnes soit 21 kg/habitant.

En Algérie, la production de tomate est le fait d'une culture de primeur, de saison et d'arrière saison (**Tableau 03**)

**Tableau 03 :** Echelonnement de la production de tomate en Algérie (LEFKI, 1979)

	Type de tomate	Date de semis	Date de plantation	Début de production	Fin de production
Primeur	Tomate du sud	Début septembre	Début novembre	Début janvier	Fin avril
	Tomate sous serre	Mi novembre	Mi janvier	Mi mars	Mi mai
Saison	Tomate sous diss	Mi novembre	Mi janvier	Mi avril	Fin juillet
	Tomate plein champ	Début avril	Mi mai	Début juillet	Fin septembre
Arrière saison	Tomate plein champ avec prise vent	Début juillet	Mi aout	Début septembre	Mi janvier

### II-2-3-Dans le sud

Dans le sud Algérien la tomate occupe une superficie de 3099 hectares, pour une production qui atteint 1187001Qx et un rendement de 240.12 Qx/ha.

Les principales wilayas productives sont : Biskra, Adrar, El Oued, Ouargla, Ghardaïa

Les wilayas	Superficie (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
Biskra	1341	966308	720.6
Adrar	1243	162450	130.7
El-oued	330	43225	131.0
Ouargla	144	8483	58.9
Ghardaïa	41	6535	159.4
Total sud	3099	1187001	X 240.12

La tomate sous serre dans la wilaya de Ouargla occupe une superficie de 10.83 hectares pour une production de 2892.50qx. (D.S.A.Ouargla, 2007)

### II-3-Valeur nutritive et calorifique de la Tomate

La tomate contient de la solanine, saponine, du carotène de la vitamine C, de l'acide malique, de la tomatidine. Sa valeur calorifique est de 18 calories pour 100g (Roberto, 1982)

**Composition des fruits de la tomate**

-M.S :4 à 8.7 %	les sels minéraux se composent :
-sucres : 1.9 à 4.9 %	-potassium : 374 mg
-protides : 0.55 à 1.65 %	-calcium : 60 mg
-acide organiques : 0.35 à 0.85 %	-magnésium : 60 mg
La tomate est en outre riche en vitamines :	-fer : 80 mg
-vitamine c : 26 à 50 mg	-phosphore : 23 mg
-carotène (provitamine A) :1.6 mg	-soufre : 93 mg
-vitamine B1 : 0.7mg	-chlore : 47 mg
-vitamine B2 : 0.4 à 0.8 mg	

**II-4- Classification**

La classification des tomates se fait selon plusieurs critères soit le type de croissance végétative, la qualité génétique (variétés fixées ou hybridée) et la grosseur des fruits.

Ensuite les variétés se distinguent par leur forme, leur nombre de loges, leurs qualités industrielles et organoleptiques, leur adaptation à un milieu spécial et leur résistance aux parasites.

**II-4-1 Type de croissance**

La germination de la graine est épigée, le cycle végétatif dure 4 à 6 mois et l'initiation florale se produit dans les deux semaines suivant le déploiement des cotylédons ; il existe deux types de croissance soit :

**a) Variétés à croissance déterminée :** ce sont celles dont le développement cesse à un moment du cycle végétatif. Les plantes souvent buissonnantes atteignent 40 à 50 cm de

hauteur ; les feuilles et les inflorescences sont plus regroupées que chez les variétés à croissance indéterminée.

Le premier bouquet se développe après la formation de 5 à 8 feuilles, les suivantes après toutes les 1 à 2 feuilles. Dans certains cas les plantes développent des bouquets encore plus serrés après 0 à 1 feuille.

Les plantes limitent elles-mêmes leur végétation, chaque rameau après la formation de 2 à 4 bouquets termine sa croissance par une feuille ou un bouquet.

Les variétés de ce groupe sont cultivées sans ébourgeonnage et tuteurage et les fruits mûrissent presque ensemble dans une période relativement courte, aussi sont-elles intéressantes pour la plupart pour la production industrielle qui a de plus en plus tendance à se mécaniser dans le monde au moins au moment de la récolte.

**b) Variétés à croissance indéterminée :** ce sont celles dont la végétation et la production se poursuivent suivant un cycle végétatif beaucoup plus long. Les variétés de ce groupe se distinguent par des plants bien développés et des tiges ramifiées. Elles ont une croissance indéterminée c'est-à-dire que la plante ne cesse jamais de croître et que seules des conditions climatiques défavorables nuisent à la croissance végétative.

Leurs inflorescences (bouquets) bien écartées les unes des autres ; le premier bouquet apparaît après la formation de 10 à 14 feuilles alors que les suivants ont lieu tous les 3 à 4 feuilles. Ces tomates sont normalement tuteurées et constamment ébourgeonnées.

#### **II-4-2 Qualité génétique**

Les cellules de la tomate contiennent un nombre constant de chromosomes ( $2n=24$ ). Les caractéristiques des fruits concernant leur grand échelonnement et leur fermeté seraient dues à de nombreuses caractéristiques génétiques. Il existe deux types de plantes du point de vue génétique soit les variétés fixées et les hybrides F1.

**a) Variétés hybridées :** les hybrides F1 sont caractérisés par un effet d'hétérosis bénéfique ; cependant, vu leur non fixité ils ne peuvent être reproduits de génération en génération sans que l'on observe de profondes différences entre les générations et les

individus entre eux. Seule la génération F1 est intéressante car tous les individus qui la composent se ressemblent entre eux.

Sur le plan agronomique, les variétés hybrides sont plus intéressantes que les variétés fixées mais leur prix est aussi beaucoup plus élevé.

**b) Variétés fixées :** les variétés pures si elles ne subissent pas de mélanges se reproduisent semblables à elle-même de génération en génération.

## **II-5- Caractéristique botanique de la plante**

### **II-5-1- Systématique**

La place de la tomate se place dans le règne végétatif comme suit :

Classification classique

- Règne                      Plantae
- Division                 Magnoliophyta
- Classe                     Magnoliopsida
- Ordre                     Tubi florale
- Famille                  Solanaceae
- Genre                    *Lycopersicum*
- Espèce                  *Lycopersicum esculentum* Mill(**GUY, 1967**)

### **II-5-2- Morphologie**

La tomate est une plante vivace, son port naturel est buissonnant, mais en culture elle ne végète que sur un ou deux axes, les bourgeons anticipés étant supprimés.

**II-5-2-1- Système racinaire :** La tomate a un système racinaire typiquement pivotant, avec de nombreuses racines secondaires, la plus part des racines sont situées à une profondeur de 30 à 40cm. En sol de texture moyenne à légère, la longueur des racines est de 20, 75, 100 et 120 cm respectivement après 2, 3, 4 et 5 semaines après plantation (**BECKER, 1956**)



**II-5-2-2- Tige :** La tomate à une grosse tige verdâtre et sarmenteuse, elle est en position décalée par rapport à l'aisselle des feuilles, apparition des bouquets à inflorescence en grappes plus ou moins bifurquées portant un nombre de fleurs très variable compris entre 3 et 8 (CLAUSE, 1987)

**II-5-2-3- Feuilles :** elles sont de couleur jaunâtre, alternes et composées et sont ailées à folioles ovales, dentées et odorantes. La pubescence est variable selon les variétés.

**II-5-2-4- Fleurs :** Les fleurs sont hermaphrodites, et groupées en bouquets de 03 à 08 fleurs et sont composées de : 5 sépales et 5 pétales de couleur jaune vif, de 5 étamines et de 2 carpelles.

**II-5-2-5- Fruits :** les fruits sont en forme de grosse baie charnue à placentation centrale, rouge à maturité, plus ou moins arrondie suivant les variétés et à peau lisse (CLAUSE, 1987).

La tomate est une espèce diploïde  $2n=24$  de la famille des Solanacées renferme 90 genres et 2500 espèces (GUY, 1967).

**II-5-2-6- Semences :** elles sont blanches, plates, rondes, à albumen charnu et à embryon dicotylé ; on compte de 2 à 3 grammes pour 1000 graines. Le nombre de graines dans un fruit varie de 50 à 350 graines (ANONYME, 1976)

### **II-5-3- Cycle de développement de tomate**

Le cycle de développement de la tomate comprend cinq phases qui sont :

**II-5-3-1- Germination :** c'est le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active qui se traduit par la sortie des racines séminales et le coléoptile qui émerge en surface pour se développer en pré-feuilles simples. Une fois les premières feuilles apparues, le coléoptile se dessèche, cette phase se déroule en pépinière.

**II-5-3-2-Croissance :** elle se déroule en deux phases dans deux milieux différents soit en pépinière et en plein champ ou sous serre. La première phase dure de la levée jusqu'au stade six feuilles, là les racines non fonctionnelles et deviennent fonctionnelles (capable d'absorber l'eau et les éléments nutritifs) ; durant cette phase, la tige s'allonge et au fur et à

mesure il y a la formation des feuilles. A partir du stade six feuilles, le repiquage peut s'effectuer en plein champ comme sous serre.

**II-5-3-3-Floraison** : à un certain moment de la croissance de la plante de tomate, entre en parallèle la mise à fleur : ces fleurs étaient au paravent des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température et des besoins en éléments nutritifs

**II-5-3-4-Fécondation** : dès que les étamines arrivent à maturité, le pollen est libéré (pollinisation directe sous l'influence de la pesanteur) est porté sur le stigmate et féconde l'ovule et cela se traduit par l'apparition de petits fruits verts.

**II-5-3-5 -Nouaison chez la tomate** : au sens strict du mot, la nouaison peut se ramener à la fécondation des ovules par les tubes polliniques. Cependant, on peut y inclure d'autres phénomènes et on considère la nouaison comme l'ensemble de gamétogénèse, de pollinisation, de croissance du tube pollinique et de la fécondation des ovules ainsi que le développement du fruit (**VESCHAMBRE et ZUANG, 1979**).

1- Gamétogénèse : elle aboutit à la formation des ovules et du pollen ; la méiose pollinique se produit 6 à 8 jours avant l'anthèse, selon les conditions du milieu vers le milieu de la journée et de préférence par temps ensoleillé, au stade bouton vert jaune. Les grains de pollen restent groupés en tétrades durant un jour ou deux puis sont libérés au stade pollinique (230.000 à 400.000 grains/fleur).

2- Pollinisation : la libération du pollen se produit lorsque la fleur est pleinement épanouie : les pétales légèrement retournés avec un optimum d'insolation. La pollinisation est soumise à des conditions morphologiques ainsi, plus le niveau du stigmate est bas dans le cône staminal et plus le taux de nouaison est élevé. Le nombre de grains de pollen parvenant sur les papilles stigmatiques a une conséquence directe sur le nombre de grains et il y a une corrélation positive étroite entre le calibre des fruits et le nombre de graines, ce nombre étant environ celui d'ovules fécondés et celui de grains de pollen ayant germé sur le stigmate. Les fruits les plus gros ont le plus grand nombre de graines (moyenne des variétés : 100-200graines). Le pollen germe immédiatement 3 heures après la pollinisation.

3-Fécondation et développement du fruit : les tubes parvenant les premiers dans l'ovaire fécondent les ovules les plus proches à savoir ceux de la partie pistillaire de l'ovaire. On peut observer après l'anthèse :

- 60heures = fécondation des ovules.
- 82heures = formation de l'embryon.
- 94heures = formation de l'albumen
- 8 à 9semaines=maturité des fruits.

## II-6- Exigences pédoclimatiques de la tomate

### II-6-1- Exigences climatiques

Les conditions de température moyenne de l'air et du sol aux différents stades de développement de la tomate sont consignées dans le tableau (04)

**Tableau 04** : Conditions de température moyenne de l'air et du sol aux différents stades

	Air	Sol
<b>Germination</b>	18à20°C	25°C
<b>Croissance</b>	Nuit 15°C Jour 18,20°C	15,20°C
<b>Floraison</b>	Nuit 13 à17°C Jour 22à25°C	
<b>Fructification</b>	Nuit 18°C Jour 26°C	20à25°C

**II-6-1-1- Température** : la tomate est une plante exigeante en chaleur, cette chaleur évolue suivant les stades de développement, elle nécessite une alternance (thermo-périodisme) entre les températures diurnes optimales qui varient entre 18° à 25°C et les températures nocturnes optimales qui varient entre 15 à 18°C (ANONYME, 1976). La levée ne peut se produire pour des températures inférieures à 5°C ou supérieures à 40°C (DAHMANI, 1973 cités par METERFI, 1984). La température de la floraison se situe entre 22 et 25°C le jour et de 13 à 17°C la nuit.

**II-6-1-2- Lumière** : la tomate n'est pas sensible au photopériodisme mais son développement végétatif et sa fructification sont étroitement liés à l'éclairement (durée et intensité lumineuse). Pour son développement normal, elle exige une durée d'éclairement de 500 heures ; au stade plantule elle exige une intensité lumineuse de 12000 lux. Pendant

la nouaison, la tomate exige une grande quantité de lumière pour assurer la germination des pollens (ANONYME, 1987). Le manque de lumière entraîne l'étiollement des plants, une baisse de rendement et une perte de précocité (ANONYME, 1979)

**II-6-1-3- Hygrométrie :** selon JACOB et JANSSEN 1877 cités par METERFI, 1984, l'humidité optimale exigée par la tomate est de **50 à 60%** durant le développement des fruits et doit être de **55 à 66%** lors de la pollinisation car :

- si l'humidité relative est trop faible les stigmates se dessèchent rapidement et la période de fécondation est très courte.
- si l'humidité relative est trop forte, le pollen est libéré difficilement et le développement des maladies cryptogamiques en est favorisé (ANONYME, 1979)

### **II-6-2- Exigences édaphiques**

**II-6-2-1- Sol :** les propriétés physiques du sol jouent un rôle primordial dans l'enracinement, le conditionnement des eaux et des éléments nutritifs (ANONYME, 1979). La tomate est presque cultivée dans tous les sols légers, perméables, riches en humus, elle est assez tolérante vis-à-vis de la salinité et supporte une légère acidité (BENAMARA, 1982).

**II-6-2-2- pH de sol :** la tomate préfère un pH entre 5.8 et 7 selon (RAY et COSTA ,1965) et elle tolère aussi des pH variant entre 4.5 et 8.2 (SOLTNER, 1988)

**II-6-2-3- Température du sol :** pour son démarrage, la tomate exige une température du sol entre 25 et 30°C en dessous de 15°C elle provoque la réduction de consommation en eau (CORNILLON, 1974). Pendant la floraison, une faible température du sol agit sur le nombre de fleurs par bouquet et retarde l'épanouissement des premières fleurs (MORAS, 1980)

**II-6-2-4- Aération du sol :** une mauvaise aération du sol ralentie la germination, la levée et limite le nombre de boutons floraux ; de ce fait un travail du sol en profondeur est indispensable pour la croissance du système racinaire (ANONYME, 1979). Pendant la végétation l'aération est assurée par le binage, le buttage et le désherbage (CORNILLON, 1974)

**II-6-2-5- Exigences hydriques**

La tomate est très sensible à la variation de la quantité d'eau dans le sol ; la quantité d'eau apportée est de 700 mm/ha/an (**LEQUIMAL, 1976**; cité par **MERTERFI, 1974**)

**II-6-3- Fertilisation**

La quantité des engrais minéraux apportés doit tenir compte de la richesse du sol pour chaque élément, de la fumure organique et des besoins de la plante. La fertilisation essentiellement les éléments majeurs dont :

**II- 6-3-1- Azote** : la plante répond assez bien à l'azote ; cependant, un excès occasionne des retards importants dans la précocité (**ANONYME, 1980**). Il synthétise les protéines glucidiques et augmente la multiplication végétative : c'est un facteur de rendement. La quantité d'azote apportée est de l'ordre de 110 Kg/ha.

**II-6-3-2 Acide phosphorique** : avec la potasse, l'acide phosphorique est un élément de qualité des fruits aussi faut-il l'employer à des doses qui permettent une absorption normale; il favorise la mise à fleur, la fructification et facilite l'absorption d'azote assimilable. La quantité apportée est de l'ordre de 30 Kg/ha.

**II-6-3-3 Potasse** : elle complète celle de l'acide phosphorique et l'obtention des fruits sains et bien colorés (**ANONYME, 1979**). La quantité apportée est de l'ordre de 145Kg/ha.

**II-6-4- Défense des cultures**

La tomate n'est que peu parasitée par les insectes par contre, elle se révèle sensible aux attaques d'un certain nombre de maladies cryptogamiques et à virus, dont quelques-unes doivent être considérées comme dangereuses. Elles atteignent toutes les parties de la plante, racines, tiges, feuilles et fruits (**LAUMONIER, 1979**).le tableau (05) montre les principales maladies de culture sous serre connue en Algérie.

Tableau 05 : Principales ennemis de la tomate connue en Algérie

Parasite	Produits utilisés	Doses	Observation
Adventices	Métribuzine 75%	450g/ha	En sol léger avant repiquage
		700g/ha	En sol lourd avant repiquage
	Pendiméthalin	450g/ha	Quelques jours avant plantation
		42g/ha	Quelques jours avant plantation
Mildiou et Alternaria	Mancozebe 80%	200g/l	Arrêt 7 jours avant la récolte.
	Manébe 80%	250g/h	
	Zinébe	250g/l	
Acariens	Phosalone 4%	12à25g/ha	Délai avant récolte 15j
	Propagite 570g/l	80à120 ml/hl	Délai avant récolte 21j
Puceron	Acephate 50%	75g/hl	Délai avant récolte 7j
	Chloropyifos L.P 480g/l	1575ml/hl	Délai avant récolte 7j
Insectes du sol	Carboryl 85%	40g ds/kg	Délai avant récolte 7j
	Chloropyifos 480g/l	175ml/hl	Délai avant récolte 7j
	Diazinon 10%	20kg/ha	Délai avant récolte 15j
Mouche blanche	Cyperméthine 250g/l	12à20ml/hl	Délai avant récolte 7j
	Cyperméthine 50g/l	60à100ml/h	Délai avant récolte 7j
	Fénitrothion 500g/l	100à150ml/hl	Délai avant récolte 7j
Noctuelles défoliatrices	Cyperméthine 250g/l	120ml/ha	Délai avant récolte 7j
	Cyperméthine 50g/l	600ml/ha	Délai avant récolte 7j
	Deltaméthrine 25g/l	300ml/ha	Délai avant récolte 7j
	Fénitrothion 500g/l	100à150ml/ha	Délai avant récolte 15j

A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

## **Chapitre III**

# **Utilisation de la géothermie pour la production d'énergie**

## Chapitre III : Utilisation de la géothermie pour la production d'énergie

### III-1-Historique

Les sources chaudes sont utilisées depuis l'antiquité pour leurs vertus thérapeutiques ou comme moyen de détente. Les premiers immigrants d'Islande transportaient l'eau des sources chaudes jusqu'à leurs abris à l'aide de conduits de bois. L'utilisation rationnelle des sources d'eau chaude naturelle n'est apparue que plus tard.

Le premier réseau connu de distribution de chaleur géothermique se situe en France à Chaudes-Aigues (Cantal). Des archives datant de 1330 font mention d'un réseau de distribution d'eau chaude naturelle alimentant plusieurs maisons de ce bourg. La source naturelle, dite la source du Par, est la plus chaude d'Europe (82 C°). A cette époque, la distribution de l'eau chaude s'effectuait à l'aide de tuyaux de bois de pin, creusés dans leur longueur à l'aide d'une longue tarière et emboîtés les uns dans les autres.

En 1827, FRANCOIS LARDEREL, français émigré en Italie, remplace le bois de chauffage par la vapeur naturelle. Celle-ci étant insuffisante, il entreprend en 1833 le premier forage géothermique pour obtenir davantage de vapeur à une température supérieure. Les travaux de FRANCOIS LARDEREL sont poursuivis par le prince PIERRO CONTI en Toscane en 1904, ce dernier parvient à allumer cinq ampoules électriques au moyen d'une dynamo entraînée par une turbine à vapeur géothermique.

Cette expérience marque le début du développement des applications industrielles de la géothermie, en particulier pour la production d'électricité et le chauffage urbain (comme à Reykjavik où la quasi-totalité de la capitale est chauffée par l'énergie géothermique). Par ailleurs, l'énergie géothermique constitue une source d'énergie renouvelable à fort potentiel, notamment dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique. **(Encarta, 2009).**

### III-2- Applications de la géothermie

D'une façon générale, il est fait trois grandes catégories d'application de la géothermie à savoir : la production d'électricité, le chauffage des habitations et le chauffage des serres agricoles



### III-2-1 Production d'électricité

Elle a été réalisée en Italie à Larderello en 1904. En 1912 la puissance installée était de 250 KW (alimente la ville de Volterra), 8.5MW en 1914, 73MW en 1940 et la progression reprenait pour atteindre 500 MW en 1986. En 1994, la puissance installée dans le monde pour la production d'électricité à partir de l'énergie géothermique était de 654 371MW dont 1053.73 MW pour les Philippines et 2817 MW pour les USA. **(DEBAENE, 1990)**

### III-2-2-Chauffage des habitations

Le premier réseau de chauffage urbain alimenté grâce à la géothermie est celui de Reykjavik ; il date de 1930 et permettait de chauffer une centaine d'habitations, deux piscines, un hôpital et une école. De nos jours, c'est près de 95% des besoins de chauffage de la capitale islandaise qui sont couverts de cette façon. **(DEBAENE, 1990)**

### III-2-3 Chauffage agricoles

Dès 1920, l'Islande et la Hongrie ont développé de tels systèmes qui ont été repris dans de nombreux autres pays y compris la France. En agriculture, la géothermie se trouve pleinement justifiée pour les exploitations très grosses consommatrices d'énergie : entreprises de séchage des produits, horticulture, pisciculture, mais aussi climatisation pour l'été (logements ou petits élevages). **(PELLECEUR, 2007)**

### III-3 Formes d'énergie géothermique

En géothermie, on exploite la chaleur du fluide soit directement, pour le chauffage de locaux ou la production d'eau chaude sanitaire par exemple, soit indirectement en produisant de l'énergie électrique.

On distingue la géothermie basse énergie (production de chaleur), de la géothermie haute énergie (production d'électricité) et la frontière entre les deux — un peu arbitraire — correspondant à la température sous laquelle on ne peut produire de l'électricité avec un rendement suffisant, soit entre 120 et 180°C.

La géothermie n'est économiquement intéressante que pour des situations géologiques particulières combinées à des états de surface adéquate. Les différentes formes d'énergie géothermique connaissent donc des développements différents selon les régions, les caractéristiques géologiques des ressources géothermiques et les aspects technico-économiques de l'utilisation de l'énergie. C'est pourquoi on classe généralement les énergies géothermiques en quatre catégories.

### **III-3-1 Géothermie haute énergie**

La géothermie haute énergie (150 -320 °C) n'est exploitable que dans des régions géologiques particulières présentant par exemple une convection magmatique qui réchauffe les réservoirs d'eau superficiels. Elle est généralement utilisée dans des régions volcaniques comme aux Philippines, en Indonésie, en Amérique du Nord ou encore en Guadeloupe (**Encarta, 2009**)

### **III-3-2 Géothermie moyenne énergie**

La géothermie moyenne énergie (90-150°C) correspond à l'exploitation de la chaleur des nappes profondes dans des régions géologiques présentant un gradient de température non particulier comme dans le cas précédent. Après forage, on injecte dans le sol un fluide calorifuge, tel que le fréon ou l'ammoniac, qui est chauffé et ramené à la surface où on l'utilise pour chauffer des bâtiments, produire de l'eau chaude sanitaire. Le principe est identique à celui d'une machine frigorifique fonctionnant à l'envers. (**Encarta, 2009**)

### **III-3-3 Géothermie basse énergie**

La géothermie basse énergie (50-90°C) est beaucoup plus répandue que les précédentes, elle peut être exploitée dans les régions à gradient de température normal où des formations géologiques adéquates existent à des profondeurs suffisantes pour atteindre les températures recherchées, comme dans les bassins sédimentaires (fluides à 60-80°C en moyenne). On réalise un forage qui permet d'atteindre une nappe d'eau chaude ; la profondeur des nappes exploitables varie entre 800 et 3000m selon les régions. On récupère cette eau pour diverses applications (chauffage de logements, de bâtiments, de serres, etc.), puis on la réinjecte dans le forage de manière à préserver la pression du

gisement et son exploitation à long terme, mais surtout pour protéger l'environnement géothermique. (Encarta, 2009)

### III -3-4 Géothermie très basse énergie

La géothermie très basse énergie (12-50 °C) a des caractéristiques identiques à la précédente. Elles en diffèrent toutefois par la profondeur beaucoup plus faible de la source géothermique (de 0 à 1000m).

Le forage est donc plus rapide et moins coûteux. De plus, il n'est pas toujours nécessaire de réinjecter le fluide calorifuge, ce qui rend l'installation moins complexe. Cette énergie, si elle a surtout été utilisée pour chauffer des serres en agriculture ou de petits groupes d'habitations, est maintenant entrée dans le domaine du chauffage individuel des maisons neuves. (Encarta, 2009)

## III-4 Importance des eaux chaudes en Algérie

### III-4-1 Localisation des eaux chaudes en Algérie

L'Algérie dispose de nappes et de sources d'eau chaude assez importantes dont les températures s'échelonnent entre 20 et 98°C (Fig.4). Dans le nord du pays, il existe 117 sources thermales dont la température varie de 22 à 98°C et la plus part des sources hyperthermales se situent dans l'Est du pays. (BELLACHE et al, 1997)

Au sud Algérien, il existe plusieurs nappes à des profondeurs variant de 80 mètres dans la région d'El Goléa et à 1500 mètres à Touggourt, présentant une forte salinité (3 à 6g/l) et une température de 40 à 60°C. L'examen des températures et des caractéristiques physico-chimiques des différentes sources et forages permet d'envisager le schéma d'utilisation géothermique suivant :

1. au Nord-est de l'Algérie, la température des sources chaudes est la élevée (supérieure à 90°C) et la salinité est relativement faible (1 à 2 g/l). Ces eaux pourraient être utilisées à des fins de consommation d'eau et d'apport d'énergie géothermique, touchant de très près le développement agricole (chauffage des serres).

2. A l'intérieur du pays, la température la plus élevée ne dépasse pas 60°C et l'eau présente une forte salinité, allant jusqu'à 6 g/l, celle-ci ne peut être utilisée qu'en agriculture (chauffage et irrigation).

Quand on sait que pour les besoins de chauffage des serres agricoles, la température de l'eau de chauffage doit être supérieure à 30°C, on voit donc que le potentiel géothermique existant dans notre pays, donne de grandes possibilités pour le chauffage de serres.

**Tableau 06 :** Localisation et caractéristiques des eaux chaudes naturelles en Algérie

Wilaya	Lieu de plantation	température	débit	Caractéristiques
Biskra	Hammam Salihine	43°C	181 l/s	Sulfure sodique Chlorure sulfate Carbonate, calcosodique Légèrement magnésienne
	Sidi Khaled	53°C	120 l/s	
	M'Rara	54°C	150 l/s	
	Tamerna	54°C	270 l/s	
Constantine	Oued Athmania 1	36°C	50 l/s	
	// // e2	46°C	551 l/s	
	Hammam Bouziane			
	Source Zouaoui	28°C	600 l/s	
	Source El-Ghizane	28°C	200 l/s	
	Source Salah bey	28°C	651 l/s	
Janet	Janet 1	22°C	241 l/s	Sulfate chlorure.
	Janet 2	23°C	561 l/s	
Chelef	Hammam Righa	67°C		Sulfatée, calcique
Guelma	Hammam Maskhoutine	96°C	500 l/s	Sulfatée, calcique
Mascara	Bouhnifia	69°C		Bicarbonate calcique
S.B.Abbes	Bouhdjar	70°C		Chlorurée sodique
Sétif	Hammam Guergour	43°C		Forte salinité Forte salinité
	Oued Boussalem	22°C		
	Hammam Ouled Yelles	46°C		
	Hammam Sokhna	46°C		
Tlemcen	Maghnia	45°C		Sulfatée ,bicarbonate sodique
Touggourt	Sidi-Slimane 1	54°C		
	// // 2	56°C		
	Sidi-Mahdi n1	57°C	380 l/s	
	// // 2	56°C	220 l/s	
OUARGLA	El-Hadeb	56°C	2861 l/s	
	Hassi Ben-Abdallah 1	58°C	200 l/s	
	// // 2	58°C	174 l/s	
Ghardaïa	Zelfana	42°C	160 l/s	

### III-4-2 Mise en évidence de l'importance du potentiel géothermique dans le sud Algérien

Le potentiel énergétique des puits du sud algérien est considérable. Le refroidissement de l'eau d'un puits artésien jaillissant à 60°C et à un débit de 150 l/s, lorsqu'il est réalisé en chauffant des serres 14 heures / jour et pendant 120 jours, libère environ 22.680.000 MCal, ce qui équivaut à quelques 3.037.370 litres de fuel brûlés dans une chaudière à 85% de rendement. Ce qui est équivalent aussi à une économie d'énergie de 18.224.220 DA.

Le potentiel, des forages existants dans les régions de Ouargla, Biskra et de Touggourt est évalué à 3421 (l/s), ce qui nous permet de chauffer 9.000 serres avec un gain en énergie de 415.633.740 DA.

Le potentiel énergétique des forages profonds, réalisés dans le sud algérien pour l'irrigation des cultures, représente donc une source très importante et une possibilité prometteuse pour le chauffage des serres. (BELLACHE *et al*, 1997).

Dans le cadre de l'exploitation rationnelle des ressources naturelles en agriculture, l'utilisation de l'énergie thermique pour climatiser les serres, constitue une amélioration permanente de notre potentiel de production agricole. C'est ainsi que l'institut national de la recherche agronomique d'Algérie (INRAA) s'est engagé dans le but de produire des légumes en hiver dans les zones à climat continental.

### III-4-3-Forages albien de la région de Hassi Ben Abdallah

Le nombre total des forages dans la région de Hassi Ben Abdallah est de 12 forages qui sont repartis, respectivement en 2 dans le secteur de mise en valeur, 8 dans le secteur de la concession agricole et 2 forages dans le secteur public, dont 11 sont exploités (92%) avec un débit de 2720 l/s.

Tableau 07 : Nombre de forages albiens dans les différents secteurs agricoles

secteur	Nombres de forages	Débit (l/s)	Forages exploitées
Mise en valeur	2	320	2
La concession agricole	8	2000	7
Secteur public	2	400	2
Total	12	2720	11

(D.S.A, subdivision de H.B.A., 2008).

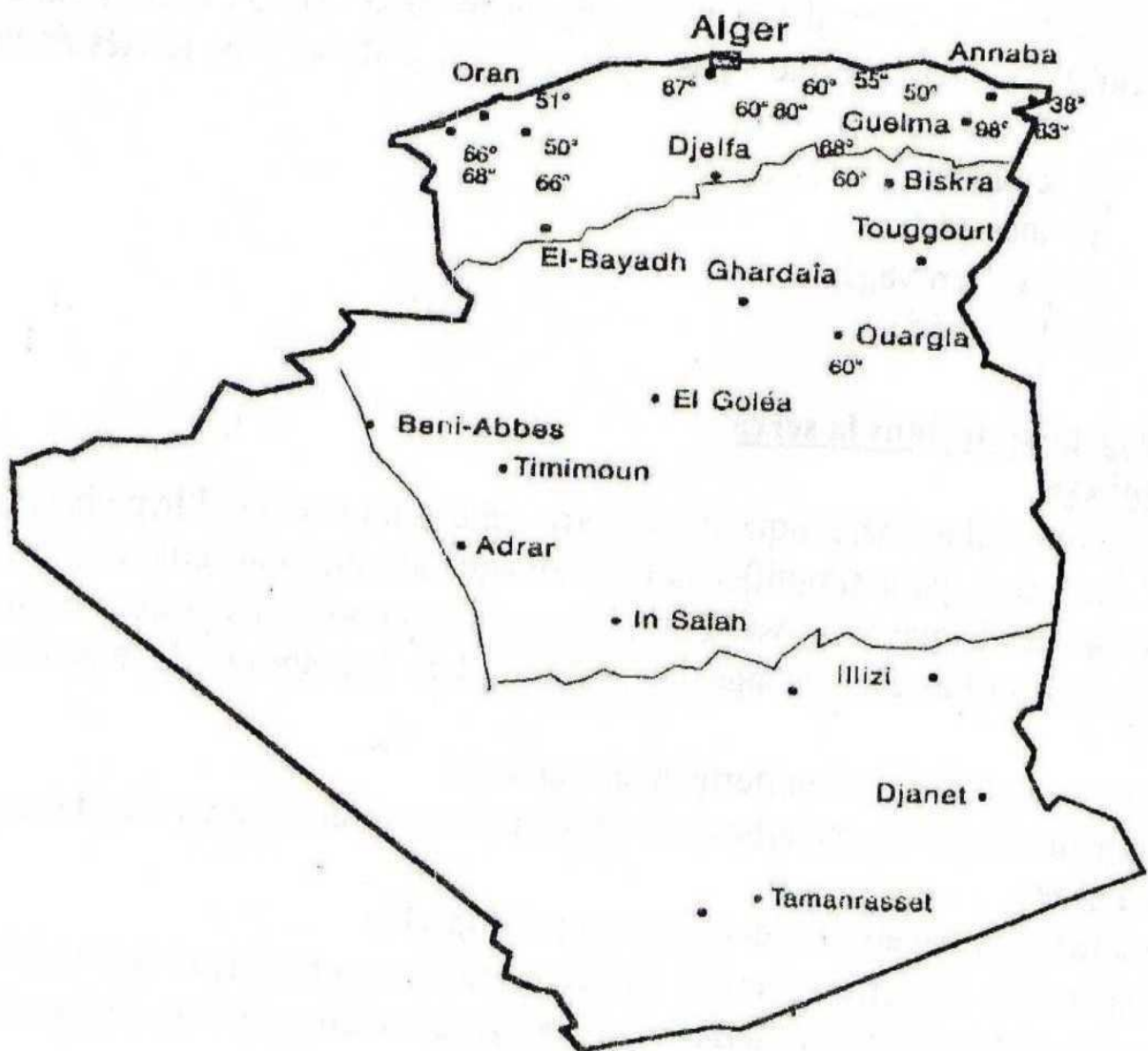


Fig. 04. Carte géothermique de l'Algérie. (C.D.E.R, 1997)

### III-5 Différents systèmes de chauffage des serres

Le premier dispositif thermique auquel on pense lorsqu'il s'agit de maîtriser le climat, c'est le chauffage, la température de l'enceinte et le confort thermique de la plante peut être ajusté aux besoins.

#### III-5-1- Chauffage de la partie aérienne :

Ces systèmes se caractérisent par l'importance relative des apports par rayonnement et par convection. On peut donc classer ces systèmes en deux grands groupes soit les chauffages de type radiatif et les chauffages de type convectif.

▪ **Chauffages de type radiatif** : ces systèmes sont d'autant plus efficaces que la surface émissive est plus chaude permettant ainsi d'apporter des calories à la partie aérienne de la plante par convection et rayonnement et à la partie souterraine par conduction dans le sol (**PARENT, 1987**) ; on distingue :

- 1- **Paillage radiant** (qui est un chauffage à la fois de l'air et du sol) constitué par des gaines plastiques posées au sol où circule de l'eau tiède à une température (20 à 30°C) et qui en plus de son rôle radiatif, transmet dans le sol une partie importante de chaleur par conduction.
- 2- **Thermosiphon** : constitué par des tuyauteries dans lesquelles on fait circuler un fluide à température très élevée ; généralement de l'eau (90 à 100°C), et depuis peu, de l'eau pressurisée et à des températures de l'ordre de 120°C. La répartition de la chaleur se fait par convection naturelle, ce mode de chauffage modifie peu la turbulence. Ce système crée des profils verticaux de températures qui sont uniformes et stables dans le temps (**BAILLE, 1983**) et dont le développement assez important dans les années quatre-vingt est cependant freiné par son coût d'investissement élevé (**ANONYME, 1983**).
- 3- **Panneaux radiants** : utilisés à des températures très élevées (plusieurs centaines de degré) mais encore d'un usage relativement limité en serre (**ANONYME, 1983**). Ces systèmes de chauffage permettent d'obtenir une température de végétal supérieure à celle de l'air ambiant ce qui diminue les risques de condensation, source de développement des maladies parasitaires.

Tableau 08 : Avantages et inconvénients du chauffage de type radiatif

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ l'obtention de champ de température d'air et de surface très homogène (écart de l'ordre de 1°C) dans toute la serre.</li> <li>▪ la possibilité d'obtenir des températures de surfaces égales ou supérieures à celles de l'air ambiant, ce qui permet de fixer des températures de consigne d'air plus faible que dans le système convectif.</li> <li>▪ la possibilité de localiser le chauffage et d'apporter des calories à l'endroit voulu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ une inertie relativement grande.</li> <li>▪ une certaine réduction de la luminosité de la serre notamment pour les systèmes localisés sous faîtière.</li> <li>▪ un coût d'investissement assez élevé, surtout pour le thermosiphon et le paillage radiant.</li> </ul>

▪ **Chauffages de type convectifs** : pour SARRET, 1975 ; ces systèmes n'agissent pratiquement que par convection : de l'air est chauffé dans un générateur ou échangeur de chaleur puis envoyé dans la serre à vitesse et température plus au moins élevées, l'effet du rayonnement est négligeable. On distingue :

- 1- **Aérothermes** : ils sont constitués par des échangeurs eau/air où un courant d'air à grande vitesse extrait les calories des canalisations d'eau chaude ; il existe également des résistances chauffantes. Les échangeurs sont généralement suspendus à la charpente, il est très utilisé notamment dans les serres florales du midi de la France du fait de son faible coût d'investissement. (ANONYME, 1983)
- 2- **Générateurs d'air chaud** où la combustion est réalisée directement sur place, mais où il faut éliminer de la serre les gaz de combustion par l'intermédiaire d'une cheminée (CUENOT, 1965).

Ces systèmes se caractérisent par une température de végétal inférieure à celle de l'air, une inertie très faible et surtout un champ de température beaucoup plus hétérogène que dans le cas des systèmes radiatifs, sauf si on répartit l'air chaud à l'aide de tube de distribution translucide (ANONYME, 1983)



Tableau 09 : Avantages et inconvénients de chauffage de type convectif

avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ une mise en œuvre facile est une grande souplesse d'utilisations dues au temps de réponse immédiat du système.</li> <li>▪ un coût d'investissement modéré.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ une grande hétérogénéité des champs thermiques dans la serre</li> <li>▪ les températures de végétal plus que la température consignée.</li> <li>▪ les pertes plus importantes par fuites du fait du brassage important de l'air</li> </ul>

### III-5-2-Chauffage de la partie souterraine

La température du sol se manifeste à des niveaux différents sur la croissance des plantes. On remarque que la plupart des critères choisis pour mesurer la croissance des plantes présentent une courbe d'allure « en cloche »; l'augmentation de la température du sol provoque l'accroissement du critère considéré ; si cette température est trop élevée on peut observer l'effet inverse (**Cooper, 1973**). Il est aussi pour la hauteur de la plante et la longueur des entre nœuds ; la floraison est souvent favorablement modifiée par une baisse de la température du sol.

Sur les réactions physiologiques, le taux d'assimilation net n'est pas modifié par la température du sol, sauf dans des cas extrêmes. La respiration racinaire augmente de plus en plus lentement avec l'accroissement de la température du sol par contre, la respiration de la partie aérienne semble très peu dépendante de la température au niveau des racines pour chaque plante.

Le chauffage de la partie souterraine se fait selon les procédés suivants :

- 1- **Câbles chauffants** : selon (**PARENT, 1987**), des câbles résistants installés en sous sol vers 15 cm chauffent directement le sol. Ces systèmes se caractérisent par une grande inertie thermique du fait du stockage de la chaleur par le sol provoquant un déséquilibre entre la température de l'air et celle du sol
- 2- **Tuyaux enterrés** : là où circule une eau tiède, ils sont en acier ou plastique, enterrés.
- 3- **Energie solaire** : c'est des capteurs d'énergie par double paroi.

- 4- **Pompe à chaleur** : selon LAVIGNE, 1974, il s'agit d'une machine thermodynamique qui pompe la chaleur.
- 5- **Eaux de rejets industriels** : il s'agit de rejets thermiques des industries des centrales de production d'électricité utilisées pour le chauffage des cultures sous serres.
- 6- **Energie géothermique** : il s'agit d'exploiter des poches d'eau situées dans les couches profondes du sous sol (1000 à 2000m) l'eau contenue dans ces poches est assez chaude 50 à 70°C (GAC, 1974). Selon les températures disponibles, la distribution de chaleur en serre sera faite par tuyaux aériens, par gaines au sol ou tuyaux enterrés



# **Chapitre I**

## **Matériels d'étude**

## **Chapitre I : Matériels d'étude**

### **I-1- Présentation de la ferme pilote (I.T.D.A.S Hassi Ben Abdallah)**

#### **I-1-1- Situation géographique de la station Hassi Ben Abdallah**

La station de l'Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne (I.T.D.A.S) est située dans le secteur Sud-Est de la palmeraie de HASSI Ben abdallah à 26 km du chef lieu de la wilaya de Ouargla. Elle se trouve à une altitude de 157m, une latitude de 32°, 52' Nord et une longitude de 5°, 26'Est.

La station couvre une superficie de 21 hectares, il s'agit d'une palmeraie moderne comprenant 154 pieds de palmier dattier dont 80% de Deglet Nour et 20%de Ghars (les écartements sont de 12m x 12m). Elle comprend également un hectare de plasticulture constitué de serres de type 50m x 8m (soit une surface de 400m<sup>2</sup>). La technique d'irrigation utilisée est le goutte à goutte pour un débit des goutteurs de l'ordre de 2 l/h. c'est une eau provenant du complexe intercalaire (albien) et jaillissant à une température de 58°C. Elle est refroidie dans un bassin puis acheminée par pompage vers les parcelles de culture.

Pour la plasticulture elle est pratiquée en dehors de la palmeraie, avec une protection d'un brise-vent constitué d'acacia, de tamarix et de casuarina. Les cultures protégées pratiquées sont la tomate, le poivron, le piment, la courgette, le concombre, l'haricot, la laitue, le potiron, la courge et le melon. Pour le plein champ nous trouvons la pomme de terre, l'artichaut, le basilic, la luzerne.

C'est une station de recherche-développement à rayonnement régional qui chapeaute 03 wilayas du sud à savoir Ouargla, Illizi et Ghardaïa.

#### **I-1-2- Données climatiques de la station, 2009**

Les données climatiques de la station en relation avec la présente étude sont consignées dans le tableau 10, il y a à souligner essentiellement des températures minimales de l'air et du sol pénalisantes vis-à-vis de la culture de tomate.

Tableau 10 : Données climatiques de la campagne agricole (2008-2009)

mois	T° mini °C	T° max °C	H% mini	H% max	Evaporation (mm)	T° sol à30cm °C	T° sol à50cm en °C	T° sol à100cm en °C
Novembre	8.1	20.2	34	86.6	81.9	17	21.3	25.1
Décembre	4.2	18.7	35.6	88.7	57.7	14	16.3	20.5
Janvier	5.1	17.3	47.3	89	54.6	13.3	15	18.2
Février	6.1	19.3	26	76.2	86.2	15.6	16.9	18.3
Mars	9.4	22.9	19.7	72	96.6	18.6	19.5	19.9

(I.T.D.A.S, 2009)

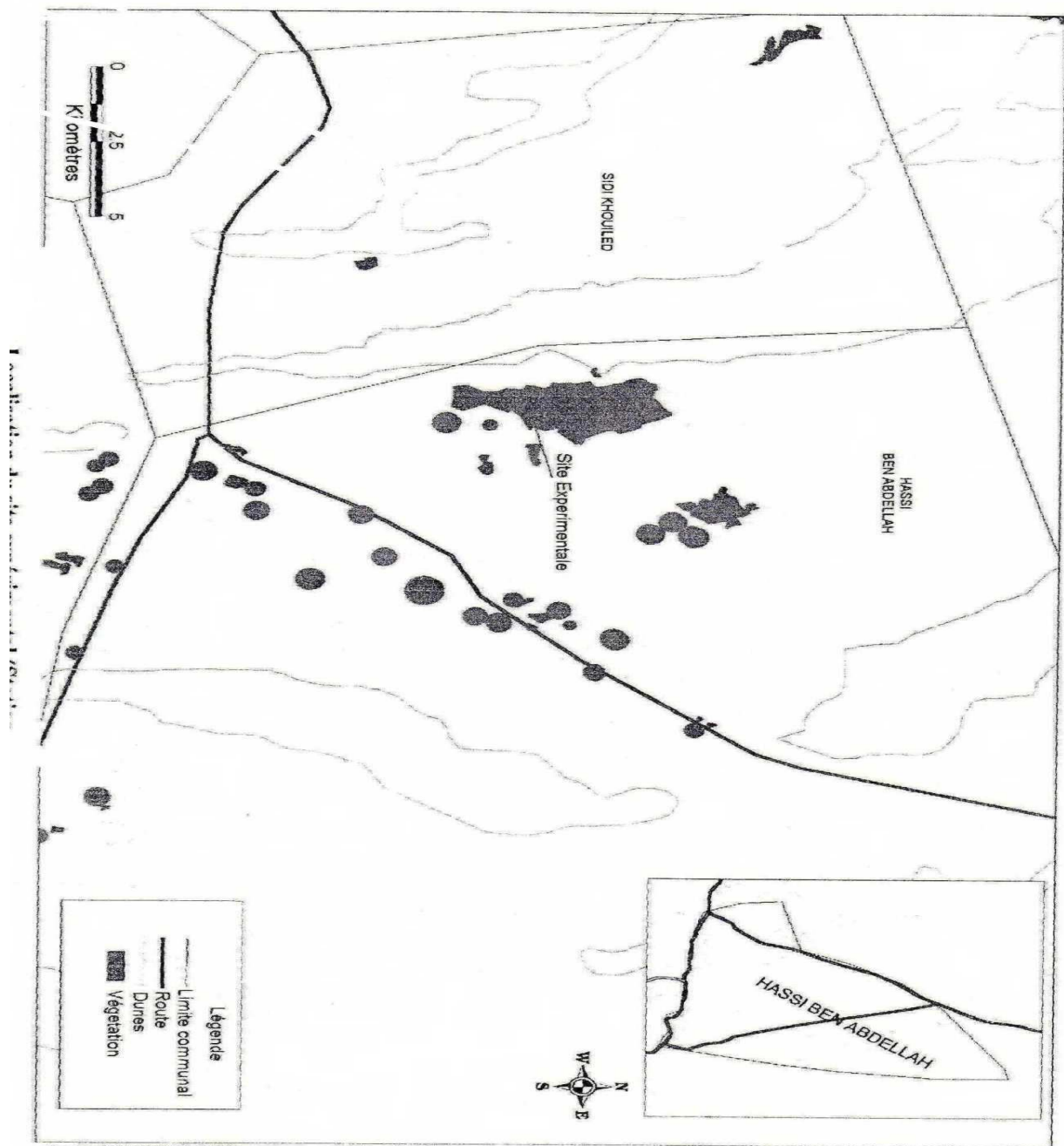


Fig.05. localisation de site expérimentale ITDAS. (CDARS/BD/2005)

### I-2-Choix de site d'étude

Nous avons choisi la station de l'I.T.D.A.S de Hassi Ben Abdallah comme lieu de notre expérimentation, car cette station présente les critères suivants :

- Sa situation géographique à proximité de Ouargla.
- La possibilité d'introduire notre essai dans l'activité de la station.
- La disponibilité de moyens matériels pour la réalisation de cette recherche à savoir : eau chaude pour l'expérimentation (chauffage), semences, produits phytosanitaires, engrais, une serre mono chapelle et un réseau d'irrigation goutte à goutte qui est bien contrôlé et bien entretenu.
- L'existence d'une station météorologique sur place.
- L'existence d'un encadrement technique compétent et expérimenté.

### I-3-Sol du site expérimental

D'après La caractérisation physico-chimique du sol du site, les résultats d'analyses indiquent un sol à texture sableuse, un pH proche de la neutralité, une salinité faible et un taux faible de matière organique (**Tableau 11**).

**Tableau 11:** Caractéristiques physico-chimique du sol

Caractéristiques		Profondeur	
		0-20 cm	20-40 cm
Granulométrie	Sable fin (%)	45.05	37.36
	Sable grossier (%)	47.25	46.30
	Argile et limon (%)	7.70	16.34
pH		7.23	7.12
C.E à 25°C (ds/m)		2.07	2.15
Matière organique (%)		0.83	0.62
Calcaire total (%)		4.16	6.46
Azote assimilable (ppm)		17.5	13.54
Potassium assimilable (ppm)		28.4	17.3

#### I-4- Eau d'irrigation

L'eau d'irrigation provient à partir d'un forage de la nappe albienne qui se trouve à une profondeur de 1300m dont les propriétés chimiques sont consignées dans le (Tableau 12).

**Tableau 12:** Caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation de la station

<b>Minéralisation (ppm)</b>	1600	
<b>C.E (ds/m)</b>	2.58	
<b>Ph</b>	7.10	
<b>Eléments en (ppm)</b>	Ca <sup>++</sup>	96
	Mg <sup>++</sup>	116
	Na <sup>+</sup>	230
	K <sup>+</sup>	27
	Cl <sup>-</sup>	288
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	719
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	183
	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.0	
<b>SAR (méq/l)</b>	26.77	

(A.N.R.H, 2008)

La classification du laboratoire fédéral de Riverside sert à évaluer la qualité de l'eau d'irrigation, les résultats d'analyse obtenus montrent que l'eau d'irrigation appartient à la classe **C3S4** ; celle-ci est très délicate d'utilisation : il faut un sol très perméable et bien drainé, ce qui est le cas pour le moment de la région de Hassi Ben Abdallah.

#### I-5- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé comprend six (6) variétés de tomate qui sont des hybrides F1 nouvellement introduites. Il s'agit de la variété 1 (D F T 1015), de la variété 2 (SUZY), de la variété 3 (SHAHIRA), de la variété 4(D F T 1008), de la variété 5 (D F T 1009) et de la variété 6 (NEDJMA).

Ces variétés sont caractérisées et classées à travers 10critères :

Tableau 13 : Caractéristiques des variétés

variétés critères	DFT 1015	SUZY	HAHIRA	DFT 1008	DFT 1009	NEDJMA
Végétation	moyenne	claire	Vigoureuse	Vigoureuse	vigoureuse	moyenne
Feuillage	Vert moyen	Plus foncé	foncé	vert foncé	foncé	vert pâle
Présentation	Bonne	Passable	belle	Bonne	passable	Bonne
La feuille	9 folioles	odorante 7 folioles	5 folioles	odorante 7 folioles	9 folioles	5 folioles
Bouque florale	5 fleurs	6 fleurs	5 fleurs	6 fleurs	6 fleurs	5 Fleurs
Fruit	Arrondi rouge orangé	rouge pâle	rouge clair	rouge vif	rouge clair	rouge foncé
Poids moyen des fruits	190 g	132 g	172g	187g	119g	180g
Calibre moyen des fruits	7.04 cm	6.09cm	6.83cm	7.24cm	6.38cm	7.5 cm
Hauteur moyenne	191 cm	217cm	239cm	255cm	233cm	230cm
Distance entre 2 bouquets successifs	9 cm	10cm	11cm	8.5cm	11 cm	9cm

(BEN SAYAH, 2009)

Le matériel utilisé pour les différentes investigations se compose d'un thermo-hygrographe pour les relevés de température et d'humidité hebdomadaires (faute de moyen, on n'a placé qu'un seul thermo-hygrographe dans la serre chauffée), d'un thermomètre mini-maxi dans la serre non chauffée, d'une balance électronique pour les mesures des poids, d'un pied à coulisse pour la mesure de calibre des fruits et d'un thermomètre sol posé à 30cm de profondeur.





# **Chapitre II**

## **Méthodes d'étude**

## Chapitre II : Méthodes d'étude

### II-1- Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est celui de bloc aléatoire complet comportant 2 traitements à savoir la serre chauffée (chauffage de serre par la mise en place de tuyaux annelés disposés au sol) et la serre non chauffée. Trois répétitions (blocs), chaque bloc est composé de six parcelles contenant les six variétés de tomate. L'essai au total présente 36 parcelles élémentaires et chacune de ces dernières contient 7 plants (**Fig. 06**).

### II-2- Mise en place et conduite de l'essai

#### II-2-1- Mise en place de la culture

La connaissance des caractères biologiques et les exigences spécifiques sont très importantes vu la grande diversité variétale. L'agriculteur doit connaître tous les paramètres déterminants du rendement afin de définir la conduite à suivre tout au long du cycle de la culture (**PREVOST, 1999**).

- **Précédent cultural** : dans les deux serres utilisées, le précédent cultural était une solanacée soit une tomate dans la serre chauffée et un poivron dans la serre témoin.
- **Travail du sol** : il a consisté en un labour avec une charrue à socs à 25 cm de profondeur, un enfouissement de la fumure de fond organique (30 tonnes fumier bovin/ha) et minérale (10qx/ha d'un engrais composé 11-15-15 et enfin un nivellement du sol par le passage d'un rotovator.
- **Semis** : le semis a été réalisé en pépinière à la date du 01/09/2008.
- **Plantation** : la plantation en serre a été réalisée en date du 07/10/2008 avec une densité de plantation de 25000 plants /ha soit un écartement de 90 cm entre rangs et 40 cm entre les plants.

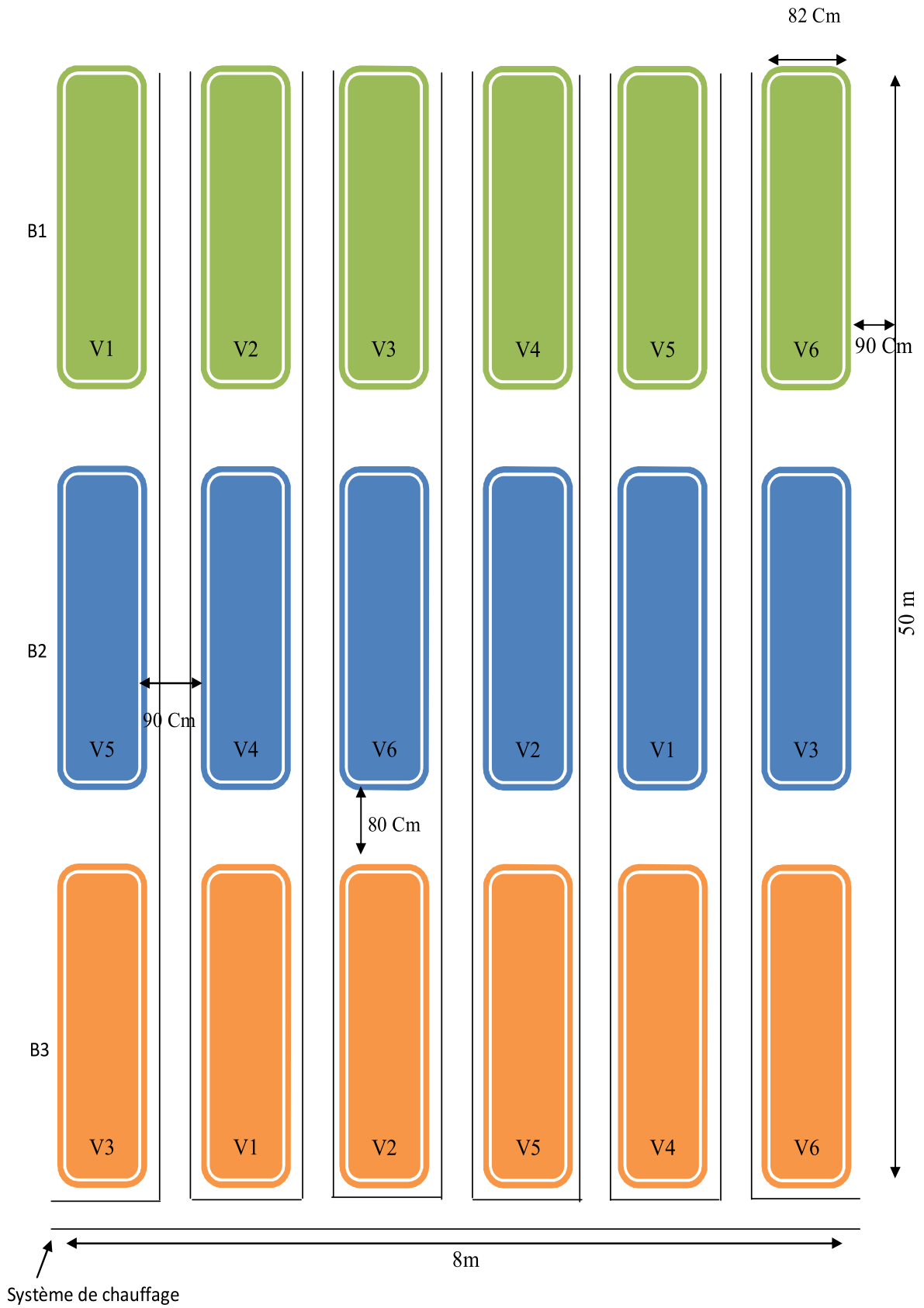


Fig.06. dispositif expérimental

### II-2-2-Conduite de la culture

La conduite de la culture est une somme d'opérations à même d'optimiser les facteurs discriminants de détermination des rendements, les principales étant :

- **Irrigation** : afin de subvenir aux besoins de la culture en eau, nous avons appliqué un système d'irrigation goutte à goutte, les goutteurs ont un débit de 2 litres/heure.
- **Fertilisation** : la fertilisation consiste à apporter des éléments minéraux, afin de satisfaire les besoins de la culture et qui doit être raisonnée (**PREVOST, 1999**). Au cours de notre essai nous avons entretenu notre culture par des apports complémentaires à base d'engrais azotée (urée) et potassique (**Tableau 14**).

**Tableau (14)** : Planning de la fertilisation minérale par serre

Apport	Date d'apport	Quantité et qualité
1 <sup>er</sup> apport	09/11/2008	5 kg d'urée
2 <sup>ème</sup> apport*	25/11/2008	3 kg urée et 3 kg solupotasse
3 <sup>ème</sup> apport*	10/12/2008	3 kg urée et 3 kg solupotasse
4 <sup>ème</sup> apport*	20/12/2008	3 kg urée et 3 kg solupotasse

\* Cette même quantité d'apport est utilisée à intervalle de 10 jours jusqu'à la récolte.

- **Palissage** : c'est la fixation des plants à l'aide d'une ficelle afin de les maintenir dressés et il permet de guider la croissance des jeunes pousses et d'améliorer la réception par les plants des radiations solaires et éviter aux plants et aux fruits d'être en contact direct avec le sol ce qui peut engendrer des pourritures et l'apparition de maladies cryptogamiques. Cette opération a eu lieu le 04/11/2008.
- **Aération** : cette opération consiste à renouveler l'air ambiant et réduire l'humidité à l'intérieur de la serre. L'ouverture des portes de la serre se fait quotidiennement ; en cas où la température est très élevée, on aère latéralement.
- **Taille** : pour limiter le développement des ramifications et avoir une production de meilleure qualité nous avons choisi la conduite à un seul bras qui est par ailleurs préconisée pour les variétés hybrides.
- **Ebourgeonnage** : c'est une opération qui consiste à supprimer les bourgeons qui se développent à l'aisselle des feuilles afin de stopper le développement des tiges secondaires, de donner une vigueur à la tige principale, de donner plus de chance aux bouquets gardés sur la tige principale d'accumuler beaucoup de réserves, d'assurer une bonne fructification et d'aérer la culture. L'ébourgeonnage a été

effectué pour la première fois le 04/11/2008, puis cette opération s'est faite régulièrement chaque semaine.

- **Désherbage-binage** : c'est une opération effectuée manuellement dès qu'il y a eu apparition des mauvaises herbes ; elle est faite en même temps que le binage afin d'éviter un éventuel développement de maladies et la concurrence en matière de nutrition minérale et hydrique : cette opération est exécutée chaque semaine.
- **Traitements phytosanitaires** : le traitement préventif contre les maladies cryptogamiques a été réalisé le 25/11/2008 à partir de Propinèbe à raison 250g /hl. Le traitement préventif contre le ver de la tomate a été réalisé le 01/11/2008 à partir du Dursban4 ; insecticide organophosphoré à dose de 125 mg/100 l d'eau.

Le traitement curatif contre la mineuse a été réalisé le 14/02/2009 en utilisant le Dursban4 (125mg/100l d'eau) et le Karate (0.5l/ha). Il a été utilisé aussi l'Euparène (250g/hl) fongicide contre les cryptogames.

- **Récolte** : les récoltes ont commencés le 12/01/2009 jusqu'au 15/03/2009 à raison d'une récolte par semaine. Le nombre total de récolte pour notre culture a été de 10.

### II-2-3 Système de chauffage

L'eau arrive au niveau de la serre à 58°C et ressort à 33°C après avoir traversé des tubes annelés en polypropylène de 25mm de diamètre avec un débit de 0.33 l/s à raison d'une boucle par rangée de plants. Le fonctionnement du système est manuel.

Après avoir servie au chauffage, l'eau est récupérée à la sortie de la serre et utilisée pour l'irrigation ; l'utilisation des tubes en polypropylène de 25 mm de diamètre présentent les avantages techniques et économiques suivants :

- augmentation considérable de la surface d'échange : épaisseur réduite favorisant les échanges entre l'eau et le milieu ambiant, provoquent une turbulence à l'intérieur du tube en augmentant ainsi le brassage de l'eau et la dispersion des calories, diminution de la formation des bulles d'air dans le circuit de chauffage et bonne répartition des débits dans les tubes de chauffage.
- la disposition des tuyaux de chauffage dans la serre assure la répartition de l'énergie en tenant compte des ouvertures et des portes d'aération.

- la disposition qui se trouve actuellement dans la serre étudiée est en boucle simple (aller/retour) ; cette façon est très économique mais présente une distribution non homogène de la chaleur et la température de l'eau chaude diminue avec la distance parcourue.

### **II-3- Observations générales en cours de culture**

L'état sanitaire de la culture est considéré bon en général ; cependant nous avons observé :

- une végétation assez dense dans la serre chauffée par rapport à la serre non chauffée.
- l'apparition d'un pied de tomate cerise à l'intérieur de la rangée de la variété 2 (Suzy) probablement due à l'impureté variétale.
- un enroulement des feuilles dans la serre froide durant la période fraîche, qui a disparu avec l'augmentation de la température nocturne.
- une attaque de botrytis et alternaria durant la période de floraison, qui a disparu avant la fin de la culture,
- une attaque tardive (quatre mois après plantation) de la mineuse qui a provoqué la pourriture des fruits ce qui a causé des pertes considérables du rendement.
- la variété 5 (DFT 1009) est la plus attaquée par les maladies signalées lors de la culture, et apparaît comme la plus sensible surtout dans la serre chauffée.
- la variété SUZY est sensible aux nématodes à galles.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right. The text is centered within this scroll.

**TROISIEME PARTIE**  
**RESULTATS**  
**&**  
**DISCUSSION**

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the top and bottom edges, framing the text.

# **Chapitre I**

## **Conditions d'expérimentation**



## Chapitre I : Conditions d'expérimentation

La culture de tomate a été menée en conditions semi-contrôlées soit sous deux abris-serres dont l'une est chauffée à l'eau chaude émanant d'un forage du continental où l'eau jaillit à une température d'environ 58 °C. Tout au long du cycle végétatif de la culture, nous avons mesuré les paramètres climatiques discriminants à savoir la température minimale de l'air, la température du sol et l'humidité de l'air.

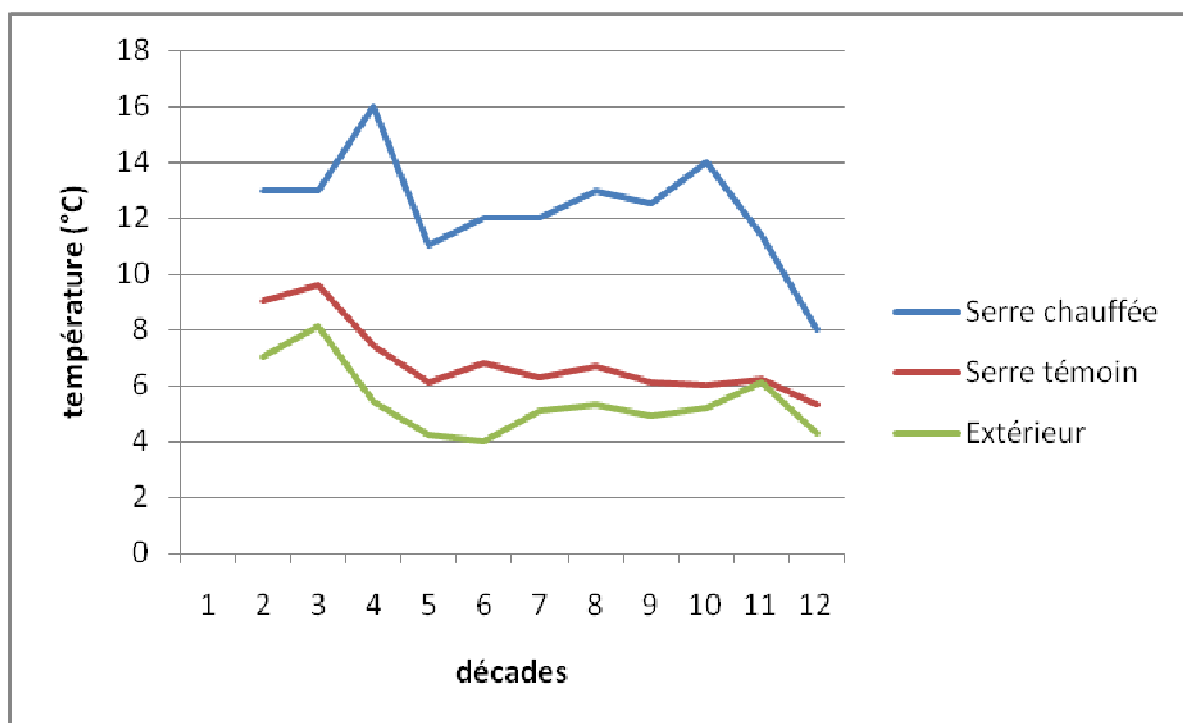
### I-1-Température de l'air

Les principaux résultats (**Tableau 15, Fig. 07**) indiquent clairement les avantages du film plastique quand à l'amélioration de l'environnement climatique de la culture, la température de l'air est meilleure par rapport à l'extérieur ; celle-ci est davantage améliorée dans le cas de la serre chauffée à l'eau géothermale. En effet, on constate une nette supériorité de la serre chauffée par rapport à la serre non chauffée faisant ressortir des différences de températures minimales de l'air allant de 4 à 8°C entre la serre chauffée et la serre non chauffée et de 5 à 9°C entre la serre chauffée et l'extérieur ce qui démontre l'effet bénéfique du chauffage sur le microclimat de la serre.

Sachant que les besoins théoriques de la tomate se situent entre 18 à 25°C pendant le jour et 15 à 16°C pendant la nuit, nous pouvons considérer que l'apport calorifique a été insuffisant pour la culture de tomate surtout le déficit en hiver pendant la nuit qui a pour effet certainement de retarder la précocité.

**Tableau (15) :** Résultats comparatifs des paramètres climatiques de l'air et du sol

Mois	Décades	T° Serre chauffée	T°Serre témoin	T° Extérieur	T° Sol			Humidité air
					S.C	S.T	Extérieur	S.Chauffée
Novembre	1 <sup>er</sup>	/	/	/	/	/	/	/
	2 <sup>ème</sup>	13	9	7	24	21	16	/
	3 <sup>ème</sup>	13	9.6	8.1	25	23	18	/
Décembre	1 <sup>er</sup>	16	7.4	5.4	23	20	14.5	86.7
	2 <sup>ème</sup>	11	6.1	4.2	21	19	13.5	96.9
	3 <sup>ème</sup>	12	6.8	4	21.6	20	14	93.8
Janvier	1 <sup>er</sup>	12	6.3	5.1	21	20	13.3	92.2
	2 <sup>ème</sup>	13	6.7	5.3	22	21	13.6	93.5
	3 <sup>ème</sup>	12.5	6.1	4.9	22	21	13	90.6
Février	1 <sup>er</sup>	14	6	5.2	22	20	15.5	85.1
	2 <sup>ème</sup>	11.4	6.2	6.1	22	20	15.5	74.8
	3 <sup>ème</sup>	8	5.3	4.3	21	20	15.8	70.5



**Fig. 07 :** Evolution décadaire de la température minimale de l'air

## I-2-Température de sol

L'utilisation de la géothermie dans le cadre du chauffage des serres, comme c'est le cas pour la température de l'air, la température de l'environnement racinaire s'est nettement améliorée et il est le résultat de la circulation de l'eau chaude dans les tuyaux annelés en contact du sol ce qui a entraîné une diffusion de la chaleur à une profondeur de 25cm.

En effet, pour la serre chauffée la température varie de 21 à 25°C alors qu'elle varié de 19 à 23°C pour la serre froide soit un gain de 2 à 4°C. Par rapport à l'extérieur, le gain varie de 7 à 9°C (**Tableau 15, Fig. 08**).

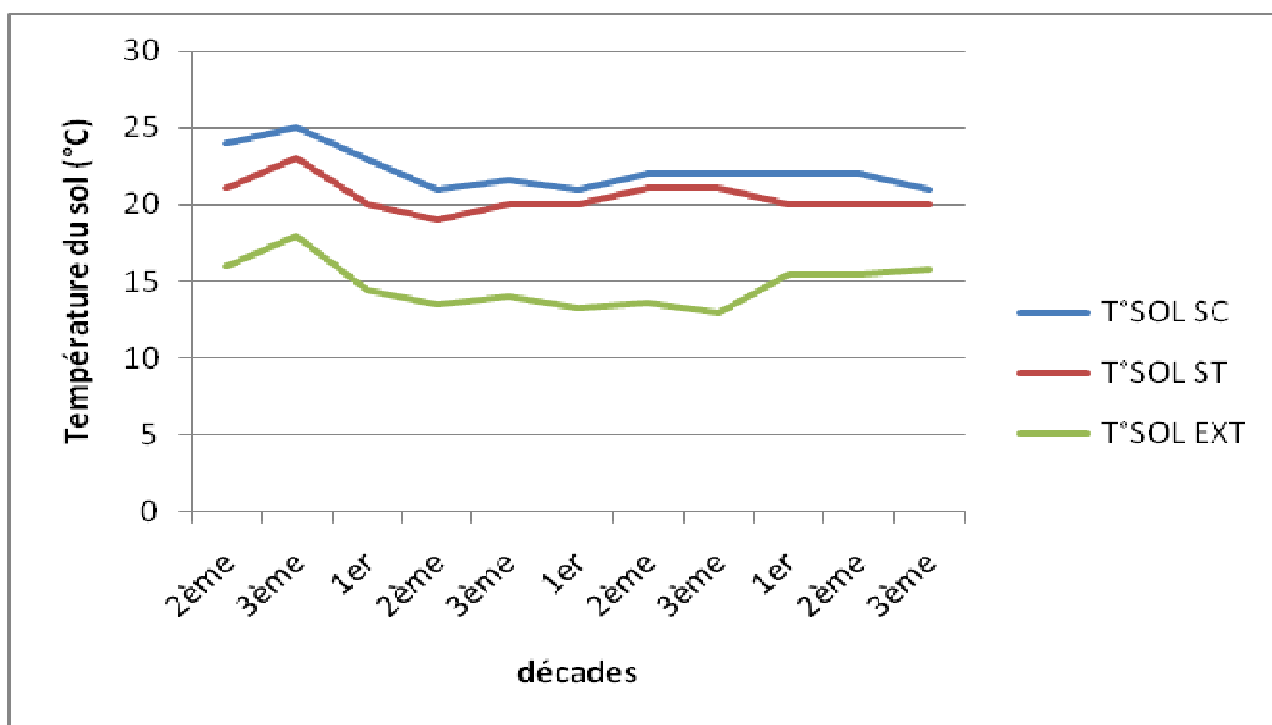


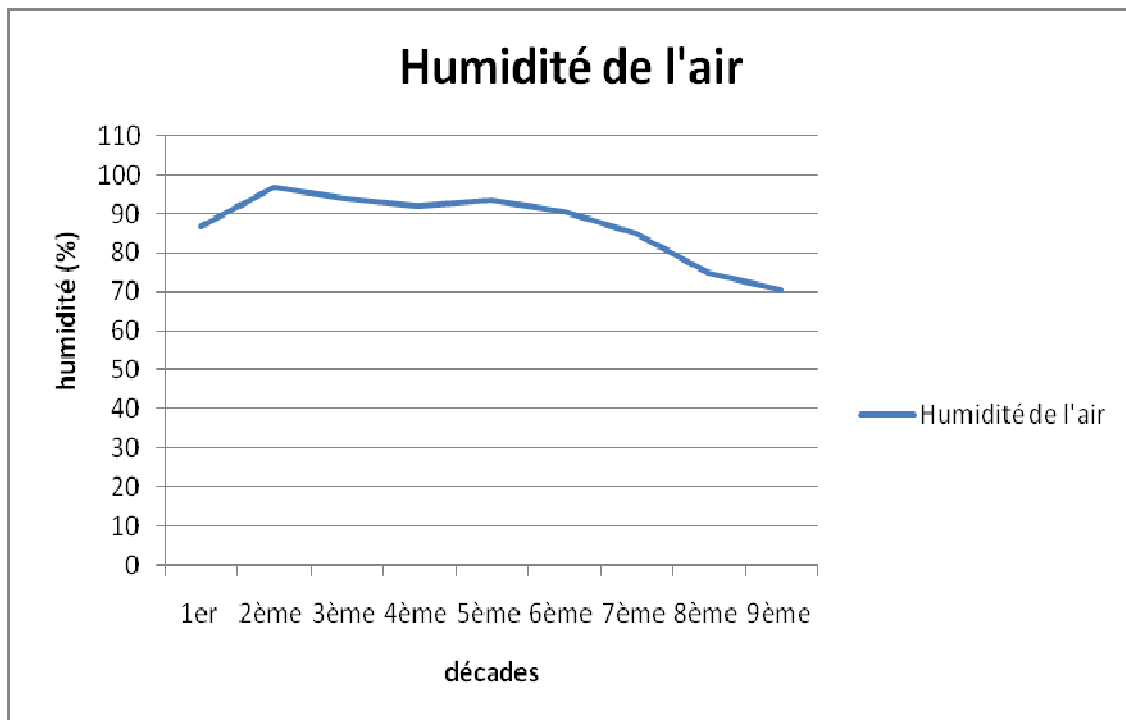
Fig. 08 : Evolution décadaire de la température du sol

### I-3-Humidité de l'air

Selon (JACOB, 1977), un excès d'humidité provoque le gonflement des étamines et une humidité très faible provoque un dessèchement des stigmates. Dans les deux cas, il n'y a pas de pollinisation. L'excès d'humidité provoque également l'apparition des maladies cryptogamiques.

Dans la serre chauffée, l'enregistrement de l'humidité a commencé 20 jours après le démarrage du chauffage de la serre jusqu'à la fin de cycle cultural. L'hygrométrie enregistrée pendant la période de chauffage dans la serre chauffée était relativement élevée (Fig.09), nous atteignons presque des situations de saturation de l'air (96%) ; cela est le résultat naturel de l'utilisation de la vapeur d'eau conjugué à une mauvaise aération de la serre. Ainsi, il est créé des conditions favorables au développement des maladies cryptogamiques (mildiou, alternari, ...etc.)

Dans la serre non chauffée l'humidité n'a pas pu être prise à cause de non disponibilité d'accessoires de mesure.



**Fig. 09 :** Evolution décadaire de l'humidité de l'air.

#### I-4 Conclusion

L'utilisation de la géothermie dans le chauffage des serres s'est manifestée par une amélioration notable des paramètres climatiques discriminants vis-à-vis des exigences écologiques de la plante-test à savoir la tomate ; les températures de l'air et du sol se sont notablement améliorées et certainement l'humidité de l'air.

Malgré que le système de chauffage ait introduit un régime de température air-sol acceptable, il reste que les températures minimales de l'air ne doivent pas être inférieures à 13°C au moment de floraison et que l'humidité ne doit pas dépasser le 60% (CHAUX, 1971).

A cet effet, un meilleur dimensionnement (varié et multiple dans ce cas) du système de chauffage doit être entrepris avec une prise en charge de l'aération de la serre à même d'atténuer l'excès d'humidité.



# **Chapitre II**

## **Observations agronomiques sur la culture de tomate**

**Chapitre II : Observations agronomiques sur la culture de tomate**

La capacité de croissance d'une plante est déterminée par l'hérédité mais la concrétisation des potentialités génétiques est sous l'étroite dépendance de l'action du milieu ; ainsi, le rendement d'une culture déterminée dépend beaucoup des propriétés de son environnement. (ANONYME, 1972)

Durant une période de quatre (4) mois, nous avons suivi l'évolution des paramètres morpho physiologiques d'une culture de tomate représentée par six variétés nouvellement introduites au niveau de la station de développement de l'agriculture saharienne en vue d'une vulgarisation au niveau de la profession (à l'exception de la variété NEDJMA).

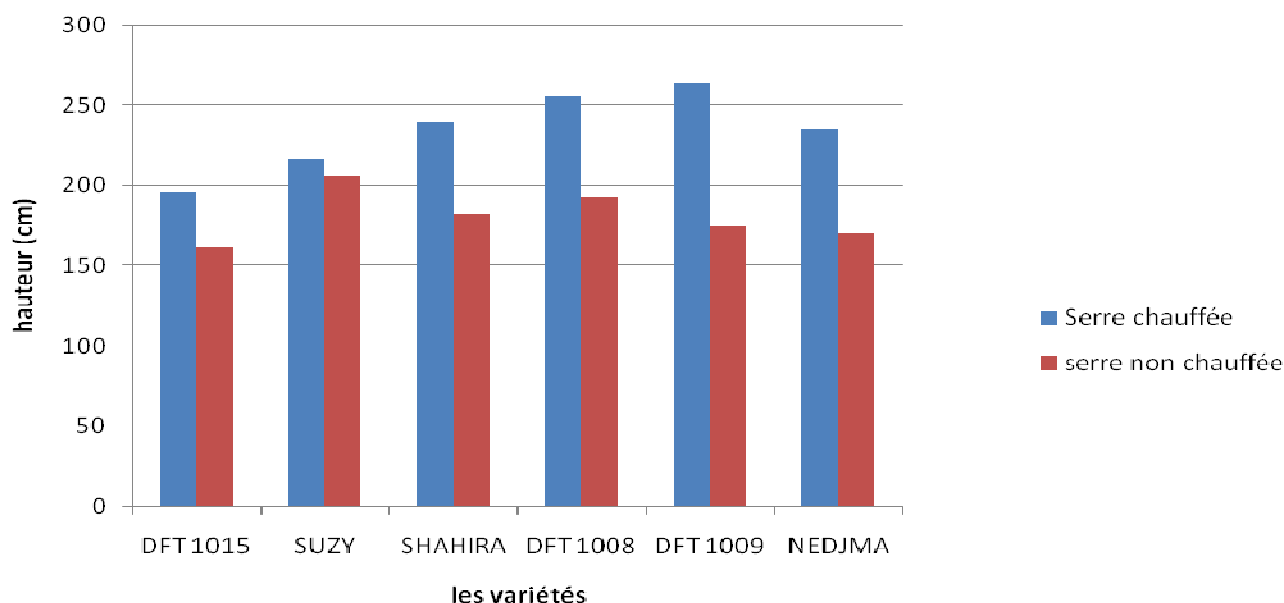
Ce comportement variétal est soumis à deux facteurs soit une étude comparative de comportement de la tomate en serre classique face à celle chauffée à l'eau géothermale d'une part (effet serre) et d'autre part le comportement individuel de chaque variété dans les deux conditions (effet variété).

Nous tenons à préciser que l'essai n'a pu y aller à terme du fait d'une attaque très grave et généralisée de la mineuse associée à une pourriture des fruits ainsi que des flétrissements et des dessèchements des folioles et des feuilles.

De ce fait, les résultats obtenus et consignés dans ce mémoire sont certainement en deçà du potentiel productif des variétés testées.

**II-1-Hauteur des plantes**

La croissance et le développement des plantes étant influencés par les conditions édapho-climatiques du milieu, nous avons apprécié cela par le paramètre hauteur des plantes. Les résultats obtenus deux mois après le démarrage de la culture (tableau 16, figure10 et annexe) indiquent clairement une nette supériorité des plantes soumises au chauffage. Le chauffage a augmenté la vitesse de croissance des plantes d'une façon spectaculaire ainsi, on constate des différences de croissance jusqu'à 88 cm entre les deux serres pour une variété donnée ; les variétés considérées ont eu des comportements différents, une faible influence du chauffage sur la variété SUZY à l'opposé des variétés DFT 1009 et NEDJMA.



**Fig. 10** : Effet de chauffage sur la hauteur des plantes (cm)

**Tableau (16)** : Effet de chauffage sur la hauteur des plantes (cm)

Serre x variété	DFT 1015	SUZY	SHAHIRA	DFT 1008	DFT 009	NEDJMA	Moyenne	signification
Serre chauffée	196.00	217.00	239.00	255.00	263.00	235.00	234.17 <b>A</b>	Effet serre : HS
Serre non chauffée	161.00	206.00	182.00	193.00	174.60	170.00	181.10 <b>B</b>	Effet variété : HS
Moyenne	178.50 <b>e</b>	211.50 <b>c</b>	210.50 <b>C</b>	224.00 <b>a</b>	218.80 <b>b</b>	202.50 <b>d</b>	207.63	Effet SXV : HS

L'analyse de variance (voir annexe) montre des différences hautement significatives des facteurs analysés (effet serre, effet variété et interaction) mettant en évidence l'effet positif du chauffage sur la croissance des plantes, le coefficient de variation est de 1.6%.

Cette analyse statistique montre qu'il y a des différences hautement significative, et il se dégage deux groupes homogènes de l'effet serre soit le groupe **(A)** représenté par la serre chauffée avec 234.17 cm de hauteur en moyenne et le groupe **(B)** représenté par la serre non chauffée avec 181.10 cm de hauteur en moyenne

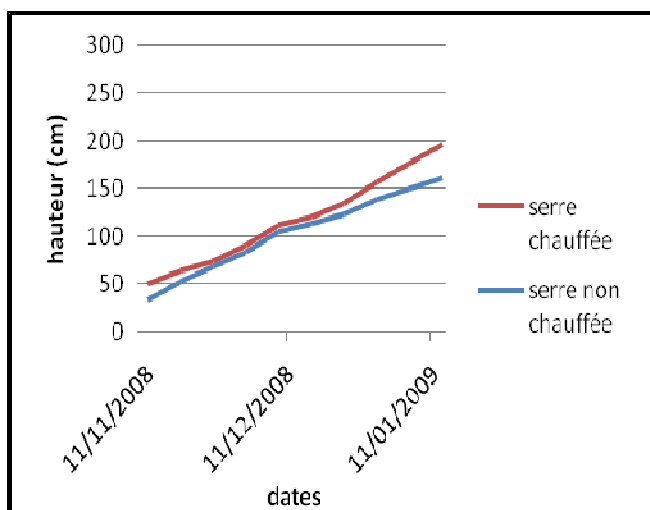


Fig. 11 a : variété DFT 1015

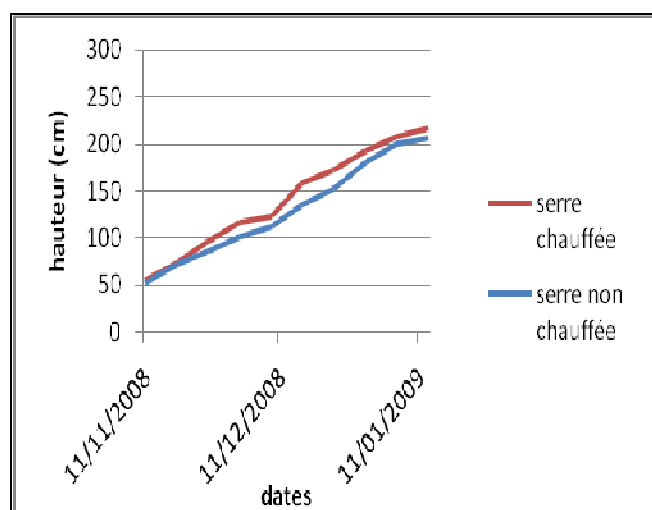


Fig. 11 b : variété SUZY

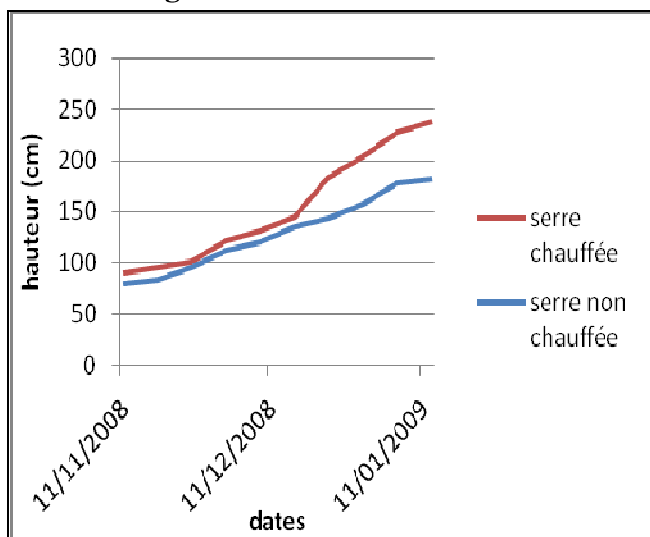


Fig. 11 c : variété SHAHIRA

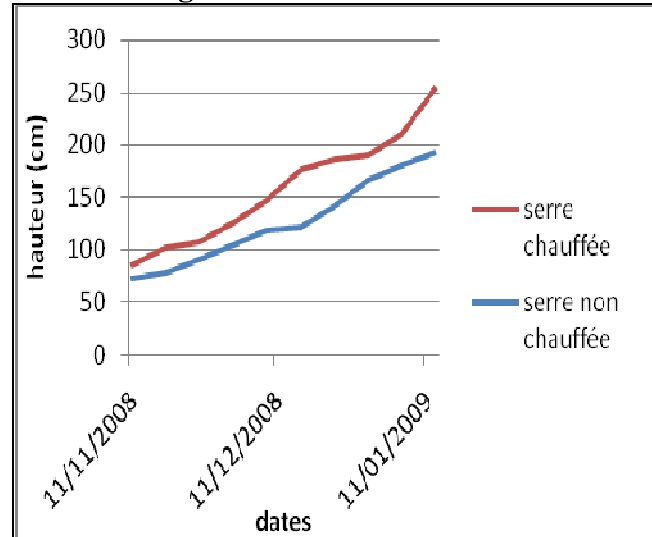


Fig. 11 d : variété DFT 1008

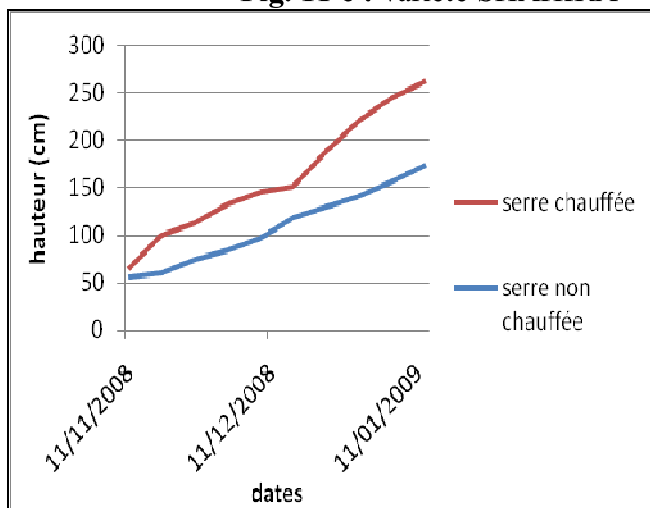


Fig. 11 e : variété DFT 1009

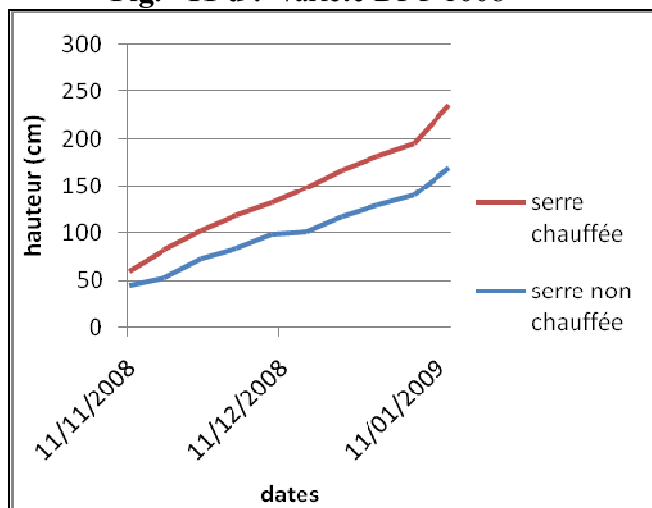


Fig. 11 f : variété NEDJMA

Fig. 11 : Evolution de la hauteur des plantes de chaque variété



En ce qui concerne les variétés, son effet est hautement significatif. La hauteur de tige passe de 178.50 cm pour la variété DFT 1015 à 224 cm pour la variété DFT 1008, l'augmentation est de l'ordre de 25.49%. Le coefficient de variation est de 1.9%

L'analyse de variance révèle (05) groupes homogènes :

- Le groupe (a) représente la variété DFT 1008 avec 224 cm.
- Le groupe (b) représente la variété DFT 1009 avec 218.80 cm.
- Le groupe(c) représente les variétés SHAHIRA et SUZY avec 210.50 et 211.50 cm.
- Le groupe (d) représente la variété NEDJMA avec 202.50 cm.
- Le groupe(e) représente la variété DFT 1015 avec 178.50 cm.

Concernant l'effet de l'interaction (serre x variété), les différences observées sont hautement significatives et l'analyse révèle (10) groupes homogènes. Le premier groupe (a)est formé par la variété DFT 1009 x chauffage, le groupe(b) est formé par la variété DFT 1008 x chauffage, le groupe (c) présenter par les variétés SHAHIRA et NEDJMA x chauffage, le groupe (d) formé par SUZY x chauffage, le groupe (e) formé par la variété SUZY x sans chauffage, le groupe (f) présenter par les variétés DFT 1015 x chauffage et DFT 1008 x sans chauffage, le groupe (g) formé par SHAHIRA x sans chauffage et le groupe (g, h) présenter par DFT 1009 x sans chauffage, le groupe (h) présenter par NEDJMA x sans chauffage. Le dernier groupe (i) est formé par DFT 1015 x sans chauffage.

## **II-2-La Floraison**

Le gain de précocité en floraison pour les 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> bouquets floraux sous serre chauffée par rapport à la serre non chauffée est présenté dans le tableau(17).

**Tableau (17) :** Gain de précocité en matière de floraison des différentes variétés

	1 <sup>er</sup> bouquet		2 <sup>ème</sup> bouquet		3 <sup>ème</sup> bouquet		4 <sup>ème</sup> bouquet	
	Début	Fin	début	fin	Début	Fin	début	Fin
DFT 1015	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 15 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J
SUZY	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 15 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 22 J
SHAHIRA	0 J	0 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 22 J	+ 8 J	+ 8 J
DFT 1008	0 J	0 J	+ 8 J	+ 15 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+15 J
DFT 1009	+ 8 J	+ 15 J	+ 15 J	+ 15 J	+ 22 J	+ 22 J	+ 22J	+ 35 J
NEDJMA	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 15 J	+ 15 J	+ 28 J	+ 15 J	+ 28 J

Il est considéré stade début de floraison lorsque 20% des fleurs sont épanouies et fin de floraison lorsque 75% de celles-ci sont épanouies.

Nous remarquons d'une façon générale, un gain de précocité en matière de floraison pour l'ensemble des variétés testées ; ce gain est différent d'une variété à une autre variant de 8 Jours à 35 Jours entre la serre chauffée et la serre témoin. A titre d'exemple pour la variété SUZY et en date du 25/11/2008, nous avons enregistré dans la serre chauffée un taux de floraison de 100% alors que dans la serre non chauffée le taux était de 40% (voir annexe).

L'écart de précocité est plus apparent pour les 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> bouquets floraux par rapport au 1<sup>er</sup> où l'écart est moindre car à ce stade l'effet chauffage n'a pas agit du fait de son démarrage tardif.

### II-3-La nouaison

Le gain de précocité en matière de nouaison des 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> bouquets floraux sous serre chauffée par rapport à la serre non chauffée est présenté dans le tableau(18).

**Tableau (18) :** Gain de précocité de nouaison des différentes variétés

	1 <sup>er</sup> bouquet		2 <sup>ème</sup> bouquet		3 <sup>ème</sup> bouquet	
	Début	fin	début	fin	début	Fin
DFT 1015	+ 15 J	+ 22 J	+ 8 J	+ 15 J	+ 8 J	+ 9 J
SUZY	+ 15 J	+ 22 J	+ 15 J	+ 22 J	+ 15 J	+ 16 J
SHAHIRA	+ 8 J	+ 22 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 8 J	+ 22 J
DFT 1008	+8 J	+ 15 J	+ 8 J	+ 14 J	+ 15 J	+ 22 J
DFT 1009	+ 22 J	+ 28 J	+ 22 J	+ 30 J	+ 15 J	+ 34 J
NEDJMA	+ 8 J	+ 15 J	+ 14 J	+ 30 J	+ 15 J	+ 28 J

L'écart de début nouaison dans la serre chauffée est de 8 à 22 jours par rapport au témoin et pour la fin nouaison il est de 15 à 30 jours, cela est dû aux conditions optimales de température pour la pollinisation et la germination du pollen. De ce fait, le chauffage a permis une amélioration significative de la nouaison dans le temps. Pour la variété SUZY au stade 2<sup>ème</sup> bouquet floral au 02/12/2008, le taux de nouaison était de l'ordre de 50% dans la serre chauffée et de 1% dans la serre témoin.

#### II-4-Etats sanitaire :

##### II.4.1. principales maladies de la culture :

**L'alternariose** : cause par *Alternaria sp.*

**Symptômes** : taches constituées d'anneaux concentriques, petites taches brunes irrégulières chlorotiques à leur périphérie, sur foliole consulter la photo (23. annexe).

##### Principales caractéristiques :

- conservation : dans le sol sur les débris végétaux.
- Dissémination : par le vent et la pluie
- conditions favorable à son développement : des hygrométries élevées et des températures compris entre 18°C et 25°C. les rosées ou de faibles précipitations (5mm) suffisant à son extension mais il faut qu'elles soient répétées pour que la maladie évolue rapidement. Les plantes mal fumées ou très chargées en fruits seraient plus sensibles.

**Moisissure grise** : causé par *Botrytis cinerea Pers*

**Symptômes** : pédoncules et fleurs bruns, recouverts d'une moisissure grise caractéristique, taches beige en arabesque concentrique.

##### Principales caractéristiques :

Champignon très ubiquiste et polyphagie, il capable d'attaquer et de coloniser de nombreuses plantes notamment à partir de blessures, de tissus sénescents qui constituent des « bases » nutritives idéales à son développement

- Conservation : sur les débris végétaux et dans le sol, sous plusieurs formes : conidies, mycélium, sclérotés.
- Dissémination : par la pluie, le vent et les courants d'air dans les abris.
- conditions favorable à son développement : humidité relative 95%, température 17 à 23°C.

**Mildiou** : causé par *phytophthora infestans*

**Symptômes** : plage huileuse livide sur les folioles.

**Principales caractéristiques** :

- Conservation : dans le sol à partir de tubercules de pomme de terre malades. Lorsqu'ils germent ils donnent naissance à des pousses contaminées.
- Dissémination : par le vent et la pluie parfois sur de longues distances.
- Pénétration : par les stomates.
- Conditions favorables à son développement (qui est souvent très rapide) : humidité relative élevée supérieure à 90% ; température comprises entre 10°C et 25°C. Des nuits froides et des journées modérément chaudes avec une forte humidité favorisent l'extension de ce parasite, par contre une atmosphère sèche et des températures proches de 30°C le détruisent.

**La mineuse** : causé par *Tuta absoluta*

**Symptômes** : des affections sur le feuillage sous forme de mines blanchâtres renfermant chacune une larve de couleur claire avec des reflets verdâtres, des nécroses sur les fruits. Consulter les photos (20, 21, 22. annexe).

- Aspect du ravageur : l'adulte « mouche » très mobile, 2mm de long, coloré en jeune et noir.

Larve jeune de 1mm de long se déplaçant dans l'épaisseur de la feuille.

Pupe en forme de tonnelet.

- Dégâts : minuscules ponctuations jaunâtres (piques nutritionnelles et nombreuses galeries sinueuses sur folioles, celles-ci se dessèchent ultérieurement.

**Nématode à galles** : causé par *Méloïdogyne sp.*, responsable de Galles racinaires

**Symptômes** : petits galles rondes sur racines.

**Principales caractéristiques** :

- Conservation: dans le sol sous la forme de masses d'œufs protégées par une gangue mucilagineuse. Ces nématodes sont très polyphage.
- Dissémination: possible par l'intermédiaire de plants contaminés, des outils et de l'eau d'irrigation.
- Conditions favorables à leur développement: ils aiment les températures relativement élevées (18° à 27°C) que l'on rencontre dans les sols légers et sableux.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and a slight shadow effect.

# **Chapitre III**

## **Résultats agronomiques**

### Chapitre III : Résultats agronomiques

La production d'une plante est influencée par un certain nombre de facteurs et conditions liés au milieu et à la plante elle-même que l'agriculteur peut améliorer. Les facteurs de rendement représentent tous les éléments qui entrent dans la constitution de la plante : eau, carbone, éléments minéraux et énergie ; plus leur quantité est élevée et plus le rendement augmente (si l'équilibre entre les facteurs est maintenu) (PREVOST, 1999)

#### III-1- Précocité

La précocité de récolte est un indice assez recherché par l'agriculteur puisqu'il lui permet des gains financiers substantiels, les résultats attestent de l'intérêt du chauffage. Se référant à la première récolte, l'écart entre la serre chauffée et la serre témoin est significative, le gain de précocité de 20 jours l'atteste (tableau 19).

**Tableau (19) :** Effet du chauffage sur la date de la première récolte

Conduite des abris	Date de plantation	Date de la première récolte
Serre chauffée	07- 10- 2008	12- 01- 2009 Après 97 jours
Serre non chauffée	07- 10- 2008	01-02- 2009 Après 117 jours
		Ecart de 20 jours.

Pour plus de confirmation, on a calculé l'indice de précocité (I.P) qui représente le rapport de production de 1<sup>er</sup> mois à la production totale (tableau 20). Dans ce cas, l'ensemble des variétés dans la serre chauffée donne des indices de précocité supérieurs à ceux de la serre non chauffée ; en d'autres termes, les variétés sous serre chauffée sont plus précoces que sous serre témoin. La précocité diffère également entre les variétés dans la même serre.

**Tableau (20) :** Indice de précocité

I.P	V1	V2	V3	V4	V5	V6
I.P serre chauffée	0.41	0.76	0.58	0.66	0.68	0.75
I.P serre témoin	0.29	0.37	0.47	0.46	0.26	0.35

L'analyse de variance montre que l'effet de chauffage sur la précocité est hautement significatif (tableau 21, annexe). L'indice de précocité passe de 0.64 sous serre chauffée à 0.37 sous serre témoin soit une augmentation de 72.97% ; le coefficient de variation est de 8.2%.

**Tableau (21) : Effet de chauffage sur la précocité (I P)**

Serre x variété	DFT 1015	SUZY	SHAHIRA	DFT 1008	DFT 009	NEDJMA	Moyenne	signification
Serre chauffée	0.41 d e	0.76 a	0.58 C	0.66 b	0.67 B	0.65 A	0.64 <b>A</b>	Effet serre : HS
Serre non chauffée	0.30 f g	0.37 d e f	0.46 D	0.46 d	0.26 G	0.35 e f	0.37 <b>B</b>	Effet variété : HS
Moyenne	0.35 <b>d</b>	0.57 <b>a</b>	0.52 <b>b</b>	0.56 <b>a</b>	0.47 <b>c</b>	0.55 <b>a</b>		Effet SXV : HS

L'analyse de variance révèle deux groupes homogènes soit le groupe (**A**) serre chauffée et (**B**) serre non chauffée.

L'effet variétale a aussi une différence hautement significative, l'indice de précocité passe de 0.57 réalisé par la variété SUZY à 0.35 de la variété DFT 1015 ; le coefficient de variation est de 4.5%.

Les groupes homogènes révélés par l'analyse de variance est de l'ordre de quatre (04) à savoir :

- Le groupe (**a**) représenté par les variétés : SUZY, DFT 1008 et NEDJMA.
- Le groupe (**b**) représenté par la variété : SHAHIRA.
- Le groupe (**c**) représenté par la variété : DFT 1009
- Le groupe (**d**) représenté par la variété : DFT 1015

Pour l'interaction, l'analyse statistique montre qu'il y a une différence hautement significative et fait ressortir neuf (09) groupes homogènes qui sont les suivants :

- Le groupe (a) représenté par les variétés SUZY et NEDJMA sous serre chauffée.
- Le groupe (b) représenté par les variétés DFT 1009 et DFT 1008 sous serre chauffée.
- Le groupe(c) représenté par la variété SHAHIRA sous serre chauffée.
- Le groupe (d) représenté par les variétés SUZY et DFT 1008 sous serre non chauffée.



- Le groupe (d e) représenté par la variété DFT 1015 sous serre chauffée.
- Le groupe (d e f) représenté par la variété SUZY sous serre non chauffée.
- Le groupe (e f) représenté par la variété NEDJMA sous serre non chauffée.
- Le groupe (f g) représenté par la variété DFT 1015 sous serre non chauffée.
- Le groupe (g) représenté par la variété DFT 1009 sous serre non chauffée.

L'analyse de la variance donne un résultat hautement significatif montrant ainsi l'effet positif du chauffage sur la précocité, cette dernière était de 20 jours. Ce gain de précocité est dû à l'apport calorifique émis par l'eau chaude circulant dans l'échangeur.

### III-2- Rendement

A partir des résultats obtenus (tableau 22, figure 12), nous remarquons une différence assez significative généralisée à toutes les variétés entre la serre chauffée par rapport au témoin. Les rendements devenaient plus importants d'une récolte à une autre et ce jusqu'à la septième ; à partir de la 8<sup>ème</sup> récolte, il y a eu une chute très importante suite aux attaques des serres par la mineuse surtout dans la serre chauffée. Cet état sanitaire a provoqué des pertes considérables de production mettant fin précocement à la période de récolte. Toujours utile et en matière de rendement cumulé, le rendement enregistré dans la serre chauffée est beaucoup plus important que dans la serre non chauffée.

**Tableau (22) :** Rendement des différentes variétés (qx /ha)

<b>Rendement (qx/ha)</b>	DFT101 5	SUZY 5	SHAHIR A	DFT100 8	DFT100 9	NEDJM A
S. Chauffée	962.15	805.6	1023.56	994.25	532.75	1099.5
S.non.Chauffée	928.25	642.5	687.79	649.55	195.24	542.43
Taux d'augmentation(%)	3.65	25.4	48.81	53.06	173	102.7

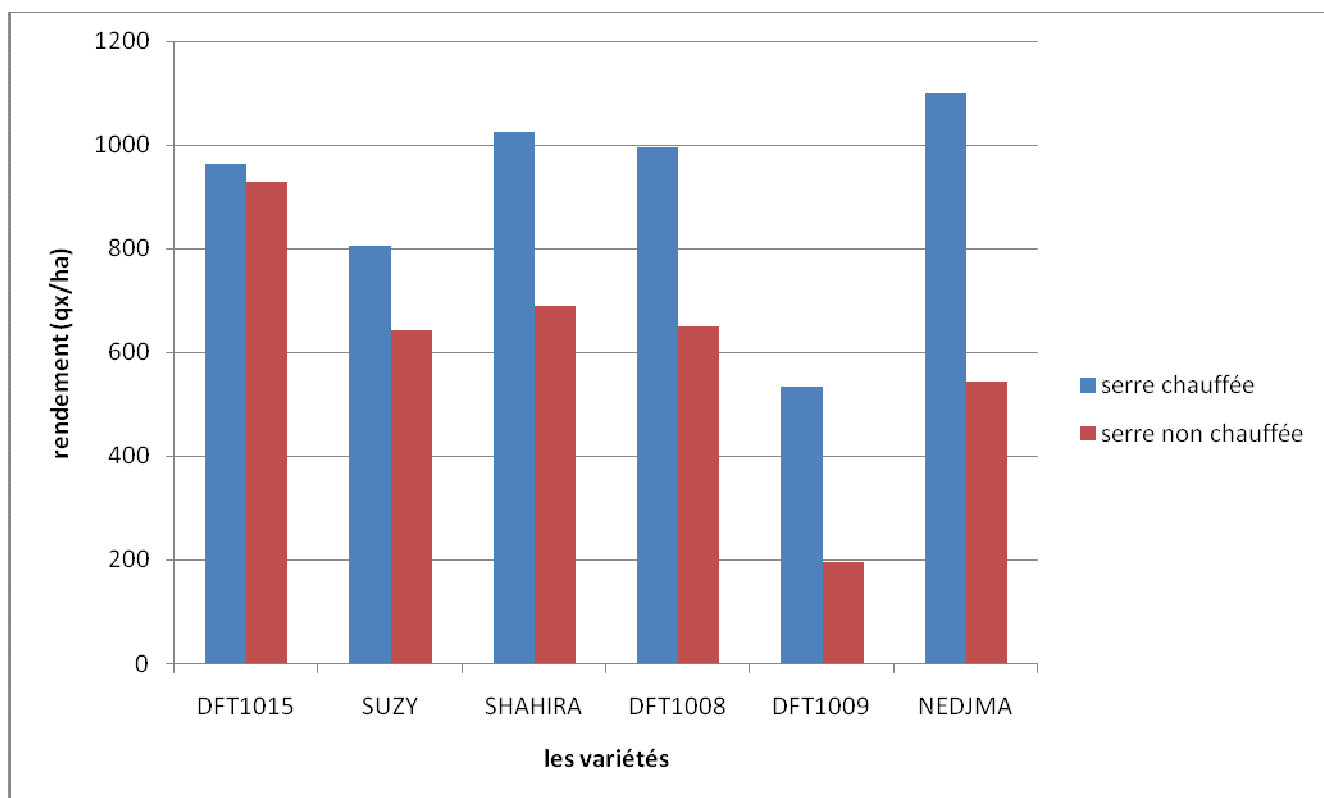


Fig. 12 : Influence de chauffage sur le rendement cumulé de la tomate à l’hectare

L’analyse de la variance révèle une différence hautement significative pour les deux facteurs serre et variété et par conséquent l’interaction (tableau 23, annexe).

Tableau (23) : Effet de chauffage sur le rendement (Q x/ha)

Serre x variété	DFT 1015	SUZY	SHAHIRA	DFT 1008	DFT 009	NEDJMA	Moyenne	Signification
Serre chauffée	320.17 D	268.55 f	341.18 b	331.42 c	177.58 i	366.50 A	300.99 <b>A</b>	Effet serre : HS
Serre non chauffée	309.42 E	241.17 h	229.26 g	216.52 h	65.08 j	180.81 i	202.54 <b>B</b>	Effet variété : HS
Moyenne	315.07 <b>a</b>	241.36 <b>d</b>	285.22 <b>b</b>	273.97 <b>c</b>	121.33 <b>e</b>	273.65 <b>C</b>	251.77	Effet SXV : HS

Le rendement varie de façon hautement significative avec le chauffage, il passe de 202.54 qx/ha de la serre non chauffée à la serre chauffée avec 300.99 qx/ha soit une augmentation de 48.60%.

L'analyse de variance fait sortir deux groupes homogènes, le groupe (A) représenté par la serre chauffée et le groupe (B) présenté par la serre non chauffée. Le coefficient de variation est de 0.7%.

Pour les variétés, l'effet est hautement significatif sur le rendement, cette signification est nettement claire surtout entre la variété DFT 1009 (121.33qx/ha) et la variété DFT 1015 (315.07qx/ha) soit une augmentation de l'ordre de 159.68%. Le coefficient de variation est 0.9%.

La différence entre les variétés forme cinq (05) groupes homogènes qui sont (a, b, c, d, e) présentés respectivement par (DFT 1015, SHAHIRA, DFT 1008 et NEDJMA, SUZY, DFT 1009).

En ce qui concerne l'interaction (serre x variété), les analyses statistiques montrent que la différence de rendement est hautement significative. Ce paramètre passe de 366.50qx/ha obtenu avec la variété NEDJMA sous serre chauffée à 65.08qx/ha obtenu par la variété DFT 1009 sous serre non chauffée.

Ceci montre que l'apport de chauffage a eu un effet bénéfique sur le rendement final. Cela est le fait d'une bonne croissance des plantes qui a favorisé l'apparition d'un grand nombre de fleurs femelles et par conséquent un nombre important de fruits.

**III-3- Poids moyen des fruits**

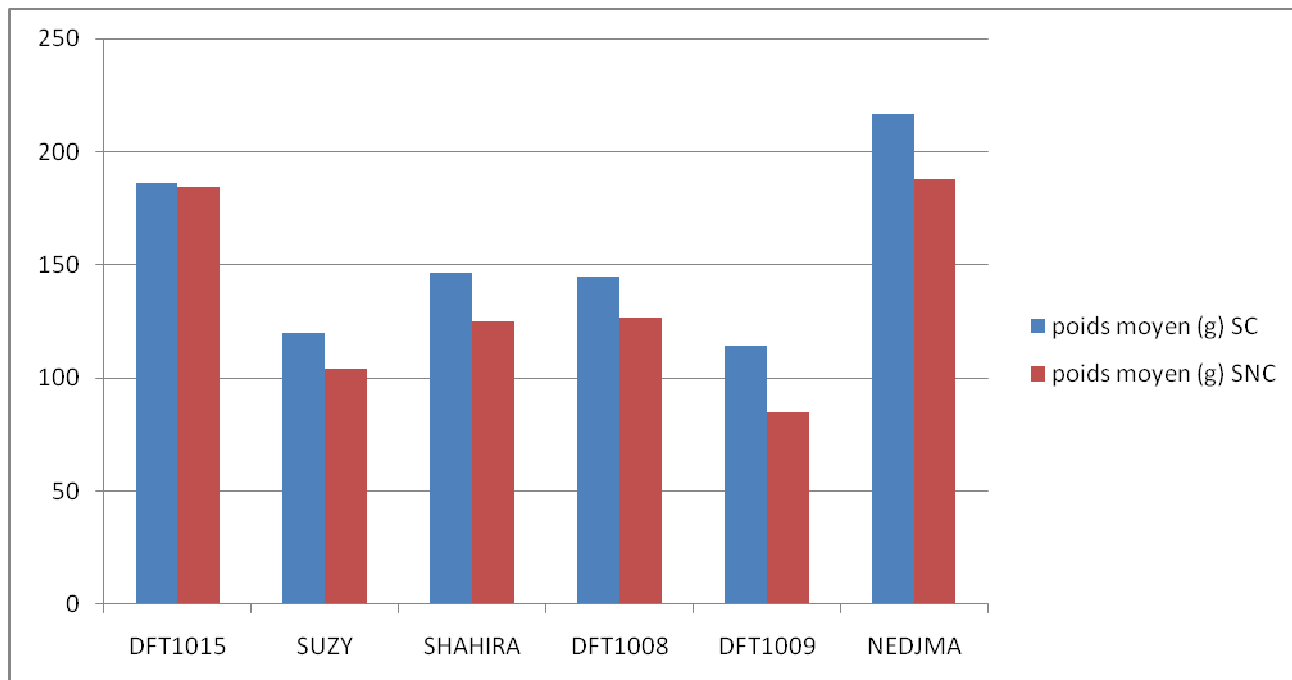
Un élément important de mesure de la qualité de fruits de tomate est son poids qui traduit à la composition nutritive et calorique des fruits. Les résultats de poids moyen des fruits sont présentés dans le tableau 24 et illustrés dans la figure 13.

**Tableau (24) : Poids moyen des fruits (gramme).**

V P	DFT 1015		SUZY		SHAHIRA		DFT 1008		DFT 1009		NEDJMA	
	SC	SNC	SC	SNC	SC	SNC	SC	SNC	SC	SNC	SC	SNC
Poids (g)	186	184.34	119.9	104.11	146.32	125.25	144.73	126.87	114.18	84.9	216.5	187.6

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que le poids moyen des fruits de la serre chauffée est nettement supérieur par rapport à la serre non chauffée. Le poids moyen

diffère d'une variété à une autre, ainsi le taux d'augmentation passe de 0.9% à 34% selon les variétés. Selon les résultats obtenus on peut conclure qu'en moyenne, la variété NEDJMA sous serre chauffée donne le meilleur poids du fruit de tomate.



**Fig. 13 :** Influence de chauffage sur le poids moyen des fruits (g)

#### III-4- Calibre moyen des fruits

Les résultats du diamètre moyen des fruits sont présentés dans le tableau 25 et illustrés dans la figure 14.

Pour le calibre des fruits, nous avons procédé par des mesures de diamètre des fruits classés en quatre catégories après chaque récolte.

- Catégorie 01 : calibre du fruit entre 4 et 5.5 cm
- Catégorie 02 : calibre des fruits entre 5.5 et 7 cm
- Catégorie 03 : calibre des fruits entre 7 et 8.5 cm
- Catégorie 04 : calibre des fruits supérieurs à 8.5 cm

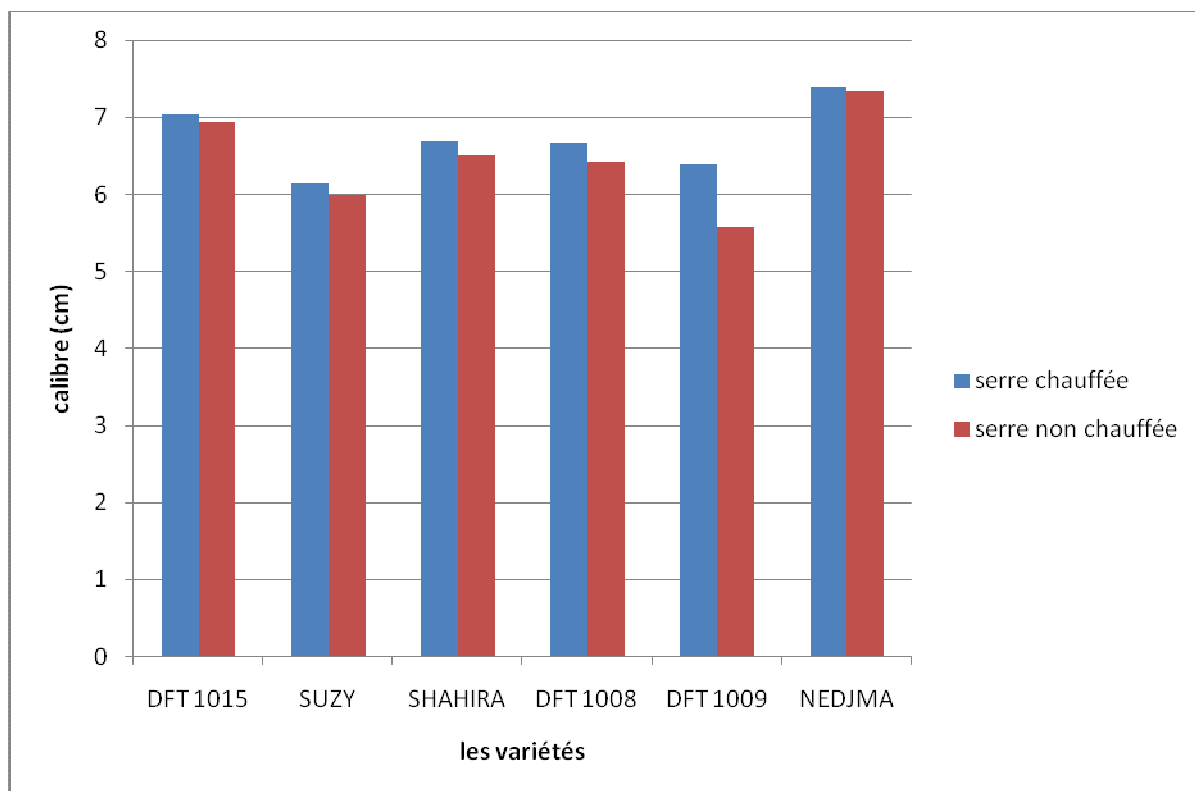


Fig.14 : Effet de chauffage sur le calibre moyen des fruits (cm)

Tableau (25) : Effet de chauffage sur le calibre moyen des fruits (cm)

Serre x variété	DFT 1015	SUZY	SHAHIRA	DFT 1008	DFT 1009	NEDJMA	Moyenne	Signification
Serre chauffée	7.04	6.14	6.69	6.67	6.38	7.39	6.72 <b>A</b>	Effet serre : S
Serre non chauffée	6.94	5.98	6.50	6.42	5.58	7.34	6.46 <b>B</b>	Effet variété : HS
Moyenne	6.99 <b>b</b>	6.06 <b>d</b>	6.59 <b>c</b>	6.55 <b>c</b>	5.98 <b>d</b>	7.37 <b>a</b>	6.59	Effet SXV : NS

A partir de ces résultats, nous remarquons que le calibre des fruits est différent d'une serre à une autre, le calibre moyen passe ainsi de 6.72 cm obtenu sous serre chauffée à 6.46 cm obtenu dans la serre non chauffée soit une augmentation de l'ordre de 4.2%. Le coefficient de variation est de 2.4%

L'analyse de variance révèle deux groupes homogènes soit le groupe (**A**) qui représente la serre chauffée et le groupe (**B**) qui représente la serre non chauffée.

L'effet variétal est hautement significatif : le calibre des fruits passe de 7.37 cm obtenu par la variété NEDJMA à 5.98 cm pour la variété DFT 1009 soit une augmentation de 23.24%. Le coefficient de variation est de 3.3%

L'analyse de variance révèle (04) groupes homogènes (a, b, c, d) à savoir :

- Le groupe (a) présenté par la variété : NEDJMA qui enregistre 7.37 cm.
- Le groupe (b) présenté par la variété : DFT 1015 qui enregistre 6.99 cm.
- Le groupe (c) présenté par les variétés : SHAHIRA et DFT 1008 avec 6.59 et 6.55 cm.
- Le groupe (d) présenté par les variétés : SUZY et DFT 1009 avec 6.06 et 5.98 cm.

En ce qui concerne l'interaction, les analyses statistiques montrent qu'il n'y a aucune différence significative. Ces résultats nous amène à dire que le chauffage influence la grosseur des fruits mais se dernier reste un facteur inhérent surtout à la variété. D'une façon globale, le tableau de calibrage montre une nette différence entre la serre chauffée et la serre témoin grâce aux conditions favorables de développement. Il faut signaler qu'un certain nombre des fruits dans la serre chauffée ont dépassé les 13,5 cm de diamètre.

### **III-5- Synthèse des résultats**

La culture envisagée (tomate) pratiquée sous chauffage par tuyaux de polypropylène posés au sol a donné des résultats très encourageants. Dans l'essai entrepris, les résultats agronomiques (rendement, précocité, poids et calibre moyen des fruits).

Cet essai a par ailleurs montré des adaptations différentes des variétés introduites dans nos conditions agro-écologiques sahariennes ; le surplus de dépenses pour l'équipement en système de chauffage montre à priori des niveaux d'amortissements différents (le gain étant différent d'une variété à une autre)

#### **III-5-1- Résultats d'interaction variétés - serres de la serre chauffée**

- le rendement : d'après le test NEWMAN-KEULS (5%), les résultats variétaux sont les suivants soit six groupes homogènes qui sont classée en ordre décroissant à savoir la variété NEDJMA (1099.5qx/ha), la variété SHAHIRA (1023.56qx/ha), la

variété DFT 1008 (994.25qx/ha), la variété DFT 1015 (962.15qx/ha), la variété SUZY (805.65qx/ha) et enfin la variété DFT 1009 (532.75qx/ha) qui a montré une très forte sensibilité aux maladies.

- la précocité : l'indice de précocité est un élément très important pour la production des primeurs, il est meilleur pour les variétés SUZY et NEDJMA, moindre pour les variétés DFT 1009 et DFT 1008 et enfin, les moins précoces, la variété SHAHIRA, suivi par DFT 1015.
- le calibre et poids moyen des fruits : la variété NEDJMA est celle qui présente le meilleur calibre des fruits ainsi que la DFT 1015 présente une homogénéité apparente des calibres de fruits (la quasi-totalité des fruits possèdent un calibre similaire). Les variétés SHAHIRA et DFT 1008 ont des calibres acceptables, vient ensuite la DFT 1009 et en dernier lieu la variété SUZY. Le poids moyen des fruits est en étroite relation avec le calibrage ; les variétés NEDJMA, DFT 1008 et SHAHIRA déterminent ce meilleur poids.

### III-5-2- Résultats d'interaction variétés - serres de la serre non chauffée

- le rendement : le test NEWMAN-KEULS (5%) fait sortir le classement suivant par ordre décroissant à savoir la variété DFT 1015 (928.25qx/ha), la variété SHAHIRA (687.79qx/ha), les variétés DFT 1008 et SUZY respectivement (649.55qx/ha) et (642.5qx/ha) de rendement, la variété NEDJMA (542.43 qx/ha) et enfin la variété DFT 1009 (195.25qx/ha).
- la précocité : selon l'indice de précocité des six variétés, on remarque que les variétés SHAHIRA et DFT 1008 donnent le meilleur indice, il est moindre pour les variétés SUZY et NEDJMA et enfin faible pour les autres.
- le calibre et poids moyen des fruits : le calibre de NEDJMA est nettement supérieur par rapport aux autres variétés mais très proche de la variété DFT 1015 qui a montré une homogénéité de calibre des fruits, un calibre moyen pour les variétés SHAHIRA et DFT 1008, la variété SUZY et enfin la DFT 1009. Il est souligné une corrélation entre poids et calibre généralisée à toutes les variétés.

**III-6- Synthèse de comportement variétal****III-6-1- Variété DFT 1015**

C'est une variété de bonne présentation et une bonne nouaison sous conditions d'hiver. Malgré des rendements élevés, l'apport calorifique par géothermie n'a engendré qu'une très petite différence par rapport au témoin soit 33.9qx (3.65 %). Exception faite pour sa précocité et l'homogénéité du calibre du fruit, le chauffage n'a pas engendré ce plus recherché en rendement et de ce fait la rentabilité économique n'est à priori pas prouvée.

**III-6-2- Variété SUZY**

Le chauffage de la serre a apporté des améliorations très importantes pour cette variété, il s'est matérialisé par une meilleure floraison- nouaison, un gain de précocité assez acceptable de 15 jours mais surtout une augmentation de rendement de 165qx (25.4 %). L'inconvénient de la variété SUZY est sa sensible aux nématodes à galles.

**III-6-3- Variété SHAHIRA**

Elle s'est très bien comportée sous serre chauffée engendrant une bonne floraison-nouaison, un très bon rendement de 1024qx/ha soit une augmentation très significative de l'ordre de 335.77qx/ha (48.81 %). Cette variété s'est aussi distinguée par une bonne précocité mais elle est apparue plus au mois résistant aux maladies cryptogamiques. Vu les résultats obtenus, cette variété peut faire l'objet d'une culture à grande échelle.

**III-6-4- Variété DFT 1008**

Elle possède des caractéristiques très apparentes de par sa végétation vigoureuse, une belle présentation et un bon rendement : la entre les deux traitements est de l'ordre de 335qx/ha (53.06 %). Les fruits de cette variété sont généralement de grand calibre et une coloration très attirante.

**III-6-5- Variété DFT 1009**

Cette variété a montré une très forte sensibilité aux maladies (taux d'attaque élevée par alternerai et la mineuse). Le rendement enregistré dans la serre chauffée est trois fois



plus que celui de la serre non chauffée ; malgré cela, son potentiel de production reste faible comparativement à d'autres variétés. La vitesse de croissance végétative de cette variété est très importante inversement proportionnelle à la productivité. Le chauffage a de ce fait favorisé davantage la biomasse végétale au détriment de la production.

#### **III-6-6- Variété NEDJMA**

C'est une variété très productive ; le rendement atteint est de l'ordre 1100qx/ha en serre chauffée et 542qx/ha en témoin soit un doublement de la production. Cette variété se distingue aussi par une bonne précocité et un très bon calibre des fruits atteignant les 13 cm sous serre chauffée. Ces résultats confirment les résultats antérieurs et confortent la décision de sa culture au niveau de la station (I.T.D.A.S) de Hassi Ben Abdallah et chez les agriculteurs.

#### **III-7- Chauffage des serres par géothermie dans les régions sahariennes (synthèse des travaux de l'I.T.D.A.S.)**

Le chauffage des serres est la technique qui permet le mieux de contrôler la température dans les serres. Quelque soit la température à l'extérieur, elle permet de garantir les besoins thermiques moyennant une durée de fonctionnement des équipements plus au moins longue qui dépend de l'importance du déficit de chaleur à combler. Cette technique permet alors de planter plus tôt surtout dans les zones gélives ou sans apport artificiel de chaleur ; il est impossible de garder une culture telle la tomate ou le poivron pendant les périodes de fortes gelées, de cette manière on peut alors augmenter la précocité. Mais la pratique de cette technique qui nécessite, une maîtrise absolue des cultures, une maintenance permanente des équipements et un approvisionnement en énergie sans faille (fuel, gaz, électricité) reste liée à sa rentabilité.

Plusieurs expériences de chauffage de serres agricoles par énergie géothermique ont été menées dans les sites de Touggourt et Ouargla où différents types d'échangeurs ont été testés soit des tubes en polyéthylène de 30mm de diamètre, des tubes en PVC rigide de 30mm de diamètre et des tubes en polypropylène de 25mm de diamètre. Dans tous les essais, les échangeurs thermiques sont posés en boucles à la surface du sol, entourant les rangées de plants.

L'utilisation de la géothermie comme source d'énergie pour le chauffage des serres a été introduite en 1979-1980 au niveau de la station expérimentale de Hassi Ben Abdallah à Ouargla et a donné de très bons résultats. L'eau arrivait généralement au niveau des serres à 46°C et ressortait à 36°C après avoir traversée 6 gaines de 40cm de large fabriquées en polyéthylène noir de 200 microns d'épaisseur. Ceci a permis d'augmenter la température minimum de l'air de 4 à 8°C par rapport à la serre froide et de 10 à 15°C par rapport à l'extérieur. La température du sol était augmentée de 3 à 6°C par rapport à celle de la serre froide.

Dans ce qui suit, les principaux résultats obtenus par la station durant ces deux dernières décennies :

**Compagne agricole de 1979/1980**

L'essai sur une année a concerné la culture de concombre (variété Supermarketter) dont les principaux résultats sont consignés dans le tableau (26); il en ressort un gain de précocité de 21 jours et une augmentation du rendement de l'ordre de 103%.

**Tableau (26) : Résultats agronomiques de concombre**

Conduite des abris	Date de semis direct	Date début récolte
Serre chauffée	15/12/1979	17/02/1980 après 62 jours
Serre non chauffée	15/12/1979	09/03/1980 après 83 jours
		Ecart = 21 jours de précocité

	Serre chauffée	Serre non chauffée	Taux d'augmentation
Rendement	65qx	32qx	103.12%

L'autre essai a concerné une culture de poivron (variété Esterel, xF1) dont les principaux résultats sont synthétisés dans le tableau(27), il en ressort une précocité de 19 jours et une augmentation de 151% du rendement.

**Tableau (27) : Résultats agronomiques de poivron**

Conduite des abris	date de plantation	Date début récolte
Serre chauffée	01/12/1979	27/02/1980 après 88 jours
Serre non chauffée	01/12/1979	17/03/1980 après 107 jours
		Ecart = 19 jours de précocité

	Serre chauffée	Serre non chauffée	Taux d'augmentation
Rendement	221.2qx	87.84qx	151.82%

**Compagne agricole 1984/1985**

Cet essai sur tomate (variété Fandango, XF1) a donné les résultats consignés dans le tableau (28), il en ressort dans ce cas une précocité de 24 jours en utilisant le chauffage par paillage radiant et une augmentation du rendement de l'ordre de 42%.

**Tableau (28) : Résultats agronomiques de tomate (1984/1985)**

Conduite des abris	Date de plantation	Date début récolte
Serre chauffée	22/12/1984	28/02/1985 après 66 jours
Serre non chauffée	22/12/1984	24/03/1985 après 90 jours
		Ecart = 24 jours de précocité

	Serre chauffée	Serre non chauffée	Taux d'augmentation
Rendement	480qx	338qx	42%

**Compagne agricole 1989/1990**

Cet essai sur tomate (variété CARMELLO, xF1) a donné les résultats synthétisés dans le tableau (29), il en ressort une précocité de 22 jours et une augmentation de rendement de 35.85%.

**Tableau (29) : Résultats agronomiques de tomate (1989/1990)**

Conduite des abris	Date de plantation	Date début récolte
Serre chauffée	16/10/1989	13/01/1990 après 87 jours
Serre non chauffée	16/10/1989	05/02/1990 après 109 jours
		Ecart = 22 jours de précocité

	Serre chauffée	Serre non chauffée	Taux d'augmentation
Rendement	720qx	530qx	35.85%

**Résultats de la période 1993-1998**

Cette expérimentation menée durant cinq campagnes agricoles en utilisant des échangeurs de tube polypropylène de 25mm de diamètre sur tomate (variétés : CARMELLO, NEDJMA, CAPRY, MARMANDE) a permis un gain en précocité de l'ordre de 10 à 24 jours et une amélioration du rendement variant entre environ 73 à 195%.

**Tableau (30) : Résultats agronomiques de tomate de 1993 au 1998**

Compagnes	Conduite des abris	Date de plantation	Date début récolte	
1993/1994	Serre chauffée	08/10/1993	16/02/1994 après 128 jours	Ecart = 10 jours De précocité
	Serre non chauffée	08/10/1993	26/02/1994 après 138 jours	
1994/1995	Serre chauffée	29/10/1994	10/02/1995 après 104 jours	Ecart = 12 jours De précocité
	Serre non chauffée	29/10/1994	22/02/1995 après 116 jours	
1995/1996	Serre chauffée	18/10/1995	30/12/1995 après 72 jours	Ecart = 21 jours De précocité
	Serre non chauffée	18/10/1995	14/01/1996 après 93 jours	
1996/1997	Serre chauffée	20/10/1996	18/01/1997 après 120 jours	Ecart = 17 jours De précocité
	Serre non chauffée	20/10/1996	05/02/1997 après 137jours	
1997/1998	Serre chauffée	13/10/1997	07/01/1998 après 86 jours	Ecart = 24 jours De précocité
	Serre non chauffée	13/10/1997	31/01/1998 après 110 jours	

## Rendement

	Serre chauffée	Serre non chauffée	Taux d'augmentation
1993/1994	600qx	374qx	72.9%
1994/1995	1150qx	490qx	134.6%
1995/1996	1350qx	458qx	194.75%
1996/1997	1030qx	450qx	128.8%
1997/1998	970qx	502qx	93.22%

**Autre résultats agronomiques****Pour le melon**

Le temps de germination des cultures en semis direct est réduit sous serre chauffée.

Il peut être réduit à 4-5 jours pour le melon, alors que la levée demande environ deux semaines sous serre non chauffée. On compte 90 jours entre le semis et la première récolte sous serre chauffée et 110 jours en serre non chauffée.

**Pour la tomate**

Alors qu'en serre non chauffée, il faut environ 120 jours entre la floraison et la maturité des fruits, cette période est ramenée à 90 jours en serre chauffée. En résumé, la serre chauffée procure une précocité de 3 à 4 semaines et une augmentation d'environ 50% de la production. Par ailleurs, la nouaison est améliorée en serre chauffée ce qui se traduit par des fruits de plus fort calibre et de qualité meilleure.

**Pour le poivron**

La serre chauffée a présenté une avance de floraison par rapport au témoin de dix (10) jours. Pour la première récolte, l'écart de précocité est de 19 jours. Le chauffage a permis une amélioration de rendement de telle sorte que le taux d'augmentation de rendement a atteint 151.82%.

**Pour le concombre**

Le chauffage a permis un gain de précocité assez important de 21 jours et de doubler le rendement de la culture.



# Conclusion générale

### Conclusion générale

Devant un déficit énorme et grandissant d'année en année en produits agricoles, l'Algérie a intérêt à augmenter sa production agricole afin de limiter au maximum les importations de ces produits qui coûtent au trésor public une enveloppe assez conséquente en devises fortes. Cette augmentation ne peut se faire que par l'intégration de nouvelles techniques de production, mettant ainsi à la disposition de l'agriculteur les moyens nécessaires à cette innovation en lui faisant alternateur les techniques nouvelles.

L'amélioration des productions agricoles si elle se conjugue avec la mobilisation des facteurs de productions (semences sélectionnées, amendements minéraux et organiques, traitements phytosanitaires....), elle l'est aussi vis-à-vis des facteurs climatiques pénalisants en régions semi-arides et arides.

La température étant un des facteurs discriminant de la croissance et développement des cultures, sa domestication peut contribuer à l'optimisation des potentialités productives des espèces cultivées mais aussi assurer des productions en contre saison.

Dans notre pays, le potentiel énergétique des nappes géothermiques étant considérable, il représente de ce fait une source très importante et une possibilité prometteuse pour le chauffage des serres agricoles.

Le présent travail de recherche qui s'est inscrit dans le cadre des objectifs de la station de développement de l'agriculture saharienne de Hassi Ben Abdallah à savoir l'étude du comportement de nouvelles variétés de cultures maraîchères dans les conditions édapho-climatiques sahariennes ; nous a permis d'apprécier le comportement de variétés de tomates dans les abris serres mais aussi de mesurer le gain de précocité engendré pour chaque variété par la serre chauffée à travers la mobilisation de la géothermie devant une serre témoin.

Au terme de cet essai, nous pouvons confirmer l'action très bénéfique des eaux géothermales dans la modification de l'environnement de la culture car :

- le chauffage des serres par énergie géothermale a permis une amélioration significative des températures nocturnes de l'air et du sol, un gain de température de l'air dans la serre chauffée de 4 à 8°C par rapport à la serre non chauffée et de 2-4°C pour la températures du sol dans les 25 premiers centimètres du sol. Il nous faut reconnaître que l'optimum de température nocturne et pendant la période la plus froide, n'a pas été atteint ; ceci suggère un redimensionnement du système pour créer l'ambiance la plus propice pour une meilleure expression des potentialités productives de la tomate essentiellement. Au niveau de la serre chauffée, l'excès d'humidité proche de la saturation, a constitué un environnement propice au développement des maladies cryptogamiques.

- Le chauffage a permis un meilleur développement et croissance des plantes à un point d'assoir une biomasse végétale assez importante au détriment de la production (variété DFT 1009) ; les différences de hauteur moyenne de tiges varient de 12 à 52 cm selon les variétés. Le couple floraison-nouaison est nettement meilleur dans la serre chauffée par rapport au témoin.

- Pour la précocité, nous avons enregistré un gain moyen de 21 jours par rapport à la serre non chauffée. Ce gain est aussi différent d'une variété à une autre.

- La serre chauffée a donné un meilleur calibre des fruits et par conséquent une augmentation de poids moyen des fruits.

A ce niveau d'analyse, il nous faut admettre tout l'intérêt du chauffage des serres mêmes dans les conditions sahariennes ; les rendements sont largement améliorés et la précocité liée aux aspects qualitatifs du produit a matérialisé des prix de vente au marché très encourageants (le prix d'un kilogramme de tomate pendant cette période a atteint 80 DA).

Les différentes variétés nouvellement introduites dans la région ont donné des résultats différents ; à priori, les variétés DFT 1015, SHAHIRA et DFT 1008 semblent être intéressantes et pourraient faire l'objet d'une vulgarisation auprès des agriculteurs à coté de la variété NEDJMA qui a encore confirmé son adaptabilité et son potentiel productif au niveau de notre région agro-écologique.

Le développement de la géo-serriculture en Algérie peut avoir des répercussions intéressantes sur le plan social essentiellement par la création d'un grand nombre d'emplois à plusieurs niveaux et des retombées économiques appréciables tant pour le pays que pour les promoteurs.



En fonction de :

- l'impact très positif dans l'augmentation de la production
- l'impact sur la précocité et la qualité des produits agricoles
- du potentiel en énergie géothermique existant dans le sud du pays
- de la simplicité de la mise en œuvre de cette technique ainsi que son coût réduit en investissements
- du caractère non polluant de l'énergie utilisée

Nous recommandons une vulgarisation assez large de l'utilisation de la géothermie dans le chauffage des serres agricoles pour espérer une augmentation significative de la production agricole en général et celle des cultures maraîchères en particulier.



# **Références Bibliographiques**

- A.N.R.H., 2008-** Rapport d'analyse d'eau d'irrigation. Agence national des ressources hydriques. Ouargla, 1p.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953-** Saison sèche et indice xérothermique volume I. Toulouse, 47 p.
- BAILLE M., DELMON D., JOCQUEMONT R., 1983-** Les systèmes de chauffage aérotherme et thermosiphon. Revue horticole № 234 Fév.1983, 97 p.
- BELHIA B., 1992-** Essai d'utilisation d'un vibreur électrique dans l'amélioration de la nouaison de La tomate. Mémoire d'ingéniorats. ITAS, Ouargla, 38 p.
- BELLACHE O., HELLEL M., CHENAK., 1997-** Analyse thermique de chauffage localise À basse température dans les serres agricoles. Acte des journées Nationales sur les applications et la valorisation des énergies solaires, Univ. Batna, 10-11mai1997,305 p.
- BENHAMOU F., GOUSMI D., RAHMANI M., 1983-** Première séminaire international de la plasticulture en Algérie (5-6-7Dec1983) au club des pins Alger, p.p. 322-335.
- BENHAMOU F., 1987-** Les techniques d'amélioration de la précocité des cultures sous serre (3<sup>ème</sup> salon des cultures maraîchères. Alger du (15 au 18 juin 1987), 29 p.
- BLANCARD D., 1988-** Maladies de la tomate. INRA. Y Ed espagnole mundi-prensalibros, S-A.1988, 212 p.
- BOUCHEKIMA B., BABI Y., 2001-** Utilisation de l'Energie Géothermique pour le Chauffage des Serres Agricoles au Sud Algérien Energie. Ren. Journées de Thermique, 42 p.
- CHAUX C., 1971-** Production légumière. Ed. Bailliére. Paris, 406 p.
- CLEMENT J M., 1990-** La rousse agricole. Ed. Librairie Larousse, France, p.p. 1104-1107.
- CORNILLON, 1974-** Comportement de la tomate en fonction de la température de substrat.
- DAIF A., 1990-** Effet chauffage sous serre sur une culture de tomate« *lycopersicum esculentum Mill* ».mémoire d'ingéniorats. ITAS. Ouargla, 50 p.
- DAMAGNEZ, 1979-** Ressources géothermiques INRA de Montfavet, Revue horticole № 201.Nov. 79, p.p. 18-19.
- DEBAENE J., 1990-** Encyclopédie (génie électrique, génie -chaudières, chaufferies), Ed. ISTR1990, 1340 p.

- DUBOST D., 1980-** Contribution à l'amélioration de l'utilisation agricole des eaux chaudes Du CI (albien) dans la cuvette basse Sahara algérienne, I.N.R.A.A, 39 p.
- DURAND B., 2007-** Energie et environnement ; les risques et les enjeux d'une crise annoncée, Ed BARNEOUD. p. p. 91-97.
- D.P.A.T, 2008-** Annuaire statistique. Direction de la planification et de l'aménagement de territoire Ouargla, 197 p.
- ENCARTA, 2009-** CD, donnée sur la géothermie, 4 p.
- ENCYCLOPODIE Wikipédia, 2008-** Article sur la tomate, 6 p.
- FERNAND-NATHAN, 1976-** La chaleur.45p.
- GOUSMI D., 1998-** Chauffage des serres agricoles par les eaux géothermales, 9 p.
- GUY D., 1967-** Organisation et classification des plantes vasculaires. Ed. d'enseignement supérieur Sorbonne paris, p.p. 373-378.
- HALLILAT M T., 1993-** Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur (variété Aldura) en zones sahariennes (région de Ouargla), thèse de magister, INESA, Batna, 130 p.
- HAMDI AISSA B., 2001-** Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla). Approche micromorphologique, géochimique et minéralogique et organisation spatiale PhD dissertations Institut National Agronomique, paris Grignon, 307 p.
- HOUHOU C., 1994-** Influence de la durée d'arrosage en irrigation goutte à goutte sur La culture de tomate. Mémoire d'ingéniorats, 49 p.
- I.T.A, 1972-** La culture de tomate. I.T.A, Mostaganem, 119 p.
- I.N.R.A, 1980-** Amélioration de l'efficacité des techniques de chauffage INRA, p.p. 67-68.
- ITDAS, 1993-** Recueil Des fiches techniques, Institut technique de développement de l'agriculture saharienne. Biskra, 45 p.
- ITDAS, 2009-** Données climatiques de H.B.A.Institut technique de développement de l'agriculture saharienne, station de Ouargla, 2 p.
- JOUBERT G., COMPAGNON P., JAY M., 1981-** Expérimentations variétales sur tomate en serre, CTIFL ; printemps 1981 Revues №520/B.5 centre de Balandran, 19 p.
- JOUBERT G., TROTTIN H., 1982-** Expérimentations variétales sur tomate en serre, CTIFL ; Printemps 1982. Revue №812 centre de Balandran, 21 p.
- KHADRAOUI A., 2004-** Eaux et sol en Algérie « gestion et impact sur l'environnement » Ouargla, 392 p.

- LAUMONNIER R., 1979-** Culture légumières et maraîchères. Tome III. Imprimerie nouvelle. Ed. JB BAILLIERE. Paris, 217 p.
- LEFKI, 1979-** Fertilisation de la tomate selon les divers techniques culturales.
- NEGRHI C., 1990-** Influence de chauffage à air pulse sur la culture du concombre sous Abris plastique .thèse d'ingéniorats. I.N.A, El-Harrach, 86 p.
- OUAMER M., 2005-** Chauffage des serres par géothermie ; journées d'études sur L'agriculture saharienne du : 17-18 mai2005. Institut de formation professionnelle, Ouargla, 67 p.
- O.N.M, 2009-** Rapport sur les données climatiques de la région de Ouargla, office national de la météorologie, 3 p.
- PELLECEUR B., 2007-** Energies renouvelables et agriculture « perspectives et solutions pratiques ». Ed France Agricole, 196 p.
- PREVOST PH., 1999-** Les bases de l'agriculture. Ed II. paris-France, 254 p.
- RAHMANI M., 1980-** Utilisation des eaux chaudes pour le chauffage des serres. Mémoire d'ingéniorats. I.T.A, Mostaganem, 56 p.
- ROUVILLOIS – BRIGOL M., 1975-** Le pays d'Ouargla, Sahara algérien. Ed. Département de Géographie de l'université de paris-Sorbonne, 389 p.
- SOLTNER D., 1988-** Les bases de la production végétales. Ed. Collections Sciences techniques agricoles.16<sup>ème</sup> édition, Paris, 464 p.
- TOUTAIN G., 1979-** Elément d'agronomie saharienne de la recherche au développement, Imprimerie Jouve, Paris. I.N.R.A, 277 p.
- VESCHAMBRE et ZUANG., 1979-** La nouaison chez la tomate et sa régulation. Revue horticole N° 194 fév.79, p.p. 51-52.
- VILLAIN M., 1997-** La production végétale, les composantes de la production, 416 p.

A decorative scroll graphic with a white background and a black outline. The scroll is unrolled, with the top and bottom edges curved. The word "Annexes" is written in a large, bold, black serif font in the center of the scroll.

# Annexes

## Conclusion générale

### \*\*\* ANALYSE DE VARIANCE \*\*\*\*\*

=====

ANALYSE DE LA 1<sup>er</sup> VARIABLE : rendement (RDT)

=====

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	CV	F	Théo
VAR.TOT	87240.52	5	17448.10						%	1%
VAR.CHAUFFAGE	87228.66	1	87228.66	68.56	0.0001	1.78	0.7%	18.51	8.49	
VAR.BLOCS	5.53	2	2.77	0.87	0.5337					
VAR.RESIDUELLE	6.33	2	3.16							
VAR.TOTALE	253352.97	35	7238.66							
VAR.VARIETE	139317.47	5	27863.49	5617.46	0.0000	2.23	0.9%	2.71	4.10	
VAR.INTER F1*2	26695.78	5	5339.16	1076.41	0.0000			2.71	4.10	
VAR.TOTAL	87240.52	5	17448.10	3517.65	0.0000					
VAR.RESIDUELLE2	99.20	20	4.96							

=====

ANALYSE DE LA 2<sup>eme</sup> VARIABLE : précocité (IP)

=====

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.	F	Théo
VAR.TOT	0.66	5	0.13						5%	1%
VAR.CHAUFFAGE	0.66	1	0.66	392.32	0.0016	0.04	8.2%	18.51	8.49	
VAR.BLOCS	0.00	2	0.00		0.9900					
VAR.RESIDUELLE1	0.00	2	0.00							
VAR.TOTALE	1.04	35	0.03							
VAR.VARIETE	0.20	5	0.04	79.76	0.0000	0.02	4.5%	2.71	4.10	
VAR.INTER F1*2	0.16	5	0.03	61.99	0.0000			2.71	4.10	
VAR.TOTAL	0.66	5	0.13	258.77	0.0000					
VAR.RESIDUELLE2			0.01	20	0.00					

=====

ANALYSE DE LA 3<sup>eme</sup> VARIABLE : calibre (CLB)

=====

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.	F	Théo
VAR.TOT	0.87	5	0.17						5%	1%
VAR.CHAUFFAGE	0.60	1	0.60	23.32	0.0373	0.16	2.4%	18.51	8.49	
VAR.BLOCS	0.22	2	0.11		4.16	0.1947				
VAR.RESIDUELLE1	0.05	2	0.03							
VAR.TOTALE	10.87	35	0.31							
VAR.VARIETE	8.48	5	1.70	35.68	0.0000	0.22	3.3%	2.71	4.10	
VAR.INTER F1*2	0.56	5	0.11	2.37	0.0761			2.71	4.10	
VAR.TOTAL	0.87	5	0.17	3.66	0.0164					
VAR.RESIDUELLE2	0.95	20	0.05							

## Conclusion générale

=====

ANALYSE DE LA 4<sup>ème</sup> VARIABLE : hauteur (HAU)

=====

ANALYSE DE VARIANCE

=====

	S.C.E.	DDL	CARRES	MOYENS	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.	F	Théo
VAR.TOT	25393.10	5	5078.62						5%	1%
VAR. CHAUFFAGE	25344.64	1	25344.64	2214.79	0.0003	3.38	1.6%	18.51	8.49	
VAR.BLOCS	25.57	2	12.79	1.12	0.4722					
VAR.RESIDUELLE1	22.89	2	11.44							
VAR.TOTALE	38820.98	35	1109.17							
VAR. VARIETE	7745.00	5	1549.00	100.04	0.0000	3.93	1.9%	2.71	4.10	
VAR.INTER F1*2	5373.20	5	1074.64	69.40	0.0000			2.71	4.10	
VAR.TOTAL	25393.10	5	5078.62	327.99	0.0000					
VAR.RESIDUELLE2	309.68	20	15.48							

**Tableau (01) : Evolution de la hauteur des plantes en (cm)**

Date de contrôle	Serres chauffée						Serre non chauffée					
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V1	V2	V3	V4	V5	V6
11/11/2008	51	54.4	90.1	85	64	60	34	51.35	79.2	73	56.7	45.5
18/11/2008	64	74.2	95	102.2	99.6	82.6	53	72	83	78.4	61	53.2
25/11/2008	74.7	96.5	101.1	108	112.9	102.5	69.25	86	95.25	90.8	74.5	72.7
02/12/2008	90.75	117.3	121.25	126.2	133.05	119.25	84.05	101.35	111.6	104.9	84.95	83.7
09/12/2008	112	123	132	147.3	145	131.8	105	111.7	120	119	98.4	99
16/12/2008	120	159	144.6	176.6	152	148.6	113.75	135	135	121.6	119.6	101
23/12/2008	134	172	183.33	187	189	166.8	124.1	152	143	141.53	130.8	117
30/12/2008	156.67	193	205	191	221	182	138.5	180	157.3	166	142	129.22
06/01/2009	177	208	228	210	246	195	150	200	178	180	158	140
13/01/2009	196	217	239	255.5	263	235	161	206	182	193	174.6	170

**Tableau (02) : Taux de floraison de 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> bouquets florales.**

Dates	Variétés	1 <sup>er</sup> bouquet		2 <sup>ème</sup> bouquet		3 <sup>ème</sup> bouquet		4 <sup>ème</sup> bouquet	
		SC	SNC	SC	SNC	SC	SNC	SC	SNC
11/11/2008	DFT1015	50%	40%						
	SUZY	50%	40%						
	SHAHIRA	65%	45%						
	DFT1008	90%	85%						
	DFT1009	100%	30%						
	NEDJMA	70%	0%						
18/11/2008	DFT1015	95%	65%	30%	5%	0%	0%		
	SUZY	90%	85%	40%	10%	0%	0%		
	SHAHIRA	100%	80%	60%	30%	20%	0%		
	DFT1008	100%	90%	75%	50%	20%	5%		
	DFT1009	100%	65%	85%	5%	30%	0%		
	NEDJMA	90%	50%	65%	0%	5%	0%		



## Conclusion générale

25/11/2008	DFT1015	100%	75%	80%	65%	35%	10%	0%	
	SUZY	100%	95%	100%	40%	60%	5%	0%	
	SHAHIRA	100%	95%	100%	55%	85%	20%	25%	
	DFT1008	100%	100%	100%	70%	60%	45%	0%	
	DFT1009	100%	85%	90%	45%	50%	0%	0%	
	NEDJMA	100%	95%	85%	40%	15%	0%	0%	
02/12/2008	DFT1015	100%	100%	95%	70%	60%	40%	15%	5%
	SUZY	100%	100%	100%	55%	95%	60%	45%	15%
	SHAHIRA	100%	100%	100%	75%	95%	50%	55%	15%
	DFT1008	100%	100%	100%	90%	100%	80%	100%	45%
	DFT1009	100%	100%	100%	75%	100%	10%	80%	0%
	NEDJMA	100%	100%	100%	65%	90%	20%	75%	0%
09/12/2008	DFT1015			100%	85%	80%	60%	40%	25%
	SUZY			100%	75%	100%	85%	85%	30%
	SHAHIRA			100%	90%	100%	70%	75%	45%
	DFT1008			100%	100%	100%	85%	100%	60%
	DFT1009			100%	100%	100%	35%	95%	5%
	NEDJMA			100%	95%	95%	25%	80%	20%
16/12/2008	DFT1015			100%	100%	85%	75%	65%	50%
	SUZY			100%	100%	100%	90%	95%	50%
	SHAHIRA			100%	100%	100%	90%	100%	80%
	DFT1008			100%	100%	100%	95%	100%	85%
	DFT1009			100%	100%	100%	55%	100%	15%
	NEDJMA			100%	100%	100%	25%	95%	45%
23/12/2008	DFT1015					95%	90%	75%	65%
	SUZY					100%	95%	100%	60%
	SHAHIRA					100%	95%	100%	85%
	DFT1008					100%	100%	100%	90%
	DFT1009					100%	75%	100%	45%
	NEDJMA					100%	50%	100%	65%
30/12/2008	DFT1015					100%	95%	80%	75%
	SUZY					100%	100%	100%	85%
	SHAHIRA					100%	100%	100%	95%
	DFT1008					100%	100%	100%	100%
	DFT1009					100%	90%	100%	65%
	NEDJMA					100%	75%	100%	80%
07/01/2009	DFT1015					100%	100%	90%	70%
	SUZY					100%	100%	100%	90%
	SHAHIRA					100%	100%	100%	100%
	DFT1008					100%	100%	100%	100%
	DFT1009					100%	100%	100%	85%
	NEDJMA					100%	100%	100%	95%
18/01/2009	DFT1015							100%	95%

## Conclusion générale

	SUZY							100%	100%
	SHAHIRA							100%	100%
	DFT1008							100%	100%
	DFT1009							100%	90%
	NEDJMA							100%	100%

**Tableau (03) :** La floraison de 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> bouquets florales

Variétés	floraison	1 <sup>ER</sup> BOUQUET		écart
		SC	SNC	
DFT1015	Début	04/11/2008	11/11/2008	8j
	Fin	18/11/2008	25/11/2008	8j
SUZY	Début	04/11/2008	11/11/2008	8j
	Fin	18/11/2008	25/11/2008	8j
SHAHIRA	Début	04/11/2008	04/11/2008	*
	Fin	18/11/2008	18/11/2008	*
DFT1008	Début	04/11/2008	04/11/2008	*
	Fin	11/11/2008	11/11/2008	*
DFT1009	Début	04/11/2008	11/11/2008	8j
	Fin	11/11/2008	25/11/2008	15j
NEDJMA	Début	04/11/2008	18/11/2008	8j
	fin	18/11/2008	25/11/2008	8j

variétés	floraison	2 <sup>ème</sup> BOUQUET		écart
		SC	SNC	
DFT1015	Début	18/11/2008	25/11/2008	8j
	Fin	25/11/2008	09/12/2008	15j
SUZY	Début	18/11/2008	25/11/2008	8j
	Fin	25/11/2008	09/12/2008	15j
SHAHIRA	Début	11/11/2008	18/11/2008	8j
	Fin	25/11/2008	02/12/2008	8j
DFT1008	Début	11/11/2008	18/11/2008	8j
	Fin	18/11/2008	02/12/2008	15j
DFT1009	Début	11/11/2008	25/11/2008	15j
	Fin	18/11/2008	02/12/2008	15j
NEDJMA	Début	18/11/2008	25/11/2008	8j
	fin	25/11/2008	09/12/2008	15j

variétés	floraison	3 <sup>ème</sup> BOUQUET		écart
		SC	SNC	
DFT1015	Début	25/11/2008	02/12/2008	8j
	Fin	09/12/2008	16/12/2008	8j
SUZY	Début	25/11/2008	02/12/2008	8j
	Fin	02/12/2008	09/12/2008	8j
SHAHIRA	Début	18/11/2008	25/11/2008	8j
	Fin	25/11/2008	16/12/2008	22j
DFT1008	Début	18/11/2008	25/11/2008	8j
	Fin	02/12/2008	09/12/2008	8j

## Conclusion générale

DFT1009	Début	18/11/2008	09/12/2008	22j
	Fin	02/12/2008	23/12/2008	22j
NEDJMA	Début	25/11/2008	09/12/2008	15j
	fin	02/12/2008	30/12/2008	28j

variétés	floraison	4 <sup>ème</sup> BOUQUET		écart
		SC	SNC	
DFT1015	Début	02/12/2008	09/12/2008	8j
	Fin	23/11/2008	30/12/2008	8j
SUZY	Début	02/12/2008	09/12/2008	8j
	Fin	09/12/2008	30/12/2008	22j
SHAHIRA	Début	25/11/2008	02/12/2008	8j
	Fin	09/12/2008	16/12/2008	8j
DFT1008	Début	25/11/2008	02/12/2008	8j
	Fin	02/12/2008	16/12/2008	15j
DFT1009	Début	25/11/2008	16/12/2008	22j
	Fin	02/12/2008	07/01/2009	35j
NEDJMA	Début	25/11/2008	09/12/2008	15j
	fin	02/12/2008	30/12/2008	28j

**Tableau (04) :** La nouaison de 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> bouquets florales

variétés	bqt n	SC	SNC	Ecart	SC	SNC	Ecart	SC	SNC	Ecart
		1 <sup>er</sup> bqt	1 <sup>er</sup> bqt	Ecart	2 <sup>ème</sup> bqt	2 <sup>ème</sup> bqt	Ecart	3 <sup>ème</sup> bqt	3 <sup>ème</sup> bqt	Ecart
DFT1015	Début	11/11/0	25/11/0	15 j	25/11/0	02/12/0	8 j	16/12/0	23/12/0	8 j
	t	8	8	22 j	8	8	15 j	8	8	9 j
	Fin	25/11/0	16/12/0		09/12/0	23/12/0		30/12/0	07/01/0	
		8	8		8	8		8	9	

## Conclusion générale

SUZY	Début	18/11/0 8	02/12/0 8	15 j 22 j	25/11/0 8	09/12/0 8	15 j 22 j	02/12/0 8	16/12/0 8	15 j 16J
	Fin	25/11/0 8	16/12/0 8		09/12/0 8	30/12/0 8		23/12/0 8	07/01/0 9	
SHAHIR A	Début	18/11/0 8	25/11/0 8	8 j 22 j	25/11/0 8	02/12/0 8	8 j 8 j	09/12/0 8	16/12/0 8	8 J 22 J
	Fin	25/11/8	16/12/0 8		09/12/0 8	16/12/0 8		16/12/0 8	07/01/0 9	
DFT1008	Début	11/11/0 8	18/11/0 8	8 j 15 j	25/11/0 8	02/12/0 8	8 j 14 j	02/12/0 8	16/12/0 8	15 J 22 J
	Fin	25/11/0 8	09/12/0 8		02/12/0 8	16/12/0 8		16/12/0 8	07/01/0 9	
DFT1009	Début	11/11/0 8	02/12/0 8	22 j 28 j	25/11/0 8	16/12/0 8	22 j 30 j	09/12/0 8	23/12/0 8	15 J 34 J
	Fin	25/11/0 8	23/12/0 8		02/12/0 8	07/01/0 9		16/12/0 8	18/01/0 9	
NEDJMA	Début	25/11/0 8	02/12/0 8	8 j 15 j	02/12/0 8	16/12/0 8	14 j 30 j	09/12/0 8	23/12/0 8	15 J 28 J
	Fin	02/12/0 8	16/12/0 8		09/12/0 8	07/01/0 9		16/12/0 8	13/01/0 9	

**Début nouaison** : 20% des fleurs nouées

**Fin nouaison** : 75% des fleurs nouées

**Tableau (05)** : Le calibrage moyen des fruits/récolte (cm)

récoltes		DFT1015	SUZY	SHAHIRA	DFT1008	DFT1009	NEDJMA
1 <sup>er</sup>	SC	***	***	***	***	***	***
	SNC	***	***	***	***	***	****
2 <sup>ème</sup>	SC	8.24	6.675	6.98	6.72	6.58	7.8
	SNC	6.46	5.34	6.88	5.85	***	***
3 <sup>ème</sup>	SC	7.35	5.863	6.90	7.150	5.85	8
	SNC	7.175	4.66	5.4	5.55	***	***
4 <sup>ème</sup>	SC	7.12	6.51	7.3	7.24	7.23	8.54
	SNC	7.04	6.98	6.87	7.11	5.83	7.9
5 <sup>ème</sup>	SC	7.6	6.45	7.11	6.94	6.71	7.65
	SNC	7.33	5.78	6.86	7.02	5.33	7.67

## Conclusion générale

6 <sup>ème</sup>	SC	7.26	6.41	7.13	7.33	6.74	7.94
	SNC	7.1	6.61	6.77	7.13	5.71	8.55
7 <sup>ème</sup>	SC	7.37	6.19	6.83	6.56	5.55	7.22
	SNC	7.09	5.97	6.54	6.8	5.74	7.06
8 <sup>ème</sup>	SC	6.26	5.57	6.83	6.51	6.01	6.91
	SNC	7.17	6.36	6.97	6.89	6.32	7.3
9 <sup>ème</sup>	SC	7.01	6.04	5.96	6.07	5.38	6.28
	SNC	7.15	5.88	6.19	6.21	5.75	7.31
10 <sup>ème</sup>	SC	6.6	5.19	5.28	5.57	4.93	***
	SNC	5.72	6.24	6.07	5.27	4.87	5.68

**Tableau (06) : Catégories de calibre des fruits**

Cat. 01.....4 – 5.5 cm                      R : récolte  
 Cat. 02.....5.5 – 7 cm  
 Cat. 03.....7 – 8.5 cm  
 Cat. 04.....> 8.5 cm

**Serre chauffée : (%)**

R	DFT1015				SUZY				SHAHIRA				DFT1008				DFT1009				NEDJMA			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	0	20	20	60	25	50	25	0	20	20	60	0	10	50	40	0	20	40	40	0	0	20	60	20
3	0	25	75	0	40	60	0	0	0	40	60	0	10	20	70	0	50	40	10	0	0	0	80	20
4	40	10	30	20	10	60	30	0	10	40	50	0	0	40	60	0	0	50	50	0	0	20	40	40
5	10	40	50	0	0	80	20	0	0	40	60	0	10	40	50	0	0	70	30	0	0	40	30	30
6	10	20	50	20	0	80	20	0	0	40	60	0	0	30	70	0	0	60	40	0	0	30	30	40
7	0	50	40	10	20	70	10	0	20	30	50	0	20	50	30	0	70	10	20	0	10	30	40	20
8	40	10	30	20	10	60	30	0	10	30	60	0	0	20	80	0	10	40	50	0	0	10	50	40
9	20	50	20	10	30	60	10	0	20	70	10	0	30	60	10	0	60	40	0	0	30	40	30	0
10	10	70	10	10	80	20	0	0	60	40	0	0	40	60	0	0	80	20	0	0	**	**	**	**

**Serre témoin : (%)**

R	DFT1015				SUZY				SHAHIRA				DFT1008				DFT1009				NEDJMA			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	33	33	0	34	60	20	20	0	20	20	60	0	40	40	20	0	*	*	*	*	*	*	*	*
3	0	10	90	0	80	20	0	0	40	50	10	0	40	40	20	0	*	*	*	*	*	*	*	*
4	0	40	50	10	0	60	40	0	10	30	60	0	0	20	80	0	40	40	20	0	0	0	67	33
5	10	30	40	20	0	80	20	0	20	40	40	0	0	50	50	0	40	50	10	0	0	10	70	20
6	20	10	50	20	0	70	30	0	0	60	30	10	10	40	40	10	50	40	10	0	0	10	50	40
7	10	40	30	20	30	60	10	0	30	40	30	0	20	20	50	10	50	40	0	10	10	50	20	20

## Conclusion générale

8	0	50	30	20	0	100	0	0	0	60	40	0	0	40	60	0	10	70	20	0	0	40	50	10
9	10	40	40	10	20	80	0	0	10	70	20	0	20	60	20	0	50	30	20	0	10	40	20	30
10	50	40	10	0	80	20	0	0	50	50	0	0	60	40	0	0	90	10	0	0	60	30	10	0

**Tableau (07) : Rendement / récolte (qx/ha)**

récoltes		DFT1015	SUZY	SHAHIRA	DFT1008	DFT1009	NEDJMA
1 <sup>er</sup>	SC	22.5	***	41.25	7.5	47.12	8.5
	SNC	***	***	***	***	***	***
2 <sup>ème</sup>	SC	13.125	93	29.75	39	11.85	52.5
	SNC	6	8.56	20.93	12.5	***	***
3 <sup>ème</sup>	SC	12.06	51.62	62.5	95.5	23.75	99.25
	SNC	40	8.75	16.25	15	***	***
4 <sup>ème</sup>	SC	52.5	134.37	116.25	143.125	110.62	174.56
	SNC	31.5	65.43	90.62	37.5	36.37	5.87
5 <sup>ème</sup>	SC	147.6	207.18	212.5	212.5	97.87	280
	SNC	93.75	52	87.06	95	16.5	64.55
6 <sup>ème</sup>	SC	170.68	131.75	180.8	172.31	118	227.43
	SNC	106.25	107	108.75	145	32	121.25
7 <sup>ème</sup>	SC	273.75	133.37	168.75	196.87	63.75	175
	SNC	137.18	117.3	144.31	158.06	51.43	125
8 <sup>ème</sup>	SC	141.75	19.73	150	67.5	33.5	60
	SNC	123.56	167.37	143.75	130.62	37	179
9 <sup>ème</sup>	SC	102.75	22.5	36.43	54.06	25	22.68
	SNC	283.86	86.37	57.37	50.87	50	45.5
10 <sup>ème</sup>	SC	25	12.5	25	6.25	1.25	***
	SNC	106.25	30	18.75	5	5	1.25
<b>Rdt cumulé</b>	SC	962.15	805.65	1023.56	994.25	532.75	1099.5
	SNC	928.25	642.5	687.79	649.55	195.24	542.43

**Tableau (08) : Poids des plants expérimenté**

**1-serre chauffée : (kg)**

La récolte	DFT1015	SUZY	SHAHIRA	DFT1008	DFT1009	NEDJMA
1 <sup>ère</sup>	1.80	/	3.3	0.600	3.750	0.680
2 <sup>ème</sup>	1.050	7.44	2.38	3.12	0.948	4.200
3 <sup>ème</sup>	0.965	4.130	5	7.640	1.900	7.940
4 <sup>ème</sup>	4.200	10.750	9.30	11.450	8.850	13.965
5 <sup>ème</sup>	11.810	16.575	17	17	7.830	22.400
6 <sup>ème</sup>	13.655	10.540	14.465	13.785	9.440	18.195
7 <sup>ème</sup>	21.900	10.670	13.500	15.750	5.100	14
8 <sup>ème</sup>	11.340	1.550	12	5.400	2.680	4.800
9 <sup>ème</sup>	8.22	1.800	2.915	4.325	2	1.815
10 <sup>ème</sup>	2	1	2	0.500	0.100	0

**2-serre tèmion: (kg)**

## Conclusion générale

La récolte	DFT1015	SUZY	SHAHIRA	DFT1008	DFT1009	NEDJMA
1 <sup>ère</sup>	/	/	/	/	/	/
2 <sup>ème</sup>	0.480	0.685	1.675	1	/	/
3 <sup>ème</sup>	3.200	0.700	1.300	1.200	/	/
4 <sup>ème</sup>	2.520	5.235	7.250	3	0.270	0.470
5 <sup>ème</sup>	7.500	4.160	6.965	7.600	1.320	5.165
6 <sup>ème</sup>	8.500	8.560	8.700	11.600	2.560	9.700
7 <sup>ème</sup>	10.975	9.385	11.545	12.645	4.115	10
8 <sup>ème</sup>	9.845	13.390	11.500	10.450	2.970	14.320
9 <sup>ème</sup>	22.709	6.910	4.590	4.07	4	3.640
10 <sup>ème</sup>	8.500	2.400	1.500	0.400	0.400	0.100

**Tableau (09) : Poids moyen des fruits (g) des plantes/récolte**

récoltes		DFT1015	SUZY	SHAHIRA	DFT1008	DFT1009	NEDJMA
1 <sup>er</sup>	SC	72	***	122.2	85	89.28	170
	SNC	***	***	***	***	***	***
2 <sup>ème</sup>	SC	180	186	183.07	173.33	158	243.33
	SNC	140	137	139.98	100	***	***
3 <sup>ème</sup>	SC	241	129	161.29	191	118.750	273.793
	SNC	228.571	77.77	92.857	92.307	***	***
4 <sup>ème</sup>	SC	190.9	126.24	172.22	140	119.6	268.55
	SNC	180	106.83	120.83	111.11	0.385	156.664
5 <sup>ème</sup>	SC	169.5	132	171.5	172	140.7	225
	SNC	244	131.5	142.5	166.5	88	206.66
6 <sup>ème</sup>	SC	213	140.5	177	187.5	151.5	288.5
	SNC	199	138	147	180	100	275
7 <sup>ème</sup>	SC	175	106	137	138.5	104	179
	SNC	130	100	120	153.5	95.5	176
8 <sup>ème</sup>	SC	146.5	91.1	150	170	100	180
	SNC	200	130	160	150	135	215
9 <sup>ème</sup>	SC	184	90	104	100	79	121
	SNC	190.5	90	110	106.5	96.5	190
10 <sup>ème</sup>	SC	138	78	85	90	81	***
	SNC	147	130	100	82	79	94

### Prélèvement sur le continental intercalaire

**Tableau (10) : Nappe de continental intercalaire du Sahara septentrional**

Forages (total)	Forages en service	Forages exploitables	Volume soutiré hm3/an (1)	Volume exploitable hm3/an (2)	Volume total hm3/an (1+2)
1280	939	214	1140	204	1344

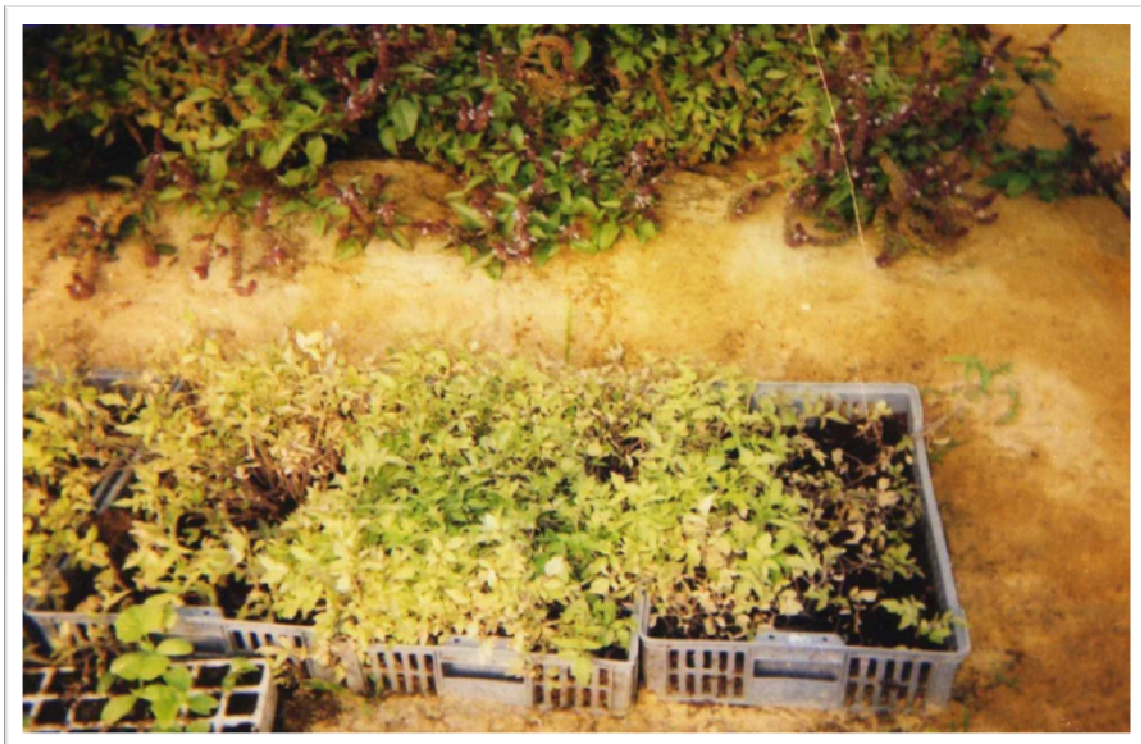
**Tableau (11) : Disponibilités en eau et d'implantation de nouveaux forages**

Wilaya	Disponibilités en hm3/an	Nb forages	ml
Adrar	680	425	63750
Ghardaïa	275	171	85500

## Conclusion générale

---

Tamanrasset	95	59	8850
Illizi	25	16	9600
Ouargla	494	78	156000
El-oued	92	15	30000
Total	1661	764	353700





*Photo 01 : La pépinière de tomate.*



*Photo Faïza 2009*



*Photo 02 : serre chauffée (début cycle)  
chauffée (début cycle)*

*photo 03 : serre non*



Photo Faïza 2009



*Photo 04: serre chauffée (plein croissance) chauffée*

*Photo 05: serre non*

*croissance)*

*(Plein*



Photo Faïza 2009



Photo 07: l'entrée (serre



*Photo Faïza 2009*



*Photo 08: le système de chauffage thermohygrographe*

*Photo 09: le*





*Photo Faïza 2009*

*Photo Faïza 2009*



*Photo 10: Opération de calibrage à goutte*

*Photo 11: l'irrigation goutte*



*Photo Faïza 2009*



*Photo 12: la serre chauffée (plein production) Photo 13: la serre non chauffée*

*production)*

*(Plein*



Photo Faïza 2009



Photo 14: un pied de tomate cerise

Photo 15: la mesure de poids



*Photo Faïza 2009*

*Photo Faïza 2009*



*Photo 16: Opération de récolte de tomate*

*Photo 17: la mise en caisse*





Photo Faïza 2009

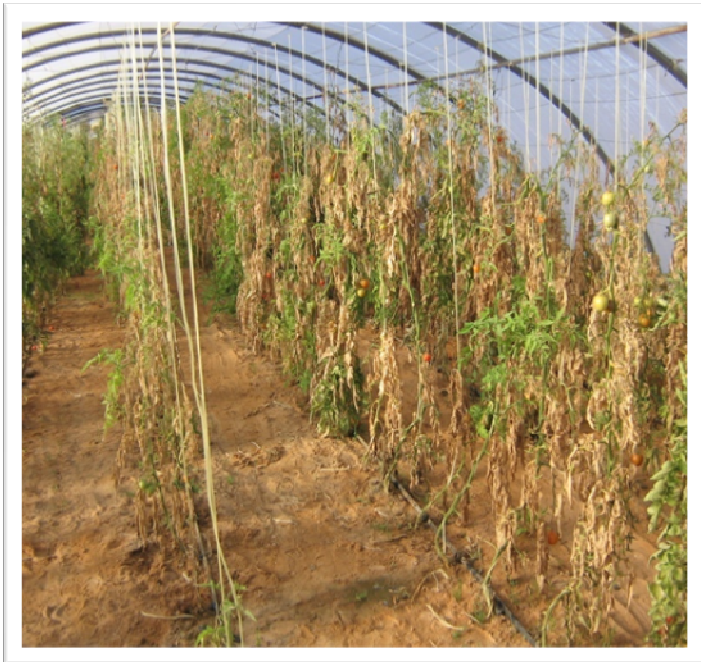


Photo 18: la serre chauffée (fin cycle)  
chauffée (fin cycle)

Photo 19: la serre non



Photo Faiza 2009



*Photo 20: les pertes de rendement  
attaquée  
de la nécrose.*

*Photo 21: coupe de tomate  
montrant L'étendue*

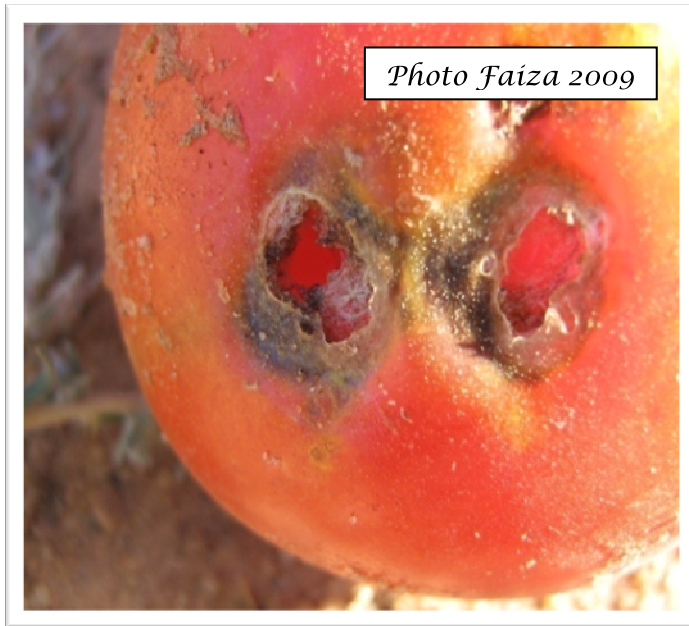


Photo Faiza 2009



Photo 22: dégâts de la mineuse  
l'*alternaria*  
(Orifice de pénétration de la larve)

Photo 23: dégâts de





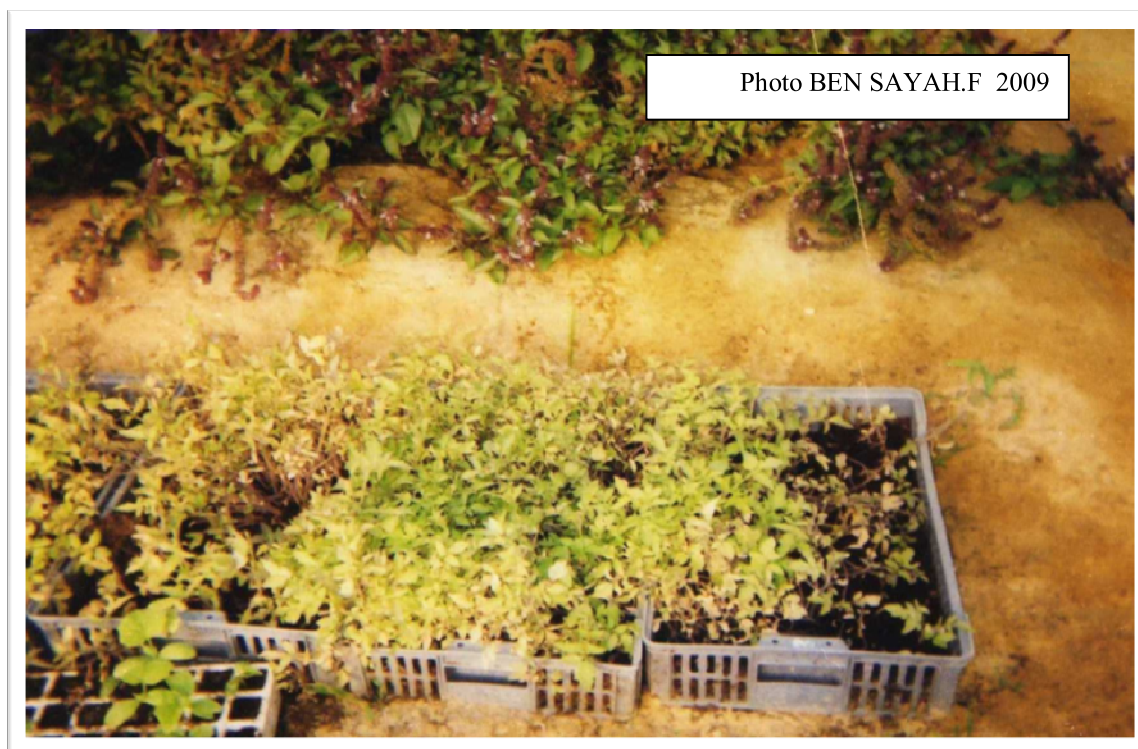


Photo 01 : Pépinière de tomate.



Photo 02 : Serre chauffée  
(Début de cycle)

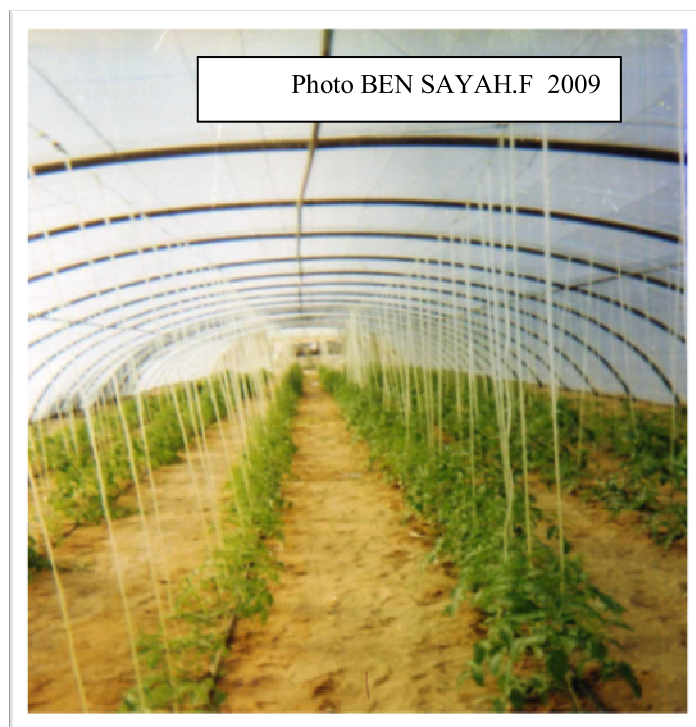


photo 03 : Serre non chauffée  
(Début de cycle)



Photo 04: Serre chauffée  
(Plein croissance)

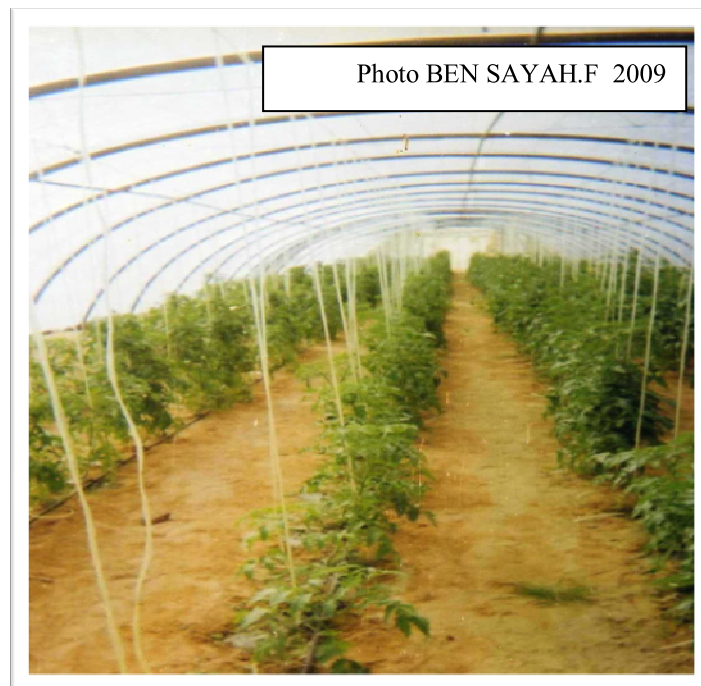


Photo 05: Serre non chauffée  
(Plein croissance)



Photo 06: Entrée  
(Serre chauffée)



Photo 07: Entrée  
(Serre non chauffée)





Photo 08: Système de chauffage

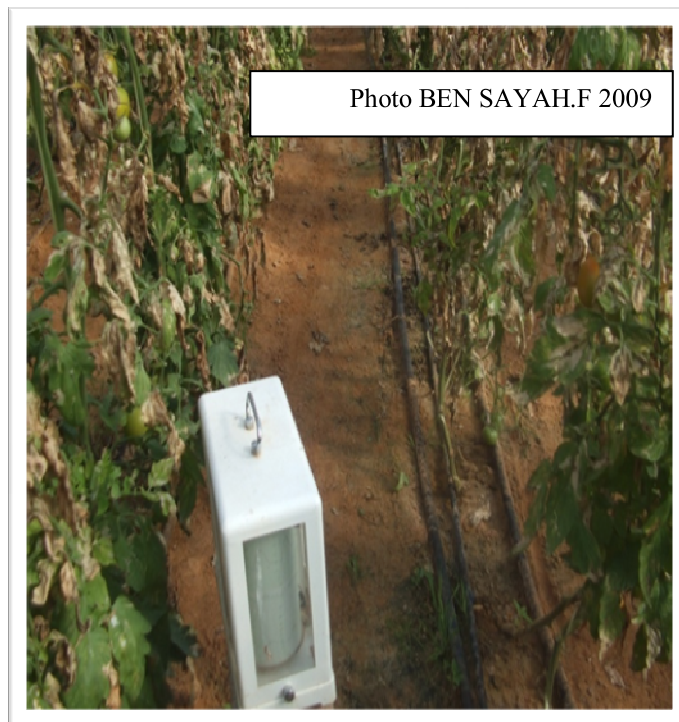


Photo 09: Thermohygraphe



Photo 10: Opération de calibrage

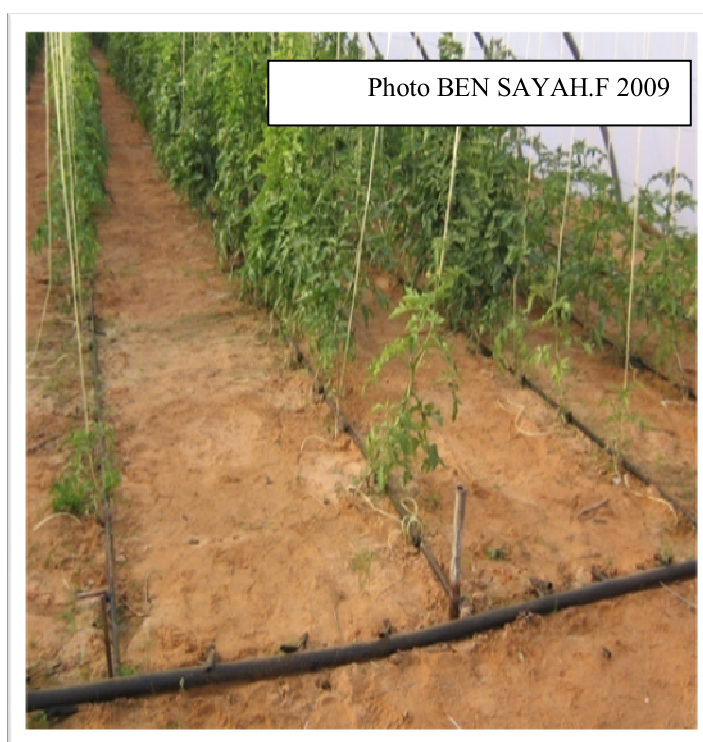


Photo 11: Irrigation goutte à goutte



Photo 12: Serre chauffée  
(Plein production)



Photo 13: Serre non chauffée  
(Plein production)



Photo 14: Pied de tomate cerise



Photo 15: Mesure de poids





Photo 16: Opération de récolte



Photo 17: Mise en caisse de tomate



Photo 18: Serre chauffée  
(Fin cycle)

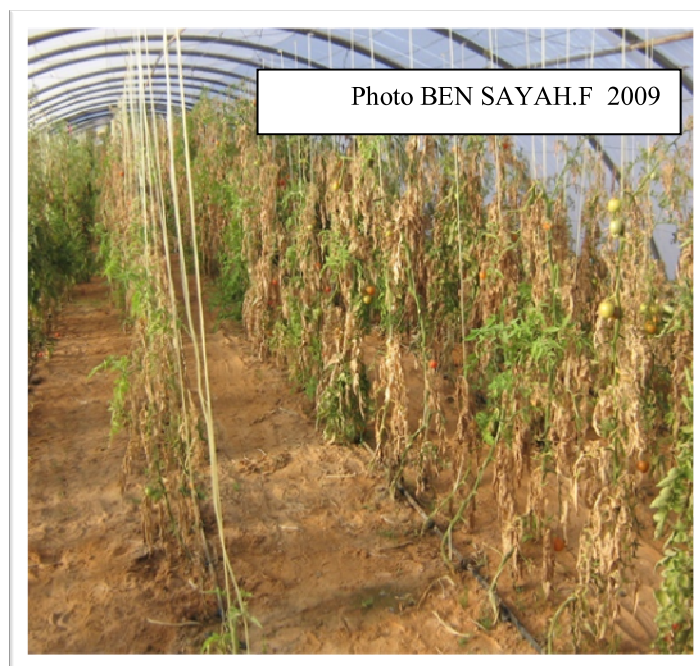


Photo 19: Serre non chauffée  
(Fin cycle)



Photo 20: Pertes de rendement

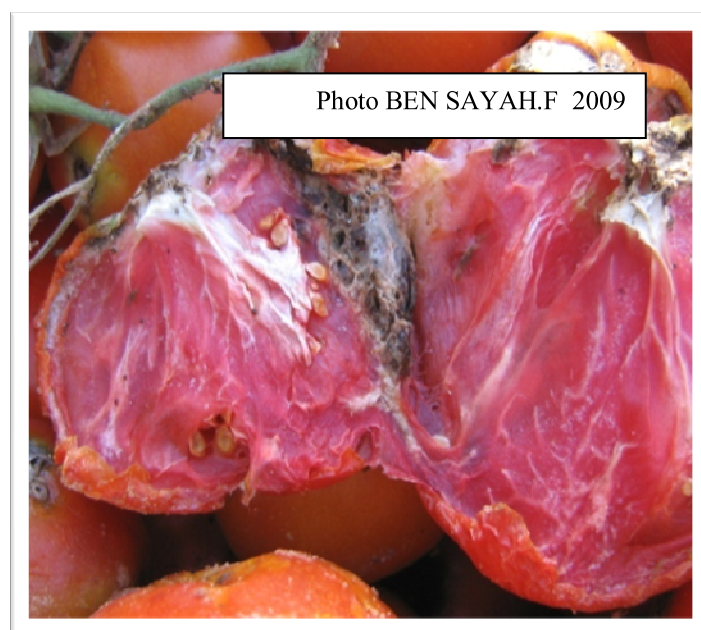


Photo 21: Coupe de tomate atteinte montrant l'étendue de la nécrose.

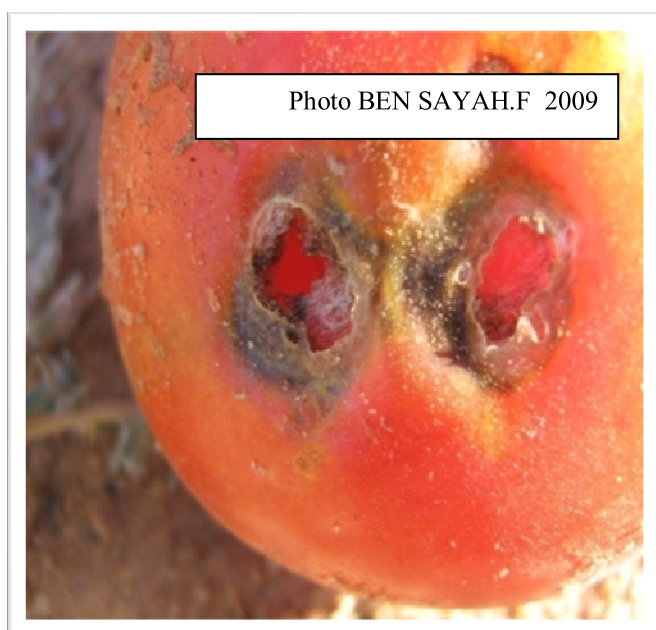


Photo 22: Dégâts de la mineuse



Photo 23: Dégâts de l'alternaria (Orifice de pénétration de la larve)

## Résumé

Le présent travail de recherche a été réalisé dans des conditions agro-écologiques sahariennes au niveau de la station expérimentale de l'ITDAS de Hassi Ben Abdallah (Ouargla), il avait pour objet d'affirmer l'intérêt du chauffage des serres par géothermie mais aussi l'étude de comportement de six variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) nouvellement introduites. L'eau mobilisée pour le chauffage des serres appartient au continental intercalaire et jaillit à 58°C.

Les principaux résultats obtenus indiquent :

- une nette amélioration de l'environnement de la plante par une élévation assez significative de la température du sol et de l'air ainsi que l'amélioration de la hauteur, de la floraison et de la nouaison des plantes.
- une augmentation de rendement jusqu'à 170% comparativement à celle de la serre non chauffée.
- une amélioration de la qualité du produit par un meilleur calibre des fruits et un gain appréciable de précocité qui, tout deux, ont une influence sur le prix de vente.

Enfin, le dimensionnement du système d'apport d'énergie dans les serres doit être revu afin d'optimiser davantage les paramètres climatiques propres à la production de la tomate sous serre.

**Mots clés :** eau géothermale, chauffage, tomate, variétés, production, Ouargla-Algérie

## Summary

This research work was conducted under agroecological sahariennes at the experimental station of ITDAS Hassi Ben Abdallah (Ouargla), it was intended to assert the interests of heating greenhouses but by geothermal also study the behavior of six varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) newly introduced. The water used to heat greenhouses up to the interlayer and continental rises to 58 ° C.

The main results indicate:

- A marked improvement in the environment of the plant by a fairly significant rise in temperature of soil and air and improving the height of the flowering and fruit plants.
- Increased performance up to 170% compared to the unheated greenhouse.
- Improved product quality through improved fruit size and an appreciable gain in earliness, which both have an influence on the selling price.

Finally, the sizing system energy input in greenhouses should be reviewed in order to further optimize the climatic parameters for the production of greenhouse tomatoes.

**Keywords:** geothermal water, heating, tomato, varieties, production, Ouargla-Algeria

## الملخص:

إن هذه الدراسة البحثية تمت في ظروف بيئية صحراوية في محطة التجارب (I.T.D.A.S) في منطقة حاسي بن عبد الله ورقلة.

يأتي هذا العمل بهدف تأكيد أهمية تدفئة البيوت البلاستيكية بالطاقة الحرارية الأرضية , إضافة إلى دراسة سلوك ستة أصناف من الطماطم مدرجة حديثاً.

المياه المستخدمة في تسخين الاصواب البلاستيكية مصدرها الطبقة الالبية, والتي تتبع بدرجة حرارة 58 ° مئوية و تشير أهم النتائج المتوصل إليها إلى:

- تحسن ملحوظ في محيط النبتة وذلك بفضل الزيادة المعتمدة لدرجة حرارة التربة و الهواء, بالإضافة إلى تحسن في طول و إزهار و تعقيد النباتات.
  - زيادة في المردود تصل إلى 170% مقارنة بالاصواب غير المسخن.
  - تحسن نوعية المنتج, من حيث حجم الفاكهة, و زيادة معتبرة في التبكير و التي لها تأثير على سعر البيع.
- و أخيراً, فإن نسبة مساهمة هذا النظام في تزويد البيوت البلاستيكية بالطاقة ينبغي إعادة النظر فيه, من أجل ملائمة أمثل للعناصر المناخية الخاصة بإنتاج الطماطم تحت الاصواب.

## الكلمات المفتاحية:

الطاقة الحرارية الأرضية , التدفئة, الطماطم, أصناف, إنتاج, ورقلة- الجزائر .