

The Geothermal greenhouse crop production system in Tozeur: current situation and prospects for sustainable

Le Système de production des cultures sous serres géothermales à Tozeur: situation actuelle et perspectives de durabilité

EL KHALDI RABEB^{1,2*}, DHAOUADI LATIFA¹, IMED EZZAGHDOUDI³

¹ Regional Center for Research in Oasian Agriculture, 2260, Tozeur, Tunisia.

² UR13AGR09- Integrated Horticultural Production in the Tunisian Centre East, Regional Centre of Research on Horticulture and Organic Agriculture, University of Sousse, 4042, Chott-Mariem, Tunisia.

³ Regional Commissary for Agricultural Development Tozeur Avenue Farhat. Hached- 2200 Tozeur.

*Corresponding author: rabebk@yahoo.com

Abstract - Geo-greenhouse farming, along with oasis agriculture, represents one of the main agricultural activities with a vital socio-economic importance in the Tozeur region. However, in recent years this activity showed an accelerated decline. The diagnosis of the situation allowed to identify several factors affecting the sustainability of this system production. The continuous salinization of the soil and the water quality are the main environmental constraints affecting geothermal greenhouses crops. Socio-economic problems are mainly associated with the size and the social nature of the projects. Faced with this situation, rational management of non-renewable natural resources, in this case the soil, and restructuring and strengthening of projects types would be imperative for a sustainability perspective.

Keywords: Geo-greenhouse, Tozeur, current situation, sustainability.

Resumé - La géo-serriculture représente avec l'agriculture oasienne une des principales activités agricoles ayant une importance socio-économique capitale dans la région de Tozeur. Néanmoins, au cours des dernières années cette activité a connu un recul accéléré. Le diagnostic de la situation a permis d'identifier plusieurs facteurs qui remettent en cause la pérennité de ce système de production. La salinisation continue des sols et la qualité de l'eau sont les principales contraintes environnementales qui affectent considérablement les cultures conduites sous serres géothermales. Les problèmes socio-économiques sont liés principalement à la taille et la nature sociale des projets. Face à cette situation, une gestion raisonnée des ressources naturelles non renouvelables, en l'occurrence le sol, et une restructuration et un renforcement des types de projets seraient impératives pour une perspective de durabilité.

Mots-clés : géo-serriculture, Tozeur, état de lieu, durabilité.

1. Introduction

Pour pallier le manque d'eau dont souffrent les oasis du Sud Tunisien en 1980, le recours aux nappes profondes, qui ont révélé un potentiel d'eau géothermale important, était une alternative prometteuse (Said, 1998). En 1986, la mobilisation de ces ressources géothermiques pour le chauffage des serres a démarré et a ouvert de larges horizons pour l'intensification des cultures protégées dans les trois gouvernorats du Sud : Tozeur, Kébili et Gabes (Ben Mohamed et Said, 2008).

L'eau géothermale chaude qui circule des les abris serres avait comme objectif principal le refroidissement de l'eau pour être servi à l'irrigation des oasis (Haddad 2003). Néanmoins cette énergie dissipée a permis de surmonter le problème lié à la baisse nocturne des températures au niveau des serres. Cette amélioration du bilan thermique a pu assurer des produits précoces qui se positionnent au marché pendant la période la plus favorable à l'exportation (100% melon et 80% tomate) et avec des quantités et de qualité très concurrentielles (Verlodt 1983; Mougou 1999). C'est ainsi que les trois régions du sud exploitant l'eau géothermale se sont devenus les premiers exportateurs de primeurs.



Exploitée comme source énergétique et hydrique, l'eau géothermale a donc relancé l'activité agricole et a permis de promouvoir le secteur maraîcher dans des conditions climatiques assez difficile. Une évolution rapide du nombre de serres a été notée et la Tunisie a occupé la première place au monde en 2002 avec 102 ha de superficies géo-serricole (Ben Mohamed et Said, 2008).

Après une dizaine d'années d'exploitation intensive visant uniquement la rentabilité, des difficultés sont apparues. La production de ce secteur est devenue fluctuante, et la durabilité de la valorisation des eaux géothermales est à craindre (OSS, 2014). Actuellement, les cultures conduites sous serres chauffées et irriguées par les eaux géothermales confrontent un paquet de contraintes abiotiques et biotiques qui affectent considérablement la production quantitative et qualitative et qui menacent à la longue la durabilité de ce système de production.

Cette étude vise à évaluer et analyser la situation de la filière géo-serricole dans le gouvernorat de Tozeur. Une meilleure compréhension des différents facteurs entravant ce système, permet d'approprier l'action à entreprendre en vue d'une gestion et une valorisation durables.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Présentation de la zone d'étude

Le Gouvernorat de Tozeur est situé au Sud-Ouest Tunisien. Il est limité au Nord-Est par le gouvernorat de Gafsa, au Sud-Est par le gouvernorat de Kebili et à l'Ouest par l'Algérie. La région est caractérisée par la présence de plusieurs sources géothermales réparties sur différentes zones (Fig. 1).

Le climat de la région est de type désertique caractérisé par un bilan hydrique annuel fortement déficitaire en permanence en raison des faibles précipitations (≤ 100 mm/an) avec des valeurs importantes de l'Evapotranspiration potentielle (ETP) (INM, 2015). L'amplitude thermique annuelle est de 21°C. La moyenne des minima du mois le plus froid est comprise entre 3 et 5°C et celle du mois le plus chaud dépasse 40°C (ODS, 2018).

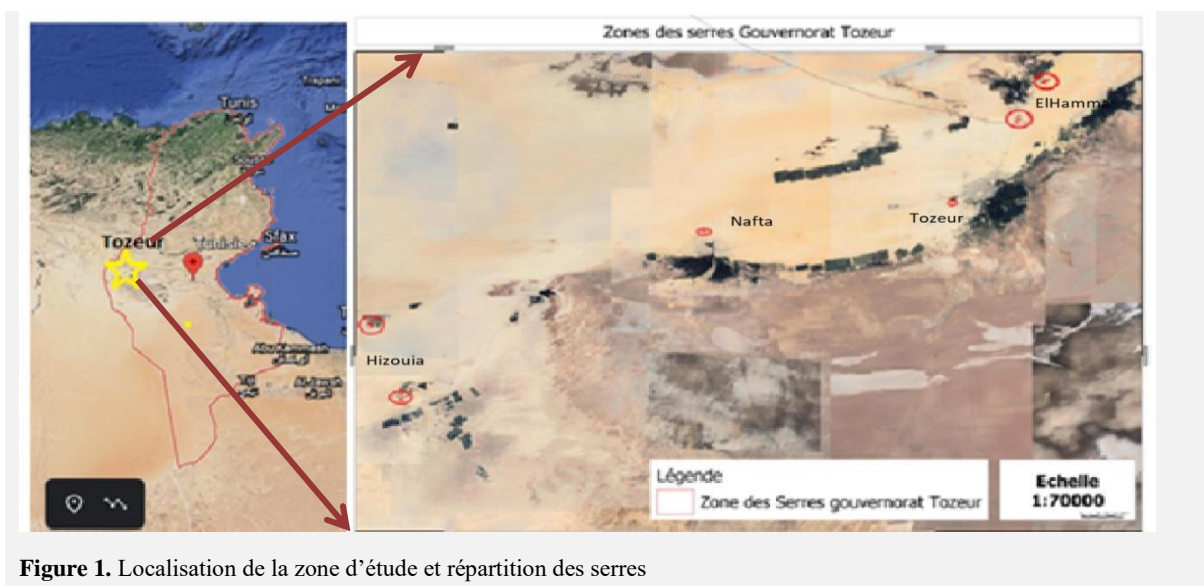


Figure 1. Localisation de la zone d'étude et répartition des serres

2.2 Approche méthodologique

La démarche adoptée dans cette étude est fondée sur :

- une analyse de données collectées auprès du Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA) Tozeur.
- des visites de terrain et des enquêtes menées auprès d'une vingtaine de producteurs dans les différents sites géothermales du Gouvernorat de Tozeur. La description et l'évaluation des techniques culturales adoptées, ainsi que les majeurs problèmes rencontrés, sont les principales données relatives à ces enquêtes
- des analyses au niveau du laboratoire portant sur la caractérisation physico-chimique des eaux des différents forages et du sol.

3. Résultats et discussion

3.1 La géo-serriculture dans la région de Tozeur

La quasi-totalité des périmètres géo-serricoles de la région de Tozeur s'intègrent dans des petits projets ne dépassant pas 0.5 ha de superficie. Le nombre des moyennes exploitations (0.5-3 ha) est très limité. La géothermie tient une place considérable dans l'activité agricole du Gouvernorat de Tozeur comme l'atteste le nombre de périmètres géothermiques qui est de 11 (Fig. 2). La région d'El Hamma occupe la première place en nombre de serres irriguées et chauffées par les eaux géothermales (156 serres en 217-2018 et 158 serres en 2018-2019). Le périmètre d'El Hamma 1 bis est un périmètre destiné exclusivement pour le géo-serriculture; l'activité oasisienne n'est pas intégrée.

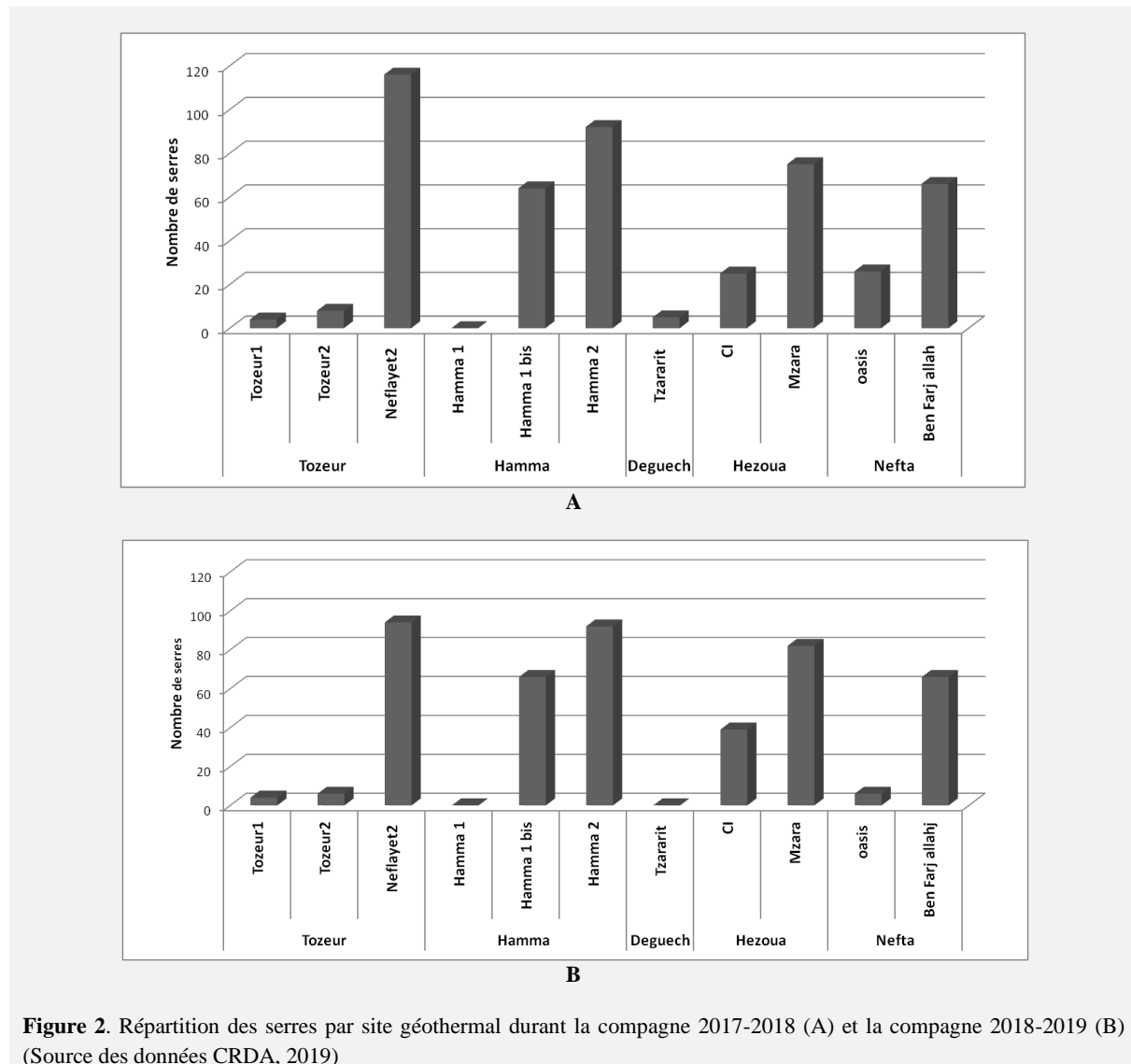


Figure 2. Répartition des serres par site géothermal durant la campagne 2017-2018 (A) et la campagne 2018-2019 (B) (Source des données CRDA, 2019)

3.2 Evolution décennale de système géo-serricole

3.2.1 Evolution des superficies des serres

En termes de superficie, l'étude de l'évolution décennale de la géo-serriculture dans les différents périmètres géothermiques a révélé qu'elle est fluctuante durant la période 2007-2013. Un pic d'exploitation des serres a été noté durant la saison 2012-2013, depuis, une régression et une quasi-constance des superficies lors des trois dernières campagnes ont été enregistrées (Fig. 3).

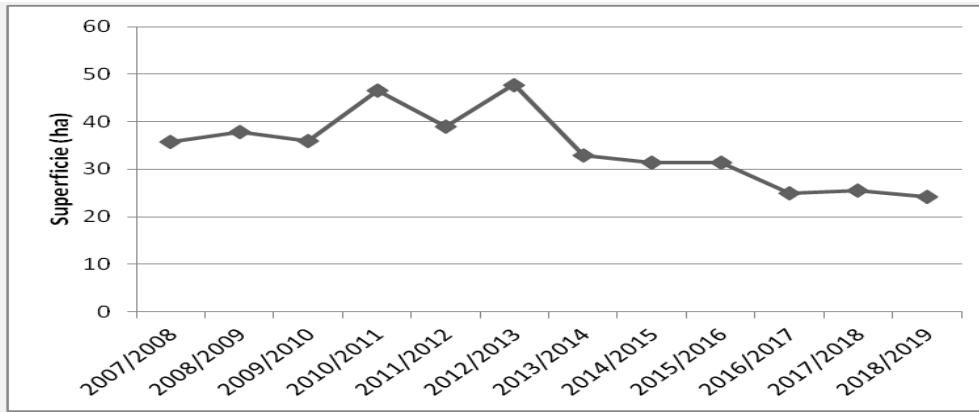


Figure 3. Evolution de superficies des serres irriguées et chauffées par les eaux géothermales (2007-2018/ 2018-2019) (Source des données CRDA, 2019).

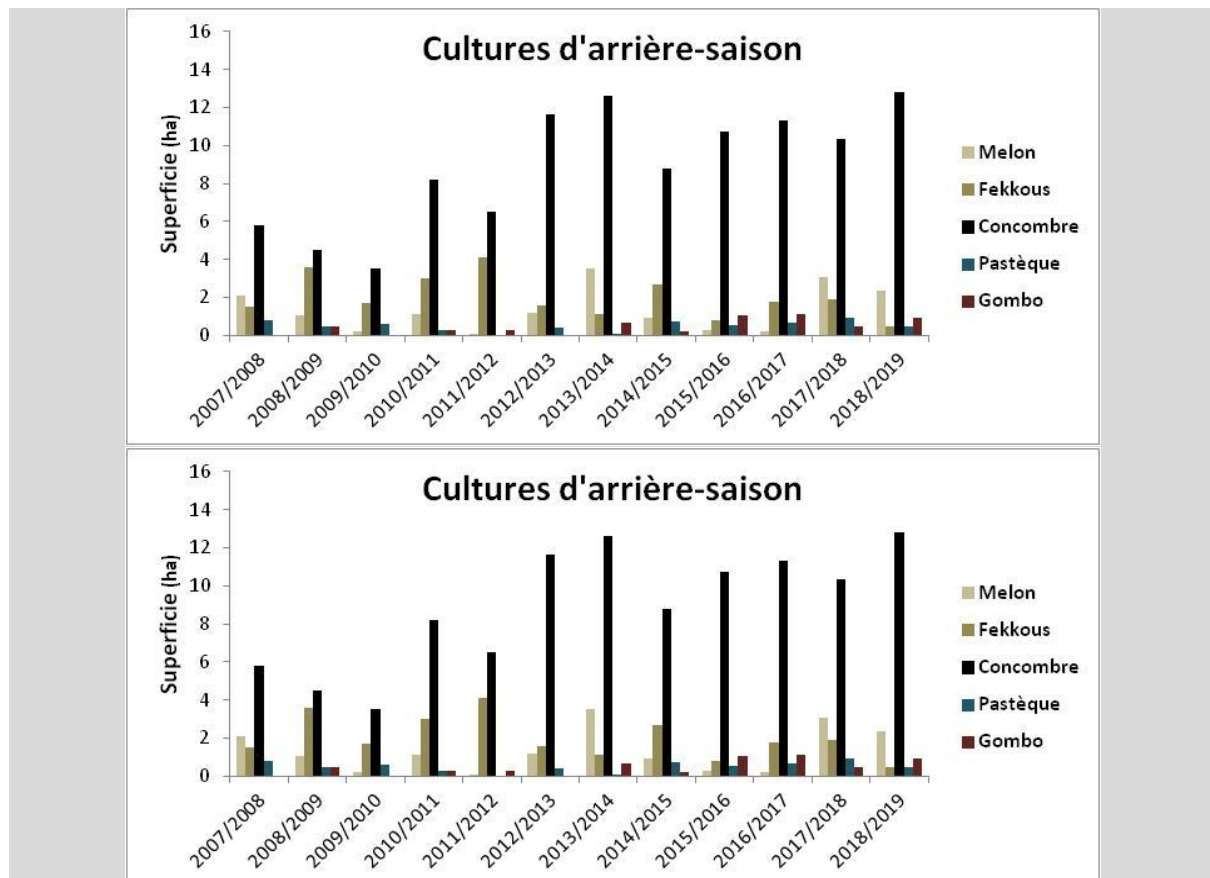
3.2.2. Evolution des superficies par culture

L'analyse de la répartition des serres par type de culture (Fig. 4) fait apparaître que le concombre est la spéculacion la plus dominante. Néanmoins on note à partir de la campagne 2012-2013 une augmentation des superficies des cultures de concombre produites en arrière saison au dépond de celles produites comme cultures de primeurs.

Cultivée en continue, la culture de tomate occupe la deuxième place. A partir de la campagne 2014-2015 une nette diminution des superficies des cultures de tomate a été observée contre une augmentation des superficies de piment.

Bien qu'elle a été réputée par la production de melon de primeurs, la région de Tozeur avec tous ses pôles géothermales a enregistré une baisse notable voir absence dans la production de melon de primeurs et ce à partir de la campagne 2012-2013.

D'autres cultures de moins importance sont également cultivées et dont la production est destinée principalement au marché local tels que l'aubergine et le gombo.



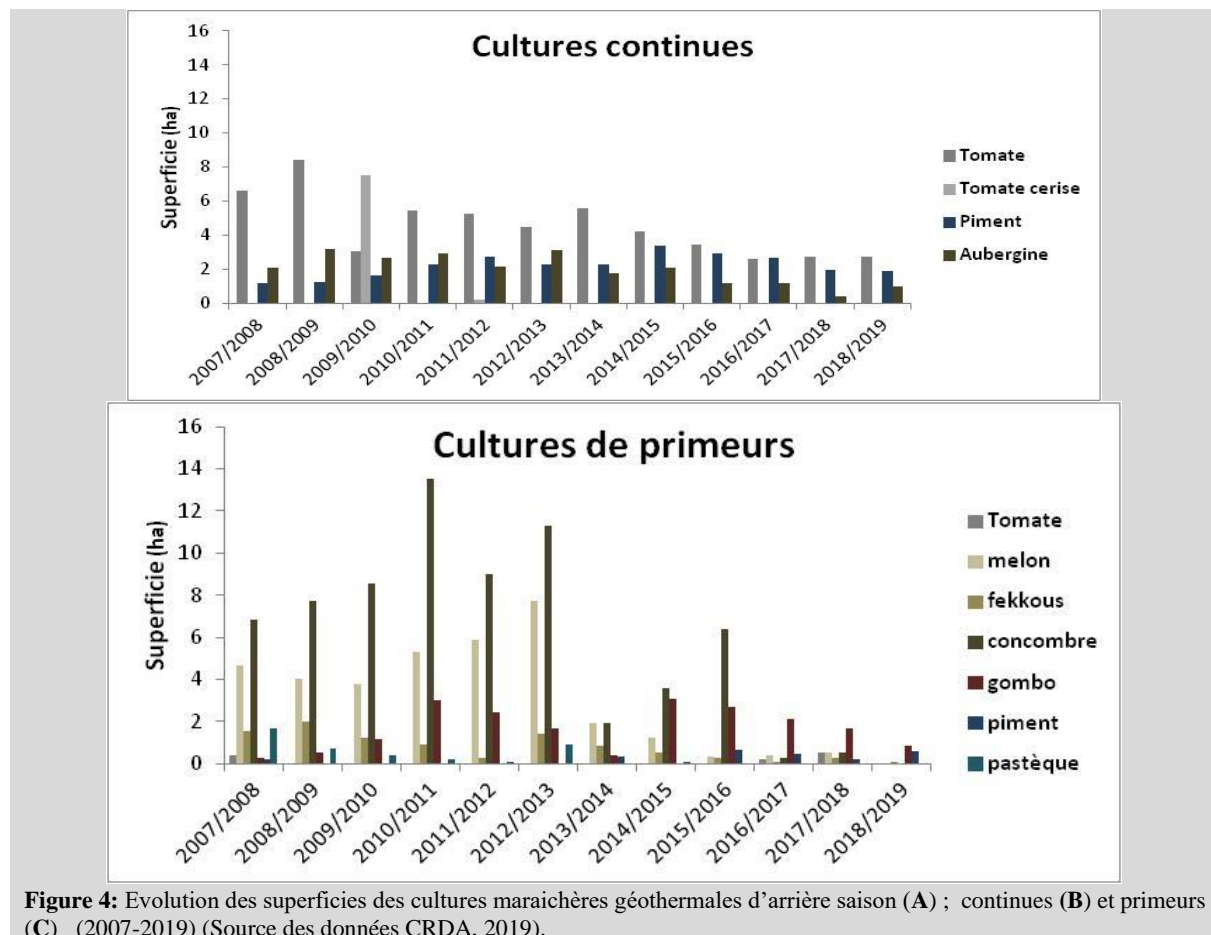


Figure 4: Evolution des superficies des cultures maraichères géothermales d’arrière saison (A) ; continues (B) et primeurs (C) (2007-2019) (Source des données CRDA, 2019).

3.2.3 Evolution des superficies par saison de culture

Etant crée pour valoriser l’énergie géothermale et produire ainsi principalement des cultures de primeurs, la géoserriculture, s’est devenue depuis 2013-2014 destinée majoritairement à la production de cultures d’arrière saison. En 2018-2019, un effondrement des surfaces allouées pour la production des cultures de primeurs a été enregistré (6.6% de cultures de primeurs contre 70.1% de cultures d’arrière-saison) (Fig. 5).

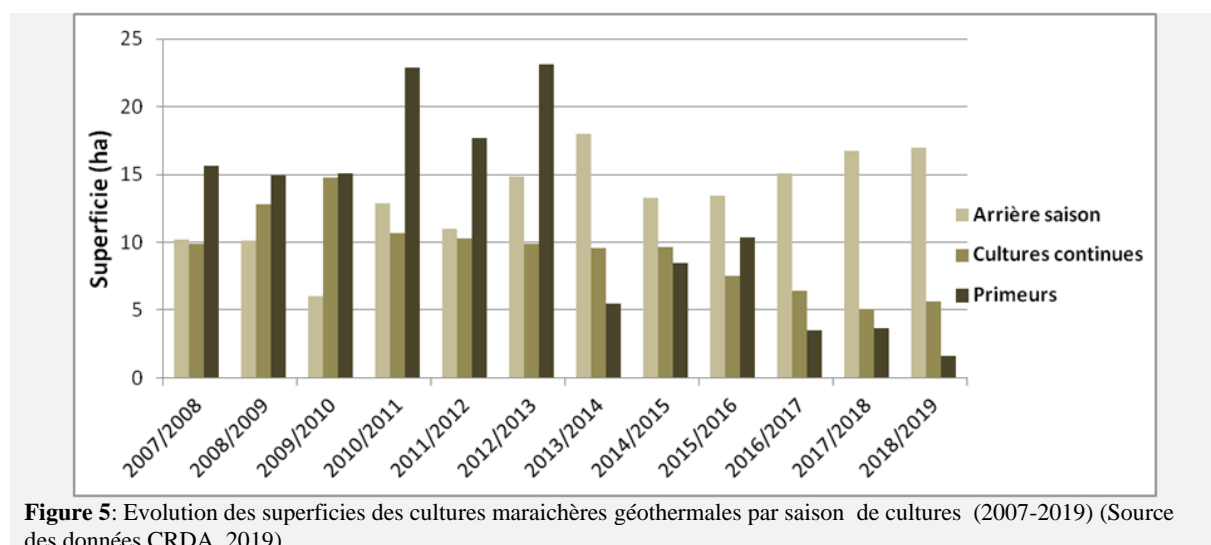


Figure 5: Evolution des superficies des cultures maraichères géothermales par saison de cultures (2007-2019) (Source des données CRDA, 2019).

3.3 Caractérisation de système géo-serricole dans la région de Tozeur

3.3.1 Description des serres

A l’exception d’une seule serre mutichapelle dans la région de Nefta, la totalité des serres existantes sont de type mono-tunnel couvertes par des films plastiques agricoles. Ces serres couvrant 510 m², sont équipées par un système de chauffage combiné du sol et de l’air qui fait circuler l’eau chaude via des

tubes en polypropylène (PP) annelées. La période critique de chauffage dans cette région s'étend du mois de Novembre jusqu'au mois de Mars avec 3 mois de pics qui sont Décembre, Janvier, Février. Chaque serre reçoit un débit de chauffage de 0,3 l/s d'eau chaude à 65 à 70°C.

La totalité des agriculteurs enquêtés possèdent des bassins surélevés de 4 à 5 m destinée pour la collecte et le stockage de l'eau d'irrigation. L'irrigation ne se fait goutte à goutte et la distribution au sein des serres semble être moyenne. Certains agriculteurs prospectés font une compartimentation du bassin pour pouvoir pratiquer une irrigation fertilisante spécifique pour les cultures, mais pour la majorité, le mode d'injection des fertilisants se fait à partir d'un seau en plastique suspendu au niveau de la serre.

3.3.2 Caractérisation des eaux

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation collectés montrent une gamme de pH comprise entre 6.5 et 7.7. Une grande variabilité spatiale des autres paramètres étudiés a été notée. La salinité la plus élevée a été enregistrée dans le périmètre de Hamma 1 avec une valeur de 7g/l et un Taux d'Absorption du Sodium (SAR) de l'ordre de 23. Les eaux de la région de Nefta sont les eaux les plus chargées avec un taux de Résidu Sec (RS) allant de 6 à 6.5 g/l (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques chimiques des eaux géothermales dans le gouvernorat de Tozeur durant la campagne 2018 2019.

| | | pH | Salinité (g/l) | RS (g/l) | SAR |
|----------------|---------------|-----|----------------|----------|-----|
| Tozeur | Tozeur1 | 6.9 | 3.3 | 3.7 | 12 |
| | Tozeur 2 | 7.2 | 3.2 | 3.5 | 13 |
| Nafta | Nafta Oasis | 6.9 | 3.0 | 6.5 | 8 |
| | Ben Frajallah | 7.2 | 2.4 | 6.0 | 7 |
| Hamma | Hamma1 | 6.5 | 7.0 | 3.0 | 23 |
| | Hamma1BIS | 6.6 | 2.3 | 5.0 | 9 |
| | Hamma2 | 7.2 | 2.4 | 2.1 | 11 |
| Deguech | Tazarit | 7.7 | 2.4 | 2.0 | 11 |
| Hezoua | Hizouwa | 6.8 | 2.1 | 3.1 | 6 |
| | Mzaara | 6.5 | 2.1 | 2.5 | 7 |

3.3.3 Caractérisation des sols

L'analyse granulométrique des sols *in situ* moyennant la Pipette de Robinson a montré que les sols de la région d'étude ont une texture sablonneuse avec la présence d'un taux remarquable de Gypse (Tableau 2).

Tableau 2: Analyse de la texture des sols *in situ* à différentes profondeurs

| | 20 cm | 40 cm | 60 cm | 80 cm | 100 cm |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Argile (%) | 6 | 11 | 8 | 9 | 6 |
| Limon (%) | 12 | 5 | 8 | 8 | 7 |
| Sable fin (%) | 25 | 24 | 27 | 26 | 27 |
| Sable grossier (%) | 53 | 56 | 54 | 52 | 56 |
| Sable totaux (%) | 81 | 84 | 83 | 80 | 80 |
| Taux de gypse % | 18 | 19 | 13 | 10 | 7 |

3.3.4 Techniques de production

La quasi-totalité des agriculteurs enquêtés adoptent les mêmes techniques de préparation du sol qui se résument dans le labour, le nivellement, le traçage des lignes jumelées de plantation et l'application de fumure de fond. Certains agriculteurs pratiquent la solarisation.

La fréquence d'irrigation est de trois fois par jour. Seule l'irrigation du midi est non fertilisante. Chaque irrigation dure environ un quart d'heure. Les agriculteurs ne pratiquent pas une irrigation selon les besoins des cultures mais d'une façon empirique. En effet, toutes les cultures ont le même calendrier d'irrigation. Les buses et les goutteurs ne sont pas bien entretenus ce qui rend la répartition de l'eau non uniforme au niveau de chaque serre.

Le profil variétal des principales cultures maraîchères pratiquées dans la zone d'étude sont représenté dans le tableau 2. Il est à noter que ces dernières années les agriculteurs ont eu recours aux plants greffés notamment pour la culture concombre et de tomate.

Tableau 3. Profil variétal des cultures conduites sous serres géothermales dans le gouvernorat de Tozeur

| Culture | Variété |
|-----------|--|
| Concombre | Vigourex, Acyilia, Festival, burgos, beltron |
| Melon | Pancha, Calipso, Protéo, Bari, Alma, Mansour |
| Tomate | Maria, Kawther, Amal, Paradizo, Pacal, , Palma |
| Fekkous | Vert sombre d'harmonie |
| Aubergine | Bonica, Alex |
| Gombo | Local |
| Piment | Starter, Andalous, piment local 'Djérid' |
| Pastèque | Sugar baby |

3.3.5 Principaux problèmes phytosanitaires

Le microclimat des serres chauffées par les eaux géothermales caractérisé par un excès d'humidité et des températures élevées, constitue un milieu favorable à l'appariation des maladies. La prospection faite sur les problèmes phytosanitaires dans la zone d'étude a décelé nombreux pathogènes et ravageurs.

Les principales maladies fongiques sont : pourriture grise causé par *Botrytis cinera*, Oïdium, Mildiou, dépérissement causé par *Monosporascus cannonballus* qui s'attaque principalement à la culture de melon et la fusariose causé par *Fusarium* sp. Les principaux insectes nuisibles sont : mineuse, noctuelle, mouche blanche, thrips, acariens, pucerons et *Tuta absoluta* qui a attaqué la culture de tomate et a causé d'énormes dégâts pendant ces dernières années allant jusqu'à la perte de production. Le problème de l'attaque des nématodes a été également décèle sur les cultures d'aubergines.

3.4. Diagnostic de l'état de système de production géo-serricole et perspectives d'une méthode de culture durable

L'évaluation globale de l'état de la géo-serriculture dans la région de Tozeur révèle que le système est en mode de dégradation. A l'issue des données relatives aux descriptifs de mode de conduite des serres, on peut juger qu'il s'agit d'un système de production classique non encore développé notamment en termes de technologie. Cette activité agricole est basée sur une exploitation intense des ressources eau et sol. Elle est dominée par des projets de caractère social visant à contribuer à la création d'emploi et améliorer le niveau économique de la région.

L'analyse de l'évolution décennale des superficies témoigne de la fragilité de ce secteur qui rend sa durabilité à l'épreuve. La chute remarquable des superficies des serres ces dernières années est tributaire au délaissement voir l'abandon de la pratique de la géoserriculture en faveur de la phoeniciculture. Des contraintes environnementales et socio-économiques sont en cause. Le diagnostic des résultats recueillis à travers les visites sur terrain et l'enquête fait ressortir plusieurs entraves qui heurtent ce système. Les principales contraintes environnementales se résument essentiellement dans la qualité de l'eau. Les valeurs de pH enregistrées (6.5-7.7) peuvent selon les normes décrites par Couture (2004) influencer la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation. Les valeurs de SAR avec les valeurs élevées de la salinité affectent sans doute le taux d'infiltration d'eau dans le sol et sa disponibilité aux plantes (Ayers et Westcot, 1994). Cette situation de salinisation continue des sols est aggravée par l'absence d'un réseau de drainage et le rejet des eaux de retour après chauffage au voisinage des serres. La baisse notable de superficies allouées à la production des primeurs constitue un indicateur montrant bien que le système a déraillé de ses objectifs escomptés. La régression voir l'abandon de la culture de melon, qui constitue l'unique produit de base pour l'exportation, peut être expliquée par deux majeurs problèmes. D'une part la salinisation des sols et la prolifération des maladies telluriques. D'autre part, la nature des projets existants qui sont des petits et des moyens projets avec un nombre entre 4 à 10 serres, entravant ainsi l'exportation notamment en absence des entreprises et des structures d'appui. Pour la culture de concombre de primeurs, l'effondrement du tourisme est la principale cause de sa régression. En effet ce produit était destiné exclusivement au marché local vers les hôtelleries pendant la période de la haute saison.

Parallèlement à ces problèmes, des contraintes techniques liées aux pratiques culturales adoptées par les agriculteurs enquêtés viendraient également pour intensifier la fragilité de ce système et accentuer la dégradation des ressources naturelles. L'application de la ferti-irrigation d'une façon marginale et non raisonnée aggrave l'accumulation des sels au niveau du sol d'où l'abandon des terres après quelques années d'exploitation. Les moyens de lutte généralement inappropriés et basés sur une utilisation abusive des pesticides, constituent avec le coût relativement élevé des autres intrants, une charge supplémentaire pour l'agriculteur. Certains problèmes liés aux techniques de pilotage de chauffage, d'irrigation et d'aération qui sont pour certains agriculteurs non encore maîtrisées sont également à craindre.

Face à cette complexité de contraintes environnementales et socio-économiques qui pèsent sur la viabilité de la géo- serriculture, différents outils d'aide doivent être développés. Il paraît impératif d'envisager une agriculture basée sur la gestion raisonnée et optimisée des facteurs de production. Afin de minimiser le problème de salinisation des sols, l'application des calendriers d'irrigation et de ferti-irrigation doivent tenir compte de la qualité de l'eau et des besoins de la plante pour chaque stade physiologique. De plus, l'application du lessivage des parcelles et l'entretien quotidien du système d'irrigation contribuent également à la réduction des sels accumulés en surface. Pour diminuer les traitements phytosanitaires, l'aération des serres et la solarisation des sols constituent deux principaux remèdes pour lutter contre la prolifération des maladies cryptogamiques et telluriques.

Pour revivifier le secteur, le système de production devrait tenir compte du contexte et des enjeux pour lesquelles il a été créé et qui est axé principalement sur la production de melon primeurs. Néanmoins ceci ne peut être possible en présence desdites contraintes, que par une nouvelle restructuration du système et des nouvelles stratégies commerciales orientées principalement vers l'exportation. Dès lors, les agriculteurs doivent s'organiser en groupes ou coopératives pour améliorer leur pouvoir de marché et minimiser les coûts totaux. La mise en place de la technique de culture hors sol pourrait être ainsi envisageable et qui sera une solution efficace pour atténuer les pressions exercées sur les ressources naturelles et gérer plus efficacement les contraintes environnementales.

4. Conclusion

L'analyse de la situation de la géo-serriculture dans la région de Tozeur, présentée dans cette étude, montre qu'il s'agit d'un secteur soumis à de fortes contraintes entraînant sa fragilité et remettant en cause sa durabilité. En se basant sur les problèmes cernés, l'application d'un scénario d'amélioration nécessite une planification participative tenant compte simultanément de l'aspect socio-économique et technique et intégrant tous les acteurs de la filière.

5. Références

- Ayers RS, Westcot DW (1994)** Water quality for agriculture, FAO irrigation and drainage paper n° 29
Rev. 174 pages.
- Ben Mohamed M, Said M (2008)** Geothermal Energy Development in Tunisia: Present Status and future Outlook, proceeding, 30 Th Anniversary Workshop.UNU-GT, Reykjavik, Iceland.
- Couture I (2004)** Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ Montérégie-Est. AGRI-VISION 2003-2004. 8 pages
- Haddad M (2003)** Evaluation de l'utilisation des eaux géothermiques pour la production des légumes sous abris serre au Nefzaoua (Sud-ouest tunisien) et impératifs de réhabilitation. Revue des Régions Arides 32 : 1-14.
- Verloot H (1983)** Amélioration du bilan thermique sous abri serre. Tropicultura 1(2): 59-69.
- INM (2015)** <https://www.meteo.tn/fr/Institutionnel/43>.
- Mougou A (1999)** Use of geothermal water in protected culture in the Mediterranean region. In :Ch ou kr-Allah R. (ed.). Protected cultivation in the Mediterranean region. Paris : CIHEAM / IAV Hassan II., p. 1 35-1 43 (Cahiers Options Méditerranéennes; n° 31)
- ODS (2018)** Le sud Tunisien en chiffres 2018. 87 pages. <http://www.ods.nat.tn/upload/CHIFSUD.pdf>
- Said M (1998)** Utilisation des eaux géothermales dans la production des cultures sous serres chauffées dans le gouvernorat de Gabes : Diagnostic, contraintes et perspectives CRDA Gabes, 7 pages.