



المجلة الجزائرية للمناطق الجافة
Journal Algérien des Régions Arides (JARA)
Algerian Journal of Arid Regions

Research Paper

**Analyse du bilan énergétique pour la production de la plasticulture, étude de cas:
 Wilaya de Biskra**

Analysis of Energy balance for greenhouse vegetable production, case of study: Biskra province

Ahmed NOURANI^{1*}, Abdelali BENCHEIKH²

1. Scientific and Technical Research Centre for Arid Areas (CRSTRA), Biskra, Algeria.
2. Science of Nature and Life Department of SNV, The African University Ahmed Draia, Adrar, Algeria.

Received: 11 November 2019 ; Accepted: 18 November 2019; Published: December 2019

Abstract

This work aims to determine the energy used for greenhouse vegetable production at the province of Biskra (Algeria). A survey has been conducted using face to face questionnaire in order to analyze the energy efficiency. The results show that the total energy required for greenhouse vegetable production is 119.68 GJ per hectare where infrastructure was the highest energy consumer, followed by electricity and fertilizers with a share of 22%, 20% and 19%, respectively. The efficiency of energy use was calculated at 0.82, which shows the inefficiency of energy use in the production of protected vegetables. All farmers use less energy from machinery in hectare compared to human energy, as the cultural route is similar for all greenhouses surveyed.

Key Words: protected vegetable – greenhouse – input-output analysis – energy- Biskra.

Résumé

Ce travail vise à déterminer l'énergie utilisée pour la production de légumes de serre dans la wilaya de Biskra (Algérie). Une enquête a été réalisée à l'aide de questionnaires face à face afin d'analyser l'efficacité énergétique. Les résultats montrent que l'énergie totale requise pour la production de légumes de serre est de 119,68 GJ par hectare, où l'infrastructure était le plus gros consommateur d'énergie, suivie de l'électricité et des engrais avec une part de 22%, 20% et 19%, respectivement. L'efficacité de l'utilisation de l'énergie a été calculée à 0,82, ce qui montre l'inefficacité de l'utilisation de l'énergie dans la production de légumes protégés. Tous les agriculteurs utilisent moins d'énergie provenant de machines en hectares que l'énergie humaine, car l'itinéraire culturel est similaire pour toutes les serres étudiées.

Mots Clés : légume protégé - serre - analyse entrées-sorties - énergie - Biskra.

* Corresponding author : **NOURANI Ahmed**
 E-mail address: nourani.ahmed@crstra.dz



1. Introduction

Au cours des deux dernières décennies, l'Algérie a connu un développement agricole remarquable, favorisé par la prospérité des cultures maraîchères sous serres, en raison des conditions climatiques favorables et de la politique du gouvernement (Nourani and Bencheikh, 2017). À la suite de ce développement, la wilaya de Biskra devient le premier producteur national de légumes précoces (Allache et al., 2015), où la surface occupée par les serres a augmenté de 528,52% au cours des 20 dernières années (Belhadi et al., 2016)

Prise en compte des ressources naturelles limitées et de l'impact de l'utilisation de différentes sources d'énergie sur l'environnement et la santé humaine; il est important d'étudier les modes d'utilisation de l'énergie en agriculture (Samavatean, 2011). Par conséquent, les efforts de recherche ont mis l'accent sur l'analyse énergétique et économique de diverses productions agricoles pour la planification des ressources dans l'écosystème (Singh et al., 2002). Plusieurs travaux à travers le monde ont été menés pour estimer l'utilisation d'énergie dans la production de légumes sous serre, tels que: Ozkan et al. (2004), Elings et al. (2005), Campiglia et al. (2007), Djelic et Dimitrijevic (2009), Ozkan et al. (2011), Pahlavan et al. (2011), Heidari et Omid (2011), Bojacá et al. (2012), Baptista et al. (2012) et Hedau et al. (2014). Cependant, aucune étude n'a été publiée sur l'analyse intrant-extrant énergétique de la production de légumes sous serre en Algérie.

Tenant compte de ces observations, cette étude aborde la question de l'utilisation de l'énergie dans la production de légumes sous serre, afin d'étudier l'efficacité énergétique pour la plasticulture dans la wilaya de Biskra, au sud de l'Algérie.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone d'étude:

Selon Rekibi (2015), la Wilaya de Biskra occupe plus de 32% de la production nationale de cultures protégées, ce qui en fait le premier producteur de légumes précoces en Algérie. Les légumes les plus produits sont la tomate, le concombre, l'aubergine et le poivron. Pour cette raison, cette étude a été réalisée dans cette région. La zone d'étude est située au sud-est du pays, aux portes du Sahara. La hauteur au-dessus du niveau de la mer est de 112 m, ce qui en fait l'une des villes les plus basses. Le chef-lieu de la province est situé à 400 km de la capitale, Alger. Elle a une superficie de 21671 km², divisée en 12 Daïra (Fig. 1). Biskra a un climat chaud et désertique, avec des étés très chauds et secs et des hivers doux avec des précipitations annuelles moyennes de 120 à 150 mm / an. La température moyenne annuelle est de 20.9 ° C.

2.2. Enquête

Une enquête a été menée dans la wilaya de Biskra au cours de la saison 2014-2015. L'étude a utilisé des entretiens personnels directs à l'aide de questionnaires composés de sections fournissant les caractéristiques économiques, les pratiques et la gestion de la ferme. Les données ont été recueillies auprès de 65 agriculteurs représentant 5% des serristes des six daïras les plus productrices, à savoir: M'ziraa, Ainnaga, Sidi Okba, Elaghrou, Doucen et Lioua (Fig. 1). Dans cette région, les légumes les plus produits sont la tomate, le concombre, l'aubergine et le poivron.

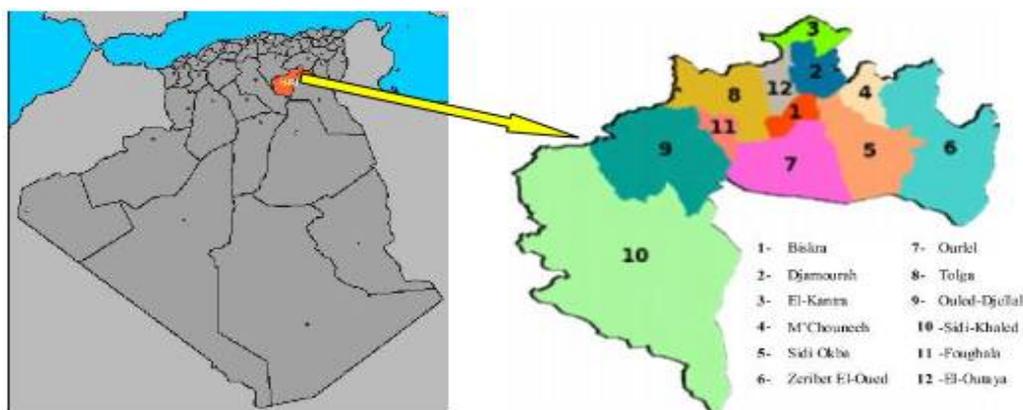


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

2.3. Mesure des entrées-sorties de l'énergie

Les besoins en énergie dans l'agriculture sont divisés en deux groupes, direct et indirect (Samavatean, 2011). Dans cette étude, l'énergie directe comprend le travail humain, le diesel, l'eau pour l'irrigation et l'énergie indirecte comprend les semences, les engrais, le fumier de ferme, les produits chimiques, les machines et les infrastructures. Sur la base des équivalents énergétiques des entrées et des sorties (tableau 1), l'énergie métabolisable a été calculée. L'énergie renouvelable (ER) comprend le travail humain, les semences, le fumier et l'eau pour l'irrigation, tandis que l'énergie non renouvelable (ERN) comprend les machines, le carburant diesel, l'électricité, les infrastructures, les engrais et les produits chimiques.

Tableau 1: Facteurs équivalents en énergie utilisés pour transformer les intrants et les rendements du système de production de tomates de serre dans la région de Biskra

Source d'énergie	Unité Équivalent	énergétique (Mj/unité)	Référence
Intrants			
Travail humain	h	1.96	Singh et al. (2002)
Machinerie	h	62.7	Singh et al. (2002)
Diesel	l	45.4	Bojacá et al. (2012)
Infrastructure	kg		
Acier		33	Medina A, et al (2006)
Polyéthylène		9.9	Medina A, et al (2006)
Fibre synthétique		1.2	Medina A, et al (2006)
PVC		11.6	Medina A, et al (2006)
Les engrais	kg		
N		60.6	Ozkan et al. (2004)
P 2O5		11.1	Ozkan et al. (2004)
K2O		6.7	Ozkan et al. (2004)
Fumier	kg	0.3	Bojacá et al. (2012)
Pesticides	kg		
Fongicides		216	Mohammadi and Omid (2010)
Insecticides		101.2	Mohammadi and Omid (2010)
Matières végétales			
Plantules	unit	0.2	Bojacá et al. (2012)
Eau pour l'irrigation	m ³	0.63	Bojacá et al. (2012)
Électricité	(kW h)	3.6	Ozkan et al. (2004)
Sortant			
Tomate, concombre, aubergine, poivron	kg	0.8	Ozkan et al. (2004)

Pour analyser le flux d'énergie, les indices de ratio d'énergie (efficacité d'utilisation de l'énergie) (ER), d'énergie nette (EN) et de productivité énergétique (EP) ont été calculés comme suit:

$$\text{Efficacités énergétique (ER)} = \frac{\text{énergie produit (MJ / ha)}}{\text{énergie fournie (MJ / ha)}}$$

$$\text{Productivité énergétique (PE)} = \frac{\text{Production totale (kg / ha)}}{\text{énergie fournie (MJ/ha)}}$$

$$\text{Energie nette (EN)} = \text{énergie produite (MJ / ha)} - \text{énergie fournie (MJ / ha)}$$

$$\text{Energie spécifique} = \frac{\text{énergie fournie (MJ/ha)}}{\text{rendement (kg/ha)}}$$

3. Résultats et Discussions

Les données ont été recueillies auprès de 65 producteurs de serristes de la wilaya de Biskra. La taille moyenne des exploitations est d'environ 2,1 ha et varie de 0,25 à 12,75 ha. Toutes les serres étudiées étaient des tunnels et des Canariennes. Les données ont également montré que la quasi-totalité des superficies couvertes par une serre étaient irriguées au goutte-à-goutte et qu'environ 73% des exploitations visitées étaient des propriétés privées et 27% étaient louées. Les informations résumées sur le modèle d'utilisation de l'énergie et la valeur de rendement de la production de légumes sont présentées dans le tableau 2, tandis que la figure 2 donne la répartition en pourcentage des intrants énergétiques.

Tableau 2 : Quantité d'énergie entrés et sortie dans la production de légumes sous serre

Energy source	Quantity per unit area (ha)	Total Energy equivalent (Mj unit ⁻¹)
Input		
Travail humain (h)	3457,03	6775,78
Machinerie (h)	31,38	1967,25
Diesel (l)	129,02	5857,41
Infrastructure (kg)		
Acier	146,68	4840,31
Polyéthylène	2082,54	20617,14
Fibre synthétique	105,81	126,97
PVC	130,82	1517,46
Les engrais (kg)		
N	278,86	16899,13
P ₂ O ₅	354,66	3936,76
K ₂ O	274,50	1839,16
Fumier (kg)	47742,54	14322,76
Pesticides (kg)		
Fongicides	10,30	2224,12
Insecticides	96,47	9762,64
Matières végétales (unité)		
Plantules	17232	3446,35
Eau pour l'irrigation (m ³)	3154,00	1987,02
Électricité (kWh)	6544,84	23561,42
Sortant		
Tomate, concombre, aubergine, poivron (kg)	122095,24	97676,19

Les résultats ont révélé que l'énergie totale requise pour la production des légumes sous serre est de 119,68 GJ par hectare. Par rapport à une autre étude, en Turquie, la consommation d'énergie du concombre, de la tomate, des aubergines et du poivre était de 134,77, 127,32, 98,68 et 80,25 GJ/ha, respectivement (Ozkan et al., 2004). Dans le centre de l'Italie, les besoins énergétiques totaux pour la production de cultures légumières de serre se situaient entre 64 232 et 142 835 GJ/ha (Campiglia et al., 2007). Ces résultats indiquent que la consommation d'énergie pour la production de légumes sous serre est différente d'une région à l'autre, avec une variation légère. Parmi les différentes sources d'énergie, l'infrastructure était le plus gros consommateur d'énergie, suivie de l'électricité et des engrais, avec une part de 22%, 20% et 19%, respectivement. Ce résultat est conforme à celui trouvé par Medina et al. (2006), selon lequel la plus grande partie de la consommation d'énergie en Colombie provient de la construction de serres avec 41,29% de la consommation totale d'énergie et la majeure partie de cette énergie est attribuée à l'acier.

La proportion de l'apport énergétique en engrais, pesticides, main d'œuvre humaine, huile diesel, plantules, eau et machines utilisées pour la culture de légumes sous serres (tomates, concombres, aubergines, poivrons) était de 12%, 10%, 6%, 5%, 3%, 2% et 1%, respectivement. À Antalya (Turquie), des travaux similaires ont montré que la plus grande partie de l'énergie consommée était sous forme d'engrais (38,22%), d'électricité (27,09%), de lisier (17,33%) et de mazout diesel (13,65%). (Ozkan et al., 2011), tandis que, parmi les sources d'énergie utilisées, le carburant diesel et les engrais contenaient la plus haute énergie, avec 54,17% à 49,02% et 21,64% à 24,01%, respectivement (Heidari et Omid, 2011). Cette comparaison montre que chaque région a une spécificité en termes de partage des intrants énergétiques.

Les engrais et le fumier, nécessaires pour fertiliser le sol, sont de 48650,56 kg / ha, avec près du tiers de l'énergie totale consommée (31%). Cette observation est une croyance commune entre les agriculteurs selon lesquelles l'utilisation accrue d'engrais et de fumier augmentera le rendement. 3457,03 heures de puissance humaine et 31,38 heures de puissance de machine sont nécessaires par un hectare dans la zone de recherche. L'itinéraire des cultures est essentiellement similaire pour toutes les cultures en serre, de plus il est généralement effectué par énergie du travail humain (6%) par rapport à l'énergie des machines (1%). La source de main-d'œuvre humaine dans les exploitations ayant fait l'objet d'une enquête provient de membres de la famille ou principalement de travailleurs (saisonniers) embauchés. En outre, 5857, 41 MJ/ha de carburant diesel étaient généralement utilisés pour le fonctionnement de machines et la plupart des machines étaient principalement fournies par la location.

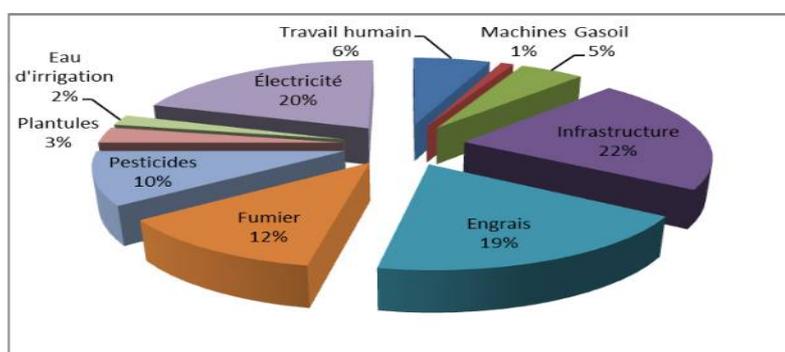


Figure 2: Répartition en pourcentage des intrants énergétiques dans la production de légumes sous serre.

Le tableau 3 présente l'efficacité énergétique, la productivité énergétique, l'énergie spécifique et l'énergie nette de la production de légumes protégés.

Tableau 3 : Ratio entrées / sorties d'énergie dans la production de légumes de serre

Désignation	Unité	Production de légumes sous serre
Energie fournie	MJ ha ⁻¹	119681,69
Energie produite	MJ ha ⁻¹	97676,19
Rendement	kg ha ⁻¹	122095,24
Efficacités énergétique	---	0,82
Énergie spécifique	MJ kg ⁻¹	0,98
La productivité énergétique	kg MJ ⁻¹	1,02
Énergie nette	MJ ha ⁻¹	-22005,50

Le rendement énergétique utilisé (rapport énergétique) a été calculé à 0,82, ce qui montre l'utilisation inefficace de l'énergie dans la production de légumes sous serre. Autres résultats révélés sur les légumes sous serre, tels que 0,66 pour la tomate (Pahlavan et al., 2011), 0,76 pour le concombre, 0,61 pour l'aubergine, 0,99 pour le poivron (Ozkan et al., 2004), 0,32 pour la tomate, 0,31 pour le concombre, 0,23 pour les aubergines, 0,19 pour le poivre (Canakci et Akinci, 2006) ont été rapportés pour différentes cultures, ce qui montre une utilisation inefficace de l'énergie. Il est donc conclu que la consommation énergétique peut être élevée en augmentant du rendement de la culture et / ou en diminuant l'apport d'énergie. Des résultats similaires, tels que 0,68 pour la tomate (Bojacá et al., 2012), pour le concombre et la tomate, ont été calculés respectivement à 0,69 et 1,48 (Heidari et Omid, 2011) 0,8 pour la tomate de culture d'hiver (Ozkan et al., 2011).

La productivité énergétique moyenne des légumes sous serre était de 1,02 kg/MJ. Cela signifie que 1,02 kg de production de tomates, de concombres, de poivrons ou d'aubergines ont été obtenus par unité d'énergie. L'énergie spécifique et l'énergie nette de la production de légumes sous serre étaient respectivement de 0,98 MJ/kg et de -22005,50 MJ/ha. L'énergie nette est négative (inférieure à zéro). Par conséquent, on peut conclure que dans la production de légumes sous serre, de l'énergie est perdue et que ce résultat similaire à celui obtenu par d'autres chercheurs tels que Ozkan et al. (2004), Canakci et Akinci (2006) et Pahlavan et al. (2011). Des études parallèles obtiennent 0,31 MJ/kg (Ozkan et al., 2004), 12380,3 MJ/t (Hatirli et al., 2006) et 0,94 kg / MJ (Ozkan et al., 2011) pour l'énergie spécifique de la production de maïs.

Le tableau 4 indique l'apport énergétique moyen total sous forme directe, indirecte, renouvelable et non renouvelable.

Tableau 4 : Intrants énergétiques totaux sous forme directe, indirecte, renouvelable et non renouvelable pour la production de légumes

Forme d'énergie	(MJ ha ⁻¹)	%
Énergie directe	38181,63	31,90
Énergie indirecte	81500,06	68,10
Énergie renouvelable	26531,92	22,17
Énergie non renouvelable	93149,77	77,83

L'apport énergétique total consommé pourrait être classé comme énergie directe (31,90%), énergie indirecte (68,10%) et énergie renouvelable (22,17%) et énergie non renouvelable (77,83%). Un certain nombre de résultats, dans le même système de culture, ont révélé que pour la tomate en Turquie, l'énergie indirecte (41,54%) était inférieure à celle de l'énergie directe (58,18%) et l'énergie renouvelable (81,60%) était supérieure à celle de l'énergie non renouvelable. (18,12%) (Ozkan et al., 2011) alors que pour la même culture et la même région, les résultats montrent que la part de l'énergie absorbée directe était de 59% dans l'apport énergétique total, contre 41% pour l'énergie indirecte. D'autre part, les énergies non renouvelables et renouvelables ont représenté respectivement 88% et 12% de l'apport énergétique total (Hatirli et al, 2006).

Conclusion

Ce travail visait à analyser le bilan énergétique de la production du légume sous serre dans la Wilaya de Biskra. Pour cette raison, une enquête a été menée auprès de 65 agriculteurs. Les résultats révélés par cette étude pourraient être présentés comme suit:

- L'énergie totale requise pour la production de légumes protégés est de 119,68 GJ par hectare, ce qui est proche de celle rapportée dans les études préliminaires (Ozkan et al., 2004).
- Parmi les différentes sources d'énergie, l'infrastructure était le plus gros consommateur d'énergie, suivie de l'électricité et des engrais avec une part de 22%, 20% et 19%, respectivement.
- Chaque région a une spécificité en termes de partage des intrants énergétiques.
- L'efficacité énergétique (ratio énergétique) a été établie à 0,82, ce qui montre l'utilisation inefficace de l'énergie dans la production de légumes protégés.
- La valeur brute de la production est de 57384,76 \$ / ha.
- Les agriculteurs tout entiers utilisent moins d'énergie fournie par machine par rapport celle fournie par la main-d'œuvre. Nous pourrions donc dire que l'itinéraire cultural est presque similaire pour toutes les exploitations visitées.

Comme recommandations, les propositions ci-dessous pourraient améliorer le contrôle du flux d'énergie dans la production de légumes protégés et de permettre également à l'agriculteur d'améliorer sa situation financière, à savoir:

1. fournir une formation, par un employeur qualifié, aux agriculteurs pour avoir modifié leurs comportements incorrects et pour mieux contrôler l'intrant.
2. Améliorer la lutte antiparasitaire à l'aide d'une méthode de lutte intégrée.
3. Élaboration d'une stratégie pour introduire la machine dans l'exploitation agricole et pour promouvoir la filiale de machinisme agricoles.

Reconnaissance

Cette recherche a été financée par le Centre de recherche scientifique et technique pour les zones arides (CRSTRA) de Biskra, en Algérie. Nous exprimons notre gratitude au spécialiste de l'agriculture pour son aide dans ce travail. Nous remercions tout particulièrement les agriculteurs qui ont participé à cette enquête.

Références bibliographiques

- Allache F, Bouta Y and Demnati F (2015) Population development of the tomato moth *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato in Biskra, Algeria. *Journal of Crop Protection* 4(4): 509-517.
- Baptista FJ, Silva AT, Navas LM, Guimarães AC and Meneses JF (2012) Greenhouse Energy Consumption for Tomato Production in the Iberian Peninsula Countries. *Proc. IS on GreenSys2011. Acta Hort.* 952, ISHS 2012: p-409.
- Belhadi A, Mehenni M, Reguieg L and Yekhlef H (2016) Plasticulture contribution to agricultural dynamism in the ziban region (biskra). *Revue Agriculture. Numéro spécial* (1) 93-99.
- Bojacá CR, Casilimas HA, Gil R and Schrevens E (2012) Extending the input/output energy balance methodology in agriculture through cluster analysis. *Energy*, 47: 465-470.

- Canakci M and Akinici I (2006) Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, 31, 1243-1256.
- Campiglia E, Colla G, Mancinelli R, Roupael Y, Marucci A (2007) Energy Balance of Intensive Vegetable Cropping Systems in Central Italy. Proc. VIIIth IS on Protected Cultivation in Mild Winter Climates. *Acta Hort.* 747, ISHS 2007: 185-192.
- DSA, 2012. Direction des services agricoles. Wilaya de Biskra.
- Djelic M. and Dimitrijevic A (2009) Energy consumption for different greenhouse constructions. *Energy*, 34: 1325–1331.
- Elings A, Kempkes FLK, Kaarsemaker RC, Ruijs MNA, van de Braak NJ and Dueck TA (2005) The Energy Balance and Energy-Saving Measures in Greenhouse Tomato Cultivation. Proc. IC on Greensys. *Acta Hort.* 691, ISHS 2005 : 67-74.
- Hatirli SA, Ozkan B and Fert C (2006) Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy*, 31: 427–438.
- Heidari MD and Omid M (2011) Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. *Energy* 36: 220-225.
- Hedau NK, Tuti MD, Stanley J, Mina BL, Agrawal PK, Bisht JK and Bhatt JC (2014) Energy-use efficiency and economic analysis of vegetable cropping sequences under greenhouse condition. *Energy Efficiency*, 7 (3): 507-516.
- Medina A, Cooman A, Parrado CA and Schrevens E (2006) Evaluation of Energy Use and Some Environmental Impacts for Greenhouse Tomato Production in the High Altitude Tropics. Proc. IIIrd IS on HORTIMODEL2006. *Acta Hort.* 718, ISHS 2006: 415-422.
- Mohammadi A and Omid M (2010) Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran, *Appl. Energy*, 87:191-196.
- Nourani A and Bencheikh A (2017) Energy input-output analysis and mechanization status estimation for greenhouse vegetable production in Biskra province (Algeria). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(4): 76–82.
- Ozkan B, Figen Ceylan R, Kizilay H (2011) Comparison of energy inputs in glasshouse double crop (fall and summer crops) tomato production. *Renewable Energy*, 36: 1639-1644.
- Ozkan B, Kurklu A and Akcaoz H (2004) An input--output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy*, 26: 189-95.
- Pahlavan R, Omid M and Akram A (2011) Energy use efficiency in greenhouse tomato production in Iran. *Energy* 36: 6714-6719.
- Rekibi F (2015) Analyse compétitive de la filière tomate sous serre. Cas de la Wilaya de Biskra. Thèse de magistère. Mohamed Kheider university, Biskra.
- Singh H, Mishra D and Nahar NM (2002) Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India-Part I. *Energy Conversion Manage*, 43: 2275-86
- Samavatean N, Rafiee S and Mobli H (2011) An Analysis of Energy Use and Estimation of a Mechanization Index of Garlic Production in Iran. *Journal of Agricultural Science* 3 (2): 198-205.