



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة باجي مختار - عنابة  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT

Spécialité: Biologie Végétale

Intitulée

Valorisation des sous produits de quatre variétés  
de tomate industrielle (*Solanum esculentum* L)  
dans l'Est algérien

Presentée par: M<sup>me</sup>. BOUZAATA Chouhaira

Membres de Jury:

|                            |      |              |                       |
|----------------------------|------|--------------|-----------------------|
| Mr TAHAR Ali               | Prof | Président    | Université d'Annaba   |
| Mme BENNADJA Salima        | Prof | Directeur    | Université d'Annaba   |
| Mme TLILI-AIT KAKI Yasmina | Prof | Examinatrice | Université d'Annaba   |
| Mr CHEFROUR Azzedine       | Prof | Examineur    | Université Souk-Ahras |
| Mme SEDDIK Sihem           | MCA  | Examinatrice | Université Souk-Ahras |
| Mme BEN DJEDDOU Amel       | MCA  | Examinatrice | Université Souk-Ahras |

Année universitaire: 2015 - 2016.

## **Remerciements**

*Mes plus vifs remerciements vont d'abord à mon directeur de thèse M<sup>me</sup> BENNADJA Salima (Professeur de l'Université d'Annaba) pour tout ce qu'elle a pu m'apporter tout au long de ces années. Avec sa modestie, sa gentillesse, sa rigueur scientifique, et surtout sa disponibilité avec une grande patience et compréhension. Vraiment elle m'a fait l'honneur et le plaisir de diriger mon travail.*

*J'exprime toute ma gratitude à Mr TAHAR Ali (Professeur de l'Université d'Annaba) pour avoir accepté de présider ce jury et pour sa grande disponibilité et pour son total dévouement.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à:*

*M<sup>me</sup> TLILI-AIT KAKI Yasmina (Professeur de l'Université d'Annaba) de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être membre du jury.*

*Mr CHEFROUR Azzedine (Professeur de l'université de Souk Ahras) d'avoir accepté de se déplacer et d'être membre du jury.*

*M<sup>me</sup> SEDDIK Sihem (Maitre de conférence de l'université de Souk Ahras) d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*M<sup>me</sup> BEN DJEDDOU Amel, (Maitre de conférence de l'université de Souk Ahras) de m'avoir accordé de son temps afin d'examiner notre travail.*

*De même je remercie infiniment Mr le professeur DJAHOUDI Abdelghani (Professeur de l'Université d'Annaba) de m'avoir ouvert les portes de son laboratoire et de m'avoir fait profiter de ses qualités humaines et de son expérience.*

*Je remercie aussi Dr LAREDJH et son équipe du laboratoire de Botanique (Département de Pharmacie) pour leur sincère collaboration scientifique.*

*Je tiens à remercier aussi Mr AABDELLI Nouar pour m'avoir accueillie au sein de sa ferme et de m'avoir aidée, lui et toute son équipe, à accomplir ce travail. Je n'oublierai pas l'aide précieuse de Mr Boudina Mahfoud. Sans eux rien n'aurait pu être réalisé.*

*Un chaleureux remerciement est dédié spécialement à mon frère Fayçal pour la bonne humeur, le grand encouragement et son aide précieuse dans tous les moments.*

*Je remercie infiniment mon mari Atef pour sa patience, son soutien et surtout de me supporter sans oublier ma fille Kaouther.*

*Finalement, je remercie mes parents d'avoir toujours été à mes côtés durant toutes ces années d'études. Merci pour votre amour qui m'apporte tant de réconfort et Merci d'avoir fait de votre mieux pour m'aider, me soutenir et me rendre la vie plus belle et plus facile depuis toujours et encore plus ces derniers temps.*

*Un chaleureux merci à mes sœurs Wahiba, Atika, Et mes frères Djamel (et sa femme Nedjla), Waheb, Wafi qui ont été toujours présents malgré leurs nombreuses responsabilités. Et je pose un baiser sur les joes de Taki, Zinou, Khaoula, Siraj, Mohamed elyes, Yasmine et Marie.*

*Enfin, je tiens à exprimer mes sincères gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

***Bouzaata Chouhira***

## Résumé

---

Ce travail a porté sur la valorisation des sous-produits de quatre variétés de tomate (*lycopersicon esculentum*) (Super strain 3, Rio grande, Fahla et Discrito), d'origine génétique différente (hybride et fixe) cultivées dans la station d'El Karma Wilaya de Annaba dans l'Est algérien. Ces variétés ont fait l'objet, d'une part, d'une évaluation de certains composants de rendements, D'autre part une étude physico chimique de deux de leurs sous produits: pelure et feuilles.

Le diagnostic agronomique en parcelle expérimentale peut expliquer les variations des rendements. D'abord le taux de survie des plants de tomate est influent sur le rendement par des pourcentages variés d'une variété à autre selon le nombre des plants perdus au cours de leur croissance. Pour le poids moyen du fruit, les résultats montrent que ce paramètre a un faible impact sur le rendement.

La pelure séchée obtenue des fruits récoltés à partir des variétés étudiées, nous a permis de déterminer les qualités organoleptiques et physico-chimiques ( pH, acidité titrable, taux de brix , protéines, sucres totaux, polyphénols, cendres .et activité antioxydante) qui ont été généralement acceptables, et qui ont pu montrer que la pelure séchée peut être valorisée en utilisation comme la tomate fraîche malgré les quelques variations notées entre les variétés qui sont liées à plusieurs facteurs, L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives pour les paramètres protéines, cendres et activité antioxydante, pour les autres paramètres l'analyse de la variance ne signifie aucune différence en fonction des variétés étudiées.

Chez les feuilles, on a déterminé les paramètres suivants : teneur en eau, le taux de cendres, les composés phénoliques, les sucres totaux, les pigments de chlorophylles et les caroténoïdes.

Les extraits de feuilles de tomate ont généré un pouvoir antibactérien très modeste vis-à-vis des bactéries *K.pc-* et *K.oxytoca* et faible vis-à-vis de *Escherichia coli*, *Escherichia coli ATCC25922*, *Klebsiella pneumoniae*, *Kpc+* et *Salmonella sp.*

**Mots clés :** Tomate, Paramètres agronomiques, Rendement, Sous-produits, Valorisation.

## Abstract

---

This work focused on the development of sub products of four tomato varieties (*Lycopersicon esculentum*) (Super strain 3, large, and Rio Fahla Discrito) of different genetic origin (hybrid and fixed) grown in the El Karma station wilaya of Annaba in eastern Algeria. These varieties have been, first, an assessment of certain components of returns, in other hand a physicochemical study of two of their sub products: peel and leaves.

The agronomic diagnosis in experimental plot may explain variations in yields. First, the survival rate of tomato plants is affecting performance by varying percentages from variety to variety depending on the number of seedlings lost during their growth. For the average weight of the fruit, the results show that this setting has little impact on performance.

The dried peel fruit harvested obtained from the varieties studied, allowed us to determine the organoleptic and physico-chemical properties (pH, titratable acidity, brix levels, protein, total sugars, polyphenols, antioxidant activity .and ash) that have was generally acceptable, and which could show that the dried peel can be valued in use as fresh tomato despite some variations noted between the varieties that are related to several factors, statistical analysis showed very highly significant differences for settings protein, ash and antioxidant activity, for the other parameters of variance analysis means no difference in terms of the studied varieties.

In leaves, the following parameters were determined: moisture content, the rate ash, phenolic compounds, total sugars, chlorophylls and carotenoids pigment.

Tomato leaf extracts have generated a very modest antibacterial power vis-à-vis bacteria and *K.pc- K.oxytoca* and low vis-à-vis *Escherichia coli*, *Escherichia coli ATCC25922*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Salmonella sp* +and *Kpc* .

**Keywords:** Tomato, agronomic parameters, yield, Sub products, Valuation.

## الملخص

نعتمد في دراستنا على أربعة فصائل من الطماطم من منشأ وراثي مختلف ثابت و هجين. و قد قمنا بزرعها بمحطة فلاحية بمنطقة الكرمة ولاية عنابة بالشرق الجزائري و هذا من اجل تقدير المنتج من جهة ومن جهة أخرى إعطاء قيمة لبعض البقايا المتحصل عليها إما بعد جني المحصول أو بعد تحويله .

دراسة الجانب الفلاحي في المحطة التجريبية بينت أن نسبة بقاء النباتات على قيد الحياة إلى آخر التجربة تؤثر على كمية الإنتاج وبالتالي فهي مرتبطة بعدد النباتات المفقودة من بداية النمو إلى غاية جني المحصول مقارنة بمعدل الوزن لحبة الطماطم فالنتائج المتحصل عليها أثبتت أن هذا المعيار لا يتحكم بالضرورة في كمية المحصول أي غير مرتبط إلى ابعده مدى بنسبة الإنتاج.

أما فيما يخص المؤشرات المدروسة ذو الطبيعة الفيزيوكيميائية على قشور الطماطم المجففة بطريقة طبيعية أي بأشعة الشمس أثبتت أنها مقبولة من حيث الاستهلاك و تستطيع أن تنافس الطماطم الطازجة بالرغم من نسبة الفارق الطفيفة الملاحظة بين الفصائل و هذا نظرا لعدة عوامل . أما الدراسة الإحصائية فبينت انه يوجد فرق معتبر بين نسبة البروتينات و الرماد و نشاط الأوكسدة أما فيما يخص بقية المؤشرات فلم يسجل أي تباين فيما بينها

و في إطار دراستنا قمنا أيضا بإجراء عدة مؤشرات على أوراق الطماطم من اجل استخلاص قدر كبير من المكونات الحيوية و الفعالة منها كمية الماء و الرماد و السكر....الخ.

النشاط المضاد للبكتيريا الذي تم اختباره على مستخلصات مختلفة من أوراق الطماطم اظهر نشاط نسبي مع نوعين من البكتيريا أما الأنواع الاخرى فالنشاط كان ضعيف جدا .

كلمات البحث : طماطم- معيار فلاحي- منتج -بقايا- تقييم.

# *Sommaire*

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| <b>Liste des figures</b>           |          |
| <b>Liste des tableaux</b>          |          |
| <b>Liste des abréviations</b>      |          |
| <b>Introduction générale</b> ..... | <b>1</b> |

## ***CHAPITRE I*** ***Aperçu bibliographique***

|  |    |
|--|----|
| 1-La tomate.....   | 3  |
| 1-1-Historique.....                                      | 3  |
| 1-2-Description botanique.....                           | 5  |
| 1-3-Classification génétique .....                       | 5  |
| 2-Mode de croissance et développement .....              | 6  |
| 2-1-Variété à croissance indéterminée .....              | 6  |
| 2-2-Variétés à port déterminé .....                      | 6  |
| 3-Caractéristique morphologique de la tomate .....       | 8  |
| 3-1- L'appareil végétatif .....                          | 8  |
| 3-2- L'appareil reproducteur .....                       | 10 |
| 4-Exigences pédoclimatiques .....                        | 11 |
| 4-1-La température et la lumière .....                   | 11 |
| 4-2-L'eau et l'humidité .....                            | 12 |
| 4-3-Le sol.....  | 12 |
| 5- Composition biochimique de fruit et des feuilles..... | 13 |
| 5-1-Composition des feuilles .....                       | 13 |
| 5-2-Composition biochimique de fruit .....               | 13 |
| 6-Production de la tomate .....                          | 17 |
| 6-1-Importance de la tomate dans le monde .....          | 17 |
| 6-2- Importance de la tomate en Algérie .....            | 18 |
| 7-Bénéfiques thérapeutiques .....                        | 19 |
| 7-1-Chez les fruits .....                                | 19 |
| 7-2-Chez les feuilles .....                              | 20 |
| 8- Valorisation des déchets .....                        | 20 |
| 9-Les principaux résidus de tomate .....                 | 20 |

## ***CHAPITRE II*** ***Techniques culturales et comportement des quatre variétés de tomate***

|   |    |
|---|----|
| 1- Introduction .....   | 25 |
| 2- Etude pédoclimatique de la zone expérimentale .....                    | 26 |
| 2-1-Données climatiques de la région d'Annaba.....                        | 26 |
| 2-2-Caractéristiques physico-chimiques du sol de la parcelle d'étude..... | 27 |
| 3- Matériel et méthodes .....   | 33 |
| 3-1- Matériel biologique .....  | 33 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 3-2- Autre Matériel .....           | 33 |
| 3-3- Essai .....                    | 33 |
| 3-4-Pratiques culturales .....      | 33 |
| 4-Méthodes .....                    | 39 |
| 4-1- Contrôles de germination ..... | 39 |
| 4-2- contrôle de croissance .....   | 41 |
| 5-Résultats et discussion .....     | 43 |
| 5-1-Contrôles de germination .....  | 43 |
| 5-1-2-Contrôle de croissance .....  | 46 |
| 6-Conclusion partielle.....         |    |
| <b>53</b>                           |    |

### **CHAPITRE III      *Valorisation des pelures des quatre variétés de tomate***

|  |    |
|--|----|
| 1-Introduction .....   | 55 |
| 2- Matériel et méthodes .....                                    | 55 |
| 2-1 -préparation des échantillons à analyser .....               | 55 |
| 2-2- Paramètres étudiés .....                                    | 55 |
| 2-2-1- Composition globale de la Tomate .....                    | 56 |
| 2-2-2-Caractérisation physico-chimique de pelure de tomate ..... | 56 |
| 2-2-2-1-Détermination de la teneur en eau .....                  | 56 |
| 2-2-2-2-pH .....   | 56 |
| 2-2-2-3-Acidité titrable.....                                    | 56 |
| 2-2-2-4-Détermination du résidu sec soluble ( Brix ) .....       | 57 |
| 2-2-2-5-Teneurs en cendres .....                                 | 58 |
| 2-2-2-6- Dosage des sucres solubles .....                        | 58 |
| 2-2-2-7-Dosages des Protéines .....                              | 59 |
| 2-2-2-8-Dosage des polyphénols .....                             | 59 |
| 2-2-2-9-Détermination de l'activité antioxydante .....           | 60 |
| 3-Analyse statistique .....                                      | 61 |
| 4-Résultat et discussion .....                                   | 61 |
| 4-1-Composition globale de la tomate .....                       | 61 |
| 4-2-Analyses physico-chimiques des pelures de tomate .....       | 62 |
| 4-2-1-Détermination de la teneur en eau .....                    | 62 |
| 4-2-2-pH .....   | 63 |
| 4-2-3-Acidité titrable .....                                     | 64 |
| 4-2-4-Détermination du résidu sec soluble (Brix) .....           | 65 |
| 4-2-5-Teneurs en cendres .....                                   | 66 |
| 4-2-6-Sucres solubles .....                                      | 67 |
| 4-2-7-Teneur en protéines .....                                  | 68 |
| 4-2-8-Teneur en polyphénols totaux .....                         | 69 |
| 4-2-9-Détermination de l'activité antioxydante .....             | 70 |
| 5-Conclusion partielle .....                                     | 73 |

### **CHAPITRE IV      *Valorisation des feuilles de tomate et recherche du pouvoir antibactérien***

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1-Introduction .....           | 75 |
| 2-Matériels et méthodes .....  | 75 |
| 2-1- Matériel biologique ..... | 75 |



|   |           |
|---|-----------|
| 2-2 - Caractérisation chimique des feuilles ..... | 75        |
| 2-3-Méthodes d'analyse .....                      | 76        |
| 2-3-1- Détermination de la teneur en eau .....    | 76        |
| 2-3-2-Teneurs en cendres .....                    | 76        |
| 2-3-3- Dosage du pigment totaux .....             | 76        |
| 2-3-4- Dosage des sucres totaux .....             | 76        |
| 2-3-5-Dosage des polyphénols totaux .....         | 77        |
| 3-Analyse statistique .....                       | 77        |
| 4- Recherche d'une activité antibactérienne ..... | 77        |
| 4-1-Préparation des extraits à tester .....       | 77        |
| 4-1-1 Décoction des feuilles .....                | 77        |
| 4-1-2-Infusion .....                              | 77        |
| 4-1-3-Extrait méthanolique.....                   | 77        |
| 4-2- Souches testées .....                        | 78        |
| 4-3-Milieus de culture .....                      | 78        |
| 4-4-Conservation des souches .....                | 78        |
| 4-5-Préparation de l'inoculum .....               | 78        |
| 4-6-Ensemencement .....                           | 79        |
| 4-7-Application des disques et incubation .....   | 79        |
| 5-Résultat et discussion .....                    | 80        |
| 5-1-Teneurs en eau.....                           | 80        |
| 5-2-Teneurs en cendres .....                      | 81        |
| 5-3- Dosage du pigment totaux .....               | 82        |
| 5-4- Dosage des sucres totaux .....               | 86        |
| 5-5-Dosage des polyphénols totaux .....           | 87        |
| 5-7-Evaluation de l'activité antibactérien.....   | 88        |
| 6-Conclusion partielle .....                      | 89        |
| <b>Conclusion générale et perspective .....</b>   | <b>91</b> |
| <b>Références bibliographiques .....</b>          | <b>93</b> |

## Liste des figures

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figure 01</b> : Carte postale illustrant la diversité des formes, tailles et couleurs des fruits de tomate.                  | <b>4</b>  |
| <b>Figure 02(A)</b> : (A) Plant de tomate cerise (cv Cervil), à croissance indéterminée, cultivé en pot sous serre              | <b>7</b>  |
| <b>Figure 02(B)</b> : (B) Plant de tomate nain (cv Red Robin) à croissance déterminée, cultivé en pot.                          | <b>7</b>  |
| <b>Figure 03</b> : Différentes phases du développement du fruit de tomate   | <b>8</b>  |
| <b>Figure 04</b> : Système racinaire de la tomate.  | <b>8</b>  |
| <b>Figure 05</b> : Tige de tomate   | <b>9</b>  |
| <b>Figure 06</b> : Feuille de tomate  | <b>9</b>  |
| <b>Figure 07</b> : La fleur de tomate à l'anthèse   | <b>10</b> |
| <b>Figure 08</b> : Coupes transversale (a) et longitudinale (b) d'un fruit de tomate à maturité                                 | <b>11</b> |
| <b>Figure 09</b> : La structure moléculaire du lycopène.  | <b>16</b> |
| <b>Figure 10</b> : Processus de fabrication des résidus de tomate   | <b>24</b> |
| <b>Figure 11</b> : La station expérimentale d'El Karma.   | <b>34</b> |
| <b>Figure 12</b> : Localisation géographique de la zone expérimentale (ENCARTA, 2007)   | <b>34</b> |
| <b>Figure 13</b> : Dispositif technique expérimental de la croissance des quatre variétés de tomate                             | <b>37</b> |
| <b>Figure 14</b> : Transplantation des plants au champ (parcelle expérimental   | <b>38</b> |
| <b>Figure 15</b> : Temps moyen de germination   | <b>43</b> |
| <b>Figure 16</b> : Taux de germination de l'ensemble des variétés   | <b>44</b> |
| <b>Figure 17</b> : Photos (A, B, C, D) présente le taux de germinations des graines de tomate                                   | <b>45</b> |
| <b>Figure 18</b> : Taux de levée présenté chez les variétés étudiées  | <b>46</b> |
| <b>Figure 19</b> : Taux de survie présenté chez les variétés étudiées   | <b>47</b> |
| <b>Figure 20</b> : Croissance des plants des différentes variétés à la parcelle.  | <b>48</b> |
| <b>Figure 21</b> : Photo (A, B, C, D) les plants de tomate atteints par le mildiou  | <b>49</b> |
| <b>Figure 22</b> : Poids moyen de fruit de chaque variété   | <b>50</b> |
| <b>Figure 23</b> : Précocité biologique chez toutes les variétés.   | <b>51</b> |
| <b>Figure 24</b> : Précocité commerciale chez toutes les variétés   | <b>52</b> |
| <b>Figure 25</b> : Rendement total par variété en qx/Ha (quintaux par Hectare)  | <b>53</b> |
| <b>Figure 26</b> : Fractions de tomate étudiées en %.   | <b>62</b> |
| <b>Figure 27</b> : Teneur en eau dans la peau de tomate (%)   | <b>63</b> |
| <b>Figure 28</b> : pH de la peau de tomate.   | <b>64</b> |
| <b>Figure 29</b> : Teneur en acidité titrable (%)   | <b>65</b> |
| <b>Figure 30</b> : Brix dans la peau en (%)   | <b>66</b> |
| <b>Figure 31</b> : Teneurs en cendres dans la peau de tomate (%)  | <b>67</b> |
| <b>Figure 32</b> : Concentrations des sucres totaux (g/100g MS)   | <b>68</b> |
| <b>Figure 33</b> : Teneur des protéines dans la peau (g/100gMS)   | <b>69</b> |
| <b>Figure 34</b> : Concentrations des polyphénols dans la peau (mg d'AG/g MS)   | <b>70</b> |
| <b>Figure 35</b> : (Activité Anti-radicalaire moyenne en pourcentage des différentes variétés et des antioxydants référentiels) | <b>71</b> |
| <b>Figure 36</b> : Teneurs en eau dans les feuilles des variétés de tomate étudiées   | <b>80</b> |
| <b>Figure 37</b> : Teneurs en cendres dans les feuilles des variétés de tomate étudiées.  | <b>81</b> |
| <b>Figure 38</b> : Teneurs de chl a dans les feuilles des variétés de tomate étudiées   | <b>82</b> |
| <b>Figure 39</b> : Teneurs de chl b dans les feuilles des variétés de tomate étudiées   | <b>83</b> |

## *Liste des figures*

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 40</b> : Teneurs de (chl a + chl b) dans les feuilles des variétés de tomate               | <b>84</b> |
| <b>Figure 41</b> : Teneurs de (car) dans les feuilles des variétés de tomate étudiées                | <b>84</b> |
| <b>Figure 42</b> : Teneurs en sucres totaux dans les feuilles des variétés de tomate étudiées        | <b>86</b> |
| <b>Figure 43</b> : Teneurs en poly-phénols totaux dans les feuilles des variétés de tomate étudiées. | <b>88</b> |

## *Liste des tableaux*

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tableau 01 :</b> Contenu en caroténoïdes des tomates et du jus de tomate.....  | <b>15</b> |
| <b>Tableau 02 :</b> Production mondiale de la tomate en 2007.....   | <b>17</b> |
| <b>Tableau 03 :</b> Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2001-2009.....   | <b>18</b> |
| <b>Tableau 04 :</b> Composition chimique des résidus de tomate (Résultats obtenus à partir de l'analyse de 15 échantillons.....                       | <b>21</b> |
| <b>Tableau 05 :</b> Composition des stérols de l'huile de pépin de tomate .....   | <b>23</b> |
| <b>Tableau 06 :</b> Données climatiques de la région d'Annaba durant l'année 2011.....  | <b>26</b> |
| <b>Tableau 07 :</b> Résultats de l'analyse du sol de la station d'El Karma (Laboratoire agronomique Fertial SPA. Annaba) (27/02/2011) .....           | <b>28</b> |
| <b>Tableau 08 :</b> Quelques caractères des variétés étudiées .....   | <b>33</b> |
| <b>Tableau 09 :</b> Opérations utilisées après le semi des variétés de tomate.....  | <b>35</b> |
| <b>Tableau 10 :</b> Opérations appliquées au cours de cycle de croissance de tomate .....   | <b>40</b> |
| <b>Tableau 11 :</b> Résultats de pourcentages et concentrations d'inhibition des extraits des pelures...<br>de tomate et des antioxydants références. | <b>71</b> |
| <b>Tableau 12 :</b> Résultat de l'activité antibactérienne des différents produits.....   | <b>89</b> |

## *Liste des abréviations*

---

-**LDL** : Low-density lipoprotein (lipoprotéine basse densité)

-**Tmoy** : Température moyenne

- **Précip** : Précipitation

-**Humd** : Humidité

-**Qx/Ha** : Quintaux / Hectare

-**Fig** : Figure

-**Tab** : Tableau

- **Spf** : Superficie

-**Prd** : Production

-**Rdt** : Rendement

-**V1** : Super strain 3

-**V2** : Rio grande

-**V3** : Fahla

-**V4** : Discrito

-**PE** : Parcelle Elémentaire

-**Rép** : Répétition

-**Long** : Longueur

-**Larg** : Largeur

**Nbre** : Nombre

-**MS** : Matière Sèche

-**MF** : Matière Fraiche

- **AFNOR** : Association Française de Normalisation.

- **Le DPPH** : 2,2 -diphényl -1- picrylhydrazyl

- **BHT** : Butylhydroxytoluène.

-**Acid Asc** : Acide Ascorbique

## *Liste des abréviations*

---

- IC** : Concentration Inhibitrice
- **EAG** : Equivalent Acide Gallique
- **Abs** : Absorbance.
- **AA** : Activité Anti- radicalaire
- **P/V** : Poids/ Volume
- Chlo** : Chlorophylle
- Car** : Caroténoïdes
- DO** : Densité Optique
- L** : Litre
- **µl** : microlitre
- ATCC** : American Type Culture Collection.
- Ø** : Diamètre.

# ***Introduction générale***

---

## *Introduction générale*

---

En Algérie la filière de la tomate constitue l'une des activités essentielles de la branche agroalimentaire de par sa contribution dans la croissance du secteur agricole et l'absorption de la main d'œuvre (**ONAGRI, 2015**). En général, sa culture occupe de 33 000 ha donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (**MADAR, 2009**). Néanmoins ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen producteurs de tomate (Tunisie, Maroc, Espagne, France, Italie), où les rendements varient entre 350 Qx/ha à 1500 Qx/ha (**FAO, 2010**).

Une partie de cette production est consommée telle qu'elle et l'autre plus grande, est transformée industriellement en purée, jus de tomate et sauces. Cette transformation génère de grandes quantités de sous-produits non utilisés; constitués essentiellement de pelures, graines et des feuilles qui restent au niveau du champ. Ces déchets sont riches en composés biologiquement actifs d'où l'importance de leur utilisation comme additifs alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques (**Calvo et al, 2007**).

En Algérie, la technologie de transformation de la tomate se limite à la production des concentrés de tomate et des Ketchups. Pourtant, un développement réfléchi de cette technologie par la maîtrise des procédés et la recherche de nouveaux débouchés pour les sous produits de la tomate, peuvent être d'un grand apport. Le recyclage des sous-produits accumulés pendant le processus de fabrication en grandes quantités, contribuerait à limiter l'impact de cette industrie sur l'environnement.

La réintégration de ces sous-produits agricoles dans les aliments peut contribuer à donner une valeur ajoutée à ces « déchets ». Les composés biologiquement actifs de ces sous produits permettraient d'avoir un double impact sur les nouveaux aliments ainsi élaborés. En effet, ces produits naturels contribueront à apporter une meilleure qualité des aliments sur les plans technologiques et particulièrement sur le plan nutritionnel (**FAO, 2010**).

Le but de ce travail est de comparer la qualité de 02 sous produits (pelures et feuilles) générés par quatre variétés de tomate cultivées en plein champ dans la wilaya d'Annaba (Est algérien). Il s'agit de Super strain 3 et Rio grande (variétés fixées), Fahla et Discrito (variétés améliorées). Ce travail comporte deux parties :



## *Introduction générale*

---

Une partie bibliographique qui fait l'objet du premier chapitre et qui vise à apporter des connaissances générales sur la tomate; description botanique générale de l'espèce étudiée (*Lycopersicon esculentum* Mill.), sa répartition géographique, ses exigences pédoclimatiques, sa composition biochimique, sa production dans le monde et en Algérie et enfin, l'importance thérapeutique de la tomate et de ses résidus.

Une partie expérimentale qui s'articule sur deux aspects :

- Le premier est d'ordre agronomique qui consiste à faire le suivi d'un semis puis du développement de 04 variétés de tomate (Super strain 3, Rio grande, Fahla et Discrito). L'essai a eu lieu dans la ferme agronomique de la station d'El Karma située dans la commune d'El Hadjar, la wilaya d'Annaba. Le but étant de décrire les techniques culturales et de déterminer quelques paramètres physiologiques et de rendement. Il fait l'objet du deuxième chapitre.

Le deuxième aspect est analytique qui vise à valoriser les pelures et les feuilles. On lui a consacré deux chapitres.

Le troisième chapitre a été consacré aux pelures de tomate, pour lesquelles on a déterminé la teneur en eau, le pH, l'acidité titrable, le brix et la teneur en cendres, les sucres totaux, les polyphénols totaux, le taux en protéines et l'activité antioxydante

Le quatrième chapitre a été consacré aux feuilles, pour lesquelles on a déterminé les paramètres suivants : teneur en eau, le taux de cendres, les composés phénoliques, les sucres totaux, les pigments de chlorophylles et les caroténoïdes et enfin, l'évaluation de l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique, le décocté et l'infusé des feuilles de tomates sur 07 souches bactériennes.

Enfin, une conclusion générale qui reprend l'essentiel de cette étude et où des perspectives ont été proposées.

# ***CHAPITRE I***

## ***Aperçu bibliographique***

---

## 1-La tomate

### 1-1- Historique

La tomate (*Solanum lycopersicum*) est originaire des vallées fertiles du Mexique. Elle a d'abord été cultivée et améliorée par les indiens du Mexique, sous le nom aztèque

« Tomate », avant d'être ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du sud, dont seulement deux comestibles, la « tomate groseille » (*Solanum pimpinellifolium*) et la « tomate cerise » (*Solanum lycopersicum var cesariforme*) qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles **(De Broglie et Guérout, 2005; Renaud, 2006)**.

En Europe les italiens ont été les premiers à la consommer dès le 16<sup>ème</sup> siècle, notamment en sauce, et c'est sous cette forme qu'elle atteint la France par la Provence au 17<sup>ème</sup> siècle, avant d'être popularisée à Paris lors de la révolution **(Schumann, 1996 ; Degioanni, 1997)**. La tomate a longtemps été considérée comme toxique, et on lui associait tous types de vertus maléfiques à cause de sa ressemblance avec la mandragore. Elle a donc d'abord été utilisée en tant que plante ornementale, puis en 1778, elle a rejoint le catalogue de semence potagère de Vilmorin-Andrieu **(Degioanni, 1997; Mikanowski et Mikanowski, 1999)**.

Par la suite, la consommation de tomates a connu un essor au 19<sup>ème</sup> siècle et la tomate se démocratise en étant cultivée dans les jardins familiaux et ouvriers.

Les premières recherches variétales débiteront au 20<sup>ème</sup> siècle, pour produire des tomates plus régulières, plus productives, et plus résistantes aux maladies. Les modes de production évoluent également, la production de tomates sous serre toute l'année, notamment aux Pays-Bas, prend de l'ampleur. Aux Etats-Unis par contre, les cultures restent davantage effectuées en plein champ de façon mécanisée.

La production et la consommation mondiales de tomates sont devenues très importantes, et depuis les années 90, les consommateurs se plaignent de la standardisation de ce produit et de la perte de goût de la tomate **(Degioanni, 1997)**. Les recherches actuelles s'orientent donc plus vers une caractérisation et une amélioration de la qualité organoleptique du fruit de tomate.

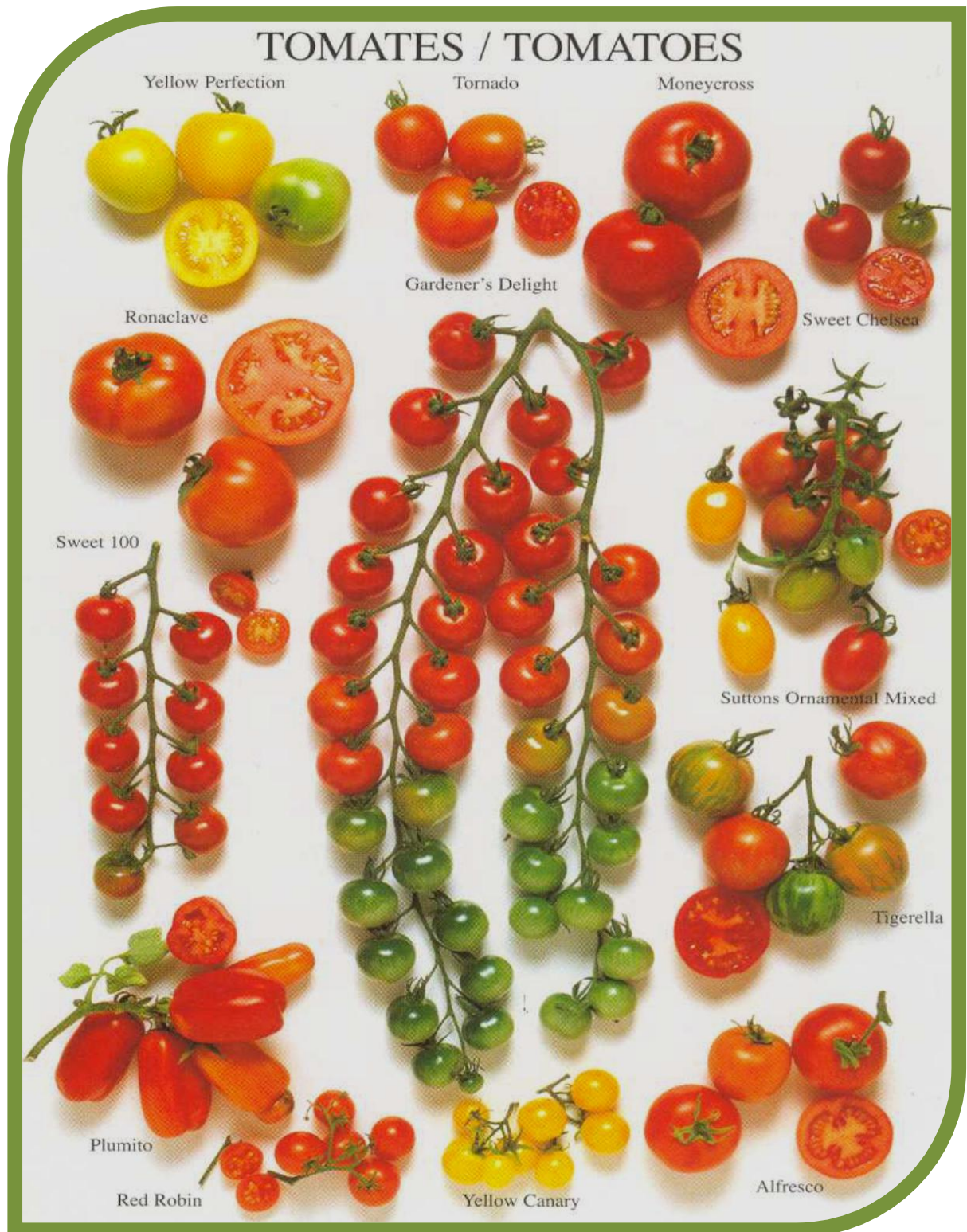


Figure 1 : La diversité des formes, tailles et couleurs des fruits de tomate. (Benard et al, 2009)

## 1-2-Description botanique

La tomate (*Solanum lycopersicum L.*) appartient à l'ordre des Solanales et à la famille des Solanacées (Atherton et Rudich., 1986). C'est une plante herbacée, vivace à l'état naturel, et annuelle en culture. la tomate appartient à la classification suivante :

Règne.....Plantae.  
Sous règne.....Trachenobionta.  
Division.....Magnoliophyta.  
Classe.....Magnoliopsida  
Sous classe.....Asteridae.  
Ordre.....Solonales.  
Famille.....Solanaceae.  
Genre.....*Solanum ou Lycopersicon*  
Espèce.....*Lycopersicon esculentum* Mill. (Cronquist ,1981).

## 1-3-Classification génétique

La tomate cultivée est une espèce diploïde avec  $2n = 24$  chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame (Bouharmont J, 1994).

Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomate:

### 1-3-1-Variétés fixées

Elles se caractérisent par l'homozygotie, c'est-à-dire qu'elles conservent les caractères parentaux (Polese, 2007). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative. Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la Saint Pierre (Gould, 1991 ; Yamagushi, 1983).

### **1-3-2-Variétés hybrides**

Sont plus nombreux, ce type de variétés permet un cumul de gènes favorables, de résistance aux maladies, une meilleure nouaison, particulièrement en conditions défavorables (**Polese, 2007**).

## **2- Mode de croissance et développement**

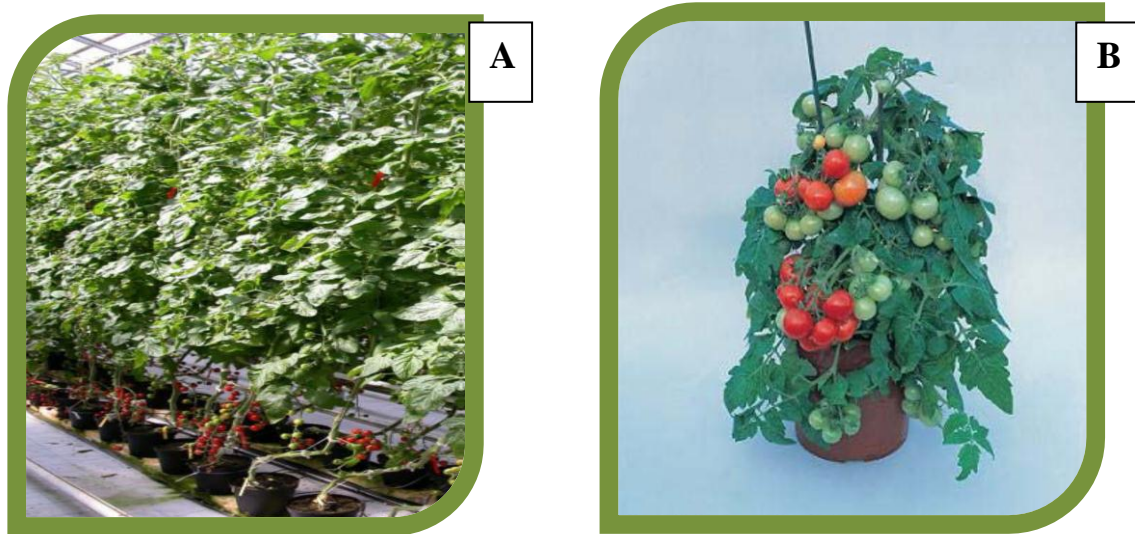
Les tomates peuvent être classées d'après leurs caractères morphologiques et botaniques. A cet effet, ces dernières peuvent être classées selon leur mode de croissance (la formation des feuilles, inflorescences et bourgeons) (**Mikanowski et Mikanowski, 1999**) qui peut être du type indéterminé ou du type déterminé (fig 2).

### **2-1-Variété à croissance indéterminée**

Ce sont les plus nombreuses. Elles continuent de pousser et de produire des bouquets floraux, tant que les conditions sont favorables. Comme leur développement est exubérant, leur tige doit être attachée à un tuteur, sous peine de s'affaisser au sol. Il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production plus échelonnée et plus étalée. Elles sont plus productives en général que les tomates à port déterminé. Cette croissance peut cependant être interrompue par des facteurs extérieurs comme le gel, ou régulée en taillant les plantes (**Mikanowski et Mikanowski, 1999**). La plupart des cultivars disponibles sont des variétés à croissance indéterminée.

### **2-2-Variétés à port déterminé**

Ce sont des variétés naines. Leur croissance s'arrête une fois la plante a produit un nombre déterminé de bouquets de fleurs (en général trois ou quatre). C'est dans ce type de tomate que l'on trouve, le plus souvent, les variétés industrielles de conserverie, cultivées en plein champ. Pour ce type de croissance également, on retrouve des variétés fixées et des hybrides. Ce caractère déterminé est intéressant pour les cultures précoces et pour les cultures industrielles (**Besford et Maw, 1975**)



**Figure 2** : (A) Plant de tomate cerise (cv Cervil), à croissance indéterminée, cultivé en pot sous serre. (B) Plant de tomate naine (cv Red Robin) à croissance déterminée, cultivé en pot (Benard, 2009)

La croissance des fruits comprend trois périodes (fig 3) :

- Une première phase de croissance lente d'une quinzaine de jours après anthèse, pendant laquelle a lieu la majorité des divisions cellulaires. Pendant cette période, se détermine le potentiel de croissance du fruit à travers le nombre de cellules formées.
- Une deuxième phase de croissance rapide jusqu'au stade vert mature. C'est pendant cette phase, dite de grandissement cellulaire, que le potentiel généré à la première étape est plus ou moins réalisé selon les conditions climatiques et les équilibres végétatifs /génératifs de la plante.
- Une troisième phase dite de maturation, caractérisée par une croissance lente ainsi qu'un changement brutal de la couleur, de la texture et de la composition chimique du fruit. En effet, c'est essentiellement une période de transformations biochimiques qui dépend des composés stockés et de l'environnement du fruit (Grasselly et al, 2000).

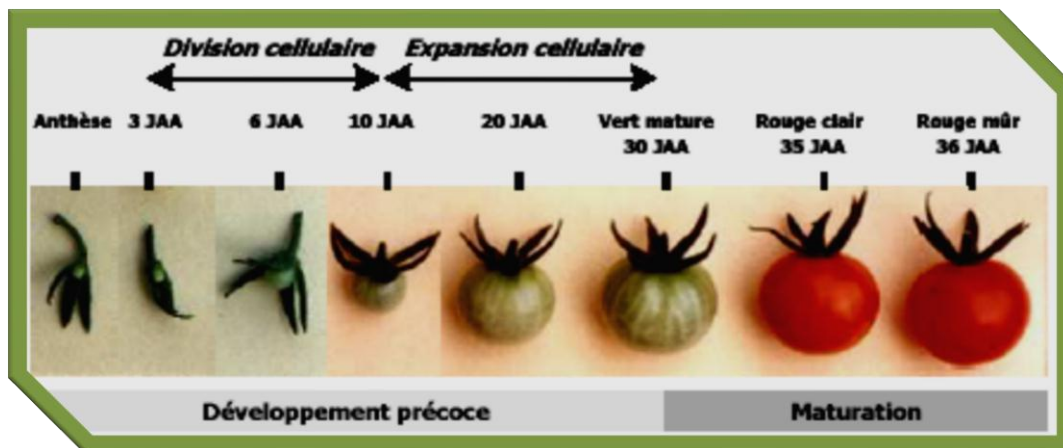


Figure 3 : Différentes phases du développement du fruit de tomate (Gillapsy G et al, 1993)

### 3- Caractéristiques morphologiques de la tomate

#### 3-1- Appareil végétatif

##### 3-1-1- Racines

Le système racinaire est puissant, très ramifié à tendance fasciculée (Chaux et Foury, 1994). Il est de type pivotant important qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus (fig. 4). La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventives (Shankara et al, 2005).

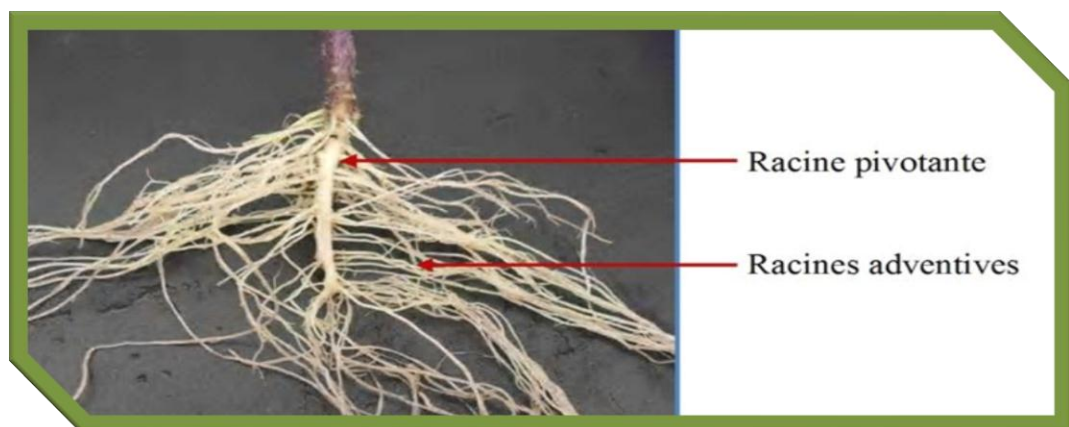


Figure 4 : Système racinaire de la tomate (Naika et al, 2005).



### 3-1-2- Tiges

Elles sont vertes, épaisses aux entre-nœuds. Elles disposent de deux types de poils blanchâtres : des poils simples et des poils glanduleux qui contiennent une huile essentielle, qui donne l'odeur de la tomate et la coloration verte (**Kolev, 1976**). Elles portent les feuilles, les fleurs et les fruits. Une tige peut porter de nombreuses ramifications (appelées axillaires) et a une croissance indéterminée ou déterminée selon les variétés.



**Figure 5 :** Tige de tomate (**Naika et al, 2005**).

### 3-1-3-Feuilles

Les feuilles sont composées de 5 à 7 folioles principales, Elles ont une disposition alterne sur la tige (**Abbayes et al, 1963**), longues de 10 à 25cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentées sur les bords. Elles sont souvent repliées en forme de cuillères ou même à bords roulés en dessus (**Raemaekers, 2001**).



**Figure 6:** Feuille de tomate (**Naika et al, 2005**).

### 3-2- Appareil reproducteur

#### 3-2-1- Fleurs

Les fleurs de la tomate sont des organes bisexués. Elles sont hermaphrodites et autofécondes et regroupées sur le même pédoncule en bouquet lâche en inflorescence formant des grappes plus ou moins bifurquées de 3 à 8 fleurs chez les variétés fixées et au-delà chez les hybrides.

Le tube du calice est court et velu, comporte 5 sépales, il est persistant après la fécondation et subsiste au sommet du fruit. Androcée comporte 5 étamines latérales, les anthères allongées forment un cône resserré autour du pistil ; celui-ci est constitué de deux carpelles soudés formant un ovaire super biloculaire à 2 loges et à placenta central (Dore et Varoquaux, 2006) ; (Judd et al, 2002).

En général la formule florale de la fleur est la suivante : 5 sépales + 5 pétales + 5 étamines + 2 carpelles (fig.7) (Rey et Costes, 1965).

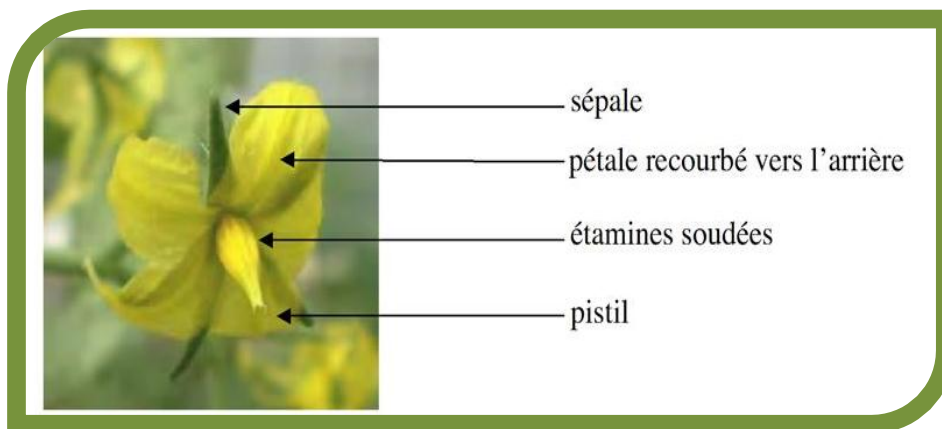


Figure 7 : La fleur de tomate à l'anthèse (Chaïb, 2007).

#### 3-2-2-Fruits

Le fruit est une baie plus ou moins grosse (fig8), avec épiderme lisse brillant de forme variable (sphérique, oblongue, allongée), et de couleurs variées (blanches, rose, rouge, jaune, orange, verte, noire) selon les variétés (fig 1) (Renaud, 2003).

La paroi de l'ovaire évolue en péricarpe charnu et délimite des loges. Le placenta constitue la partie centrale du fruit et est à l'origine des tissus parenchymateux. Le nombre de loges, l'épaisseur du péricarpe et l'importance du gel sont dépendants des variétés (Grasselly et al, 2000).

### 3-2-3-Graines

Les graines sont nombreuses, réparties dans des loges remplies de gel (fig 8). En forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. Elles sont recouvertes d'un mucilage, L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille graines est en moyenne de 3 g (Shankara, 2005 ; Naika et al, 2005).

Le cycle de la graine à la graine, est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3.5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (Gallais et Bannerot, 1992).

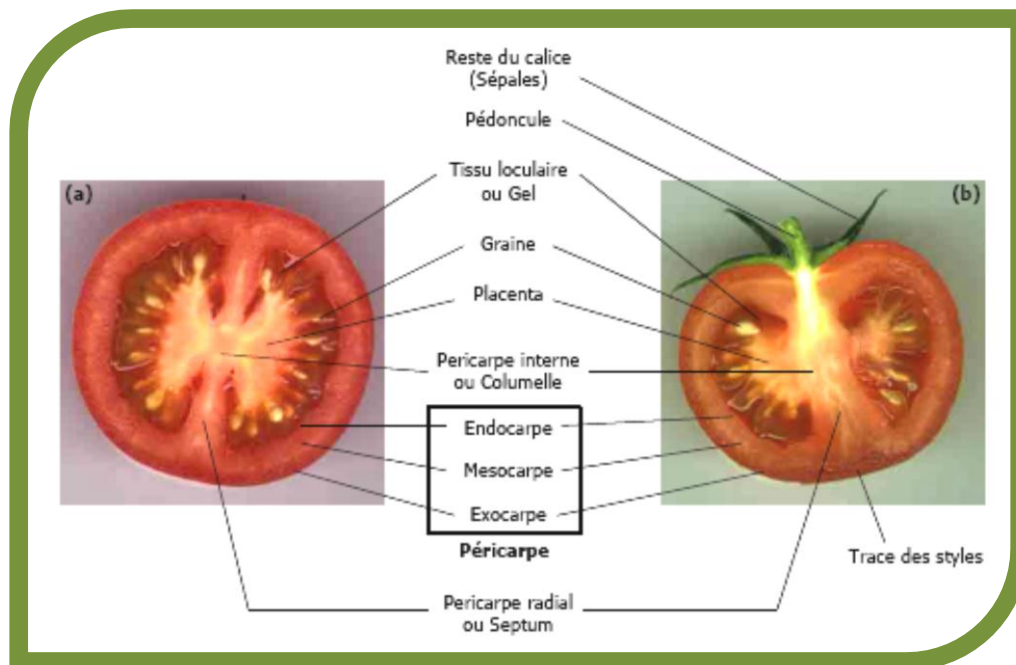


Figure 8 : Coupes transversale (a) et longitudinale (b) d'un fruit de tomate à maturité (Gillapsy et al, 1993)

## 4-Exigences pédoclimatiques

### 4-1-Température et lumière

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Cependant, la plante s'est adaptée à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide. La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21 et 24°C.

Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en-dessous de 10°C et au-dessus de 38°C les tissus des plantes seront endommagés. L'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits.

#### **4-2-Eau et humidité**

Une simple astuce permet de déterminer si les réserves en eau disponibles sont suffisantes pour cultiver la tomate, il faut pouvoir compter sur au moins trois mois de pluie. Le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits. Par contre, lorsque les averses sont très intenses et l'humidité est très élevée, la croissance des moisissures et la pourriture des fruits seront plus importants. Les temps nuageux ralentissent le mûrissage des tomates.

#### **4-3-Sol**

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. Dans les sols d'argile lourde, un labourage profond permettra une meilleure pénétration des racines. La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH (niveau d'acidité), mais pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 et où l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant. En général, ajouter de la matière organique stimule une bonne croissance (**Shankara et al, 2005**)

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité. La chute de rendement est imperceptible pour une conductivité électrique de 2,50 mmhos/cm. Une baisse de rendement, peut être de 10% à une (CE) égale à 9,3 mm hos/cm et de 100% (maximale) quand la (CE) est de 12,5 mm hos/cm. (**Snoussi, 2010**)

## **5-Composition biochimique de fruit et des feuilles**

### **5-1-Composition des feuilles**

Les feuilles de tomate sont toxiques à cause des quantités importantes d'alcaloïdes qu'elles contiennent. Par exemple, la déhydrotomatine et l' $\alpha$ -tomatine sont des glycoalcaloïdes présents en grande quantité dans les feuilles et les tiges de tomate (**Kozukue et al, 2004**). Ces composés sont intéressants pour la plante puisqu'ils interviennent dans la résistance contre certains pathogènes fongiques, comme le *Botrytis*, bactériens comme *Clavibacter michiganense* (agent du chancre bactérien), et viraux comme le virus de l'amosaïque du tabac (TMV) (**Friedman, 2002**). Les feuilles de tomate contiennent également d'autres métabolites secondaires, comme les composés phénoliques. Les principaux sont la rutine et l'acide chlorogénique, ces deux molécules sont également impliquées dans la résistance des plantes contre certaines maladies, voire contre des herbivores (**Johnson, 2005; Mittelstra et al, 2006**).

Les feuilles sont des organes puits au début de leur développement, puis des organes sources qui vont accumuler du saccharose via leur activité photosynthétique. Les feuilles possèdent donc des pigments photosynthétiques : de la chlorophylle a et b et des caroténoïdes dont le bêta-carotène et la lutéine (**Khavari-Nejad et Mostofi., 1998; Mortain-Bertrand et al, 2008**). Les teneurs en saccharides y sont relativement importantes, l'amidon et le saccharose étant majoritaires, mais des hexoses (fructose et glucose) sont également présents (**Khelil et al, 2007; Mortain-Bertrand et al, 2008**). Elles contiennent également des acides organiques, les acides citrique et malique étant les plus abondants (**Madsen, 1974**).

### **5-2-Composition biochimique du fruit**

#### **5-2-1- Constituants majeurs**

Contrairement à la plupart des fruits, la tomate est un aliment très peu énergétique, car prise crue, elle n'apporte qu'environ 22 K calories/100 g et 26 K calories/100 g à l'état cuit. La tomate comme la plupart des légumes, présente une bonne densité nutritionnelle avec: 95% d'eau et 5% de matière sèche composée de 50% de sucres (fructose et glucose), 25% d'acides organiques (acides citrique et malique), 8% de

minéraux, 2% d'acides aminés, de caroténoïdes et autres métabolites secondaires (Davies et Hobson, 1981).

### **5-2-2-Constituants mineurs**

La tomate contient aussi de nombreux minéraux et oligoéléments et comme la plupart des fruits et légumes, elle apporte beaucoup de potassium (245,0 mg/ 100g) ce qui fait d'elle une source appréciable de cet important minéral. Elle peut fournir également 50 à 160 mg de vitamine C et 22,5 à 90 mg de vitamine E. Parmi les phytoconstituants, elle contient des polyphénols (l'acide férulique, l'acide chlorogénique, l'acide caféique) (Beecher, 1998). Des flavonoïdes (la quercétine, le kaempférol, la rutine et la naringénine), et des caroténoïdes, en particulier le lycopène.

### **5-2-3-Principaux antioxydants**

#### ➤ **Polyphénols**

Les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres découlant aussi bien des réactions d'oxydation de différents nutriments que de celles de l'organisme. La richesse des structures des polyphénols en résidus hydroxyles, leurs confère une meilleure capacité à neutraliser les radicaux libres. Etant des antioxydants primaires et radicalaires, ils peuvent ralentir la formation de radicaux libres et interrompre la chaîne autocatalytique. Toutefois, les mécanismes par lesquels les polyphénols peuvent avoir des effets protecteurs sur la santé via une action antioxydante ne sont pas bien élucidés (Spencer, 2001).

Les composés phénoliques de la tomate sont des antioxydants actifs (Ramandeep, 2005) et contribuent aux effets synergiques avec le lycopène. Des effets antioxydants synergiques contre l'oxydation de LDL (Low-density lipoprotein) ont été obtenus quand le lycopène a été employé en association avec différents polyphénols (Krinsky, 1989).

➤ **Caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles qui contiennent une chaîne centrale hautement poly-insaturée. La structure de base des caroténoïdes est formée d'une longue chaîne hydrocarbonée en C18 où alternent simples et doubles liaisons portant quatre groupements méthyles, et de cycles en C6 ( $\beta$ -ionone), situés à chacune des extrémités de cette chaîne.

Les caroténoïdes peuvent être de couleur rouge, jaune, ou orange et sont largement distribués dans la nature. Plus de 700 caroténoïdes naturels identifiés jusqu'à présent, dont 50 peuvent être absorbés et métabolisés par le corps humain (Tableau 2). Cependant, seulement 14 caroténoïdes ont été identifiés dans le sérum humain, dont le lycopène comme étant le plus abondant.

Chimiquement, les caroténoïdes peuvent être divisés en deux classes principales. La première classe contient les caroténoïdes fortement insaturés tels que le lycopène,  $\alpha$ -carotènes,  $\beta$ -carotènes, qui n'ont pas d'oxygène et ont habituellement une couleur orange et rouge. Vu leur richesse en in-saturations, ils sont particulièrement susceptibles à l'oxydation.

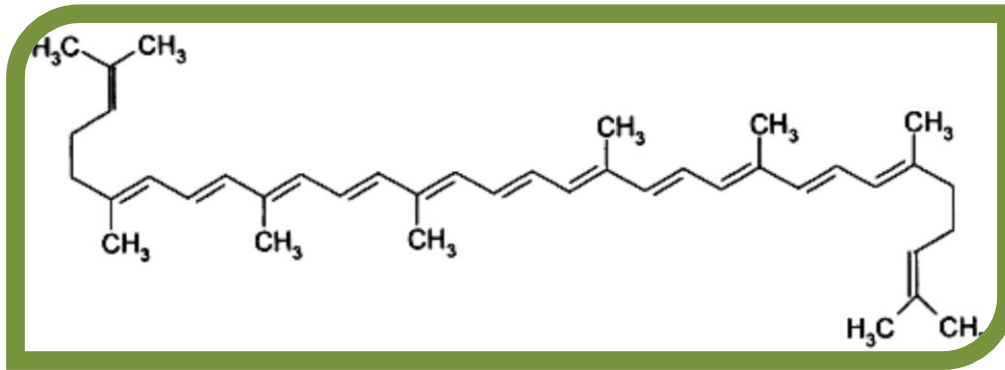
La deuxième classe contient les xanthophylles (lutéine, zéaxanthine), qui sont les dérivés oxygénés et ont un ou plusieurs groupes oxygénés (Krinsky, 1989 ; Rao, 2006).

**Tableau 1 :** Contenu en caroténoïdes des tomates et du jus de tomate (Yefsah-idres, 2007)

| Teneur ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ ) | Tomates crues | Jus de tomate |
|--------------------------------------|---------------|---------------|
| <b><math>\beta</math>-Carotène</b>   | 449           | 270           |
| $\gamma$ -Carotène                   | 101           | 0             |
| <b>Lycopène</b>                      | 2573          | 9037          |
| <b>Lutéine, Zéaxanthine</b>          | 123           | 60            |
| <b>Phytoène</b>                      | 1860          | 1900          |
| <b>Phytofluène</b>                   | 820           | 830           |

➤ **Lycopène**

Le lycopène appartient à la famille des caroténoïdes, c'est un polyène acyclique de chaîne ouverte avec 13 doubles liaisons et une formule moléculaire de  $C_{40}H_{56}$ . Il a 11 doubles liaisons conjuguées disposées linéairement, le rendant le plus long caroténoïde (Fig 9).



**Figure 9** : La structure moléculaire du lycopène (Stahl, 2000)

Le lycopène est absorbé plus facilement par le corps humain lorsqu'il est préparé dans le jus, la sauce, la pâte, et le ketchup (Gartner, 1997) ceci peut se produire en partie parce que le lycopène est inclus dans la matrice de fruit frais et des cellules végétales, ce qui empêche son dégagement complet.

La transformation des produits alimentaires peut améliorer la biodisponibilité du lycopène en dégradant les parois cellulaires ce qui affaiblit les forces des liaisons entre le lycopène et la matrice de tissu, et augmente sa biodisponibilité. En plus, la forme isomérique du lycopène peut être changée des trans-isomères aux cis-isomères sous l'effet de la température ce qui augmente son absorption (Rao, 2006).

En outre, parce que le lycopène est soluble dans la phase grasse, l'absorption augmente dans les régimes lipidiques (Lee, 2000). Bien que le lycopène soit disponible sous la forme de supplément, il est probable qu'un effet synergique soit produit lorsqu'on consomme le fruit entier parce que les autres composants du fruit (acide ascorbique, tocophérols, et d'autres caroténoïdes) peuvent augmenter l'efficacité du lycopène. Le lycopène, avec ses 11 doubles liaisons conjuguées et 2 non conjugués est 100 fois plus efficace que l' $\alpha$ -tocophérol en tant qu'antioxydant (Weisburger, 2002).



## 6-Production de la tomate

### 6-1-Importance de la tomate dans le monde

Tableau 2 : Production mondiale de la tomate en 2007 (FAO STAT 2007)

| Pays           | Production<br>(10 <sup>3</sup> tonnes) | (%)         | Pays               | production<br>(10 <sup>3</sup> tonnes) | (%)    |
|----------------|--|-------------|--------------------|--|--------|
| <b>Monde</b>   | <b>124 875</b>                         | <b>100%</b> | <b>Ouzbékistan</b> | 1 317                                  | 01,05% |
| <b>Chine</b>   | 31 644                                 | 25 ,34%     | <b>Maroc</b>       | 1 206                                  | 00,96% |
| <b>USA</b>     | 11 043                                 | 08,84%      | <b>Portugal</b>    | 1 085                                  | 00,86% |
| <b>Turquie</b> | 10050                                  | 08,04%      | <b>Nigeria</b>     | 1 057                                  | 00,84% |
| <b>Inde</b>    | 8 586                                  | 06,87%      | <b>Algérie</b>     | 1 023                                  | 00,81% |
| <b>Egypte</b>  | 7 600                                  | 06,08%      | <b>Syrie</b>       | 946                                    | 00,75% |
| <b>Italie</b>  | 7 187                                  | 05,75%      | <b>Canada</b>      | 839                                    | 00,67% |
| <b>Iran</b>    | 4 781                                  | 03,82%      | <b>Cuba</b>        | 803                                    | 00,64% |
| <b>Espagne</b> | 4 651                                  | 03,72%      | <b>France</b>      | 790                                    | 00,63% |
| <b>Brésil</b>  | 3 453                                  | 02,76%      | <b>Japon</b>       | 758                                    | 00,60% |
| <b>Mexique</b> | 2 800                                  | 02,24%      | <b>Argentine</b>   | 660                                    | 00,52% |
| <b>Russie</b>  | 2 296                                  | 01,83%      | <b>Hollande</b>    | 660                                    | 00,52% |
| <b>Grèce</b>   | 1 712                                  | 01,37%      | <b>Roumanie</b>    | 627                                    | 00,50% |
| <b>Tunisie</b> | 1 472                                  | 01,17%      | <b>Autres</b>      | 14869                                  | 12,06% |

Selon le tableau 2, les deux premiers pays producteurs mondiaux sont la Chine avec 25,34 % suivie des Etats-Unis avec 08,84 %. Avec plus de 10 millions de tonnes de tomates produites chaque année, la Turquie occupe le troisième rang mondial. De nombreux pays tels que l’Egypte, L’Inde, l’Iran, le Brésil, le Maroc et la Grèce produisent également chaque année plus d’un million de tonnes de tomates. Enfin, des pays comme la France et les Pays-Bas ont une production plus modeste de quelques centaines de milliers de tonnes (Desmas, 2005).

## 6-2- Importance de la tomate en Algérie

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (MADR, 2009).

Tableau 3 : Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2001-2009 (MADR, 2009).

|                  | 2001    | 2002    | 2003    | 2004    | 2005    | 2006    | 2007    | 2008    | 2009    |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Spf/Ha</b>    | 16760   | 17820   | 18650   | 19432   | 21089   | 20436   | 20079   | 19655   | 20789   |
| <b>Prd/Qx</b>    | 3735340 | 4013640 | 4569330 | 5121950 | 5137280 | 5489336 | 5673134 | 5592491 | 6410343 |
| <b>Rdt/Qx/Ha</b> | 222,87  | 225,20  | 245,00  | 263,60  | 243,60  | 268,60  | 282,50  | 284,50  | 308,4   |

La tomate est principalement cultivée dans les régions Est : Annaba, El Taref, Guelma, Skikda, avec une superficie agricole utile (SAU) de plus de 60 %. La région est connue pour sa production de tomates destinées à la transformation industrielle. Cette filière produisant principalement du double concentré de tomate, a contribué des années durant au développement socio-économique du pays, les 17 usines implantées, représentent 80% de la production nationale. Après un développement économique efficient, résultant des investissements industriels importants (création de 120.000 postes d'emploi en amont et en aval du cycle d'exploitation) dans le domaine de la transformation et de la conserverie, ayant abouti à la couverture totale des besoins nationaux, malheureusement la filière a connu une régression, cette dernière décennie qui s'est traduite par un faible rendement de production à l'hectare (15 Tonnes/ha), un appauvrissement des sols et abandon de la culture de la tomate industrielle, déperdition des terres agricoles (un potentiel de 30.000 ha), faible utilisation des variétés hybrides à haut rendement, mise en faillite et fermeture de la moitié des unités de transformation avec la suppression de 30.000 emplois, recours à l'importation pour palier aux déficits (soit une facture annuelle de 100 Millions de dollars US) (ministère de l'agriculture) (Snoussi SA, 2010)

## **7-Importance thérapeutique**

### **7-1-Chez les fruits**

La qualité est une notion complexe puisque sa définition varie selon que l'on se place dans la situation du producteur, du distributeur ou du consommateur. Pour le producteur les critères importants sont le rendement, la résistance aux maladies, et les capacités d'adaptation aux contraintes pédo-climatiques (**Kaluzny-Pinon et al, 2001**). Le distributeur s'intéresse plus à la durée de vie du produit, l'homogénéité des lots, et à sa bonne tenue lors de la conservation et du transport (**Guichard, 1999**). Enfin pour le consommateur, la qualité du fruit est l'association de plusieurs paramètres : son aspect (couleur), sa texture (fermeté), son goût (saveur, arôme) et, depuis peu, sa valeur-santé (**Kaluzny-Pinon et al, 2001**). La qualité gustative des fruits peut se décomposer en trois parties : la texture, la saveur et les arômes. La texture est principalement caractérisée par la fermeté du fruit. L'arôme du fruit est défini par la concentration en composés aromatiques volatiles, sachant que plus de 400 composés ont été identifiés chez la tomate, et enfin la saveur est relative aux teneurs en sucre et acide (**Grasselly et al, 2000**).

Plusieurs études associent la consommation de tomates et de ses produits dérivés à une réduction des risques de contracter des cancers et des maladies cardiovasculaires. En effet ils sont riches en substance potentiellement actives, comme les vitamines, les minéraux, les micronutriments ou les fibres (**Berrino et Villarini, 2008**). Cependant l'effet réel de la consommation est difficile à établir puisque, les méthodes d'analyses utilisées dans les expérimentations ne sont pas toujours les mêmes. De plus à l'heure actuelle les études épidémiologiques sont encore peu nombreuses et leurs résultats sont parfois contradictoires (**Scalbert et al, 2005; Giovannucci, 2007; Kavanaugh et al, 2007**). En outre peu d'études donnent des indications sur les doses efficaces (consommation en repas par jour à base de tomate), un seul apport pourrait être suffisant, sachant qu'un apport important de lycopène pourrait être néfaste (**Giovannucci, 1999**).

L'oxydation des LDL, qui est une des hypothèses majeures dans l'apparition de l'athérosclérose, peut être évitée par la présence d'antioxydants, le lycopène et d'autres substances caroténoïdes ont la capacité d'inhiber l'oxydation des LDL.

Le lycopène pourrait également agir comme hypocholestérolémiant en inhibant la synthèse du HMGCoA (hydroxy-3-méthyl glutaryl coenzyme A) réductase **(Yefsah-idres, 2007)**.

La médecine chinoise associe plusieurs vertus à la tomate (Fan Qie), et lui associe des saveurs douces, acides et légèrement froides. Les méridiens destinataires étant le foie, l'estomac et les poumons **(Sionneau et Chapellet-Lopez, 2004)**.

### **7-2-Chez les feuilles**

Ce manque de connaissances sur l'effet des feuilles, s'applique en particulier à la tomate mais il n'existe pratiquement pas de travaux qui permettent de relier la composition chimique des feuilles à leur effet biologiquement imposé, cependant les quelques études trouvées peuvent noter que la tomate est riche en gluco-alcaloïdes dont le principal est la tomatine, hétéroside de la tomatidine, proche de la solasodine. La tomatidine est douée de propriétés bactériostatiques et antifongiques qui intéressent la phytopharmacie et la médecine vétérinaire. Elles sont également anti-inflammatoire et anesthésique et elle conviendrait aux rhumatisants et goutteux. La tomatidine peut être utilisée, comme la solanidine, pour l'hémisynthèse des hormones stéroïdiques **(Étienne, 2005 ; Harborne, 1998 ; Bruneton, 1999 et Kansole, 2009)**.

### **8-Valorisation des déchets**

Selon **(Ademe, 2000)**, un sous-produit est un produit résidu qui apparaît durant la fabrication ou la distribution d'un produit fini. Il est non intentionnel et non prévisible, est accidentel. Il peut être utilisé directement ou bien constituer un ingrédient d'un autre processus de production en vue de la fabrication d'un autre produit fini.

La valorisation des résidus agroalimentaires est le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir, à partir des déchets, des matériaux réutilisables ou de l'énergie **(Proot, 2002)**.

## 9-Principaux résidus de tomate

Un co-produit est la partie d'un végétal cultivé ou le produit issu d'un processus de fabrication qui ne présente pas l'objet principal de l'activité envisagée (fig 10) (Anred, 1998)

### 9-1- Composition chimique des résidus de tomate:

**Tableau 4:** Composition chimique des résidus de tomate (Résultats obtenus à partir de l'analyse de 15 échantillons, d'après la méthode de calcul) (INRA ,1988).

| Résidus de tomate               | Valeur moyenne | Valeur extrême       |
|---------------------------------|----------------|----------------------|
| Matière sèche                   | 27             | 20-35                |
| Matières minérales (% MS)       | 5              | 3.5-6                |
| Matières Azotées Totales (% MS) | 22             | 18-26                |
| Cellulose brute (% MS)          | 34             | 27-41                |
| Matières grasses (% MS)         | 15             | 12-19                |
| Calcium (g/kg MS)               | 3              | 1.8-4.2              |
| Phosphore (g/kg MS)             | 3              | 3.1-4                |
| Potassium (g/kg MS)             | -              | 7-10                 |
| Magnésium (g/kg MS)             | -              | 2.1-2.2              |
| Manganèse (g/kg MS)             | -              | faible à très faible |
| Cuivre (mg/kg MS)               | -              | 15-20                |
| Zinc (mg/kg MS)                 | -              | faible à très faible |
| Soufre (mg/kg MS)               | -              | 1.7-1.9              |

### 9-2- Pulpes

Ce résidu est peu répandu et reste disponible pendant la période estivale. Les analyses des composés pariétaux montrent une forte teneur en cellulose brute et en lignine de 24.65% de MS, par rapport à celle de la pectine 5% (Cotte, 2000).

Les protéines ont une composition en acides aminés proche de celle du tourteau de soja, ceci place les pulpes de tomates parmi les aliments ayant une valeur protéique

intéressante pour les ruminants. La pulpe de tomate est ainsi une source raisonnable de vitamine B1 B2 et vitamine A (Aghajanzadeh- Golshani *et al*, 2010).

### **9-3- Pelure**

Concernant les tomates récoltées généralement à un stade de maturité assez avancé, les peaux constituent la part la plus importante des co-produits livrés par les conserveries, elle présente des particularités structurales et biochimiques qui peuvent influencer sa valeur alimentaire (Aissa, 2006). Elles sont donc essentiellement constituées de cellules à parois lignifiées (15 à 35% de lignine). Elles sont recouvertes d'une cuticule constituée de produit d'excrétions lipidiques désignées globalement sous le terme de cires ou de cutine (Jarrige, 1981). Les composants principaux de la paroi avec des quantités variables de glycoprotéines, et de lignine (Colonna *et al*, 1995).

### **9- 4- Graines**

Les graines constituent une excellente source de substances riche en nutriments. Comme caroténoïdes, sucres, fibres et protéines, avec une composition en acides aminés proche de celle des graines de soja ou de tournesol. Les graines de tomate sont assez riches en huile soit 18 à 27 % de leur poids total (APRIA, 1969), voire même 38% (Sogi *et al*, 1999), cette huile est, comme toutes les autres huiles végétales, peut être intéressante par les propriétés suivantes :

#### ➤ **Source d'acides gras majeurs**

L'huile de tomate peut être classée parmi les huiles hautement polyinsaturées, elle comprend :

-15 à 23 % d'acide gras saturés.

-20 à 24% d'acide gras mono insaturés, essentiellement l'acide oléique.

-53 à 65.6 % d'acide gras polyinsaturés, essentiellement l'acide linoléique.

Ces trois atouts en font par conséquent, une huile diététique et la mettant sur le même pied que les autres huiles, connues et recommandées par les nutritionnistes.

#### ➤ **Une huile vitaminée**

Les composés mineurs de l'huile de tomate comprennent notamment de grandes quantités de tocophérols (environ 120 à 150 mg pour 100 g d'huile) (APRIA, 1969). Or, l'alpha tocophérols possède une activité vitaminique E qui a un effet antioxydant, ce qui explique aussi sa stabilité.

➤ **Richesse en phyto-stérols**

L'huile de tomate est riche en phyto-stérols (environ 136.5 à 365 mg pour 100g de l'huile), Ils constituent ainsi un part important de l'insaponifiable. Le tableau ci-dessous montre les plus importants :

**Tableau 5:** composition des stérols de l'huile de pépin de tomate ( **kind ,1992**)

| Composition des stérols    | Pourcentage par rapport aux stérols totaux |
|----------------------------|--|
| <b>Cholestérol</b>         | 18-30                                      |
| <b>Brassicastérol</b>      | 1-4  |
| <b>Campestérol</b>         | 1-2  |
| <b>Stigmastérol</b>        | 14-15                                      |
| <b>B-Stérol</b>            | 48-64                                      |
| <b>Delta 5 Avénastérol</b> | <2   |

Ce constituant peut servir à la cosmétologie, à la pharmacie et à l'alimentation d'où l'importance de procéder à l'extraction et à la caractérisation physicochimique de cette huile (**Roy et al, 1996**).

La paroi de la graine arrivée à la maturité est très lignifiée, sa composition en polysaccharides et autres constituants pariétaux est proche de celle de la peau à savoir 5% de lignine. En effet, une analyse qualitative séparée des peaux et graines de tomate donne les valeurs suivantes :

24.5% de protéines et 28.1% de MG dans les graines contre 10% de protéines et 3.6% de matière grasse dans les peaux (**Colonna et al, 1995**). Au vu de ces données, il apparaît que les graines représentent la part la plus importante du potentiel énergétique et azoté des sous produits de la tomate (**Cotte, 2000**)

### 9-5-Feuilles

Sur le champ, il existe un autre type de déchets composé par la plante elle-même après la récolte. Des tonnages importants de matière verte sont ainsi trop souvent enfouis dans les champs. Auparavant le seul moyen de s'en débarrasser était de les accumuler dans une décharge et de les brûler. De nos jours, les feuilles rentrent dans le compostage.

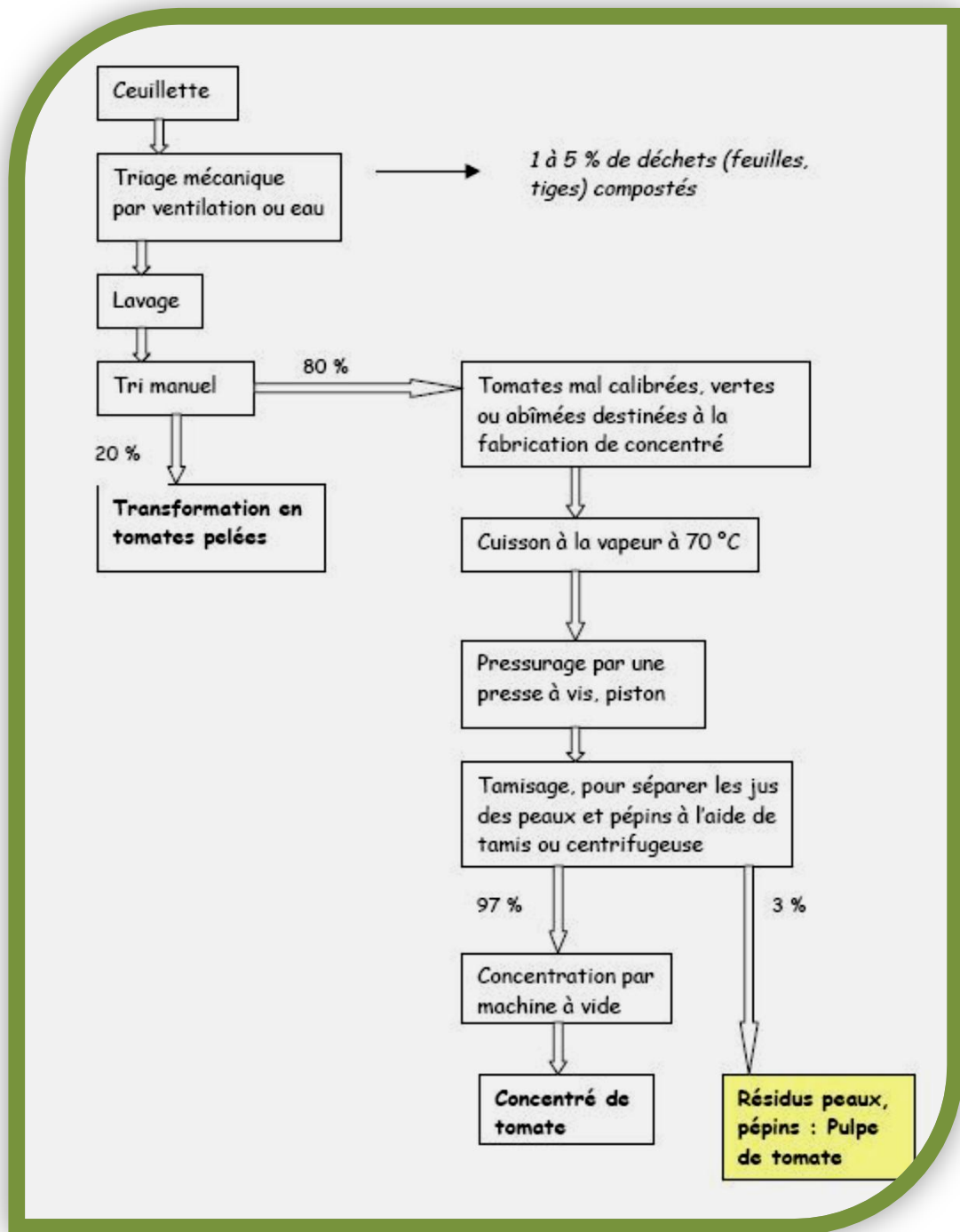


Figure 10: Processus de fabrication des résidus de tomate (Anred, 1998).



## ***CHAPITRE II***

### ***Techniques culturales et comportement des quatre variétés de tomate***

---

## **1-Introduction**

La tomate est parmi les légumes les plus consommés dans le monde (**PARN, 1995**). Cependant, les rendements de cette culture restent faibles dans beaucoup de pays du monde d'une manière générale et en Algérie en particulier.

Des rendements extrêmement élevés sont obtenus dans un grand nombre de pays tempérés jusqu'à 500 t/ha grâce aux modes de production très sophistiqués (**FMTI, 2003**). L'augmentation du rendement est nécessaire et exige la disponibilité des semences qui doivent être de bonne qualité et en quantité suffisante auprès des utilisateurs. Celles-ci doivent répondre à certaines exigences de qualité, notamment phytosanitaires (absence d'insectes et de maladies), physiologiques (critères de croissance, qualité germinative,...), et génétique (espèce et provenance adaptée et performante). L'utilisation des semences traditionnelles pose aussi un certain nombre de problèmes ayant des conséquences sur la croissance des plants, donc jouant sur le rendement. Pour contribuer à cette augmentation, nos travaux consistent à suivre le développement de deux types de variétés de tomate, à savoir deux variétés traditionnelles (V1, V2) et deux variétés hybrides (V3, V4). Ce suivi tient compte des paramètres quantitatifs ainsi que de quelques critères de rendement. Les objectifs principaux sont la mise en évidence de l'impact des variétés sur le rendement et le comportement des plants des variétés traditionnelles par rapport à celui des variétés améliorées.

Pour mieux comprendre l'effet des variétés sur la qualité du rendement nous avons jugé utile de décrire les conditions climatiques qui ont régné durant l'année où l'étude a été menée ainsi que les caractéristiques physico chimiques du sol de la parcelle d'étude. En effet, ces deux paramètres ont un impact direct sur tous les paramètres agronomiques des quatre variétés de tomate.

## 2-Etude pédoclimatique de la zone expérimentale

### 2-1-Données climatiques de la région d'Annaba

Elles nous ont été fournies par la station météorologique de l'Aéroport, elles sont mentionnées dans le tableau suivant:

**Tableau 6:** Données climatiques de la région d'Annaba durant l'année 2011.

| Paramètres  | Tmoy (°C) | T moy max (°C) | T moy min (°C) | Précip (mm) | Humd (%) |
|-------------|-----------|----------------|----------------|-------------|----------|
| <b>Jan</b>  | 12.25     | 17             | 7.5            | 51.4        | 80       |
| <b>Fév</b>  | 11.2      | 16             | 6.4            | 122.0       | 79       |
| <b>Mar</b>  | 13.3      | 18.4           | 8.2            | 84.7        | 81       |
| <b>Avr</b>  | 16.5      | 21.9           | 11.1           | 56.5        | 81       |
| <b>Mai</b>  | 18.55     | 23.9           | 13.2           | 58.0        | 80       |
| <b>Jui</b>  | 21.45     | 26.7           | 16.2           | 6.7         | 78       |
| <b>Juil</b> | 25.1      | 30.6           | 19.6           | 3.5         | 71       |
| <b>Aou</b>  | 25.25     | 31.3           | 19.2           | 0           | 74       |
| <b>Sep</b>  | 23.95     | 29.0           | 18.9           | 36.7        | 78       |
| <b>Oct</b>  | 20.15     | 25.5           | 14.8           | 108.5       | 78       |
| <b>Nov</b>  | 16.6      | 21.4           | 11.8           | 54.8        | 89       |
| <b>Déc</b>  | 12.55     | 15.4           | 9.7            | 85.0        | 74       |

#### 2-1-1-Température

La température optimale pour la croissance de la plupart des variétés de tomate se situe entre 20 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en-dessous de 10°C et au-dessus de 38°C les tissus des plantes seront endommagés. (Naïka et al, 2005 ; Skiredj, 2007). C'est-à-dire, si ces deux degrés de températures restent plusieurs heures à l'époque où les fleurs sont pollinisées, la fructification est en général soit nulle ou alors très faible. (Bennaceur, 2009)

Les plants de tomate poussent encore lorsque les températures moyennes sont de seulement 18 °C ou lorsqu'elles atteignent 27 °C (Tahi H, 2008), c'est à peu près le cas de nos variétés de tomate étudiées pendant leur croissance et développement (depuis la floraison jusqu'à leur maturation) où les températures moyennes enregistrées à cette période à partir du mois d'avril jusqu'au mois d'août sont respectivement (16.5, 18.55,

21.45, 25.1, 25.5°C) avec une légère fluctuation de température marquée au cours du mois d'avril à cause de la pluie .

### **2-1-2-Humidité**

Elle est possible d'avoir des fruits de bon calibre, avec moins de gerçures et sans défaut de coloration (**Skiredj, 2007**) si l'humidité d'air optimale atteint un minimum de 60% et un maximum de 80% selon **Benchaalal (1983)**.

Ces caractéristiques sont moyennement observées sur le plan végétal des variétés de tomate au niveau de la station expérimentale d'El Karma. En plus, le taux maximum d'humidité a accompagné tout le cycle de végétation des variétés de tomate étudiée depuis la germination jusqu'au développement des fruits, couplée à des averses très intenses au mois de mai et au début de juin suivi par des températures élevées enregistrées à cette période ( printemps) aboutissant à des températures moyenne maximale de 23.9°C et 26.7°C. Ce phénomène a entraîné une végétation relativement luxuriante avec un allongement des entre-nœuds mais il a favorisé aussi le développement du premier ennemi de la tomate sous des conditions parfaitement favorables (pluie, milieu humide, température douce entre 12 et 25°C) : le mildiou de tomate qui est dû à un champignon microscopique, « *Phytophthora infestans* ».

### **2-1-3-Précipitation**

La tomate parait la culture la plus exigeante en eau en particulier après sa transplantation (la fin du mois de mars), pendant la floraison (la fin du mois d'avril) et enfin lors du développement des fruits (début du mois de mai).le minimum pluviométrique a été signalé aux mois de juin et juillet environ (6.7 et 3.5mm), au mois d'août le déficit en eau est particulièrement net (0 mm) . Le maximum de précipitation de février s'affirme prépondérant sur celui des mois de mars, avril et mai. Un stress hydrique causé par une carence en eau a commencé au mois de juin et a augmenté durant le mois d'aout ce qui a nécessité un apport d'eau par irrigation.

## 2-2- Caractéristiques physico-chimiques du sol de la parcelle d'étude

L'analyse du sol a été réalisée par le laboratoire agronomique Fertial SPA. Annaba année 2011

Un des intérêts des analyses de sol est de permettre le suivi d'une parcelle sur une longue période de temps. Ainsi ces analyses sont utiles pour nous aider à évaluer la disponibilité de certains nutriments et constituent l'information centrale pour construire le plan de fertilisation. (Francoisd, 2003).

**Tableau 7** : Résultats de l'analyse du sol de la station d'El Karma (Laboratoire agronomique Fertial SPA. Annaba) (27/02/2011)

| Paramètres analysés          | Valeurs                                 | Résultats<br>en ppm |
|------------------------------|---|---------------------|
| <b>Granulométrie</b>         | 56 % Argile<br>24% Limons<br>20% Sables | /                   |
| <b>Conductivité</b>          | 0.13 ms/cm                              | /                   |
| <b>pH eau</b>                | 7.38                                    | /                   |
| <b>Calcaire total</b>        | 0.01%                                   | 100                 |
| <b>Matière organique</b>     | 1.2 %                                   | 12.000              |
| <b>Azote total</b>           | 0.07%                                   | 700                 |
| <b>Phosphore assimilable</b> | 0.07 mé/100g                            | 24.1                |
| <b>Potassium échangeable</b> | 0.7 mé/100g                             | 283.2               |
| <b>Magnésium échangeable</b> | 5.5 mé/100g                             | 670.7               |
| <b>Calcium échangeable</b>   | 33.6 mé/100g                            | 6748.8              |
| <b>Sodium échangeable</b>    | 1.3 mé/100g                             | 294.4               |

### 2-2-1-Granulométrie

Le sol de notre parcelle expérimentale d'El Karma renferme des sables en quantité légèrement élevée (20% des éléments grossiers), la teneur en limons augmente moyennement dans le sol et atteint un maximum 24%. Un taux considérable des éléments fins (<20 $\mu$ m) d'argile traduit en pourcentage de 56%, si l'on rapporte ces résultats sur le triangle texturale américain (USDA) (Karoune, 2008), on peut considérer que notre échantillon de sol est à texture argileuse lourde. Bien que la

tomate s'adapte assez facilement à divers types de sols, ce type de sol risque de limiter sa croissance car les sols argileux sont compacts et sujets à l'asphyxie. La tomate a une préférence pour les sols profonds, qui sont aérés et bien drainés. Les textures sablo-argileuse, sablo-limoneuse, limono-sableuse sont encore souhaitées pour une bonne culture de tomate. (**Lebdi Grissa, 2010 ; Bennaceur, 2009 ; Schiffers , 2003**).

#### **2-2-2-Alcalinité**

L'échantillon du sol analysé est légèrement alcalin, la valeur du pH est de 7.38 ; cette valeur est convenable puisque selon l'étude d'**ITCMI** (Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles) la tomate tolère modérément une large variation de valeurs de pH de (4.5 à 8.2), mais elle a une préférence pour un intervalle de pH compris entre (5,5 et 7,0) ( **Bennaceur , 2009 ; Schiffers , 2003**) En dehors de ces limites, les Plants de tomate seront confrontés à des problèmes de nutrition minérale (**Benseghir, 1996**).

#### **2-2-3-Salinité**

La conductivité électrique estimée à 0.13mS/cm révèle un sol non salin, cette valeur présente un risque de carence dû à un niveau de sel inférieur à la norme de sensibilité moyen pour la tomate qui est classée parmi les plantes à tolérance modérée en sel de (1.5 jusqu'à 3 mS/cm). (**Laumonier, 1979 ; Lebdi Grissa, 2010**) En général, la carence en matière organique influe négativement sur la teneur en sel (**Carrier, 2003 ; Benabadji et al, 1996**)

#### **2-2-4-Matière organique**

Un niveau très faible exprimé en pourcentage de 1.2% en matière organique, cette teneur est insuffisante pour la nutrition de la tomate qui exige un sol très riche en matière organique. (**Schiffers , 2003**).

#### **2-2-5-Teneur en azote total**

La réserve en azote total dans le sol de la station d'El Karma est caractérisée par un déficit marqué d'où la valeur enregistrée de 700ppm ou 0.07%, cette quantité d'azote est considérée comme faible si l'on se rapporte aux normes (**Diehl, 1975 ; Karoune, 2008**). En général des teneurs élevées (> 0.2%) sont appréciées à la croissance de la

tomate qui est souvent classée dans la catégorie des légumes exigeants. (**Will et Duval, 1999**).

#### **2-2-6-Calcaire total**

L'analyse du calcaire total nous donne un sol non calcaire avec seulement des traces (0.01%). Cette teneur ne présente pas de risques d'insolubilisation à d'autres éléments nutritifs pour la tomate. (**Karoune , 2008**).

#### **2-2-7-Phosphore assimilable**

Le phosphore assimilable dit labile présente une teneur moyenne (24.1ppm), ce niveau est optimum par rapport aux normes d'appréciation de phosphore assimilable du sol (15 à 30 ppm) décrites par (**I.T.A.M, 1975 ; Karoune , 2008**). . Cependant cette quantité est très peu considérable pour le cycle de croissance de tomate, en plus elle constitue des réserves insuffisantes à la nutrition phosphorique de cette plante en plein champ qui doit exister à des teneurs plus élevées de l'ordre de 70 à 80 voire 100 ppm. (**Schiffers , 2003 ; Deblay et Charonnat , 2006 ; Boyer, 1978**), en plus l'assimilabilité du phosphore n'atteint pas son optimum lorsque ce dernier est retenu par l'argile (**Duchaufour, 1970 ; Karoune , 2008**)

#### **2-2-8-Potassium échangeable**

Le résultat de l'analyse du potassium échangeable montre que cet élément existe dans le sol de la station d'El Karma avec une teneur de 283.2 ppm ; cette quantité est moyenne pour la culture de tomate qui est très gourmande en cet élément (300 à 700 kg / ha) (**Francoisd , 2003**).

#### **2-2-9-Teneurs en magnésium et calcium par rapport à la teneur en potassium dans le sol.**

Les teneurs des deux bases échangeables: le magnésium et le calcium sont très élevées respectivement (670.7 et 6748.8 ppm). Ces valeurs doivent être interprétées en relation avec la teneur du sol en potassium (K) et selon les rapports MgO/CaO et K<sub>2</sub>O/MgO :

Pour des teneurs normales du sol en K et Mg, la teneur en Ca sera jugée selon le rapport MgO/CaO qui doit être de 0,08 à 0,1. Un rapport inférieur à 0,08 signifie un excès en

Ca; à corriger en majorant les apports en K et Mg. Un rapport supérieur à 0,1 signifie une carence induite en Ca, à corriger par un apport de chaux au sol s'il n'est pas calcaire.

Ce rapport est à valeur de 0.099 dans notre échantillon de sol, il répond à la norme et même est en accord avec la réserve en calcium le quel est optimal entre 5000 et 7000 ppm pour la culture de tomate en plein champ.

La teneur du sol en Mg doit être en équilibre avec celle du potassium. Si la teneur du sol en potasse est normale, celle en Mg sera jugée selon le rapport  $K_2O/MgO$  qui doit être de 0,33 à 1. Un rapport plus faible que 0,33 signifie un excès en Mg; cet excès risque de bloquer l'absorption de K et de Ca par les plantes. Il faut alors majorer les apports potassiques et calciques. Un rapport plus élevé que 1 signifie une carence induite en Mg. Il faut alors majorer l'apport de Magnésium. Donc le résultat du calcul du rapport  $K_2O/MgO$  pour le sol de la station d'El Karma donne une valeur satisfaisante de 0.42. Ainsi, les réserves en magnésium sont en équilibre avec celles du potassium et même du calcium et ne présentent aucun risque de carence ou d'excès pour nos variétés de tomate. (**Francoisd J, 2003**).

#### **2-2-10-Sodium échangeable**

Nos résultats montrent que le niveau du sodium est estimé à 294.4 ppm, cette teneur est appréciable. L'étude de (**Sanchez-Conde et Aznara, 1979**) a montré que la présence du sodium en dose acceptée (moins toxique) dans le sol permet d'endurcir les plants de tomate. (**Skiredj, 2007**).

La lecture des données obtenues après l'examen du sol de la station expérimentale d'El Karma, nous permet de constater ce qui suit:

- La nature argileuse lourde du sol de la parcelle pourrait fixer le potassium échangeable ainsi que le phosphore assimilable et les rendre moins disponibles à l'alimentation des variétés de tomate (**Boyer et al ,1978 ; Pousset, 2002**). En fait, les teneurs moyennes en potassium et en phosphore trouvées après l'analyse du sol, ne préjugent pas le niveau de disponibilité (biodisponibilité) et ils s'avèrent insuffisants pour la croissance et la nutrition de la tomate qui est considérée parmi les cultures intensives.



On peut conclure que la station d'El Karma est caractérisée par un sol à structure physique lourde, faiblement aérée avec une capacité de rétention de l'eau très élevée et un mauvais drainage interne. En plus il est peu fertile et peu productif.

Pour un objectif de production optimale en tomate dans la parcelle d'El Karma, une fertilisation sous forme d'apports d'amendements (engrais organique et minéral) est recommandée pour la nutrition des variétés de tomates cultivées et améliorer le sol ainsi que la production.

➤ **Fumure organique**

La tomate répond bien à d'importants apports de matière organique bien décomposée avant la plantation. La dose minimum est 30 t/ha de fumier de ferme bien décomposé, mais des apports de 50 à 100 t/ha sont à rechercher dans des sols pauvres en matière organique.(Schiffers , 2003).

➤ **Fumure minérale**

**-Apport de fond**

Une fumure de redressement est nécessaire pour le sol d'El Karma, il est préconisé de faire des apports d'azote, de phosphore et de potassium avec des doses recommandées pour texture fine et lourde avec respectivement 60, 250 et 600 unités.

**-Apport complémentaire**

Ces amendements organiques ne sont pas parfois suffisants, dans notre cas, il est nécessaire d'apporter des nutriments supplémentaires, pour contribuer à éviter les troubles nutritionnels. Les doses préconisées sont (320 N 200 K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) unités (équivalent de nitrate de potasse, sulfazote,...).

On peut constater, après cet aperçu, que la tomate possède une possibilité d'adaptation importante car elle a une gamme d'exigences très large, à condition d'assurer un itinéraire technique adéquat à cette culture dont la fertilisation qui est l'une des opérations influant sur le rendement.



### **3-Matériels et méthodes**

#### **3-1- Matériel biologique**

Notre matériel végétal est constitué de quatre cultivars de tomate utilisés en production commerciale, elles nous ont été procurées par des distributeurs de semences, leurs caractères sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 8** : Quelques caractères des variétés étudiées

| <b>Variétés<br/>V</b> | <b>Super strain 3<br/>V1</b> | <b>Rio grande<br/>V2</b> | <b>Fahla<br/>V3</b> | <b>Discrito<br/>V4</b> |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
| <b>Type</b>           | Traditionnelle               | traditionnelle           | Hybride             | Hybride                |
| <b>N° lot</b>         | 96670                        | 3555                     | 2J9626              | 4M8765                 |
| <b>Origine</b>        | Maison Géant<br>vert France  | Maison Service<br>plus   | Italie              | Italie                 |
| <b>Récolte</b>        | 2007                         | 2009                     | 2009                | 2009                   |

#### **3-2- Autre Matériel**

Le matériel non végétal est constitué d'engrais pour la fertilisation du sol et des produits phytosanitaires utilisés pour lutter contre les parasites ainsi que des instruments de mesure.

#### **3-3-Essai**

L'essai a eu lieu dans la ferme agronomique de la station d'El Karma située dans la commune d'El Hadjar dans la wilaya d'Annaba qui est située au Nord Est algérien dont les caractéristiques et situations géographiques sont portés dans les figures 11 et 12.

#### **3-4-Pratiques culturales**

##### **3-4-1- Semis de tomate**

Tous les agriculteurs ambitionnent de planter le plus tôt possible dans la saison froide pour être parmi les premiers sur les marchés et pouvoir disposer d'un bon prix de vente.

Le semis a été réalisé, à partir de la saison des pluies (le 20 janvier 2011), dans la pépinière sur deux planches de semis surélevées de 1 m de largeur et 9 m de longueur.

Les graines ont été semées à une profondeur convenable et avec une densité de semis moyenne dans le but d'obtenir à la fin, des plants vigoureux et sains.



**Figure 11 :** Photo de la station expérimentale d'El Karma



**Figure 12 :** Localisation géographique de la zone expérimentale (ENCARTA, 2007).

L'ensemencement a été pratiqué tout le long des lignes de semis espacés de 6 à 7 cm entre lignes, après le semis nous avons recouvert les graines en appuyant légèrement avec un mélange de fumier bien décomposé et du sol bien ameubli. L'arrosage a été réalisé à partir d'une source d'eau d'irrigation (forage) à l'aide d'un arrosoir sur les planches de semis. De la même manière nous avons arrosé au moins une fois chaque trois jours afin d'assurer que le degré d'humidité soit suffisant pour la germination.

Aucun agriculteur ne prend le risque de cultiver de la tomate sans pesticides à cause des nombreux ravageurs et maladies qui parasitent la culture. Pour les traitements phytosanitaires, ils ont démarré dès la pépinière et ils ont été effectués de manière continue et dont les doses appliquées et les périodes pendant lesquelles les opérations ont été réalisées (irrigation et traitement) sont récapitulées dans le tableau 9.

Après la germination il a fallu maintenir une aération organisée de la pépinière pour assurer les échanges gazeux des jeunes plantules.

### **3-4-2- Repiquage**

Le repiquage des plants s'est effectué lorsque ceux-ci ont atteint le stade de trois à cinq vraies feuilles bien étalées. Auparavant le champ a été tracé le 19/03/2011 à l'aide d'un tracteur dans le but de réaliser une parcelle expérimentale (dispositif expérimental) (fig. 13).

**Tableau 9** : Opérations effectuées après le semis des quatre variétés de tomate.

| <b>Date</b> | <b>Irrigation</b> | <b>Traitement chimique</b>                    | <b>Dosage appliqué de traitement chimique</b> |
|-------------|-------------------|---|---|
| 20 /1/2011  | +                 | Désherbage chimique :<br>(sencor)<br>Raticide | 5g/16L/100 m <sup>2</sup><br>-                |
| 23/1/2011   | +                 | -   | -   |
| 26/1/2011   | +                 | -   | -   |
| 29/1/2011   | +                 | -   | -   |
| 01/2/2011   | +                 | -   | -   |
| 05/2/2011   | +                 | -   | -   |
| 10/2/2011   | +                 | Méthyle therphanate                           | 10g/16L/100 m <sup>2</sup>                    |
| 14/2/2011   | +                 | Propinebe                                     | 20g/16L/100 m <sup>2</sup>                    |
| 20/2/2011   | +                 | Mancozebe                                     | 20g/16L/100 m <sup>2</sup>                    |
| 01/3/2011   | +                 | Armethyle                                     | 20g/16L/100 m <sup>2</sup>                    |
| 09/3/2011   | -                 | Propènebe                                     | 20g/16L/100 m <sup>2</sup>                    |
| 23/3/2011   | -                 | Folisur                                       | 5ml/16L/3 Planches                            |
| 24/3/2011   | -                 | Mancozebe                                     | 20g/16L/3 Planches                            |

### **3-4-2-1-Dispositif expérimental**

Nous avons opté pour un essai en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions.

Chaque bloc est composé de quatre parcelles élémentaires contenant chacune 2 lignes, chaque ligne contient 13 plants ce qui donne (figure 13):

Nombre de variétés : 4 variété (2 variétés fixées + 2 variétés hybrides).

Nombre de répétitions (blocs): 4 répétitions.

Nombre de parcelles élémentaires: 16 parcelles.

Nombre de lignes par parcelle élémentaire: 2 lignes

Nombre de plants par lignes: 13 plants

Nombre de plants par parcelle élémentaire: 26 plants

Nombre de plants par variété pour l'essai: 26 plants (PE) x 4 (Rép) = 104 plants

Longueur de la ligne par parcelle élémentaire: 05 mètres

Espace entre lignes: 1.20 m

Espace entre plants: 0.40 m

Espace entre variétés: 2.40 mètres

Espace entre blocs: 1.5 mètres.

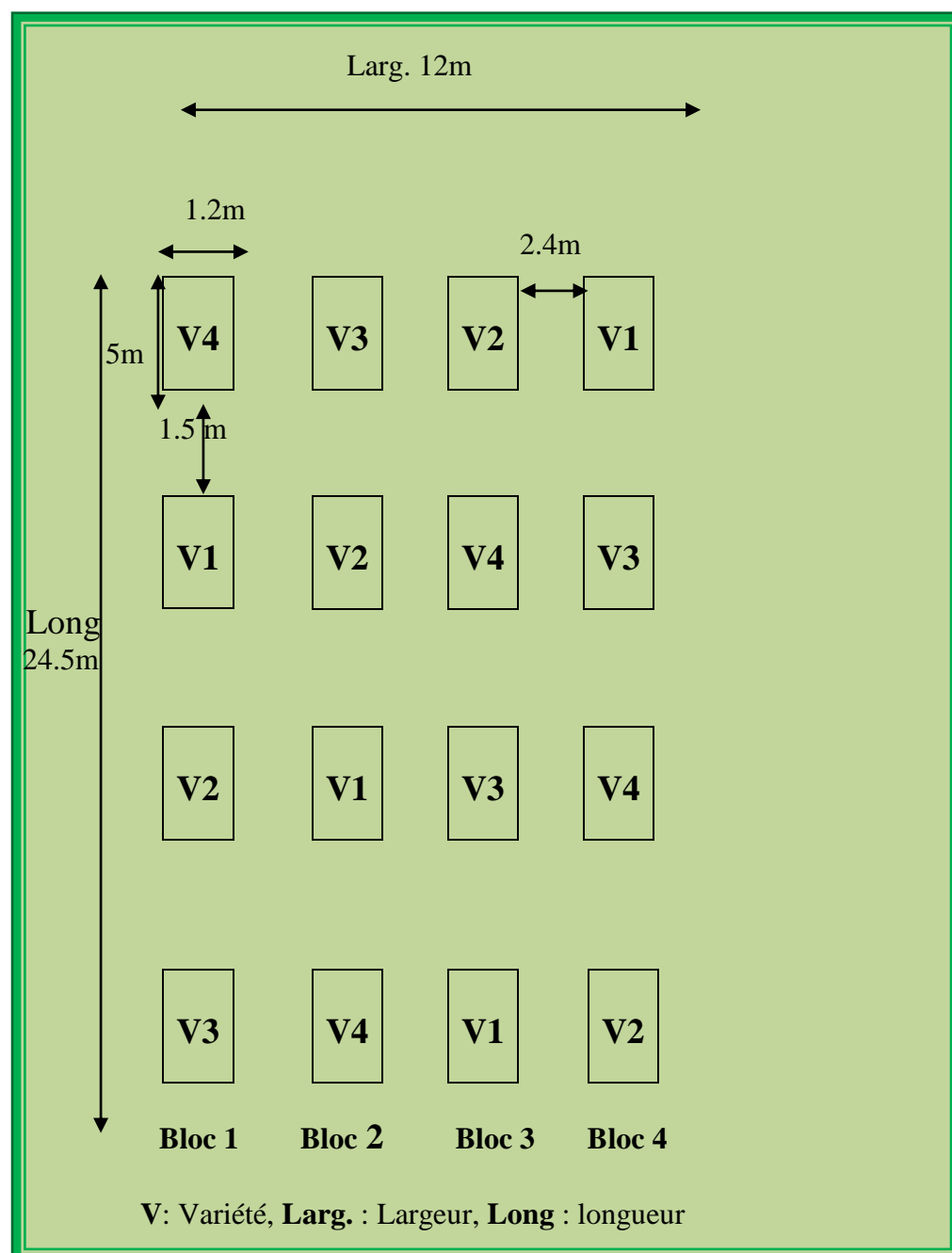


Figure 13 : Dispositif technique expérimental du semis des quatre Variétés de tomate.

### **3-4-2-2- Plantation**

Avant la plantation nous avons effectué le 23 / 03/2011 un apport d'engrais NPK épandu à la main à raison de (10 quintaux / Ha) sur la longueur des lignes des parcelles. Environ 8 à 9 semaines après l'ensemencement nous avons obtenu des jeunes plantules qui étaient prêtes à être repiquées puisqu'elles étaient au stade 3 à 5 feuilles réelles et ont atteint 15 à 20 cm de haut.



**Figure 14** : Transplantation des plants au champ (parcelle expérimentale)

Le 27/03/2011 deux opérations d'irrigation ont été procédées séparément mais simultanément entre 6 et 7 heures avant l'opération de transplantation, l'une a été effectuée copieusement sur les planches de semis pour éviter les dommages excessifs aux racines lorsqu'on les déterre, L'autre s'est faite aux lignes des parcelles de plantation afin de maintenir un apport d'eau disponible aux jeunes plantules repiquées. Finalement les plantules ont été disposées dans des trous préalablement creusés dans le sol jusqu'aux premières feuilles. L'opération s'est effectuée tout le long des lignes de plantation à raison d'un seul plant par trou avec un espacement de 40 cm entre plants (fig. 14).



### **3-4-2-3- Irrigation et protection phytosanitaire**

Les doses peuvent varier entre agriculteurs et conditions climatiques, ces dernières assurent une fréquence d'apport suffisant à partir de l'eau des pluies depuis la plantation jusqu'à la moitié de mois de mai. Pendant le mois de juin (début de sécheresse) l'apport d'eau est assuré par l'irrigation régulière assurée par un puits d'où l'eau est puisée directement (à l'aide d'une motopompe), en respectant la capacité au champ. La protection phytosanitaire est assurée de manière préventive par différents traitements chimiques. Les opérations d'irrigation et des traitements sont mentionnés dans le tableau ci-dessous (tab 10)

## **4-Méthodes**

### **4-1- Contrôles de germination**

L'appréciation de certains paramètres nous permet de mieux caractériser, si les semences ne présentent pas d'anomalies. Ces paramètres sont :

#### **4-1-1-Temps moyen de germination**

C'est une période nécessaire pour que le taux de germination atteigne le maximum (nombre totale des semences germées à la fin d'essai) (**Mazliak, 1982**).

#### **4-1-2- Taux de germination**

C'est le nombre maximum des semences germés à la fin d'essai, exprimé en pourcentage. Calculé par la formule suivante :

**TG% = ( Nbre des semences germés / Nbre total des semences) (Mazliak, 1982).**

**TG% :** taux de germination

**Tableau 10** : Opérations effectuées au cours du cycle de croissance des plants de tomate

| Date      | Irrigation  | Traitement chimique  | Dosage appliqué        | Apport chimique  | Dosage appliqué            | Préparation de la parcelle               |
|-----------|---|--|------------------------|--|----------------------------|--|
| 19/4/2011 | /   | Désherbage chimique (sencor)                                 | 500g/Ha                | /  |                            | /  |
| 28/4/2011 | /   | Epanchage du sulfazote                                       | 3 Qtx/Ha (26%N+12%S)   | /  |                            | /  |
| 01/5/2011 | /   | /  | /                      | /  | /                          | <b>Binage manuel</b>                     |
| 02/5/2011 | /   | /  | /                      | Engrais  | 200ml/Ha                   | <b>Tracteur Ridomil 2.5he</b>            |
| 02/5/2011 | /   | /  | /                      | /  | /                          | <b>1<sup>er</sup> scarifiage</b>         |
| 07/5/2011 | /   | /  | /                      | /  | /                          | <b>2<sup>ème</sup> scarifiage</b>        |
| 09/5/2011 | /   | /  | /                      | /  | /                          | <b>3<sup>ème</sup> scarifiage Répété</b> |
| 18/5/2011 | /   | Utilisation des pièges phéromone de ( <i>Tuta absoluta</i> ) | /                      | /  | /                          | /  |
| 26/5/2011 | /   | - Fongicide (BRAVO)<br>- insecticide (ACTARA)                | - 21g/Ha<br>- 1000g/Ha | Engrais foliaire (N.P.K)                                     | (13, 2,44)<br>(5Kg/Ha)     | /  |
| 29/5/2011 | /   | Fongicide (Préori-opti)                                      | 2.51g/Ha               | Engrais foliaire (N.P.K)                                     | (20.20.20)<br>5Kg/Ha       | /  |
| 2/6/2011  | Irrigation par aspiration                                 | /  | Mamèbe                 | 2Kg/Ha   | /                          | /  |
| 11/6/2011 | /   | -Stimulant microfért<br>-Insecticide (ACTARA)                | - 31g/Ha<br>- 100g/Ha  | /  | /                          | /  |
| 15/6/2011 | <b>Irrigation par goutte à goutte + éléments minéraux</b> | /  | /                      | <b>Apport d'engrais (Potasol+Nitrate de calcium+ l'Urée)</b> | <b>(50+ 25+15)Kg rampe</b> | /  |

#### **4-2- Contrôle de croissance**

Les observations et mesures sur le peuplement végétal se limitent à la période plantation - fin de récolte, sans tenir compte de la pépinière. Bien que l'état du plant en sortie de pépinière ait une influence sur sa croissance et développement au champ (**Scheifler et al, 2003**), d'où on a pu estimer quelques paramètres de vigueur et de rendement à la fin de l'expérimentation. Les mesures ont porté sur tous les blocs.

##### **4-2-1- Taux de levée**

Le taux de levée est défini comme étant la proportion des plants qui ont poussé après le repiquage. Le suivi a été réalisé à des dates fixes.

##### **4-2-2- Taux de survie**

Le taux de survie correspond au nombre des plants qui ont survécu en fin de l'essai (**Abeysekera, 1991 ; Karoune, 2008**)

##### **4-2-3- Récolte**

Avant la récolte des fruits de tomate, deux périodes doivent être observées:

###### **4-2-3-1-Date de précocité biologique**

Caractérisée par une période pendant laquelle le fruit évolue vers un fruit mûr, apte à être consommé.

###### **4-2-3-2-Date de précocité commerciale**

Plusieurs facteurs intervenant dans la détermination de la date de précocité de tomate qui a un but commercial.

Généralement la cueillette est faite plant par plant dans un sachet étiqueté portant le numéro de la récolte, le numéro du plant, le numéro de codage de la variété. Ensuite on procède aux pesées des fruits plant par plant.

###### **4-2-3-3-Poids moyen du fruit**

Pour ce caractère, nous avons choisi dix plants par variété.

#### **4-2-3-4- Calcul du rendement total**

A partir des poids enregistrés par plant et pour toutes les récoltes, nous avons calculé le rendement en fruits cumulé par parcelle élémentaire et par variété et pour chaque passage de récolte ; il est exprimé en quintaux par hectare (Qx/Ha).

#### **5-Analyse statistique**

L'analyse du poids de fruits a été répétée 10 fois a vu leur résultat traité par l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur contrôlé à mesures répétées, avec le logiciel statistique (Minitab 16) en utilisant le test de Tukey au seuil de 5%.

## 5-Résultats et discussion

### 5-1-Contrôles de germination

#### 5-1-1-Temps moyen de germination

Le temps moyen de germination (TMG) donne une idée sur la vitesse de germination qui peut s'exprimer par la durée de germination (Scott et al, 1984) ou par le temps moyen de germination (Come, 1970).

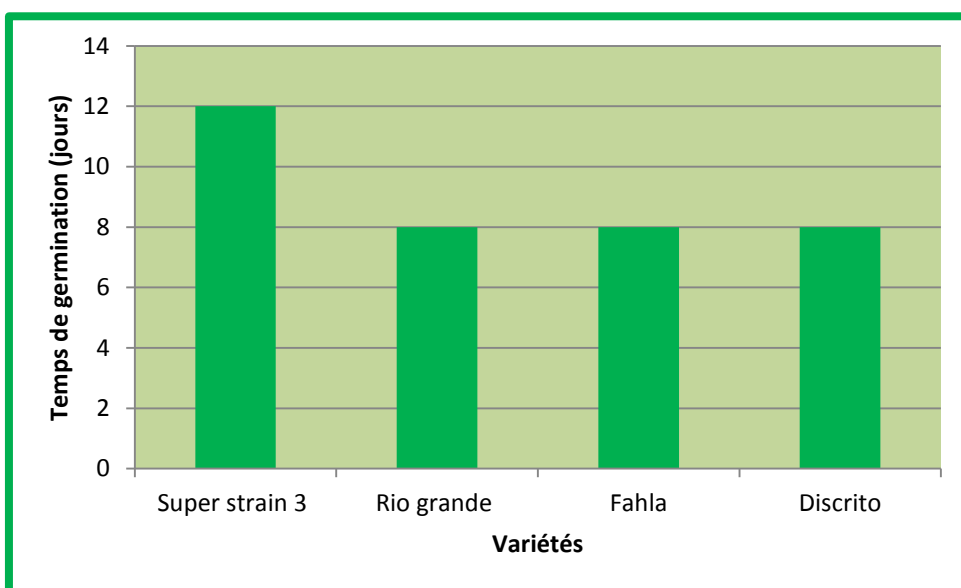


Figure 15 : Temps moyen de germination des quatre variétés

La première germination a été observée au huitième jour après le semis pour les trois variétés (Rio grande, Fahla et Discrito) avec un même aspect sauf pour la variété Super strain 3 la germination s'est prolongée jusqu'au douzième jour après le semis (fig 15). Ce retard a été signalé chez plusieurs agriculteurs de la région. Pour l'ensemble des variétés, la germination des graines est au delà des normes (environ quatre jours). Le même résultat a été trouvé par Baudouin et al (2001).

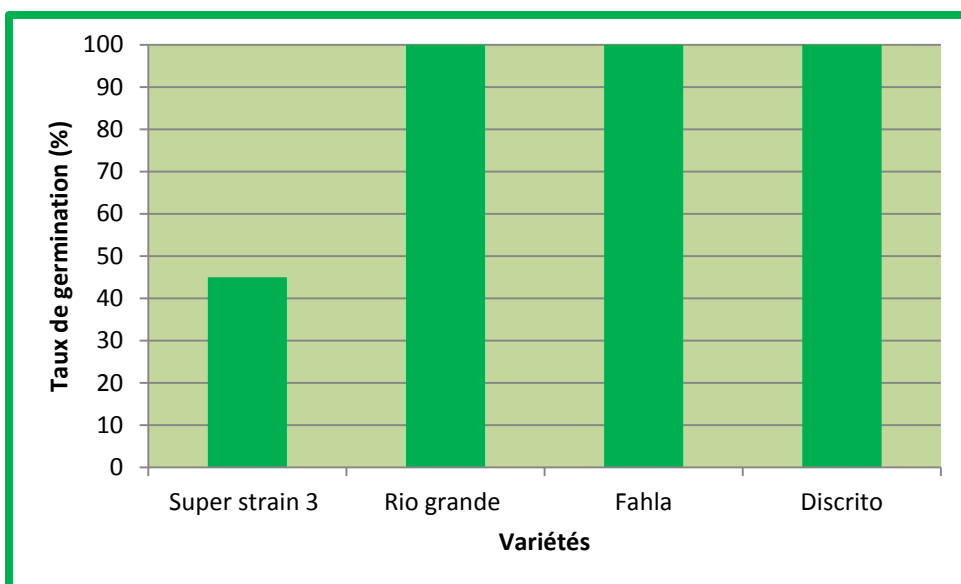
Ce léger retard peut être lié principalement aux conditions du milieu, essentiellement à l'effet du gel (l'hiver), sauf pour la variété Super strain 3 dont l'inaptitude à germer rapidement peut être liée en plus aux conditions du milieu et à la vitesse de germination des graines qui est lente, traduisant l'existence d'une dormance qui semble d'origine

génétique (Merouani et al, 2000) , ou alors elle est expliquée par un problème phytosanitaire au niveau des semences.

### 5-1-2-Taux de germination

La qualité des graines est essentielle, pour des graines saines, la culture sera plus robuste que si les graines auraient été mauvaises (Shankara et al, 2005)

D'après les résultats obtenus on peut dire que les trois variétés qui ont germé les premières présentent un excellent taux de germination (environ 100%), il est environ le double de celui de Super strain 3 cette dernière présente un taux de germination de 45% (fig 16,17),



**Figure 16 :** Taux de germination des quatre variétés

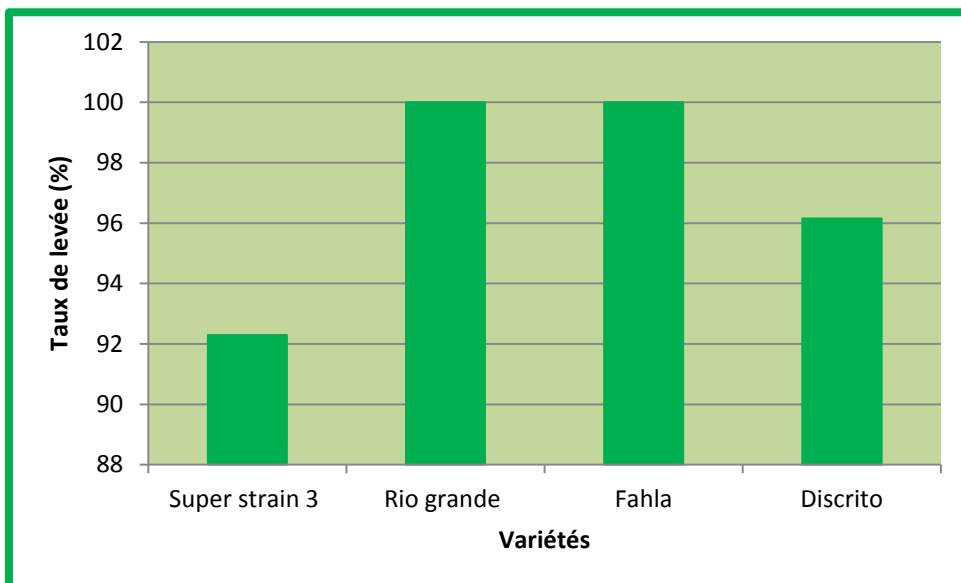
Ce résultat pourrait être expliqué par la meilleure adaptation des trois variétés suscitées aux conditions édaphiques et climatiques de la région par rapport à la variété Super strain 3. Il est possible encore d'expliquer cette différence de pouvoir germinatif à des différences d'énergie germinatives (réserves nutritives des graines), de maturité physiologique et de conditions de conservation des semences (Tayeb, 1994).



**Figure 17 :** photos (A, B, C, D) présentes le taux de germination des graines de tomate

## 5-2-Contrôle de croissance

### 5-2-1- Taux de levée



**Figure 18 :** Taux de levée présenté chez les variétés étudiées

Le recours systématique à la protection chimique nous amène de contrôler l'état sanitaire sur le peuplement végétal (Amoussou, 1998 ; Huat, 2008). La proportion de parcelles présentant des symptômes d'agressions parasitaires et de climat ont été variés au cours du cycle cultural et selon l'année.

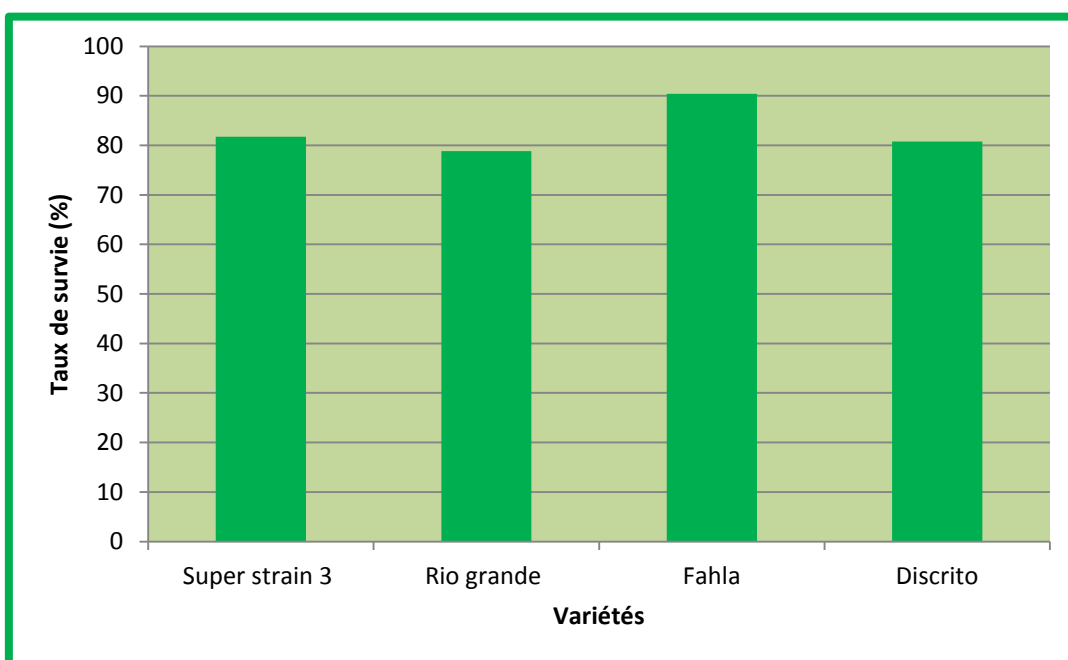
Dés le début de la croissance des plants de tomate (juste après la levée des jeunes plantules) nous avons remarqué une dégradation du nombre de plants (taux des plants perdus après la levée) celui-ci est calculé à partir du taux de levée des plants (fig 18). Donc nous avons commencé par un pourcentage maximum de 7.7% pour la variété Super strain 3 et cette perte est liée à la précipitation qui a provoqué une inondation d'un fossé où l'eau touche les plants de cette variété située au bord de la parcelle, cependant d'autres facteurs causant la mort de quelques plants de la variété Discrito traduisant une légère perte de 3.85% ceci est du principalement à l'attaque parasitaire (nématode) qui a provoqué un flétrissement remarqué. Pour les autres variétés aucune réduction en nombre de plants n'a été enregistrée.



### 5-2-2- Taux de survie

A la fin de l'essai nous avons estimé le nombre des plants qui ont survécu chez chaque variété (fig 19). Le pourcentage a été calculé par rapport au nombre des plants qui ont levé.

Les plants au champ (fig 20) subissent les aléas des facteurs climatiques qui influent directement sur le taux de survie. Ce taux est inversement proportionnel au taux des plants perdus à la fin de l'essai. En ce qui concerne notre parcelle expérimentale et au cours de la phase (floraison-fructification), les taux de mortalité enregistrés étaient maximal chez la variété Rio grande avec 21.16% (et donc un taux de survie de 78.84%) et minimal chez la variété Fahla avec 9.62 % ce qui a donné 90.38 % de taux de survie.

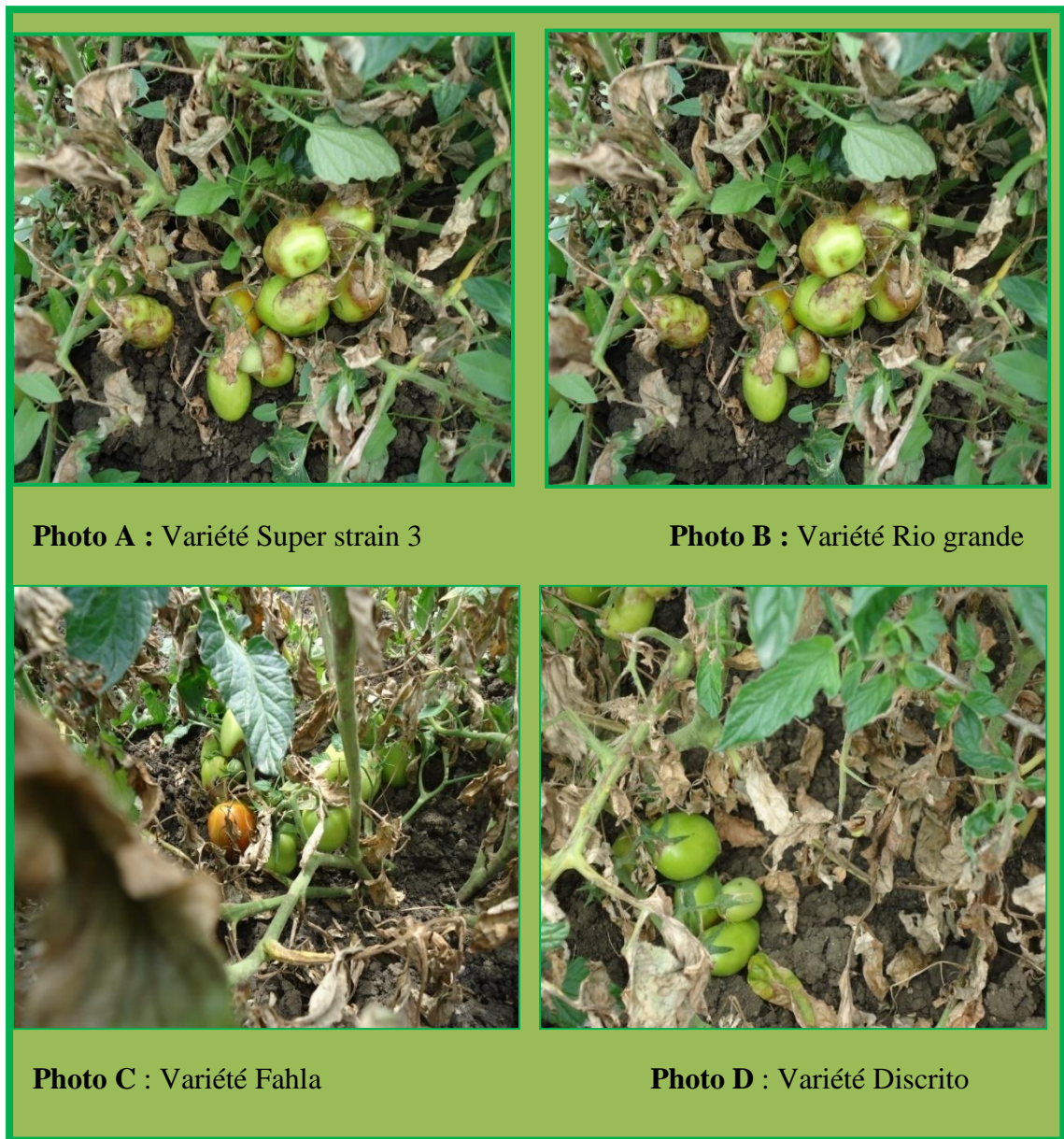


**Figure 19 :** Taux de survie chez les quatre variétés



**Figure 20** : Croissance des plants des différentes variétés dans la parcelle expérimentale.

Ces mortalités sont dues essentiellement à des attaques sévères de champignon (le mildiou) (fig 21), pendant cette période (saison de printemps) on a observé une variation prolongée de trois facteurs climatiques (pluie, sécheresse et humidité) ; ces conditions ont provoqué la croissance de ce parasite épidémique et sa propagation a d'ailleurs été signalée par tous les agriculteurs de la région et même pour d'autres cultures ce qui a généré des dégâts considérables. Cette maladie a détruit une large surface cultivée par la tomate et les plants sont apparus comme « grillés ». Les symptômes sont caractéristiques et commencent généralement par les feuilles, puis les tiges et les fruits.



**Figure 21 :** Photos (A, B, C, D) les plants de tomate attaqués par le mildiou

### **5-2-3-Récolte**

**Ho et Hewitt, 1986** ont stipulé que la période de développement du fruit de la tomate (de la nouaison à la maturité) dépend en grande partie de la température. **Bennaceur (2009)** a montré que la récolte de tomate se fait quand le fruit est entièrement mûr ayant une couleur rouge foncée mais encore ferme. Celle-ci dépend des précocités biologique et commerciale des variétés (fig. 22, 23)

### 5-2-3-1-Précocité biologique

Le début de maturation varie d'une variété à autre, ceci dépend essentiellement de l'origine génétique. On a enregistré une légère différence (une semaine) entre les variétés (V1, V3, V4) de (42 à 48 jours) après repiquage, Rio grande vient en dernière position puisqu'elle commence à mûrir 54 jours après le repiquage (fig. 22)

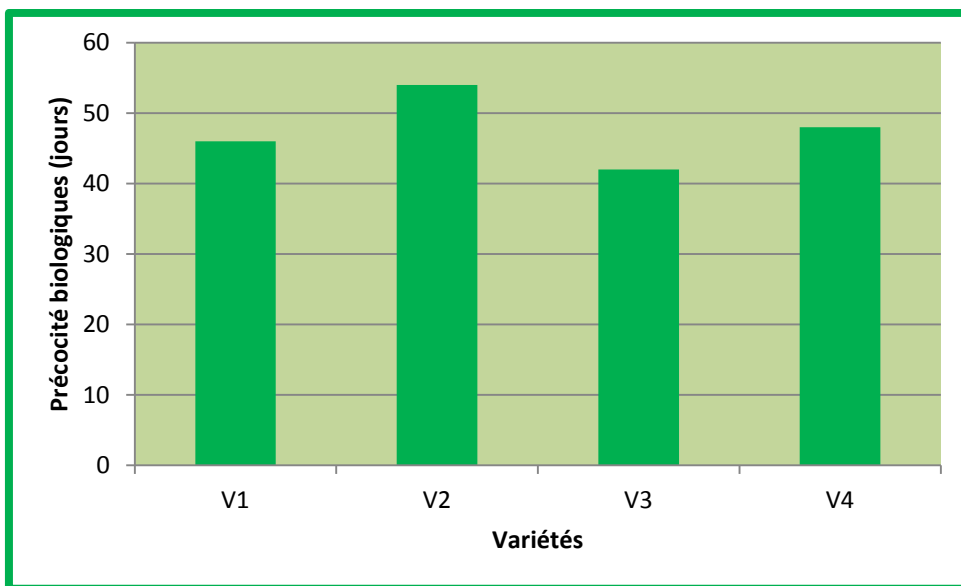


Figure 22 : Précocité biologique chez les quatre variétés

### 5-2-3-2- Précocité commerciale

Elle dépend essentiellement de la proximité au marché pour permettre aux fruits de tomate récoltés de supporter convenablement les manipulations de conditionnement, d'emballage et aussi de transports (**Bennaceur, 2009 et Snoussi, 2010**). Pour les quatre variétés, la précocité commerciale a été obtenue à partir de 72 jours après le repiquage (fig. 23) et la récolte s'est étendue sur environ 42 jours, c'est-à-dire à partir du premier jusqu'au quatrième passage de récolte. En général elle varie aussi en fonction du climat, des maladies et du cultivar (maturité du fruit) (**Shankara et al, 2005 ; Lebdi Grissa, 2010**).

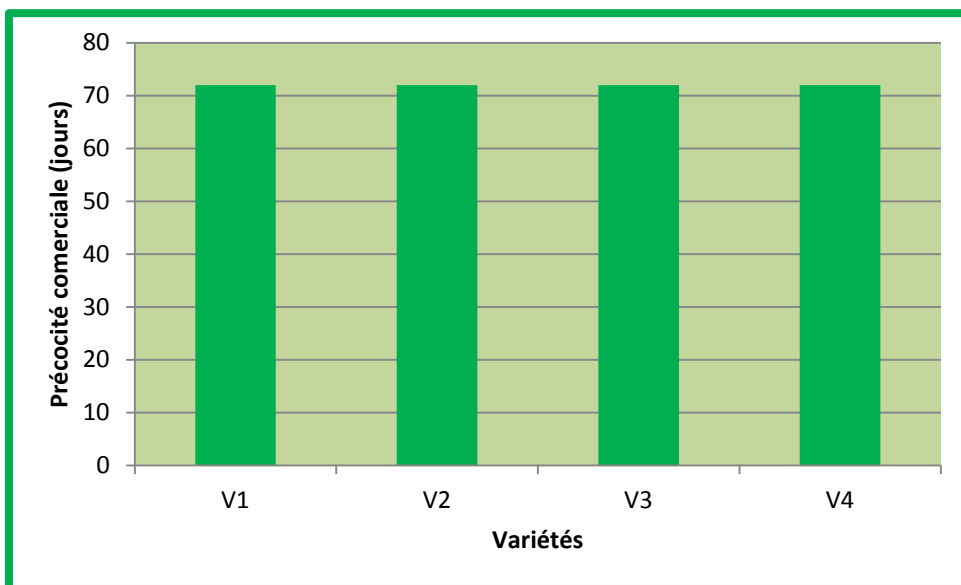
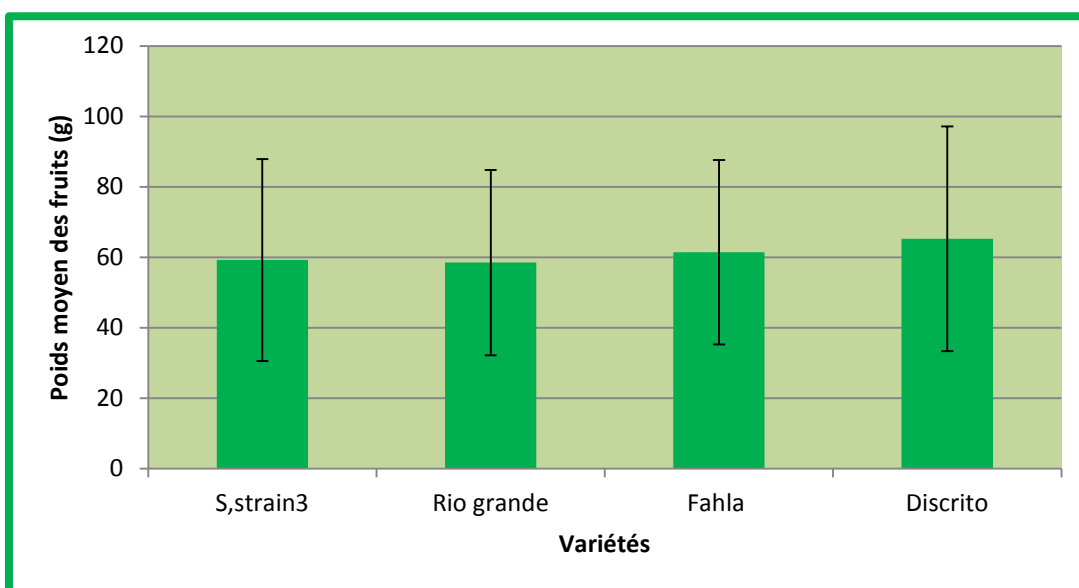


Figure 23 : Précocité commerciale chez les quatre variétés

### 5-2-3-3-Poids moyen du fruit

La figure 24 montre que le poids moyen de la variété fixe Rio grande est le minimal ( $58.53 \pm 26.29g$ ), suivi par le poids moyen des deux variétés fixe et hybride successivement Super strain 3 ( $59.22 \pm 28.63g$ ) et Fahla ( $61.44 \pm 26.16g$ ) ils sont presque similaires, alors que le poids moyen maximal a été enregistré chez la variété hybride Discrito ( $65.23 \pm 31.87g$ ).

Donc les poids moyens des variétés hybrides Fahla et Discrito sont légèrement supérieurs à ceux des variétés fixes, ces résultats soumis à l'étude statistique n'ont révélé aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) et par conséquent, le test de Tukey ne nous donne qu'un seul groupe de moyenne homogène A pour toutes les variétés.



**Figure 24** : Poids moyen des fruits de chaque variété

Ce résultat ne concorde pas avec le travail de **Baudouin et al (2001)** où il note une différence significative entre deux variétés l'une de type fixe et l'autre hybride (55.70g et 71g). Cependant nos résultats concordent avec ceux trouvés par **Granges et Gillioz (2006)**.

On peut remarquer que le poids des fruits n'est pas toujours lié aux variétés hybrides. En effet, les deux types de variétés étudiées présentent des fruits avec des poids moyens généralement non satisfaisants comparés à ceux enregistrés dans leurs pays d'origine (85g pour les variétés Super strain 3, Fahla et Discrito , 80 à 110g pour Rio grande), ceci montre aussi que les conditions environnementales jouent un rôle très important dans le développement et la croissance des fruits.

#### 5-2-3-4-Rendement total par variété

L'ensemble des passages de récolte constitue les rendements finaux des fruits de différentes variétés, ils ont été estimés en quintaux par hectare (Qx/Ha). c'est la variété hybride Fahla qui a donné le meilleur rendement 388.44 Qx/Ha, suivie de la variété Discrito avec 343.83 Qx/Ha, le rendement est réduit chez les deux variétés fixes Rio grande et Super strain 3 avec respectivement 268.92 et 245.47 Qx/Ha (fig 25).

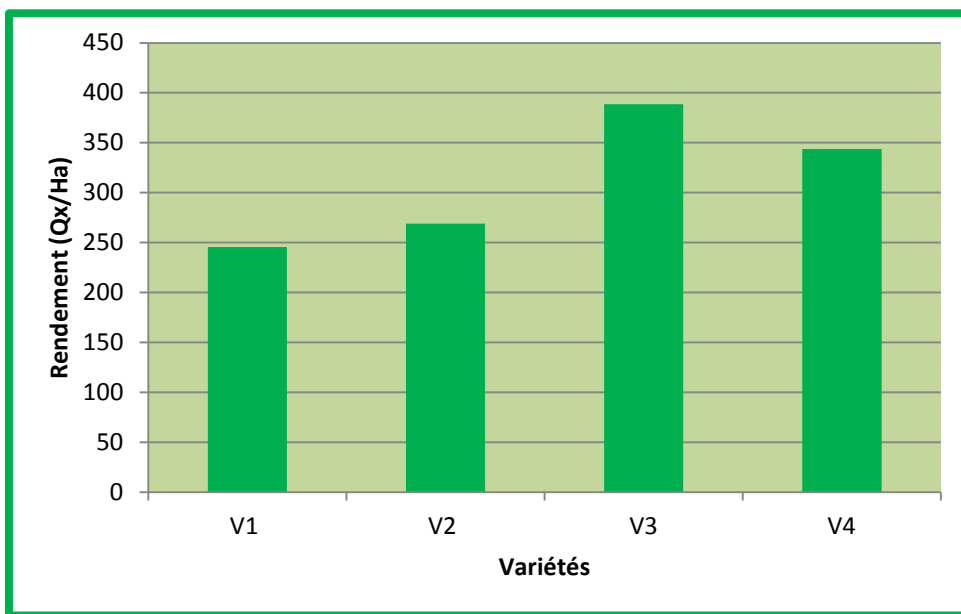


Figure 25: Rendement total par variété en Qx/Ha

Ces valeurs trouvées sont faibles si on les compare avec celles de **Amoussou (1998)** 5.08 T/Ha pour une variété hybride, et 12.63 T/Ha chez une autre fixe. Elles sont encore plus faibles comparée à celles obtenues par **Shankara et al (2005)** qui étaient de 24.4 et 36.4 T/Ha respectivement chez les mêmes types des variétés (fixe et hybride). Néanmoins nos rendements ont été meilleurs (surtout chez les variétés hybrides) que la production moyenne enregistrée à l'échelle nationale (200 Qx/Ha) année 2009 (**DSA, 2009**) et 308.4 Qx/Ha année 2010 (**DSA, 2010**) qui constitue la période de réalisation de notre expérimentation.

Pour l'ensemble de la récolte de tomate issue de notre parcelle d'étude, le producteur l'a destinée à la vente locale (unité de transformation de la tomate industrielle SICS (Seybouse) située à la wilaya d'Annaba.

## 6-Conclusion partielle

Finalement et sur la base de notre étude agronomique et en prenant en considération l'ensemble des observations sur la parcelle expérimentale, on peut remarquer que la culture de tomate répond essentiellement au facteur environnemental ainsi qu'aux pratiques culturales qui semblent influencer sur le cycle de développement

chez toutes les variétés. Ceci n'occulte pas l'importance du facteur variétal qui joue un rôle certain dans la détermination de densité de production, si on compare les variétés entre elles. En effet, malgré la similitude dans toutes les conditions de culture nous avons trouvé que la variété hybride Fahla a été parmi les variétés les plus performantes concernant le temps de germination, le taux de germination, le taux de levée. En plus elle n'a pas subi une grande perte des plants puisque son taux de survie a été de plus de 90%. Elle a généré la meilleure production (388.44 Qx/Ha) et elle a même affiché une meilleure résistance à l'attaque du mildiou par rapport aux autres variétés. Cette variété est donc fortement recommandée pour la culture sous les conditions climatiques de la région d'étude.



## ***CHAPITRE III***

### ***Valorisation des pelures des quatre variétés de tomate***

---

## **1-Introduction**

La culture de tomate, en Algérie, engendre annuellement des résidus de tomate estimés à 1.305.000 tonnes/an (**FAO, 2007**). Les sous produits de l'industrie de transformation de la tomate sont constitués de peau, pépins, d'un peu de pulpes et des pédoncules parfois mélangés à quelques feuilles et écarts de triage (**Ventura et al, 2009**).

Le but de cette étude est de comparer la qualité des pelures des quatre variétés de tomate vis-à-vis des paramètres suivants: pH, acidité titrable, taux de brix, protéines, sucres totaux, polyphénols, cendres et activité antioxydante.

Cette étude a été accomplie au niveau du laboratoire de Botanique médicale de la faculté de Médecine d'Annaba et le laboratoire de contrôle de qualité de la Wilaya d'Annaba.

## **2-Matériels et méthodes**

### **2-1 -Préparation des échantillons à analyser**

Les fruits de tomate étudiée proviennent de la parcelle expérimentale d'El Karma (Annaba) récoltés durant la période allant de juin à août 2011, Le prélèvement a été réalisé sur sept à huit rangs homogènes. Les fruits sont prélevés au hasard sur plusieurs régimes à diverses hauteurs et orientations.

Les fruits ont été récoltés à pleine maturité, nettoyés, lavés et aussitôt passés sous un jet d'eau chaude (environ 90°C) pendant 10 mn et puis sous un jet d'eau froide pour ramollir et faciliter le détachement de la pelure.

Les pelures de tomate, ainsi obtenues, ont été séchées sur des surfaces aérées. Après séchage, les pelures ont été emballées dans des sacs alimentaires et conservées dans un endroit sec et obscur à température ambiante.

### **2-2- Paramètres étudiés**

La composition globale de la tomate, la teneur en eau, le pH, l'acidité titrable, le brix et la teneur en cendres, ont été déterminés directement après la récolte. Les autres paramètres (sucres totaux, polyphénols totaux, protéines et activité antioxydante), ont été déterminés dans les pelures séchées après un stockage d'une année.

### **2-2-1- Composition globale de la Tomate**

Les caractéristiques physiques ont été réalisées sur 10 fruits prélevés au hasard sur lesquels sont déterminées les parts relatives en (pelure), (graine et pulpe).

### **2-2-2- Caractérisation physico-chimique de pelure de tomate**

#### **2-2-2-1- Détermination de la teneur en eau**

La teneur en eau est la différence entre le poids frais et le poids sec d'un gramme de pelure de tomate broyée, on le place dans l'étuve réglée à  $105 \pm 2$  °C pendant 3 heures; jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Afnor, 1982).

Cette différence est exprimée en pourcentage par rapport à la matière fraîche selon la formule déterminée par la relation :

**TRE en % = (PF – PS) x100 /PF. (Calvo et al, 2007) ; (Miller, 1998).**

**TRE** : teneur en eau de pelure (en %)

**PF** : poids frais juste après récolte (en g)

**PS** : poids sec après séchage à l'étuve (en g).

#### **2-2-2-2-pH**

Le pH est directement déterminé selon les normes (Afnor, 1982), On met la pelure de tomate dans un bêcher et on y ajoute trois fois son volume d'eau distillée, on chauffe dans un bain-marie pendant 30 mn à 50C° en remuant de temps en temps. Ensuite le mélange obtenu est broyé dans un mortier (Tahi, 2008), (AOAC, 1984) ; (Dossou et al, 2007). Le pH est déterminé par un pH-mètre électronique (Benarous, 2006), en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

#### **2-2-2-3-Acidité titrable**

L'acidité des fruits et des légumes est donnée en grande partie par quelques acides organiques tels que: l'acide malique, l'acide tartrique, l'acide citrique et plus rarement l'acide oxalique (Tanislav, 1978). Le but de ce dosage est de mesurer approximativement la teneur totale du produit en acides naturels par leur neutralisation dans un extrait de jus de fruits en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine).

Chez la Tomate, l'acidité qui domine est celle de l'acide citrique avec 75% à 80% de l'acidité totale dans le jus de tomate transformée. La détermination de l'acidité titrable dans la pelure consiste à peser 25 g de pelures de tomate dans une fiole conique, puis on y ajoute 50 ml d'eau distillée récemment bouillie et refroidie, puis on mélange jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène. On chauffe le contenu au bain-marie pendant 30 mn. Après refroidissement, on verse le mélange dans une fiole jaugée de 250 ml en complétant jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie, après filtration on prélève 25ml du filtrat et on titre avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes (Afnor, 1982).

Au point équivalent on calcule le taux d'acidité comme suit :

$A\% = (100 \times V_1 \times 100) / (V_0 \times M \times 10) \times 0.07 = 175 \times [V_1 / (V_0 \times M)]$ . (Eligot et al, 1999), (Zidani, 2009).

**M** : masse en gramme prélevée

**V<sub>0</sub>** : volume en millilitre de la prise d'essai

**V<sub>1</sub>** : volume en millilitre de solution NaOH à 0.1N

**0.07** : facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique.

#### **2-2-2-4-Détermination du résidu sec soluble (Brix)**

On entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractométrie) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé (Granges et Gillioz, 2006), (CTIFL, 1996), dans les mêmes conditions de préparation et de température. On mesure à 20°C, l'indice de réfraction de l'échantillon préparé, et à l'aide d'un tableau de conversion on détermine la teneur en résidu sec soluble en pourcentage de saccharose (Philippe, 2003).

On pèse 5g de la poudre des pelures de tomate dans un bécher de 250 ml, préalablement taré. On ajoute une quantité d'eau distillée égale à neuf fois la masse du produit. On chauffe au bain marie pendant 30 mn en remuant de temps en temps. Après refroidissement, on ajoute de l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit approximativement de 100 ml. On filtre après 20 mn le mélange, puis on laisse tomber quatre à cinq gouttes sur le prisme de mesure du réfractomètre (la totalité

de la surface du prisme doit être couverte) on abaisse le pressoir sur la coupelle à échantillon, et on procède à la lecture (**Boumendjel et al, 2002**).

Le réfractomètre doit être ajusté de façon à donner à la température de 20°C pour l'eau distillée un indice de réfraction de 1,330. (**Davies et Hobson, 1981**). Si la détermination a été effectuée à une température de 20°C ± 0,5 °C, les corrections suivantes sont nécessaires:

$$n_D = n_p + 0,00013(t - 20).$$

$n_p$  la mesure trouvée à une température de 20°C ± 0,5 °C

#### **2-2-2-5-Teneur en cendres**

2g de pelure de tomate broyée est mise dans un four à moufle réglé à 550 ± 15°C, pendant 5 heures jusqu'à obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre (**Afnor, 1982**). On exprime la matière organique par la formule suivante :

$$\text{MO \%} = [(M1 - M2)/P] \times 100 \text{ (Thompson et al, 1999)}.$$

Soit MO est la matière organique en (%)

**M1** est la masse des capsules + prise d'essai

**M2** est la masse des capsules + cendres.

P est la masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (Cd) est calculée comme suit :

$$\text{Cd} = 100 - \text{MO \%}, \text{ (Broekmans et al, 2000)}.$$

#### **2-2-2-6- Dosage des sucres solubles**

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode de (**Dubois et al, 1956**).

100mg de pelure de tomate broyée est mélangé à 3ml d'éthanol à 80%. On laisse le tout à une température ambiante pendant 48h, ensuite l'éthanol est évaporé à l'aide d'un bain marie à 100C°, puis on ajoute 20ml d'eau distillée au résidu sec. Dans un tube à essai contenant 2ml de l'extrait obtenu on met 4ml de réactif d'anthrone ensuite il est placé au bain marie à 62C° pendant 8min (la solution vire alors légèrement au bleu vert) après

refroidissement dans un bain de glace le tube est mis au repos à l'obscurité pendant 30min, la lecture est faite au spectrophotomètre à 585 nm (**Mehdi et al, 2006**).

La quantification se fait d'après l'équation de la courbe d'étalonnage suivante :  $Y=ax+b$  ( $\mu\text{g/g}$  de MS). Qui fait du glucose un standard et les teneurs en sucres solubles sont exprimées finalement en  $\text{g}/100\text{g}$  MS. (**Sassi et al, 2012**).

#### **2-2-2-7-Dosages des Protéines**

Le dosage des protéines totales solubles des extraits de pelure de tomate a été réalisé selon la méthode de (**Bradford, 1976**). C'est une méthode colorimétrique qui permet la détermination des concentrations d'une solution protéique à partir de la variation de coloration du bleu de Coomassie lorsqu'il se fixe aux protéines. On prend 1g de poudre de tomate à la quelle on ajoute 5ml d'eau distillée ; pour le dosage, 200 $\mu\text{l}$  de l'extrait est ajouté à 2ml de réactif de Bradford, le tube est agité et laissé reposer pendant 5min jusqu'à stabilisation de la coloration.

La lecture se fait par spectrophotométrie à 595nm après étalonnage de l'appareil par une solution témoin contenant 200 $\mu\text{l}$  de BSA (Bovin Sérum Albumine) et 2ml de réactif de Bradford. Les résultats sont exprimés en g de protéines par 100g de produit sec (**Zidani, 2009**).

#### **2-2-2-8-Dosage des polyphénols**

##### **➤ Extraction des polyphénols**

Il s'agit d'une extraction solide-liquide. Le solvant utilisé dans cette présente étude est le méthanol pur (99%), (**Benakmoum, 2008 ; Diallo, 2004**). Celui-ci possède l'avantage d'être éliminé facilement sous vide. Il donne en plus un meilleur rendement d'extraction dépassant celui de l'eau (**Owen et Johns, 1999 ; Vercauteren et al, 1996**). Le rendement d'extraction en polyphénols augmente aussi avec le temps de contact.

On introduit 1 g de pelures de tomate dans un mortier, avec 50 ml de mélange méthanol-eau (60/40), après une macération de 15 mn environ le mélange obtenu est filtré par un papier filtre Whatman, la phase aqueuse récupérée est concentrée au Rota vapeur à 45C°. On obtient ainsi un extrait visqueux qui est récupéré dans 3ml de méthanol.

➤ **Détermination de la teneur en polyphénols totaux**

La teneur en polyphénols totaux des pelures de tomate lyophilisées est déterminée selon la méthode de Folin Ciocalteu (**Waterman and Mole, 1994**).

Dans un tube en verre, on introduit 0.5ml de l'extrait obtenu et 0.5 ml de réactif de Folin Ciocalteu, on mélange correctement pendant 5mn, on ajoute 0.5 ml de solution aqueuse de carbonate de sodium à 7% et 12.5ml d'eau distillée, Le mélange est agité au vortex et conservé à température ambiante à l'abri de la lumière pendant une heure, on mesure l'absorbance à 750 nm. Le blanc est représenté par l'eau distillée. La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard.

**2-2-2-9-Détermination de l'activité antioxydante**

➤ **Test du pouvoir anti oxydant par réduction du radical DPPH**

L'activité antiradicalaire à été évaluée en utilisant le DPPH, qui fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydante (**Brand williams, 1995**).

Le DPPH (2,2 -diphényl -1- picrylhydrazyl) est un radical libre stable possédant un électron non apparié sur un atome du pont d'azote (**Gordon, 1990**). Cette délocalisation empêche la polymérisation du composé, qui reste sous forme monomère relativement stable à température ambiante. Ainsi, cet état induit l'apparition d'une couleur violet foncée bien caractéristique de la solution DPPH.

Cette couleur disparaît en présence d'antioxydant lorsque le DPPH est réduit, passant au jaune pâle du groupe pécryl et l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (**Sanchez-Moreno, 2002**). Le suivi de la délocalisation est réalisé par spectrophotométrie à 517nm (**Gulcin et al, 2003 ; Molyneux, 2004 ; Roginsky and Lissi, 2005**).

➤ **Mode opératoire**

Le pouvoir antiradicalaire a été testé en employant la méthode utilisée par **Brand-Williams et al (1995)**. La solution de DPPH a été préparée par la solubilisation de 2,4mg de DPPH dans 100ml de méthanol (elle ne se conserve pas plus de 4-5 jours à -

5C° et à l'obscurité). Un volume de 100µl de l'extrait hydro- alcoolique obtenu pour le dosage des polyphénols totaux à différentes concentrations a été ajouté à 2ml de la solution de DPPH. Le mélange réactionnel a été agité vigoureusement et incubé 30 min à l'obscurité.

Les absorbances ont été mesurées à 517nm contre le blanc (solution DPPH/méthanol) (Maisuthisakul et al, 2007).

Le BHT et l'acide ascorbique, ont été utilisés comme antioxydants synthétiques de référence.

La capacité de l'antioxydant à piéger le radical libre est estimée en pourcentage de décoloration du DPPH en solution dans le méthanol. Le pourcentage d'activité antioxydante a été déterminé selon l'équation suivante :

**% d'activité antiradicalaire** =  $[(\text{Abs}_{517} \text{ contrôle} - \text{Abs}_{517} \text{ échantillon}) / \text{Abs}_{517} \text{ contrôle}] \times 100$ , (Freese et al, 2002).

Une absorbance élevée traduit une oxydation importante et par conséquent une absorbance faible signifie une activité antioxydante élevée (Hashimoto et al, 2003). Les valeurs d'IC50 (concentration inhibitrice à 50% en mg/ml) sont calculées par la méthode de régression linéaire à partir de la courbe [% inhibition =  $f$ (concentrations)].

### **3-Analyse statistique**

Toutes les analyses qui ont été répétées trois fois ont vu leurs résultats traités par l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur contrôlé à mesures répétées, avec le logiciel statistique (Minitab 16) en utilisant le test de Tukey au seuil de 5%.

## **4-Résultat et discussion**

### **4-1-Composition globale de la tomate**

D'après la figure 26, on remarque que la pulpe et les graines varient de 86.34±0.92% chez la variété Discrito à 83.90±9.35% chez la variété Fahla. L'analyse de la variance à un seul facteur ne montre aucune différence significative ( $P > 0.05$ ). Le test de Tukey dégage un seul groupe de moyennes homogène A pour toute les variétés.



En ce qui concerne la pelure, les proportions varient de  $16.09 \pm 9.35\%$  chez la variété Fahla à  $13.65 \pm 0.92\%$  chez la variété Discrito. L'analyse de la variance ne montre aucune différence significative ( $P > 0.05$ ). Le test de Tukey dégage un seul groupe homogène A pour toutes les variétés.

Ces résultats se rapprochent de ceux rapportés par (Zidani, 2009) et (Larid, 2012).

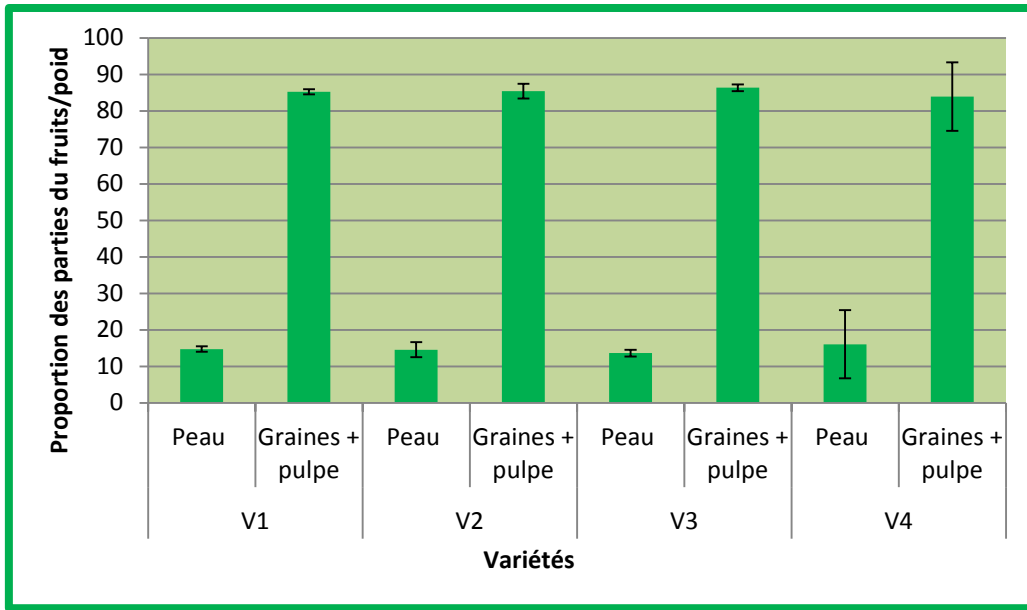


Figure 26 : Fractions de tomate étudiées (en %)

## 4-2-Analyses physico-chimiques des pelures de tomate

### 4-2-1-Détermination de la teneur en eau (%)

L'humidité nous permet de rapporter les résultats des constituants biochimiques à la matière sèche. La teneur en eau trouvée dans les différents échantillons de pelure de tomate est très élevée, elle varie de  $91.76 \% \pm 2.97$  pour la variété Discrito à  $87.85 \% \pm 2.37$  pour la variété Rio grande (Fig27).

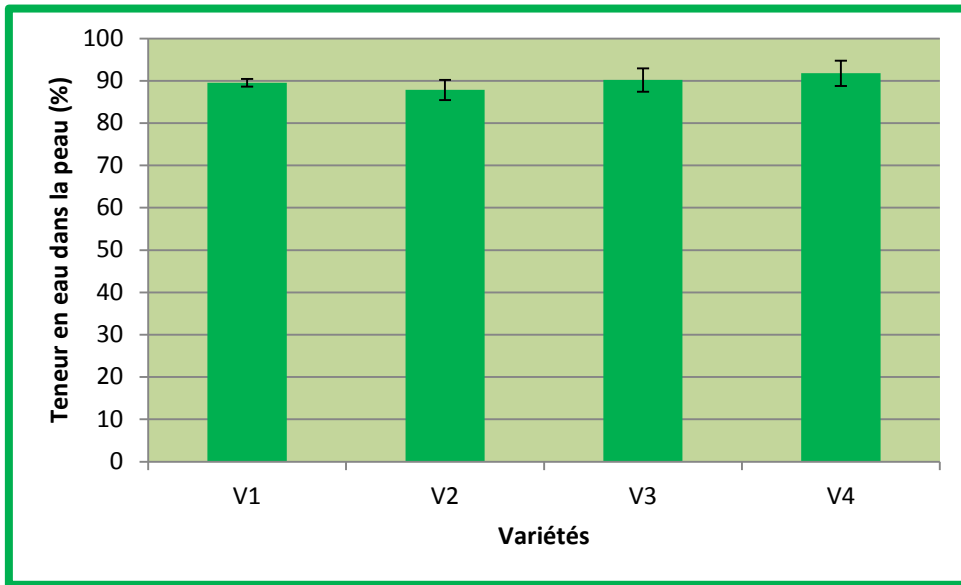


Figure 27: Teneur en eau dans la peau de tomate (%).

L'étude statistique pour ce paramètre chez les échantillons de pelures montre qu'il n'y a aucune différence significative ( $P > 0.05$ ), ceci est confirmé par le test de Tukey qui fait ressortir un seul groupe de moyenne homogène A pour les différentes variétés.

Ces teneurs se rapprochent des 87% trouvées par (Zidani, 2009), elles sont supérieures aux 80% rapportées par (Douymaz, 2007) et elles sont nettement supérieures aux 70% rapportées par (Louati, 2009).

Il faut noter que lorsque la quantité d'eau récupérée de la pelure de tomate est élevée (plus de 80%), ceci ne facilite pas leur conservation et leur exploitation, devenant ainsi susceptible à la détérioration. Il est donc nécessaire de procéder à la réduction du contenu d'eau à un niveau qui permettra leur stockage sur une longue période avec une technique de séchage aboutissant à une bonne exploitation efficace de sous produits. (Dossou *et al.*, 2007), (Douymaz, 2007) et (Dandjouma *et al.*, 2005).

#### 4-2-2-pH

Les valeurs du pH des pelures des quatre échantillons sont dans les normes, puisqu'elles se situent entre 4 et 4.5 (Diez, 1995), (Hewitt et Stevens, 1981); (Boubakeur, 1998), (Sbartai, 2008). En effet, les pelures séchées ont donné des valeurs de pH comprises entre ( $4.03 \pm 0.09$  à  $4.50 \pm 0.38$ ) (Fig 28), l'analyse de la variance n'a présenté aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) et seulement un groupe de moyenne homogène A est dégagé par le test de Tukey.

Ces valeurs trouvées sont comparables à celles indiquées dans l'étude (Larid, 2012) (4.8), et assez proche à la valeur trouvée (5.4) par (Louati, 2009).

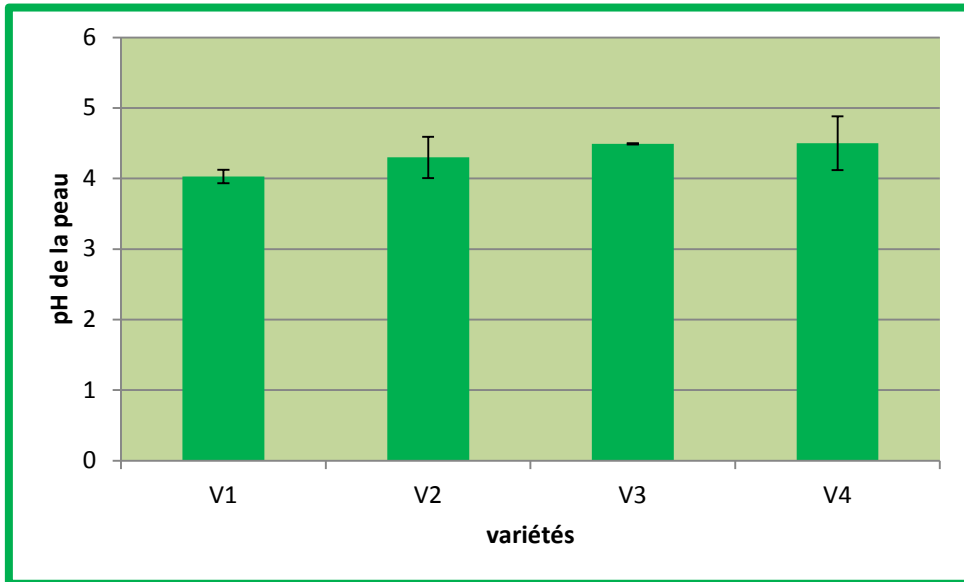


Figure 28 : pH de la peau de tomate.

Ainsi, on peut dire que le pH répond parfaitement à la norme fixée pour une bonne conservation de pelure de tomate, ce qui est préjudiciable aux bactéries mais approprié au développement de la flore fongique (Reynes et al, 1994)

#### 4-2-3-Acidité titrable (%)

Les valeurs de l'acidité obtenues des pelures séchées ont été de  $6.3\% \pm 0,7$  pour les variétés Discrito et Fahla, et respectivement  $5.83\% \pm 1.06$  et  $5.6\% \pm 1.21$  pour les variétés Rio grande et Super strain 3 (fig 29)

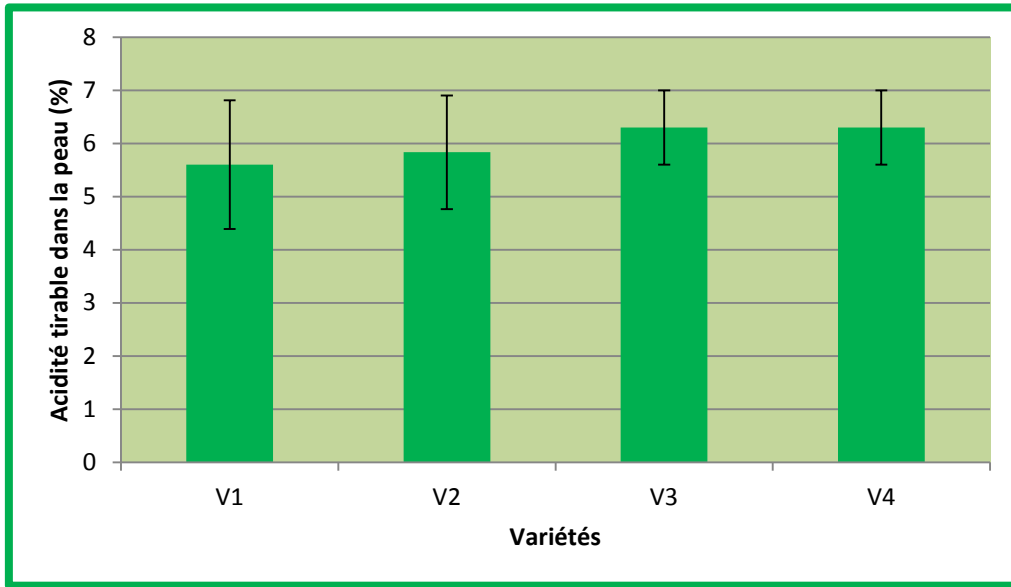


Figure 29 : Teneur en acidité titrable (%).

Les résultats ne présentent aucune différence significative dans l'analyse de la variance. Ces valeurs sont similaires aux valeurs trouvées dans les études de (Larid, 2012) et (Zidani, 2009) avec respectivement 5.18 et 5.82 %.

En effet, au cours de la maturation des tomates, la teneur en acide (essentiellement citrique et malique) diminue en faveur de l'augmentation de la teneur en sucre, donc les tomates mûres récoltées ont une faible teneur en acide, Ainsi, les résidus issus de ces tomates vont avoir un faible pourcentage en acidité titrable, il en va de même lorsque l'acidité est exprimée en g d'acide citrique pour 100g de produit (Larid, 2012 ; Louati, 2009 ; Grasselly, 2000). Cependant nos résultats montrent une augmentation relative en acidité qui pourrait être liée à la fermentation partielle des échantillons, en raison de la durée de séchage, et à l'activité enzymatique de la pectine au cours de la phase initiale du séchage comme souligné par (Young *et al*, 1999 ; Okanlawon *et al*, 2002).

#### 4-2-4-Détermination du résidu sec soluble (Brix %)

Le Brix est la teneur en matière sèche soluble et qui représente en grande partie la teneur en sucre. Pour les échantillons de pelure sèche les taux de Brix enregistrés se rapprochent entre eux, ils varient de 6.91 % $\pm$ 0.08 chez la variété Rio grande à 6.79% $\pm$ 0.03 chez la variété Discrito (fig30). L'analyse de la variance a confirmé ce résultat, puisqu'aucune différence significative n'a été révélée.

Ces valeurs semblent pourtant importantes comparées à celles trouvées par (Louati, 2009) (5.58 à 5.88%) dans des pelures séchées, ou même à celles trouvées dans des tomates fraîches (5 à 7%) (Bezert, 1994).

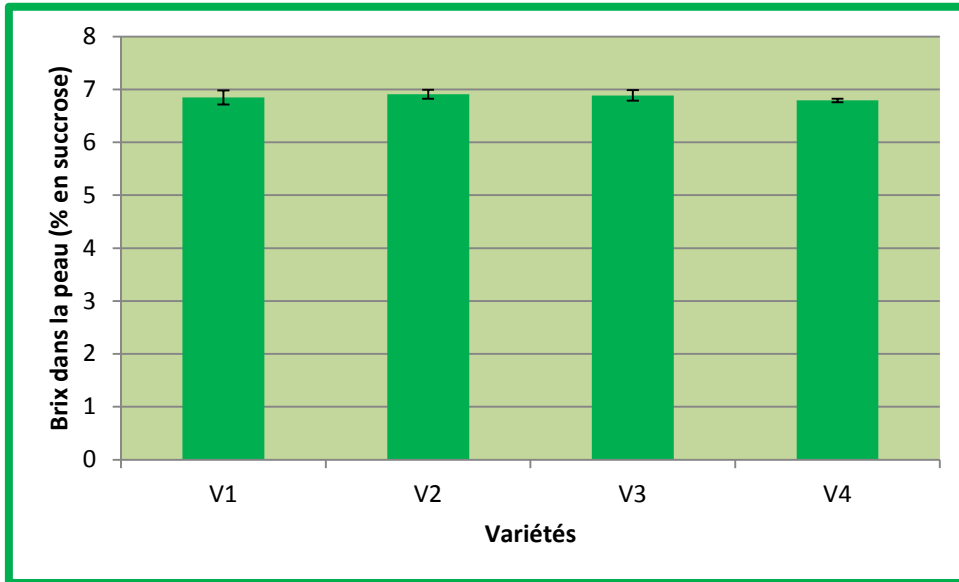


Figure 30 : Brix dans la peau (% en sucrose).

#### 4-2-5-Teneurs en cendres (%)

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. Les valeurs enregistrées ont été de ( $8.33\pm 0.05$ ,  $7.5\pm 0.1$ ,  $4.5\pm 0.2$  et  $6.16\pm 0.12$  % MS) respectivement pour les pelures séchées des variétés (Super strain 3, Rio grande, Fahla et Discrito) (fig 31), ces résultats sont largement supérieurs à ceux trouvés par d'autres auteurs (3.1%) (Navarro et al, 2011 ; Botsoglou et al., 2004). Cependant ils sont comparables aux 8% et 8.78% (MS) trouvés par (Zidani, 2009 ; Larid, 2012).

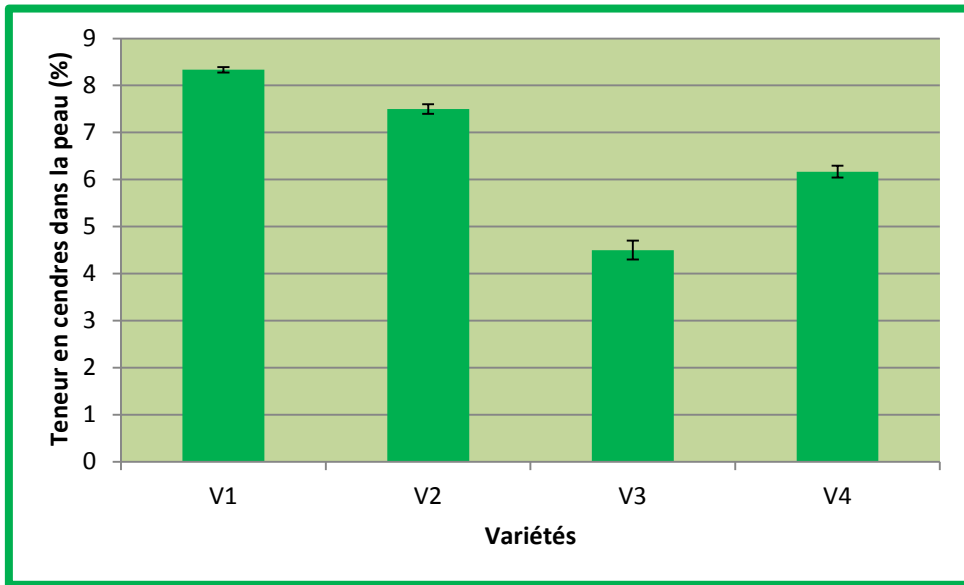


Figure 31 : Teneurs en cendres dans la peau de tomate (%).

L'analyse statistique pour ce paramètre a montré qu'il y avait une différence très hautement significative ( $P \leq 0.001$ ) entre les quatre échantillons. Le test de Tukey a dégagé quatre groupes de moyennes homogènes (A, B, C, D) par ordre le groupe de moyenne majeure (8.33 %) constitué par la variété Super strain 3, suivi par le deuxième et troisième groupe des moyennes qui comprennent les deux variétés Rio grande et Discrito et finalement le dernier groupe concernant la moyenne faible (4.5%) et présenté par la variété Fahla. La différence marquée des teneurs en cendres pourrait être liée essentiellement à l'influence de l'origine génétique de chaque variété (ancienne ou hybride).

#### 4-2-6-Sucres solubles

Les quantités de sucres totaux contenus dans la pelure séchée ont varié de  $0.67 \pm 0.03$  à  $0.94 \pm 0.3$  g/100g de MS (fig 32). L'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative.

Ces valeurs sont largement inférieures à celle enregistrée par **Larid (2012)**, (3.87g/100g de MS) mais proches de celle enregistrée par **(Zidani, 2009)** (1.15g/100g).

La faible quantité de sucre trouvée dans nos échantillons serait liée à la réaction de brunissement non enzymatique qui provoque la diminution en teneurs des sucres totaux, rapportée dans de nombreux travaux (**Georgelis et al, 2006**), (**Mehdi et al, 2006**), (**Poretta, 1990**).

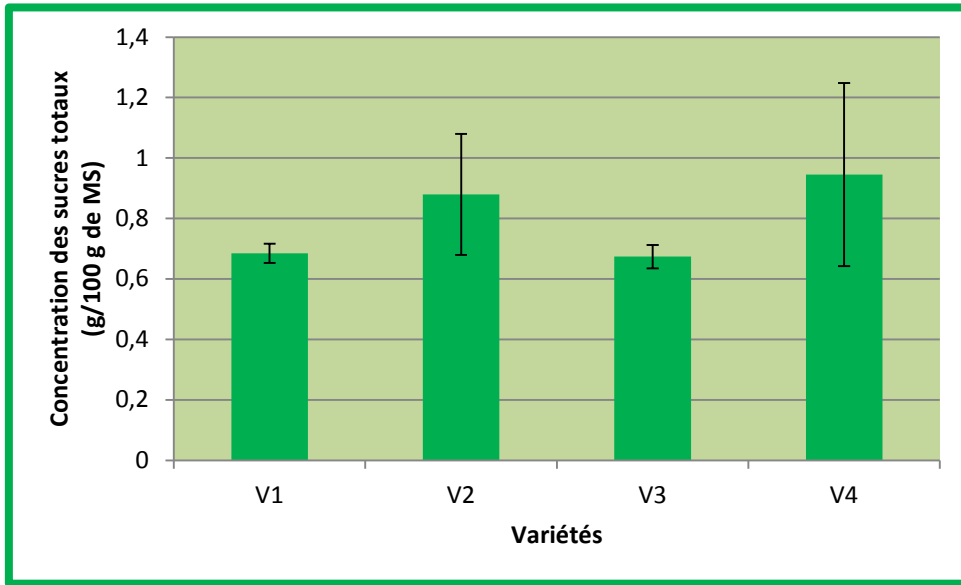


Figure 32 : Concentrations des sucres totaux (g/100g MS).

D'autre part, ce résultat pourrait être dû à la durée de stockage puisque selon **Dandjouma et al (2005)** le taux de sucres reste stable au cours du séchage mais peut varier au cours du stockage.

#### 4-2-7-Teneur en protéines

Les échantillons de pelure de tomate ont présenté des teneurs variant de  $2.24 \pm 0.05$  à  $4.65 \pm 0.3$  g/100g de MS (fig33). Ce résultat a été évalué par l'analyse de la variance qui a révélé une différence très hautement significative ( $P \leq 0.001$ ) et le test de Tukey a dégagé trois groupes de moyenne homogène successivement (A,B,B,C), le premier concernant la teneur 4.6 g/100g de MS présenté par la variété Super strain 3, le seconde groupe regroupant les deux variétés Fahla et Discrito, enfin le groupe correspondant à la teneur faible ( $2.24$  g/100g de MS) et comprenant la variété Rio grande.

Les valeurs obtenues sont beaucoup plus basses que celles rapportées par (**Knoblich et al, 2005**) (10.00g/100g), (**Anonyme, 1995**) (18.4g/100g) et (13.85g/100g) (**Larid, 2012**), cependant les teneurs en protéines de nos échantillons restent importantes comparées à celle obtenue par (**Monika, 2002**) (10.08mg/100g)

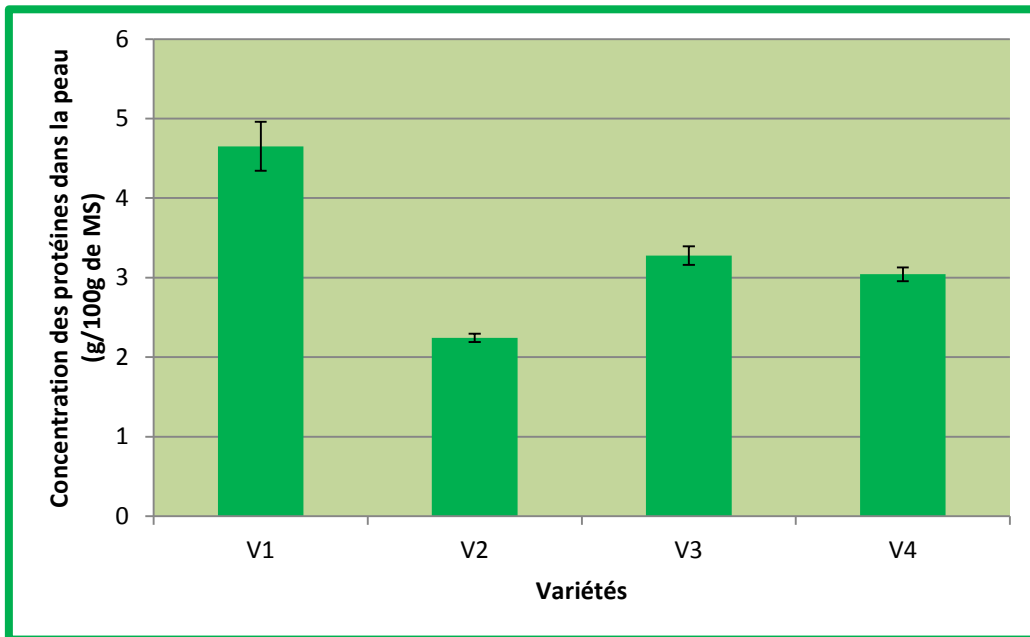


Figure 33 : Teneur des protéines dans la peau (g/100gMS).

Les pertes en teneurs des protéines seraient dues à la période de stockage et au mode de séchage d'après (Zanoni et al, 1999) et (Primo et al, 1979).

#### 4-2-8-Teneur en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux nous donne une estimation globale de la teneur en différentes classes des composés phénoliques contenus au niveau de l'extrait hydro-alcoolique de la poudre des pelures séchées. D'après nos résultats, la valeur maximale de la concentration en polyphénols est de  $14.5 \pm 2.64$  mgEAG/g MS enregistrée chez la variété Rio grande, alors que la valeur minimale ( $10,04 \pm 0.5$  mg EAG/g MS) a été notée chez la variété Discrito (fig 34).

L'étude statistique n'a révélé aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) pour ce paramètre, alors que le test de Tukey a dégagé un seul groupe de moyennes homogènes A pour toutes les variétés.

Les teneurs en polyphénols enregistrées sont largement inférieures à celles rapportées par (Larid, 2012) ( $52.82$  mg EAG/g MS), qui sont elles mêmes largement inférieures à



celles rapportés par (Navarro *et al*, 2011) et (Zidani, 2009) respectivement 158.1et 462 mg EAG/100g (MS).

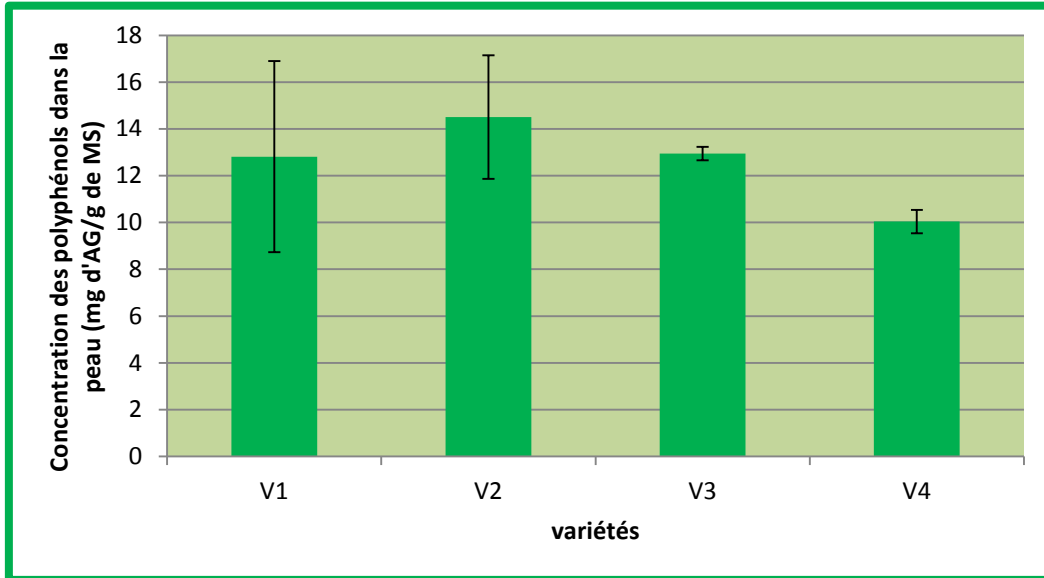


Figure 34 : Concentrations des polyphénols dans la pelure de tomate (mg d'AG/g MS).

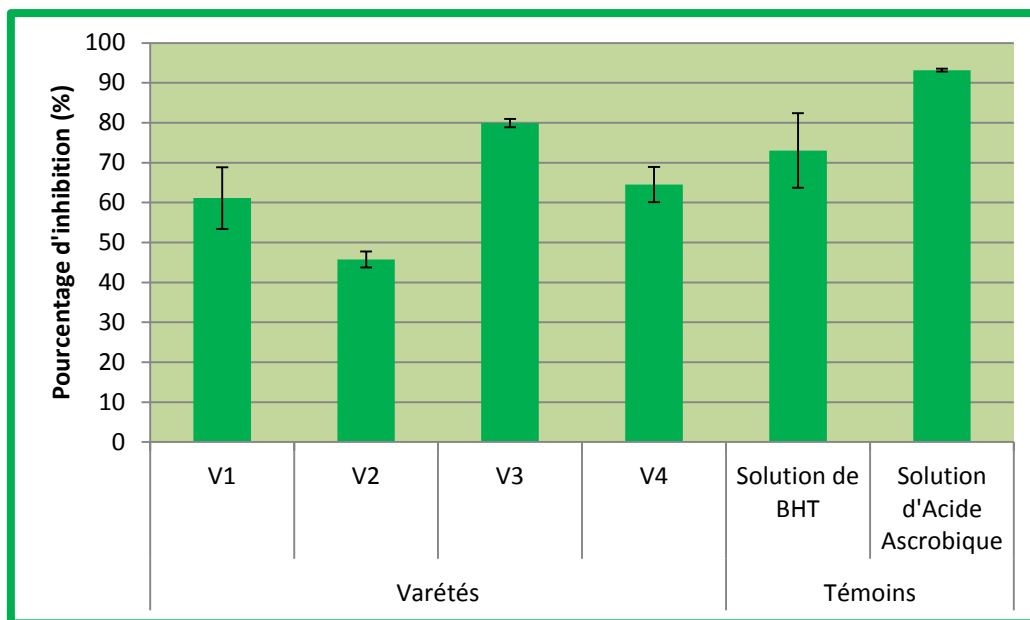
Il est possible aussi de comparer la teneur en polyphénols des pelures de tomate à celle d'autres fruits qui sont respectivement de 1.54, 0.273, 0.2, 0.425, 0.217, 0.217, 0.311 et 0.951 g/100g pour les sureaux, le kiwi, les prunes, les pamplemousses, les pommes, l'orange, la datte noire et la fève (Cieslik *et al*, 2006), on peut considérer les pelures de tomate comme une source d'antioxydants naturels et de ce fait, un aliment fonctionnel (Zidani, 2009)..

#### 4-2-9-Détermination de l'activité antioxydante

Le DPPH est un radical libre nous permettant de déterminer le potentiel de piégeage de nos extraits de pelures de tomate grâce à sa sensibilité à détecter les composants actifs à des basses concentrations (Yi Z *et al*, 2008), (Bozin *et al*, 2008), (Kanoun, 2011).

D'après les résultats mentionnés dans la figure 35, on remarqué que l'extrait hydroalcoolique de pelure de la variété Fahla a montré un pouvoir de piégeage du radical DPPH plus important (79.89±1,04%) par rapport au d'autres extraits, ceci est démontré par l'allure du graphe qui trace une courbe exponentielle avec la présence d'une phase stationnaire qui définit la réduction presque totale du DPPH en sa forme

non radicalaire. En ce qui concerne les extraits pelure des deux variétés Super strain 3 et Discrito nous constatons une activité similaire considérable, respectivement  $61,12 \pm 7,72$  et  $64,51 \pm 4,39\%$ , suivie par l'extrait de la variété Rio grande cette dernière montre le plus faible pourcentage avec  $45,74 \pm 1,97\%$ .



**Figure 35 :** Activité Anti-radicalaire moyenne en pourcentage des différentes variétés et des antioxydants référentiels)

A partir des résultats d'activité anti-radicalaire en pourcentage, nous avons pu déduire graphiquement les valeurs d'IC50 de BHT, acide ascorbique et des différents extraits de peau; qui sont représentées dans le tableau 11.

**Tableau 11 :** Résultats de pourcentages et concentrations d'inhibition des extraits des pelures de tomate et des antioxydants références.

| Echantillons                | Concentration inhibitrice (ICmg/ml) |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Extrait de Pelure (V1)      | $0,20^B \pm 0,02$                   |
| Extrait de Pelure (V2)      | $0,27^A \pm 0,01$                   |
| Extrait de Pelure (V3)      | $0,15^{CD} \pm 0,001$               |
| Extrait de Pelure (V4)      | $0,19^{BC} \pm 0,01$                |
| Solution de BHT             | $0,17^{BCD} \pm 0,02$               |
| Solution d'Acide Ascorbique | $0,13^D \pm 0,0005$                 |

En comparant avec les deux antioxydants références on trouve que l'acide ascorbique présente un taux d'inhibition le plus élevée  $93.17 \pm 0,35$  % à ceux des extraits de pelure et même du BHT, ce dernier montre un pouvoir de piégeage égale à  $73.05 \pm 9,34$  % il est inférieur à celui de l'extrait de la variété Fahla ; cependant il est comparable à ceux des variétés Super strain 3 et Discrito, mais reste un peu loin de la variété Rio grande  $45,74 \pm 1,97$ %.

L'analyse de la variance pour ce paramètre montre qu'il ya une différence très hautement significative ( $P \leq 0.001$ ) en fonction des différentes échantillons étudiés (extraits pelures et antioxydants références), le test de Tukey prouve nos résultats, il fait ressortir cinq groupe de moyenne homogène par suite (A, AB, BC, C, C, D) , la valeur la plus élevée de premier groupe est représentée par la solution de l'acide ascorbique  $93.17\%$  ,on a deux groupes intermédiaires (deuxième et troisième) contenant des moyennes par ordre ( $79.89$  , $73.05\%$ ) qui sont situés dans un intervalle de groupe [major – quatrième et cinquième], pour le quatrième groupe est constitue des deux variétés Discrito et Super strain 3, alors le dernier groupe montre le pourcentage d'inhibition la plus faible  $45,74\%$  chez la variété Rio grande.

Selon le tableau, les valeurs d'IC50 d'antioxydants référentielles  $0.13 \pm 0.0005$  mg/ml de l'acide ascorbique elle est proche à celles trouvée par (**Kanoun, 2011**) ( $0.12$  mg/ml) et par (**Benhammou et al, 2009**) ( $0.11$ mg/ml).

Pour la valeur IC50 du BHT enregistrée est de  $0.17 \pm 0.02$  mg/ml, elle est équivalente à celle rapportée par **Zidani (2009)** :  $0.18$  mg/ml.

En évaluant les IC50 de nos extraits de pelure par rapport à ceux de l'acide ascorbique et du BHT, nous avons remarqué une activité antioxydante très importante de la pelure de Fahla ( $IC_{50} = 0,15 \pm 0.001$  mg/ml) qui est intermédiaire de la capacité du piégeage du radical DPPH des deux antioxydants référentiels, suivie par l'extrait de pelure des deux variétés Discrito et Super strain 3, qui présentent des activités antioxydantes presque équivalentes et également intéressantes qui étaient respectivement ( $0.19 \pm 0,01$  et  $0.20 \pm 0.02$ mg/ml) cependant elles étaient inférieures à celles des antioxydants de référence. L'activité antioxydante de l'extrait de pelure de la variété Rio grande a été la moins performante avec un IC 50 de  $0.27 \pm 0.01$ mg/ml (elle est deux fois moins active que l'acide ascorbique et a présenté à peu près la moitié de l'activité exprimée par le BHT et l'extrait de pelure de la variété Fahla).

La valeur de l'IC50 est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante en % (taux d'inhibition I%) d'un composé, car elle reflète la quantité d'antioxydant requise pour neutraliser 50% de la concentration initiale du radical libre dans le milieu. Plus la valeur d'IC50 est faible, plus l'activité antiradicalaire d'un composé est appréciable et vice versa (**Pokorny et al, 2001**). L'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative ( $P \leq 0.001$ ), celle-ci a été confirmée par le test de Tukey qui a fait ressortir six groupes de moyenne homogène par ordre (A, B, BC, BCD, CD, D), le premier groupe représente la valeur d'IC50 la plus élevée 0.27mg/ml présenté par la variété Rio grande, le deuxième et troisième groupes présentent les valeurs intermédiaires (0.20, 0.19mg/ml) présentées par les variétés Super strain 3 et Discrito. Les deux groupes quatrième et cinquième caractérisent les IC50 plus faibles, présentées respectivement par le BHT et la variété Fahla (0.17, 0.15mg/ml), le dernier groupe de moyenne représente la valeur d'IC50 la plus faible qui a été enregistrée chez la solution d'acide ascorbique. Ce dernier a montré, donc l'activité antioxydante la plus importante.

Peu de travaux se sont penchés sur le pouvoir antioxydant d'extraits de pelure de tomate. Mais nous pouvons noter, d'après la méthode de piégeage du radical libre DPPH, que nos variétés ont présenté une bonne activité antioxydante sauf la variété Rio grande. Cette faible activité pourrait être expliquée par une dégradation enzymatique et/ou non enzymatique de substances à pigments bruns (couleur brune) (**Vidales et al, 1998 ; Alzamora et al, 2000**) due probablement à un mauvais stockage.

### **5- Conclusion partielle.**

Les pelures de tomate ne finissent pas de nous étonner par les multiples usages qu'elles pourraient avoir grâce à leur richesse en lycopène et en antioxydants. Des études épidémiologiques ont montré que la consommation de tomates, et de produits dérivés, est associée à une diminution du risque de développer certains cancers, en particulier les cancers des voies aéro-digestives supérieures et le cancer de la prostate (**Giovannucci, 2007**) La particularité de la tomate et de ses produits dérivés repose sur son contenu en divers microconstituants antioxydants (**Beecher, 1998**) : le lycopène, le  $\beta$ -carotène, les vitamines C et E, les polyphénols (acide chlorogénique, rutine, naringénine), le sélénium, le cuivre et le zinc. Le lycopène incorporé à de la margarine permet d'améliorer sa résistance à l'oxydation (**Zidani, 2009**). Il s'est avéré également,

que les teneurs en cholestérol et triglycérides dans les jaunes d'œufs enrichis en pelures de tomates sèches sont nettement inférieures à celles des œufs témoins (**Larid, 2012**).

Ce sous produit est entrain même de révolutionner l'industrie des conserves de tomate puisque en extrayant « la cutine », une substance un peu cireuse contenue dans la peau des fruits, on peut fabriquer une laque bio pour recouvrir les faces internes et externes des conserves en métal. Ceci constituera une économie pour les industriels mais aussi pour l'environnement. (**AFP, 2013**).

De même, la dessiccation des résidus solides et leur récupération permet l'extraction des bio-polymères, du lycopène, de l'huile et la production d'aliments pour le bétail et du compost.

## ***CHAPITRE IV***

### ***Valorisation des feuilles de tomate et recherche du pouvoir antibactérien***

---

## **1-Introduction**

L'utilisation des plantes en thérapeutique est très ancienne et connaît actuellement un regain d'intérêt auprès du public. Il est possible d'utiliser les plantes entières ou les produits d'extraction qu'elles fournissent (**MARC, 2001**).

L'O.M.S définit la médecine traditionnelle comme l'ensemble de toutes les connaissances pratiques explicables ou non, pour diagnostiquer ou éliminer un déséquilibre physique ou mental (**Passent, 1989**).

C'est dans cette vision que l'étude sur les feuilles de tomate a été entreprise. Connues principalement comme déchets agro-alimentaires, traditionnellement elles sont utilisées en traitement des plaies infectées, aussi leur frottement sur la peau calmait les douleurs en cas de piqûres d'insectes. Cependant leur richesse exceptionnelle en composés chimiques essentiellement les alcaloïdes (la tomatine, solanamine) et polyphénols (rutine et l'acide chlorogénique) font d'elles une drogue végétale par excellence. (**Khavari et Mostofi, 1998 ; Mortain et al, 2008**).

Notre objectif est d'apporter des éléments de connaissances biologiques relatifs à ces déchets de la tomate qui n'ont pas été fortement utilisés en phytothérapie, il s'agit aussi d'une tentative d'évaluation, par des tests microbiologiques, de l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique, de la décoction et de l'infusion des feuilles sur quelques souches bactériennes.

## **2-Matériels et méthodes**

### **2-1- Matériel biologique**

Nous avons mené notre étude sur des feuilles de tomate des quatre variétés.

### **2-2 - Caractérisation chimique des feuilles**

Une analyse de la composition chimique globale des feuilles (eau, cendres, pigments de chlorophylles et caroténoïdes) qui a été effectuée sur des feuilles fraîches. Les analyses des composés poly-phénoliques et des sucres totaux ont été effectuées sur des feuilles séchées.

## **2-3-Méthodes d'analyse**

### **2-3-1- Détermination de la teneur en eau**

La méthode utilisée a été la même que celle qui a été préconisée pour la détermination de la teneur en eau dans la pelure de tomate.

### **2-3-2-Teneur en cendres**

La méthode utilisée a été la même que celle qui a été préconisée pour la détermination de la teneur en cendres dans la pelure de tomate.

### **2-3-3- Dosage des pigments totaux**

Les pigments chlorophylles a et b ainsi que les caroténoïdes ont été dosés selon la méthode de **(Francis et al, 1970)** à partir d'un gramme de feuilles de tomate fraîche. Des systèmes d'équations qui permettent de calculer les teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes à partir d'un extrait acétonique à 80%. Des mesures d'absorbance à 663, 645 et 460 nm ont été enregistrées et les résultats sont exprimés en (mg/g MF). **(Heller et al, 1998; Bouzid, 2010)**

$\text{Chl a (mg/l)} = 12,7 \times \text{DO (663)} - 2,59 \times \text{DO (645)}$ .

$\text{Chl b (mg/l)} = 22,9 \times \text{DO (645)} - 4,68 \times \text{DO (663)}$ .

$\text{Chl (a+b)} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$ .

$\text{Car (mg/l)} = 5 \times \text{DO (640)} - [(\text{Chl a} \times 3.12) - (\text{Chl b} \times 130.3)] / 200$ .

### **2-3-4- Dosage des sucres totaux**

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthylés et les polysaccharides) ont été dosés par la méthode de **(Dubois et al, 1956)**. L'extraction des sucres solubles s'est faite à partir d'une macération de 100 mg de poudre de feuilles séchées dans de l'éthanol à 80 %.

La concentration en sucres solubles est déterminée après une lecture de la densité optique mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 480 nm. Les teneurs en sucres solubles sont exprimées en g/100g MF **(Mehdi et al, 2006 ; Najm, 2003)**.



### **2-3-5-Dosage des polyphénols totaux**

Le dosage des polyphénols a été effectué suivant la méthode décrite dans le chapitre III.

### **3-Analyse statistique**

Toutes les analyses physico-chimiques ont été répétées trois fois et les résultats ont été soumis à l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur contrôlé à mesures répétées, avec le logiciel statistique (Minitab 16) en comparant les résultats par le test de Tukey au seuil de 5%.

### **4- Recherche d'une activité antibactérienne**

L'activité antibactérienne de la décoction, l'infusion et l'extrait méthanolique des feuilles de tomate a été évaluée par la méthode de diffusion en milieu solide.

Cette étude a été accomplie au niveau du laboratoire de Microbiologie de la faculté de Médecine d'Annaba.

#### **4-1-Préparation des extraits à tester**

##### **4 -1-1- Décoction des feuilles**

Nous avons porté à ébullition à 105°C pendant 30mn une suspension préparée à partir de 20g de poudre des feuilles de la variété Rio grande dans 1L d'eau distillée, la décoction est récupérée par filtration après refroidissement.

##### **4-1-2-Infusion**

Les feuilles sont broyées dans un moulin à café. 100 g de broyat sont additionnés à 900 ml d'eau chaude (45°C) de façon à obtenir une concentration de 10% (p/v). L'infusion est laissée reposer pendant 24 h à l'obscurité et à température ambiante. Après agitation à l'aide d'un agitateur magnétique, une filtration est effectuée sur papier Wattman. Une solution aqueuse d'extrait brut est donc obtenue.

##### **4-1-3-Extrait méthanolique**

La préparation de l'extrait méthanolique a été réalisée de la même manière que pour l'extrait des polyphénols avec seulement un léger changement dans les proportions

(échantillons/solvant). On introduit 1 g des feuilles de tomate dans un mortier, avec 50 ml de mélange méthanol-eau (60/40), après une macération de 15 mn environ le mélange obtenu est filtré par un papier filtre Whatman, la phase aqueuse récupérée est concentrée au Rota vapeur à 45C°. On obtient ainsi un extrait visqueux est récupéré dans 3ml de méthanol. (**Bougnoux et Ancelle, 1993**).

#### **4-2- Souches testées**

Les souches ont été aimablement fournies par le laboratoire de Microbiologie de la faculté de Médecine d'Annaba. Les bactéries testées à Gram positif sont *Escherichia coli*, *Escherichia coli* ATCC25922, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Kpc+*, *Kpc-*, *Salmonella sp.*

#### **4-3-Milieus de culture**

Selon les méthodes employées, nous avons utilisé les milieux de cultures suivants:

- Gélose Nutritive : Milieu d'isolement et de conservation non sélectif.
- Gélose Mueller Hinton.

#### **4-4-Conservation des souches**

Les souches bactériennes ont été conservées à 5C° dans des tubes stériles contenant 10ml de gélose nutritive incliné.

#### **4-5-Préparation de l'inoculum**

##### **➤ Préparation de la pré-culture**

L'activité antibactérienne doit être réalisée sur des souches bactériennes jeunes en phase de croissance exponentielle. La réactivation des cultures est effectuée par repiquage à la surface de la gélose nutritive pré coulée en boîte de Pétri ensuite incubée à 37C° pendant 18 à 24h.

##### **➤ Préparation de la suspension bactérienne**

Dans de l'eau physiologique stérile, 3 à 5 colonies similaires bien isolées sont déchargées. Après homogénéisation de la suspension bactérienne à l'aide d'un vortex, la standardisation à 10<sup>6</sup> UFC/ml a été réalisée par spectrophotomètre réglé sur une

longueur d'onde de 620nm. La Do obtenu doit être comprise entre 0,08 et 0,1 ce qui correspond à une concentration de 10<sup>7</sup> à 10<sup>8</sup> UFC/ml selon Mc Ferland.

L'évaluation de l'activité antibactérienne des différentes solutions a été réalisée par la méthode de diffusion en milieu gélosé, méthode décrite par (Vincent, 1991). Le principe est consiste à tester la sensibilité des souches bactériennes par la diffusion de l'extrait sur le milieu solide dans une boîte à Pétri (Nicola et Daniel, 1998). L'apparition et l'importance du diamètre de la zone d'inhibition reflète l'impact des solutions à testées sur les souches bactériennes. Ainsi, ces dernières seront qualifiées de sensibles ou très sensibles, ou résistantes.

#### **4-6-Ensemencement**

Dans des boîtes de pétri, le milieu de culture gélosé Mueller Hinton en surfusion a été coulé aseptiquement à raison de 15ml par boîte. Après la solidification, un écouvillon stérile a été imbibé dans la suspension bactérienne et étalé à la surface de la gélose à trois reprises, en tournant la boîte à environ 60° après chaque application dans le but d'avoir une distribution égale de l'inoculum.

#### **4-7-Application des disques et incubation**

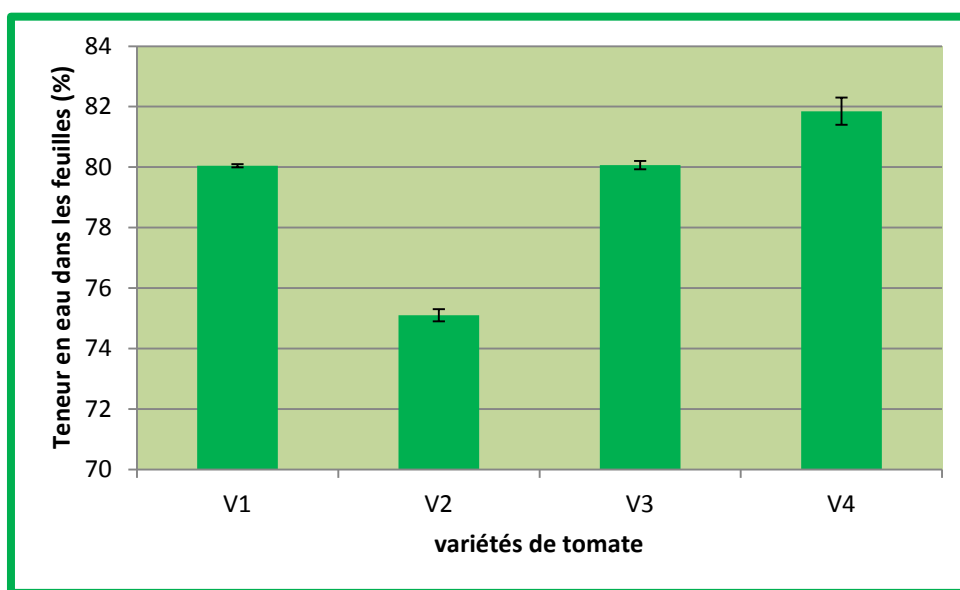
Les disques stériles imprégnés de différentes solutions à raison de 10µl par disque (Ngameni et al, 2009) ; ont été déposés à l'aide d'une pince sur la surface de la gélose. Les boîtes ont été incubées 24 h à 37 °C.

Les diamètres des zones d'inhibition lorsqu'elles existent ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse. La sensibilité des bactéries cibles envers les différents composés est classée selon les diamètres des halos d'inhibition : Ø < 8 mm: bactérie non sensible; 9 < Ø < 14 mm: bactérie sensible; 15 < Ø < 19 mm: bactérie très sensible et Ø > 20 mm: bactérie extrêmement sensible.

## 5-Résultats et discussion

### 5-1-Teneur en eau

La teneur en eau des feuilles de nos variétés de tomate a varié de  $81.84\% \pm 0.45$  pour Super strain 3 à  $75.1\% \pm 0.19$  pour Fahla (Fig 36).



**Figure 36** : Teneurs en eau dans les feuilles des variétés de tomate étudiées.

Ceci a été vérifié par le biais de l'analyse de la variance qui a montré qu'il y avait une différence très hautement significative pour ce paramètre entre les différents cultivars ( $P \leq 0.001$ ).

Le test de Tukey a fait ressortir trois groupes de moyennes homogènes (A, B, B, C) respectivement un groupe dominant par la variété Discrito, ensuite vient un deuxième groupe représenté par les deux variétés Fahla et Super strain 3, le dernier groupe représenté par la variété Rio grande.

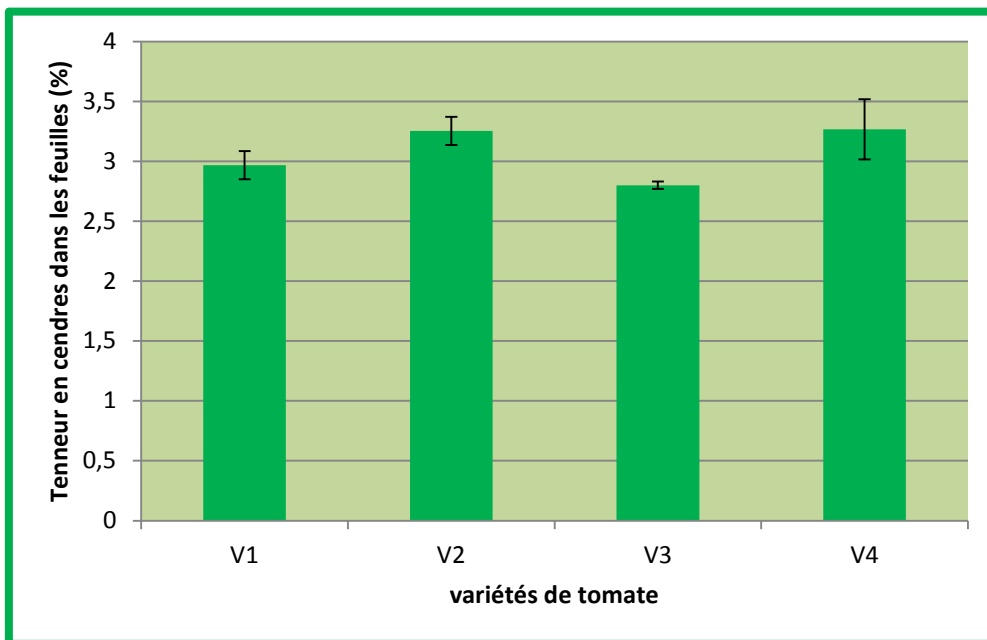
Les valeurs enregistrées sont inférieures à la teneur trouvée 88 % par (Tahi, 2008), cependant elles se rapprochent des 80% trouvée par (Bouhouch, 2003) chez la variété Cambell.

En général les feuilles d'épinard, de chou, de carotte, d'aubergine et de tomate présentent une teneur en eau variant de 84 à 96% (Motegaonkar et Salunke, 2012). En

effet nos résultats restent élevés si on les compare avec des résultats obtenus avec d'autres plantes et qui ont donné 46 % de teneur en eau pour les feuilles d'olivier (Boudhioua et al, 2008) et 73,20 % pour la feuille de Neverdier (Moussa et al, 1997).

### 5-2-Teneur en cendres

On remarque d'après la figure 37 que les deux variétés Discrito et Fahla présentent des teneurs relativement élevées en cendres respectivement  $3.26 \pm 0.25$  et  $3.25 \% \pm 0.11$ , ces teneurs baissent à  $2.96 \% \pm 0.11$  chez Super strain 3 et  $2.8 \% \pm 0.03$  chez Rio grande.



**Figure 37** : Teneur en cendres dans les feuilles des quatre variétés de tomate.

L'analyse de la variance a montré qu'il est y avait une différence hautement significative pour ce paramètre entre les différents cultivars ( $P \leq 0.01$ ).

Selon le test de Tukey trois groupes homogènes se sont dégagés (A, A, AB, B). Le groupe des valeurs les plus élevées est présenté par les deux variétés Discrito et Rio grande, le deuxième groupe avec une valeur intermédiaire est présenté par la variété Super strain 3, le dernier groupe a été enregistré chez la variété Fahla.

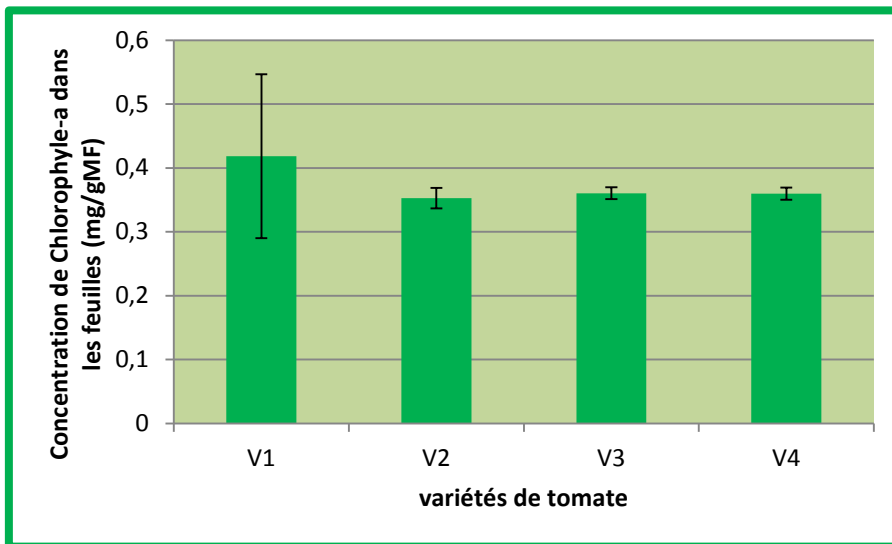
Ces valeurs sont plus élevées que celles obtenues par (Christian et al, 1998) (0.38%), et par (Motegaonkar et Salunke, 2012) environ 0.50%. Toutefois elles sont proches des teneurs trouvées dans les feuilles d'autres plantes comme l'olivier avec 2.86% (Boudhioua et al, 2008) et le Neverdié avec 2,43% (Moussa et al, 2007).

### 5-3-Pigments photosynthétiques

Le pigment photosynthétique a un rôle préventif du cancer (Chernomorsky, 1999) dont les dérivés sont :

#### 5-3-1-Chlorophylle (chl a)

La valeur moyenne de chlorophylle a (fig38) la plus élevée 0.41mg/g MF  $\pm$ 0.12 a été enregistrée chez la variété super Strain3, les autres valeurs sont presque identiques, elles varient de 0.35mg/g MF  $\pm$ 0.01 enregistrée chez la variété Rio grande à 0.36 $\pm$ 0.009mg/g MF notée chez la variété Fahla. L'analyse de la variance n'a montré aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) pour ce paramètre entre les différentes variétés. Donc le test de Tukey a fait ressortir un seul groupe de moyenne homogène A.



**Figure 38** : Teneurs en chl a dans les feuilles des quatre variétés.

### 5-3-2-Chlorophylle (chl b)

Le taux moyen de chlorophylle b (fig 39) a montré une augmentation par rapport à la chlorophylle a, ce taux a varié de 0.67 mg/gMF  $\pm$ 0.03 chez la variété Fahla à 0.63mg/gMF  $\pm$  0.02 enregistrée chez la variété Super strain 3.

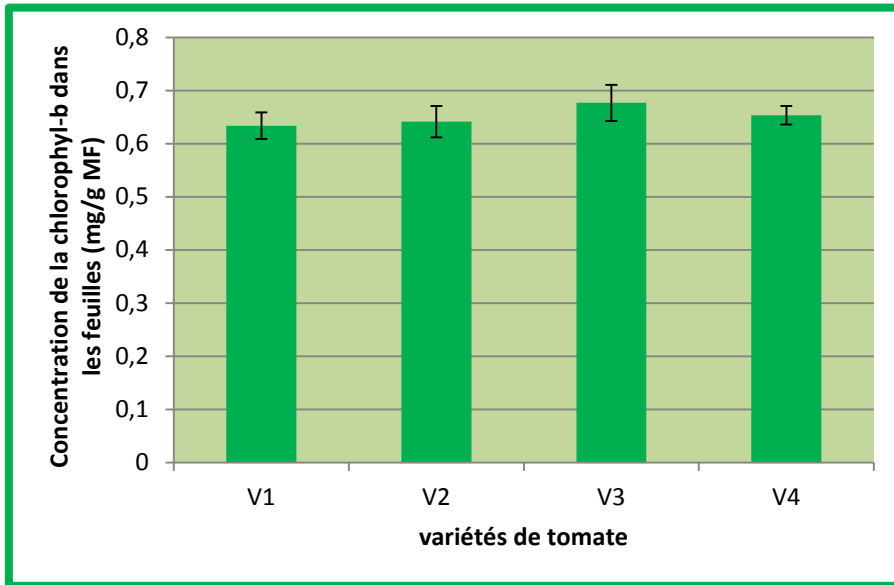


Figure 39: Teneur en chl b dans les feuilles des quatre variétés de tomate.

Une différence non significative a été révélée par l'analyse de la variance ( $P > 0.05$ ) et confirmée par le test de Tukey qui a présenté un seul groupe homogène A.

### 5-3-3-Chlorophylle (chl a+chl b)

La teneur moyenne en chlorophylle totale est le critère le plus utilisé pour quantifier l'état général de la plante (Tripathi et Tripathi, 1999).

Le résultat obtenu (fig 40) montre un taux de chlorophylle totale variant légèrement de 0.99 mg/gMF  $\pm$ 0.04 chez la variété Rio grande à 1.05mg/gMF  $\pm$  0.14 chez la variété Super strain3. Ceci a été confirmé par l'analyse de la variance puisqu'elle n'a exprimé aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) entre la teneur en chlorophylle totale en fonction de différentes variétés. Par conséquent, le test de Tukey n'a dégagé qu'un seul groupe de moyennes homogène A.

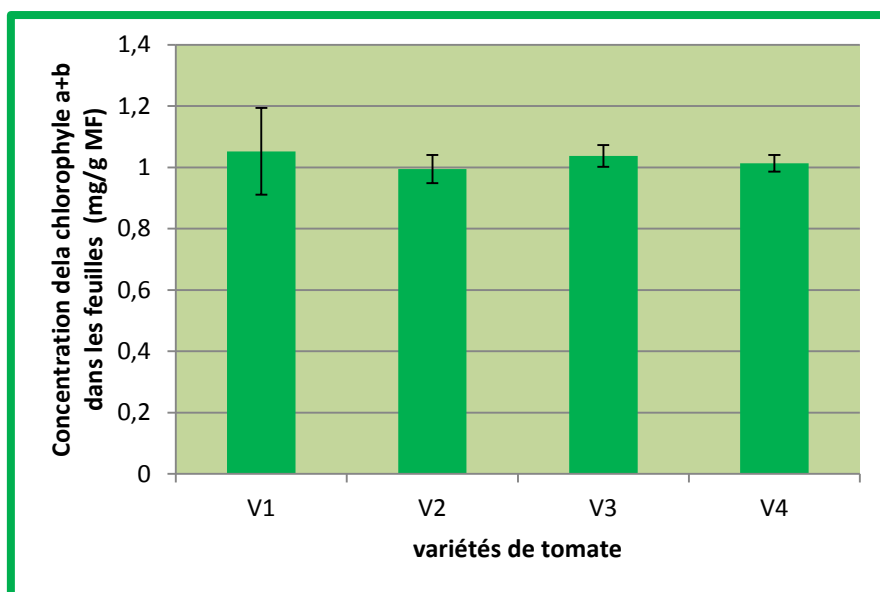


Figure 40 : Teneurs de (chl a + chl b) dans les feuilles des variétés de tomate.

#### 5-4-Caroténoïdes (Car)

Pour les pigments caroténoïdes, la teneur la plus élevée a été enregistrée chez la variété Super strain3 avec 0.60mg/g MF  $\pm$ 0.008 par contre la valeur minimale a été de 0.53mg/g MF  $\pm$ 0.008 notée chez la variété Discrito (Fig 41).

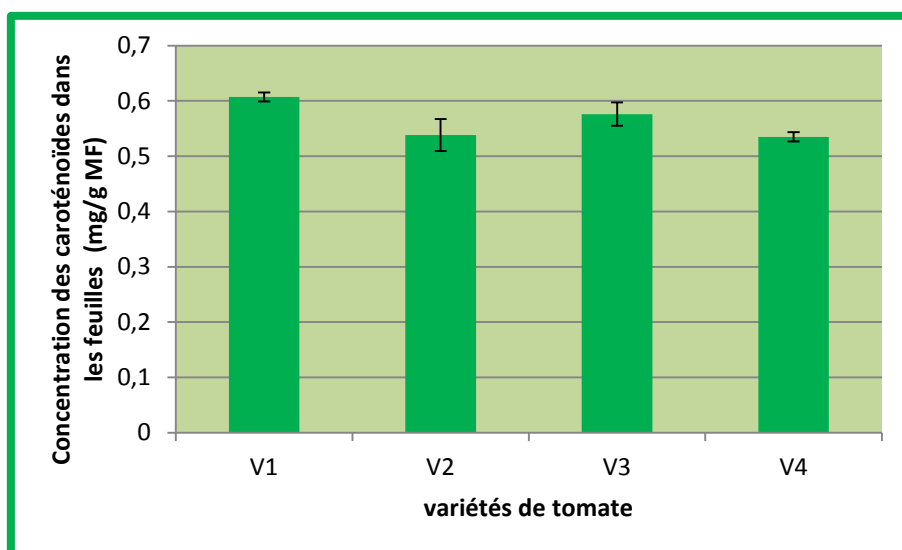


Figure 41: Teneurs en caroténoïdes dans les feuilles des quatre variétés de tomate.



L'analyse statistique a révélé des différences très hautement significatives ( $P \leq 0.001$ ) pour ce paramètre en fonction des échantillons étudiés. Le test de Tukey a permis de dégager trois groupes de moyennes homogènes (A, AB, B, B), le premier groupe a présenté la moyenne en caroténoïdes la plus élevée enregistrée chez la variété Super strain 3, le deuxième groupe d'une valeur intermédiaire enregistrée chez la variété Fahla, enfin le troisième groupe présentant la valeur minimale qui a été enregistrée chez les deux variétés Rio grande et Discrito.

Les résultats des teneurs en pigments photosynthétiques ont été comparées à ceux rapportés dans l'étude de **Ould Mohamdi et al (2011)** qui a travaillé sur la variété de tomate (Mangal), cette dernière a montré des teneurs supérieures en chlorophylle a et en chlorophylles totales respectivement (1.8 et 2.24mg/g MF) par rapport aux teneurs des variétés étudiées. Cependant, elle a présenté des valeurs moins appréciables de l'ordre de 0.49 et 0.25mg/g MF, respectivement en chlorophylle b et en caroténoïdes que celles de nos variétés.

D'autre part, la quantité de chlorophylle a de nos échantillons est inférieure à celle rapportée par (**Agamy et al, 2013**) (1.280mg/g de MF), mais la teneur en chlorophylle b (0.32 mg/g de MF) reste inférieure à celles trouvées dans notre étude. En ce qui concerne les taux en caroténoïdes enregistrés dans notre étude se rapprochent de celui enregistré par le même auteur (0.73 mg/g de MF).

Les teneurs enregistrées en chlorophylles totales et en caroténoïdes chez nos variétés sont considérables si on les compare avec celles rapportées pour d'autres plantes (0.43 et 0.077mg/100gMF) chez les feuilles des jeunes cladodes (**Hadj-sadok et al, 2008**). La même chose pour le Néverdier, ce légume feuille qui présente une quantité équivalente pour ces deux pigments 0.06mg/100gMF. (**Tchiégang et Aissatou, 2004 ; Moussa et al, 2007**).

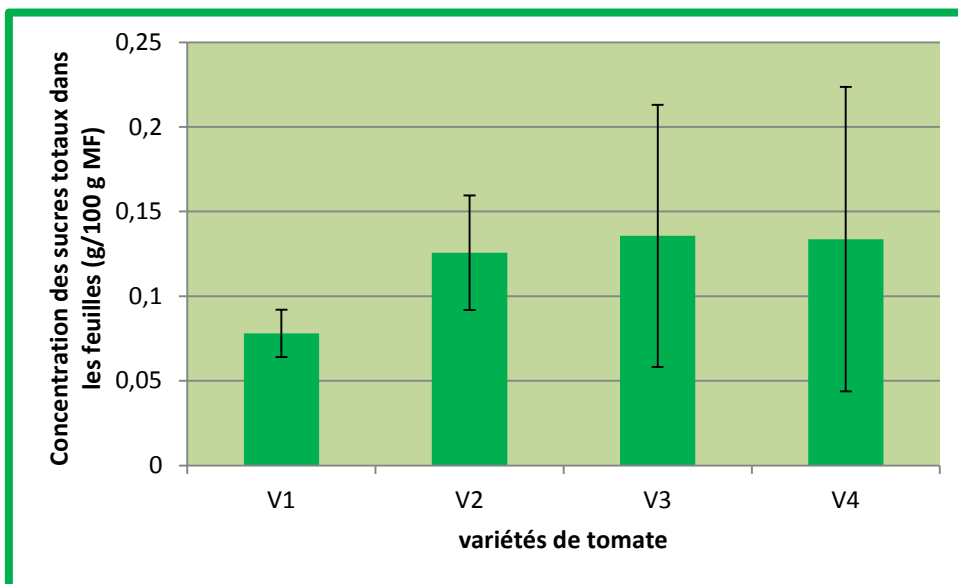
Il semble que l'origine génétique des variétés n'influe pas beaucoup sur les contenus en pigments (**Causse et al, 2003**), qu'ils sont prouvés que contrairement à certaines idées reçues, la sélection pour la productivité n'a pas systématiquement réduit la valeur nutritionnelle. En effet, la comparaison des variétés anciennes et modernes ne donne pas des résultats généralisables. Notamment lorsque les composés sont liés à la couleur

(comme c'est le cas de pigments chlorophylles et de certaines caroténoïdes). Chez la tomate, (Granges et al, 2006) trouvent des teneurs en pigments photosynthétiques identiques dans des variétés anciennes et moderne, également (Malundo et al, 1995) sont ajoutés que toute diminution en taux de biosynthèse des pigments photosynthétique est suite à déficience en éléments minéraux surtout (Fe et Mg) et en fertilisant notamment l'azote (Karoune, 2008).

### 5-5-Sucres totaux

Le contenu en sucre totaux le plus élevée est enregistrée chez la variété Fahla (0.13g/100g MF±0.07), les deux variétés Discrito et Rio grande présentes des valeurs proche à celle de la variété Fahla, une baisse alentour de 0.078g/100g MF±0.01 est notée chez la variété Super strain 3 (fig42). Ces résultats se trouvent confirmés par l'analyse de la variance qui montre que il n'existe aucune différence significative ( $P > 0.05$ ) entre les variétés pour ce paramètre.

Le test de Tukey montre un seul groupe de moyenne homogène A représenté pour la teneur en sucres totaux en fonction des variétés étudiées.



**Figure 42** : Teneurs en sucres totaux dans les feuilles des quatre variétés de tomate.

Ces valeurs sont supérieures de celles de (Ould Mohamdi et al, 2011) 0.65mg/g MF pour la variété Mangal et 1.26mg/g MF pour la variété campbell 33.

Un autre travail réalisé par (Volimunzigha, 2006) montre des teneurs en sucres pour des variétés de tomate Marmande et Loradade alentours à nos résultats sont respectivement variées entre 0.8 et 2.3 mg/g MF. Cependant les teneurs en sucres totaux trouvées dans les feuilles de nos variétés restent largement inférieurs de ceux présentées par (Snoussi et Halitim, 1998) environ (1.92g/100MF).

D'après (Khelil et al, 2007 ; Mortain et al, 2008) la teneur en sucres totaux y sont relativement importantes dans les feuilles de tomate. Donc on constate que les quantités en sucres trouvées est tout à fait proche au contenu satisfaits si on les comparées avec l'études (Ould Mohamdi et al, 2011) ; (Volimunzigha, 2006) , la légère réduction remarquées surtout chez la variété super strain 3 par rapport aux d'autres variétés est expliquée peu être comme suite ; l'étude de (Nemouchi, 2003) montre que l'accumulation des sucres totaux est élevée dans les feuilles en pleine croissance quelque soit les conditions hydriques, et diminue au fur et à mesure que les feuilles sont plus âgées , d'autre travail aussi réalisé par (Katerji et al, 1998) il montre qu'une tel augmentation de la teneur en sucres totaux peut dans une certaine mesure expliquer la réduction de la surface foliaire , en rapport avec l'âge croissant des plantes.

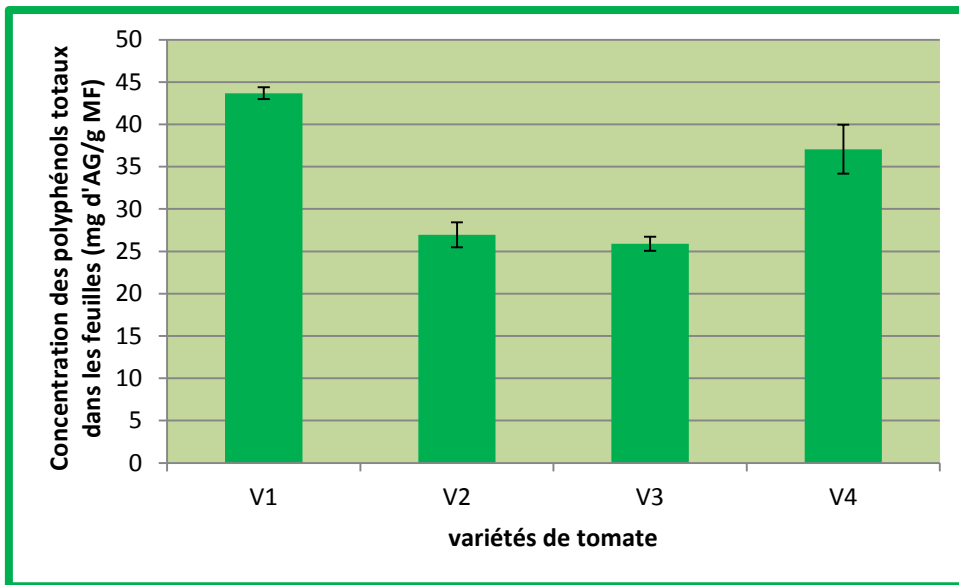
### **5-6-Composées polyphénoliques**

Les polyphénols totaux connus pour leurs activités antioxydantes ; ils sont également présents à des teneurs élevées variant de  $25.88 \pm 0.82$  à  $26.95 \pm 1.47$  mg d'AG/g par respectivement chez les variétés Rio grande et Fahla, mais les variétés Discrito et Super strain3 ont présenté respectivement des teneurs beaucoup plus élevées de l'ordre de  $37.05 \pm 2.89$  et  $43.67 \pm 0.7$  mg d'AG/g (fig. 43).

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ( $P \leq 0,001$ ) de ce paramètre entre les cultivars étudiés. Par conséquence le test de Tukey a fait ressortir trois groupes de moyennes homogènes (A,B,C ,C), en affectant la variété Super strain 3 au premier groupe suivie par la variété Discrito au deuxième groupe et le dernier groupe représenté respectivement par les deux variétés Rio grande et Fahla.

Ces teneurs sont tout à fait proches de celle trouvée par (Xiang et al, 2013) ave  $38.9 \mu\text{g}$  d'AG /mg.

Par contre une étude faite par (Bajaj et Mahjan, 1977) a montré des valeurs plus basses que les nôtres avec  $6.812$  mg d'AG/g.



**Figure 43** : Teneurs en poly-phénols totaux dans les feuilles des variétés de tomate étudiées.

Cette concentration en phénols totaux peut être classée parmi les contenus majeurs (2.32g d'AG/100g et 119,23 mg d'AG/g) des feuilles d'autres plantes comme l'olivier (Boudhioua, 2008) et le myrte (Kanoun, 2011).

### 5-7-Evaluation de l'activité antibactérienne

Les résultats de l'antibiogramme des extraits de feuilles de tomate sont regroupés dans le tableau 12.

D'après les valeurs enregistrées, la totalité des souches bactériennes testées ont montré une résistance aux différents extraits, à l'exception des deux souches *K. oxytoca* et *Kpc-* qui ont présenté une sensibilité vis-à-vis de l'extrait méthanolique et de l'infusion avec un diamètre d'inhibition maximum de 12 mm de diamètre pour *K pc-*, par contre cette dernière montre une résistance totale avec la décoction (6.1 mm de diamètre), la sensibilité de l'autre souche (*K. oxytoca*) a été évaluée à 10 mm de diamètre vis-à-vis des deux extraits (décoction et infusion), avec l'extrait brut la résistance est totale pour la même souche.

**Tableau 12** : Résultats de l'activité antibactérienne vis-à-vis des 03 extraits végétaux

| Bactéries/ zones d'inhibitions (Ømm) | Extrait Brut | Décoction | Infusion |
|--------------------------------------|--------------|-----------|----------|
| <i>Salmonella sp</i>                 | 8            | 9         | 9        |
| <i>Escherichia coli</i> ATCC25922    | 6            | 6         | 6        |
| <i>Escherichia coli</i>              | 6            | 6         | 6        |
| <i>Klebsiella oxytoca</i>            | 7.2          | 10        | 10       |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i>         | 8.2          | 6.7       | 6.1      |
| <i>Kpc</i> <sup>+</sup>              | 6.6          | 7.4       | 7.3      |
| <i>Kpc</i> <sup>-</sup>              | 12           | 6.1       | 12       |

La sensibilité a été limitée (environ 9mm de diamètre) chez la bactérie *Salmonella* traitée par les deux extraits (décoction et infusion), par contre cette bactérie est non sensible à l'extrait brut. Le même comportement a été remarqué avec tous les extraits testés vis-à-vis des souches *Escherichia coli* ATCC25922, *E. coli*, *Kpc*<sup>+</sup> et *Klebsiella pneumoniae*.

On conclue que malgré ces modestes résultats et la rareté des travaux relatifs à ce thème, nous encourageons fortement la persévérance dans la recherche dans ce domaine.

## 6-Conclusion partielle

Les analyses effectuées sur les feuilles de tomate dénotent un stock important de divers constituants chimiques trouvés chez les différentes variétés étudiées. L'eau et les cendres, deux éléments majeurs, constituent des supports nécessaires intervenant dans le maintien de certaines activités physiologiques indispensables à la plante. Nous avons enregistré aussi des teneurs non négligeables en sucres totaux, en pigments photosynthétiques et en polyphénols.

Selon la bibliographie, les feuilles sont riches en sucres constitués de saccharides, l'amidon et le saccharose étant majoritaires, mais des hexoses (fructose et glucose) sont également présents (Khelil et al, 2007 ; Mortain et al, 2008 ; Barcelo et

**Poschenrieder, 1990**). Pour les pigments photosynthétiques ils sont formés de la chlorophylle a, b et des caroténoïdes dont le bêta-carotène et la lutéïne (**Khavari et Mostofi, 1998 ; Mortain et al, 2008**).

Les feuilles de tomate contiennent également des constituants de métabolites secondaires en quantité importante comme les composés poly- phénoliques, les principaux sont la rutine et l'acide chlorogénique, (**Johnson, 2005 ; Mittelstra et al, 2006**).

Le feuilles peuvent être une source importante de chlorophylle, cette dernière possède des vertus thérapeutiques innombrables (**Barbeau, 1966**), on peut citer comme exemples:

- Elle favorise donc la santé du système immunitaire et joue un rôle dans la défense contre les radicaux libres.
- Elle permet à l'organisme de fixer les rayons ultra-violets du spectre solaire et ainsi aide à la croissance des enfants
- Elle contient du cuivre, utile dans l'anémie. Elle stimule les globules rouges et leur permet de récupérer le pouvoir de fixer le fer, métal indispensable aux fonctions du sang.
- Elle désodorise, grâce au magnésium, les selles et l'urine, et aussi bien l'haleine fétide et la sueur
- Elle favorise la santé du système immunitaire et joue un rôle dans la défense contre les radicaux libres (**Raymond B, 1966**)

Bien que nos résultats antibactériens fussent très modestes, la tomatidine contenue dans les feuilles de tomate est douée de propriétés bactériostatiques et antifongiques qui intéressent la phytopharmacie et la médecine vétérinaire (**Jouzier, 2005**).

Comme les autres sous produits de la tomate, les feuilles peuvent aussi rentrer dans la production du compost et être mêlées à d'autres nutriments destinés à l'alimentation du bétail.

## ***Conclusion générale***

---

## Conclusion générale

---

La tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) est une solanacée qui occupe une place privilégiée dans le secteur maraîcher en Algérie. Elle est considérée à juste titre comme une espèce prioritaire comme la pomme de terre, l'ail et l'oignon. Le secteur de la tomate industrielle est très florissant dans L'est algérien et par conséquent, il engendre des tonnes de résidus solides vu que la majorité des usines de transformation sont implantées dans cette région.

Le but de ce travail a été tout d'abord, d'étudier et de comparer le comportement de quatre variétés de tomate : Super strain 3 et Rio grande (variétés fixées), Fahla et Discrito (variétés améliorées) vis-à-vis des paramètres suivants : le temps de germination, le taux de germination, le taux de levée, le taux de survie et enfin le rendement en Qx/Ha. Ces variétés ont été cultivées en plein champs dans la ferme agronomique de la station d'El Karma située dans la commune d'El Hadjar dans la wilaya d'Annaba (Est algérien). De cette étude, il ressort que la culture de tomate répond essentiellement au facteur environnemental ainsi qu'aux pratiques culturales qui semblent influencer sur le cycle de développement chez toutes les variétés. Mais l'importance du facteur variétal reste importante dans la détermination de densité de production. A cet effet, la variété Fahla a été la plus performante.

En deuxième lieu, notre étude a visé à comparer la qualité de deux sous produits générés par les quatre variétés de tomate, il s'agit des pelures et des feuilles.

Concernant les pelures de tomate, les paramètres étudiés ont été: le pH, l'acidité titrable, le taux de brix, le taux de protéines, les sucres totaux, les polyphénols, les cendres et l'activité antioxydante. Les résultats obtenus ont montré que la pelure séchée possède une qualité indéniable. L'analyse statistique a montré des différences très hautement significatives pour les paramètres : teneur en protéines, teneur en cendres et activité antioxydante ; pour les autres paramètres, les différences ont été non significatives.

Concernant les feuilles la valorisation a porté sur la teneur en eau, les cendres, les caroténoïdes, les polyphénols, les pigments photosynthétiques et les sucres totaux. Les résultats ont montré des différences significatives de la teneur en eau, cendres, caroténoïdes et en polyphénols. Pour les pigments photosynthétiques et les sucres totaux l'analyse de la variance ne signale aucune différence significative.



## *Conclusion générale*

---

A l'issue de l'étude analytique, la variété Fahla se démarque, aussi, par la qualité de ses sous produits.

Nos résultats confortent ceux des auteurs qui nous ont précédés dans l'étude de la valorisation des déchets de la tomate et suggèrent que la récupération des déchets agroalimentaires pourrait apporter quelques réponses positives à portées écologiques, économiques et financières sur le plan national.

L'Algérie, ces dernières années, a entrepris quelques tentatives de valorisation des sous produits, l'une d'elle a eu lieu dans la wilaya d'El Tarf (1995) où 270 tonnes de sous produits ensilés ont été utilisés dans l'alimentation du cheptel bovin laitier avec le suivi de l'ITELV (Institut Technique des Elevages) et le financement de la CAW (Chambre d'Agriculture de la Wilaya d'El Tarf)

L'incorporation de ces co-produits dans la ration des vaches laitières a contribué à l'augmentation des rendements laitiers d'une manière sensible. Suite à cette expérience, un guide pratique élaboré par l'ITELV et financé par la CAW a été mis à la disposition des éleveurs de la région et ceux de la Wilaya d'Annaba pour qu'ils puissent maîtriser l'utilisation de ces produits (**Berrebib, 2005**).

Les pulpes de tomate peuvent être utilisées à l'état frais, et constituent par conséquent une source d'approvisionnement facile pour l'élevage des cheptels à la proximité des conserveries, en revanche, la richesse de ces coproduits en eau leur rend facilement périssables et limite la période de leur conservation d'où elles doivent être utilisées dans les 48-72 heures de production.

Le lycopène, quant à lui, possède de multiples applications dans l'industrie cosmétique, où il est entre autres utilisé comme colorant naturel et anti-oxydant pour les produits de soins de la peau.

Cette étude nous a ouvert des perspectives que nous tenterons d'atteindre en s'intéressant, cette fois-ci aux graines de la tomate et plus précisément son huile.

## ***Les références bibliographiques***

---

## Références bibliographiques

---

### A

- Abbeyes H ; Chadefaud M ; Ferre y., Feldman J., Gausсен H., Grasse P P., Leredde M C., Ozenda P.Prevot A R.,** 1963. Botanique Anatomie\_Cycles evolutifs\_systématique, Masson et Cie.
- Abeysekera D.,** 1991. Seed pre-treatment with plant growth regulators and osmoticum to improve germination and seedling performances of vegetables grown at different temperatures and salinity levels.Philippines Univ., Los Banos, College, Laguna (Philippines).P59-111.
- **Ademe .,** 2000. Les coproduits d'origine végétale des industries agro-alimentaires. Ademe Edition, 76 P.
- **AFNOR (Association Française de Normalisation) .,** 1982. Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de Fruits. Ed. AFNOR, 325 p.
- **AFP.,** 2013 <http://www.ladepeche.fr/article/2013/08/05/1684342-de-la-peau-de-tomate-pour-habiller-les-conserves.html>
- AgamyR ., Alamri S., MahmoudFM and HashemM.,** 2013. Management of Tomato Leaf Spot Caused by *Alternaria tenuissima* Wiltshire using Salicylic Acid and Agrileen. *International journal of agriculture and biology.* ISSN Print: 1560–8530.2 : 266–272.
- **Aghajanzadeh- Golshani A., Maheri-Sis N., Mirzaei A. and Baradara-Hasanzadeh A.,** 2010. Comparaison of Nutritional Value of tomato pomace and brewer's grain for ruminant using *in vitro* gas production technique. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances,* pp.1-9.
- Aissa KH , Abd Elatif K,**2006. La valeur nutritive d'un déchet de tomate à l'état sec , mémoire de fin d'étude , institut d'agronomie , option : zootechnie , centre universitaire d'El Tarf, 52-60p.
- Alzamora SM., Castro MA., Vidales SL., Nieto AB et Salvatori D.,** 2000. The roll of tissue microstructure in the textural characteristics of minimally processed fruits. In *Minimally processed fruits and vegetables. fundamental aspects and applications.* Publishers Inc. Gaithersburg, MD, USA.153-171.
- Amoussou FL.**1998. Etude des possibilités de productions des variétés de tomate (*Lycopersiconesculentum MILL.*) de contre saison dans la zone pereirbaine cotonou .Thèse de doctorat UNIV Of IBADAN Nigeria.

## Références bibliographiques

---

- Anonyme.**, 1995. La culture de la tomate industrielle. Guide pratique. ITCMI Annaba 12P.
- Anred**, 1998. Les sous produits des industries agroalimentaires en alimentation animale. Acte de colloque. Tome1 ; angers, 8-9 Novembre, P 165.
- **AOAC (Association of Official Analytical Chemists) .**, 1984. Official Methods of Analysis, 14 h Edition, Arlington.P58.
- APRIA** : Association pour la Promotion Industrie Agriculture ,1969. Utilisation des déchets végétaux. 53031/082,180-186 pp.
- **Atherton J. C.Rudich J.**, 1986. The tomato crop : a scientific basis for improvement. P56.

## B

- Bajaj KL et Mahjan R.**, 1977. Phenolic compound in tomato susceptible and résistant. *Nematol. medit* .5 :329-333. P330.
- Barcelo J ., PoschenriederCh.**, 1990.plant water relations as affected by heavy metal stress: *J.Plant Nutr.*13 .pp:1-37.
- **Baudouin JP et al .**, 2001. Légumes à grains : Haricot. ,Q Agriculture en Afrique Tropicale, Bruxelles, DGCI, p.337 - 355.
- Beecher GR.**, 1998. Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 218:98–100.
- Benabadji N et al.**, 1996. Description et aspects des sols en régions aride et semi aride au Sud de sebdou (Oranie- algérie). *Bull.Inst.Sci.Rabat.* N20. 77-89.
- Benakmoum A., Abbedou S., Ammouche A., Panagiotis K., Dimitrios G.**, 2008.Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste. *Food Chemistry.* **110** : 684- 690.
- Bennaceur A.**, 2009. Référentiel pour la conduite technique de culture de tomate. P 9-25,58.
- Benard C., Gautier H., Bourgaud F., Grasselly D., Navez B., Caris-Veyrat C., Weiss M.Genard M.**, 2009. "Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids,

## Références bibliographiques

---

Ascorbate, Carotenoids, and Phenolic Compounds." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(10): 4112-4123.-

-**Benarous K.**, 2006. Effets des extraits de quelques plantes médicinales locales sur les enzymes alpha amylase, trypsine et lipase. Diplôme Ingénieur d'état en Génie Biologique. Univ Amar Telidji Laghouat, Algérie . P35.

- **Benchaalal.**, 1983.Généralités sur la tomate , production végétale, production céréalière et fourragère, Aurés agronome. P2-6.

- **Benseghir L.A.**, 1996- Amélioration des techniques de production hors-sol du chêne liège : conteneur- substrats- nutrition minérale. Master en sciences forestières CEMAGREF (Aix en provenance) ,26p

-**Bertin N, M. Génard.**,2006 Contrôles de la plante et de l'environnement.p4. Inra Avignon

-**Berrino F.Villarini A.**, 2008. Fruit and vegetables and cancer. Improving the healthpromoting properties of fruit and vegetable products. Tomas-Barberan, F. A.Gil, M. I. Cambridge, UK New York, USA, Woodhead publishing limited CRC press: 75-94.

- **Besford R.T. and G.A Maw**, 1975. Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit developpment. *Plant Soil*, 42 : 395-412

-**Bezert J.**, 1994. Sistema de pago por calidad de tomate. Universidad Católicade Valparaíso. Facultad de Agronomía. Curso Internacional de Tomate Industrial. Viña del Mar.1-3 diciembre. pp. 7-10.

-**Blamey M .**, 2003 . La flore d'Europe occidentale. Paris Flammarion. P43.

-**Botsoglou N.,Papagergiou G.,Nicolakakis I.,Flourou- paneri P.,Giannenas I., Dotas V and Sinapis E.**, 2004. Effet of dietary dried tomato pulp on oxidative stability of japanese quail meat .*J.Agric . Food Chem .*, Vol .52,No.10.

- **Boubakeur N.**, 1998.influence de la date de plantation sur le comportement de quelques variétés de tomates industrielle cultivées en sec dans la région d'Annaba. Thèse d'ingénieur d'état INA d'Alger. p72.

-**Boudhioua N., Ben Slimen I., Bahloul N et Kechaou N.**,2008. Etude du séchage par infrarouge de feuilles d'olivier d'origine tunisienne Partie 2: Influence du séchage et du blanchiment sur les composés phénoliques totaux. *Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger111 – 116* .113-114.

## Références bibliographiques

---

-**Bougnoux ME et Ancelle T.**, 1993. Place de l'artéméther parmi les dérivés de qinghaosu. *Cah.Santé*, Vol.3 no4 Juil-Août, PP308-313.

- **Bouharmont J.**, 1994.Création variétale et amélioration des plantes. *in* *Agronomie moderne : Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale*, AFESR, Hâtier, p.119 – 152.

- **Bouhouch N.**, 2003. Effet du stress salin et osmotique sur quelques marqueurs de stress chez la tomate: *Lycopersicum esculentum* Mille (var Cambell) mémoire fin d'étude université chouaib doukkali Maroc. P56.

-**Boumendjel M.,Boutebba A et Houhamdi M.**, 2002.Effet des Traitement Thermiques Sur les Antioxydants de la Tomate. *Synthèse.11*: 80.

-**Bourre J-Ma.**, 2005. L'oeuf naturel Multi-enrichi : des apports élevés en nutriments, notamment acides gras oméga-3, en vitamines, minéraux et caroténoïdes. *Médecine et Nutrition* , Vol 41.N°3 :189-201.

-**Bourre J-Ma.**, 2005. L'oeuf naturel Multi-enrichi : des apports élevés en nutriments, notamment acides gras oméga-3, en vitamines, minéraux et caroténoïdes. *Médecine et Nutrition* , Vol 41.N°3 :189-201.

-**Bouزيد S.**, 2010. Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. Diplôme de Magistère en Ecophysologie et Biotechnologie Végétale Univ Mentouri Constantine.P66.

-**Boyer J.**, 1978. Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et subhumides. O.R.S.T.O.M.PARIS. ISBN 2-7099-0494-2.p 69.

-**Bozin B.,Mimica-Duric N., Samojlik I., Goran A., Igetic R.**, 2008. Phenolics as antioxydants in garlic (*Allium sativum* L. Alliaceae), *Food Chemistry.111*: 925-929.

- **Broekmans WM., Klopping-Ketelaars IA., Schuurman CR., Verhagen H., van den Bertg H., Kok FJ., van Poppel G.**, 2000. Fruits and vegetables increase plasma carotenoids and vitamin C and decrease homocysteine in humans J. **130**:1578–83.

-**Bruneton J.**, 1999. Pharmiognosie, phytochimie, plantes médicinales, 2eme édition, Paris : Editions médicales internationales, *Tec et Doc Lavoisier*, p 1120.

## C

- **Calvo MM., Garcia ML., Selgas MD.**, 2007. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science xxx* .P125.

## Références bibliographiques

---

-**Carrier A.**, 2003. Que ce passe t'il dans le sol. *Agricultures, Pêche et Alimentation. Quebec*.P2-6.

-**Causse M., Buret M., Robini K., Verschave P.**, 2003. Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences. *J Food Sci* .68 : 2342-2350.

- **Chaux C et Foury C.**, 1994. Culture légumières et maraichère légumineuse potagères, légumes fruit .Tome 3 .Ed Tech et Doc Lavoisier, Paris .563p

-**Chaib G.**, 1997.Teneur en proline des différents organes de blé dur : Essai d'explication de conditions d'accumulation sous manque d'eau. Mémoire en vue d'obtention du diplôme inter-universitaire en Biotechnologie végétales. Univ. Constantine ,30p.

-**Chernomorsky S., Segelman A and Poretez R.**, 1999. Effect of Dietary Chlorophyll Derivatives on Mutagenesis and Tumor Cell Growth. *Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis*.79 : 313-3226.

-**Christian G., Jacques L., Jean-Sylvain F and Jeronimo L A.**, 1998. Ontogenic changes in the construction cost of leaves, stems, fruits, and roots of tomato plants. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 49, No. 318 : pp. 59–68.

-**Cieslik E., Greda A., Adamus W.**, 2006. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*.94:135-142.

-**Colonna P ; Buleon A ; Leloup V ; Thibault JF ; Renard C ; Lahaye M ; Viroben G.** 1995. Constituants des céréales, des graines, des fruits et de leurs sous produits. INRA, Paris 83-123 pp.

- **Come D.**, 1970. Les obstacles à la germination. Masson et Cie.162p.

- **Cotte .**, 2000. Etude de la valeur alimentaire des pulpes de tomate. Thèse Med .Vet.,lyon I,PP40-46 ;64-67.

-**Cronquist A.**, 1981. An antegrated system of classification of following plant. Calambia University . 1256p

-**CTIFL.**, 1996. Guide des fruits & légumes en restauration Hors Foyer".p79.

## D

- **Dandjouma KA., Fadi CP., Kouebou A., Kameni C., Tchiegang C., Yezouma H., Desmorieux.**, 2005. Valorisation Des légumes Tropicaux Par Le Séchage : Etude de

## Références bibliographiques

---

Quelques Conditions de productions et Conservation de la Tomate Séchée. Agence Universitaire de la Francophonie (AUF).P2-6.

-**Davies JN et Hobson GE.**, 1981. The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 15, 205-280.

- **Deblay S et C Charonnat .**, 2006. Fertilisation et amendement. *Educagri éditions BP 87999 – 21079 DIJON Cedex*. P 90.

- **De Broglie L. A. Guérout D.**, 2005. Tomates d'hier et d'aujourd'hui.P97.

- **Degioanni B.**, 1997. La tomate. P115, 137.

- **Desmas S.**, 2005 - Analyse comparative de compétitivité : le cas de la filière tomate dans le contexte euro-méditerranéen. Thèse D.A.A., Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier, 68 p.

-**Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K., Maïga A.**, 2004. Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam.(Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *C. R. Chimie* 7, pp 1073–1080.

- **Diehl R.**, 1975-Agriculture générale. 2 Ed.Ballière, Paris.294p.

-**Diez MJ.**,1995.Tipos varietales. *In: Nuez, F. ed. El cultivo del tomate*. Madrid, Mundi-Prensa.pp93-129.

- **Diplok AT.**, 1991. Antioxydant nutriments and disease prevention: an Overview. *Am J Clin Nutr*: **53** (suppl): 189S-93S.

-**Donald F.,Stenson W.,David B.**,2000. Effect of B-carotene and lycopene thermal degradation products on the oxydative stability of soybean oil. *JAOCS*, Vol 77, N°**11** :1153-1160.

- **Dossou J ., I. Soulé I et Marcelline Montcho.**,2007. Evaluation des Caractéristiques Physico-chimiques et Sensorielles de la Purée de Tomate Locale Produite à Petite Echelle au Bénin. *Tropicultura* .**25** : 2 .119-125.

- **Doymaz I.**, 2007. Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*.**78** :1291–1297.

- **DSA.**, 2009 (Direction des services agricoles de la wilaya d'Annaba) production nationale de tomate industrielle (Bilan compagne année 2009)



## Références bibliographiques

---

- **DSA.**, 2010 (Direction des services agricoles de la wilaya d'Annaba). Tomate industrielle : production nationale record en 2010.

-**Dubois M., Gilles KA., Hamilton JK., Roben FA., & Smith F.**, 1956, Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 28, 350-356.8.

-**Duchaufour PH.**, 1970-Précis de pédologie Ed Masson et Cie 3<sup>ème</sup> édition. Paris ,481p.

### E

-**Eligot AJ., Rock CL., Flatt SW., Newman V., Ferber S., Pierce JP.**,1999. Plasma Carotenoids are Biomarkers of Long-Term High Vegetable Intake in Women with Breast Cancer. *J Nutr***129**:2258–63.

- **Étienne J .**, 2005. Solanacées médicinales et philatélie. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **144**, 311-332

### F

- **FAO.**, 2010. Disponible sur : <http://faostate.fao.org> et <http://ecocrop.fao.org> .P4-5.

- **Ferguson LR.**, 1999. Prospects for cancer prevention , Mutation Research /Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis. 428,329-338.

-**FMTI.**, 2003. Filière Mondiale de la Tomate Industrielle ; 2003 [www.tomatonews.com/tomato\\_Process\\_fr..asp](http://www.tomatonews.com/tomato_Process_fr..asp) (Consulté le 21 Février 2004

- **Francoisd J.**, 2003. Le point sur la fertilisation en production biologique de la tomate de serre. Projet pour une Agriculture Écologique 21111, Lakeshore Sainte-Anne de Bellevue (Québec).p7.

- **Freese R., Alfthan G., Jaujiainen M., Basu S., Erlund I., Salminen I., et al.**, 2002. High intakes of vegetables, berries, and apples combined with a high intake of linoleic or oleic only slightly affect markers of lipid peroxidation and lipoprotein metabolism in healthy subjects. *Am J Clin Nutr* .**76**:950–60.

-**Friedman M.**, 2002. "Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(21): 5751-5780.

### G

## Références bibliographiques

---

- **Gallali, M. Y., Abujab, Y. S., & Bannari, D. F.**, 2000. Preservation of fruits and vegetables using solar drier: a comparative study of natural and solar drying, III; chemical analysis and sensory evaluation data of the dried samples. *Renewable Energy*, 19, 203–212.
  
- Gallais A, Bannerot H.**, 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection. INRA. Paris, 675p.
  
- **Gartner, C., Stahl, W., Sies, H.** 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am. J. Clin. Nutr.* 66:116–122.
  
- **Genard M.**, 2009. "Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids, Ascorbate, Carotenoids, and Phenolic Compounds." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57(10)**: 4112-4123. P16-25, 145,211-223.
  
- **Georgelis N., Scott JW., Baldwin EA.**, 2006. Inheritance of high sugars from tomato accession PI 270248 and environmental variation between seasons. *Journal of the American Society for Horticultural Science.***131**: 41-45.
  
- Gillapsy G., Ben-David H., Gruissem W.**, 1993. Fruits: à développemental perspective. *Plant Cell* 5,1439-1451.
  
- Giovannucci E.**, 2007. "Does prostate-specific antigen screening influence the results of studies of tomatoes, lycopene, and prostate cancer risk?" *Journal of the National Cancer Institute* 99(14): 1060-1062.
  
- **Gordon MH.**, 1990. The mechanism of antioxidant action *in vitro*. In “*Food antioxidants*”. Ed.B.J.F. Hudson- London et New York. p 1-18.
  
- Gould WA.**, 1991. Tomato production processing and technology, 3d CTI Publication, inc, Bltimort. P22-24.
  
- **Grasselly DB and Letard M.**, 2000. Tomate : pour un produit de qualité EDCTIL, P222.
  
- Granges A et Gillioz JM.**, 2006. Variétés de tomates anciennes testées pour leurs valeurs agronomique, analytique et gustative. *Viticulture, Arboriculture et Horticulture.***2** :p5.
  
- Guichard S.** 1999. Flux hydriques, croissance et qualite du fruit de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en conditions estivales sous serre, Universite Aix-Marseille III, Marseille, 118.

## Références bibliographiques

---

### H

- **Hadj-sadok T., Aid F., Bellali M., Abdul-hussain MS.**, 2008. Composition chimiques des jeunes cladodes d'Opuntia Ficus Indica et possibilités de valorisation alimentaire. *Agricultura – StiinŃă si practică*.**1(2)** : 65-66, 43
  
- Harborne JB.**,1998. Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plants analysis. Third Edition. ISBN: 0-412-57260-5 (HB) and 0-412-57270-2 (PB).
  
- **Hashimoto F., Ono M., Masuoka C., Ito Y., Sakata Y., Shimizu K., Nonaka G., Nishioka I., Nohara T.**, 2003. Evaluation of the anti-oxidative effect (in vitro) of tea polyphenols. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*.**67**: 396-401.
  
- **Hewitt J et Stevens M.**,1981. Growth analysis of two tomato genotypes differing in total fruit solids content. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.**106**:723-727.
  
- **Ho L.C. and J.D. Hewitt**, 1986. Fruit development. *In* : Atherton J.G. and G. Rudich (Eds). *The tomato crop. A scientific basis for improvement*. Chapman and Hall, London, New York, pp. 201-239.
  
- **Huat J.**,2008. Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte. thèse doctorat Agronomie. (Agro Paris Tech)

### I

- I.T.A.M.** ,**1975**-Institut de Technologie Agricole Mostaganem. Laboratoire du sol. Méthodes d'analyse physiques et chimiques du sol<sup>3</sup>°et 4°année.106p.

### J

- Jarrige R.**, 1981. Les constituants glucidiques des fourrages : Variation , digestibilité et dosage .INRA, Paris,47p.
  
- **Johnson KS.**, 2005. "Plant phenolics as radical scavengers in the context of insect (*Manduca sexta*) hemolymph and midgut fluid." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **53**: 10120-10126.
  
- **Jouzier E.**, 2005. Solanacées médicinales et philatélie. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **144**, 311-332

## Références bibliographiques

---

-**Judd et al.**, 2002. Botanique Systématique Une Perspective Phylogénétique De Boeck Université.

### K

-**Kaluzny-Pinon L., Letard M., Zambujo C.**, 2001. "La tomate se concentre sur le gout." Culture Légumière 61: 25-31.

- **Kanoun Kh.**, 2011. Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Diplôme de Magister Substances naturelles, activités biologiques et synthèse. Univ Aboubeker Belkaid Tlemcen. p23-24,58-63.

-**Kansole MMR.**, 2009. Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées Burkina Faso. P21-26.

- **Karoune S.**, 2008. Effets des boues résiduaires sur le développement des semis du chêne liège (*Quercus suber* L.). Diplôme de Magistère Gestion et pathologie des écosystèmes forestiers. Univ Mentouri Constantine. P122-129,209, 254-255.

-**Katerji N., van Hoorn JW., Hamdy A., Mastrorilli M.**, 1998. Response of tomatoes, a crop of indeterminate growth, to soil salinity. *Agric. Water Manage.* **38** : 59-68

-**Kavanaugh C. J., Trumbo P. R., Ellwood K. C.**, 2007. "The U.S. food and drug administration's evidence-based review for qualified health claims: Tomatoes, lycopene, and cancer." *Journal of the National Cancer Institute* **99**(14): 1074-1085.

- **Khavari-Nejad R A ., Mostofi Y.**, 1998. "Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars." *Photosynthetica* **35**(1): 151-154.

- **Khelil A., Menu T., Ricard B.**, 2007. "Adaptative response to salt involving carbohydrate metabolism in leaves of a salt-sensitive tomato cultivar." *Plant Physiology and Biochemistry* **45**: 551-559.

-**Knoblich M., Anderson B., Latshaw D.**, 2005. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as source of carotenoids. *J Sci Food Agric.* **85** :1166-1170 DOL. **10** :1002/jsfa.2091.

## Références bibliographiques

---

- **Kolev N.**, 1976 - Les culture maraichères en Algérie : Légumes fruits. Ed. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, T.1, 207 p.

-**Kozukue et al**, 2004. Kozukue N., Han J., Lee K.Friedman M. (2004). "Dehydrotomatine and alpha -tomatine content in tomato fruits and vegetative plant tissues." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52(7): 2079-2083.

-**Krinsky, N.I.** 1989. Antioxidant functions of carotenoids. *Free Radic. Biol. Med* 7(6):617-35.

### L

-**Lannoy .,** 2001. Légumes. Tomate. In *Agriculture en Afrique Tropicale*, Bruxelles, DGCI, , p.503-512.

-**Larid R.**, 2012. Valorisation des sous produits de tomate en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (cas des poules pondeuses). Diplôme de Magister Technologie Alimentaire. Univ Tlemcen. P73, 15, 13, 23,7.

-**Laumonier.,** 1979. Culture légumière et maraichère. Tome 3. Ed . Bailliere, Paris.279p.

-**Lee, A., Thurnham, D. I., Chopra, M.** 2000. Consumption of tomato products with olive oil but not sunflower oil increases the antioxidant activity of plasma. *Free Radic. Biol. Med.*29(10):1051-1055.

-**Lebdi Grissa K.**, 2010. Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates En Tunisie. Consultant national GTFS/REM/070/ITA.P45-57.

-**Lenucci MC.,Cadinu D.,Taurino M., Piro G., Dalessandro G.,**2006. Antioxydant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars . *Journal of agricultural and food chemistry.*54: 2606-2613.

-**Louati I.**, 2009. Contribution a l'Etude et a La Valorisation des Résidus de Tomate par le Séchage. Diplôme de Master de Recherche de l'INAT. Institut National Agronomique de Tunisie. P82, 73, 74, 13,11.

### M

-**MADR.,** 2009 (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) , Direction des statistiques . P21.

## Références bibliographiques

---

- Madsen E.**, 1974. "The effect of CO<sub>2</sub>-concentration on the occurrence of a number of acids from citric acid cycle in tomato leaves." *Physiologia Plantarum* 32(1): 10-13.
- **Malundo TMM., Shewfelt RL., Scott JW .**, 1995 Flavour quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by sugar and acid levels. *Postharvest Biology and Technology* .6: 103-110.
- Maisuthisakul P., Suttajit M., Pongsawatmanit R.**, 2007. Assessment of phenolic content and free radical scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chem.* **100**:1409-1418.
- Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E., Kefalas P.**,2005.Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry.* **89**: 411-420.
- Maziliak P.**, 1982. Physiologie végétale croissance et développement. vol. Ed. Herman. 461p.
- **Mehdi GD., Vijayanand., Kulkarnib VG, Ramana KVR.**,(2006). Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder. *LWT* **40** (2007) : 1832–1840.
- **Merouani H ; Bronco C ; Almeidam H ; Pereira J.S.**, 2000. Comportement physiologique des glands de chêne liège (*Quercus suber* L) durant leur conservation et variabilité inter -individus producteurs. *Ann.For.Sci.*58 (2000).pp :143-153. INRA, EDP Science, 2001.
- **Mhiri M.**, 2002. Le potassium dans les sols de Tunisie Institut National Agronomique de Tunisie . p2-9.
- **Michèle M, Frédéric R.** La lyophilisation. Techniques de l'ingénieur, traité Agroalimentaire,F 3. P 240.
- **Mikanowski L.Mikanowski P.**, 1999.Tomate. P89-93.
- Mittelstraß K., Treutter D., Pleßl M., Heller W., Elstner EF.,Heiser L.**, 2006. "Modification of primary and secondary metabolism of potato plants by nitrogen application differentially affects resistance to *Phytophthora infestans* and *Alternaria solani*." *Plant Biology* **8**: 653-661.
- Miller ER., Appel LJ., Risby TH.**,1998. Effect of dietary patterns on measures of lipid peroxidation results from a randomised clinical trial.**98**:23905.

## Références bibliographiques

---

-Moco S.,Capanglu E.,Tikunov Y.,Bino RJ.,Boyacioglu D.,Hall D.,Vervoort J., and De Vos, RCH.,2007.Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit,*Journal of Experimental Botany*.

-Monika K, Brandi A, and David L., 2002. Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids. *J Sci Food Agric* (in press) DOI. 10 :1002/jsfa.2091.

- Mortain-Bertrand A., Stammitti L., Telef N., Colardelle P., Brouquisse R., Rolin D.,Gallusci P., 2008. "Effects of exogenous glucose on carotenoid accumulation in tomato leaves." *Physiologia Plantarum*. 134: 246-256.

-Motegaonkar MB et Salunke ShD., 2012. The Ash and Iron Content of Common Vegetable Grown in Latur District, India. *Research Journal of Recent Sciences* ISSN 2277-2502 Vol. 1(4), 60-63.

-Moussa N., Salimata Wade., Nicole Dossou., Amadou T., Guiro R., Diagne G., 2007. Valeur nutritionnelle du Moringa oleifera , étude de la disponibilité du fer , effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels senegalais avec la poudre des feuilles .*Journal of food agriculture and nutrition development* ISSN 1684-5374.Vol 7 N3 :p14.

## N

-Naika et al., 2005 Cultivation of tomato .production, processing and marketing. *Agromisa Foundation and CTA, Wageningen*, ISBN Agromisa: 90-8573-039-2. 9-15 P.

- Najm CH., 2003. Influence des conditions de stockage sur les antioxydants naturels de la fraise. Diplôme d'Études Approfondies (DEA) Agroalimentaire Assurance-Qualité. Univ Saint-Joseph-France.P9.

-Navarro-Gonzalez I.,Garcia-Valverde V.,Garcia-Alonso J.,Jesus-periago M.,2011.Chimical profil, functional and antioxydant properties of tomato peel fiber .*10.1016/j Foodres*.04.005.Spain.

-Nemouchi I., 2003. Evolution des sucres solubles chez le chêne liège ( *Quercus suber L*) soumis à des basses températures. Mémoire d'ingénieur d'état, Univ Mentouri\_ Constantine. pp 58.

## O

- ONAGRI ., 2015. Note d'analyse N° 4, La filière de la tomate industrielle en Tunisie : Enjeux et contraintes. (Direction Générale de la Production Agricole). P4-7.

## Références bibliographiques

---

-Owen P.L., Johns T., 1999. Xanthine oxidase inhibitory activity of north eastern North American plant remedies used for gout. *Journal of Ethnopharmacology*, 64, pp 149-160.

### P

-PARN., 1995. Projet d'Appui au Ressources Naturelle.,1995, Cultures maraîchère : Bilan des activités 1994-1995, Ministère des Eaux, Forêt, Chasse et Pêche, Bangui, RCA, 49 p.

-Pandolfini T ., Gabrielli R ., Comparini E., 1992. Nickel toxicity and peroxydase activity in seedlings of *tritucum aestivum* L. *Plant. Cell and Environ.*15:pp719-725.

- Perron J-Y., 1999. Productions légumières, éditions Synthèse Agricole, 575 p.

- Philippe D., 2003. Caractérisation de QTL Lié à la Qualité de la Tomate par Recherche de Co-localisations avec des Gènes de Fonction Connue. Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes .Univ de Versailles/Saint-Quentin, CNRS UPRES-A 8087, Etats-Unis. P15.

-Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M.,2001. Antioxydants in food, Practical applications. *Woolhead Publishing Limited*. ISBN: 185573-463X.

-Polese J.M., 2007. La culture de tomate. Ed Artémis.95p.

- Poretta S & Sandei L., 1990. Effect of chemical composition on nonenzymic browning in tomato products. *Industrie Alimentaire*,29, 113–116.

- Pousset J., 2002. Engrais vert et fertilité des sols ,2 Ed. Agridecisions, Paris. p206.

- Primo Y., 1979. *Quimica Agricola.*, III. Alimentos; Alhambra: Madrid.211.

-Proot J., 2002. Les technologies propres appliquées à l'industrie agralimentaire Aris.T, Borgone. P13.

-Publishers B., 2004. Ressources végétale de l'afrique tropicale. Tome 2 : légume. Ed . Dunod 736p

### R

- Ramandeep K, Toor, Geoffrey P. Savage (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International* 38 (2005) 487-494.

-Rao A. V. et L.G. Rao, 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* 55 (2007) 207–216.



## Références bibliographiques

---

- Rao A. V.**, 2006. Lycopène. *FOOD AND NUTRITION RESEARCH*. 10.1016/S1043-4526(06)51002-2.
- **Raymond B.**, 1966. Vertus de la chlorophylle. Les Editions De L'Homme. 120 p.
- Renaud V.**, 2006. Les tomates qui ont du goût, Eugen Ulmer, Paris. Rice-Evans C., Miller N. Paganga G. (1997). "Antioxidant properties of phenolic compounds." *Trends in Plant Science* 2(4): 152-159.
- Reynes M., Bouabidi H., Piombo G., Ristecucci AM.**, 1994. Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région de Djérid.Tunisie, *Journal of fruits*, Vol. **49**: P289-298.
- Rosner G.**, 1982.opération rhône-alpes de valorisation de sous produits de l'agroalimentaire par alimentation animale. 2<sup>me</sup> rapport. P76.
- **Roy BC ; Goto M ; Hirose T.**, 1996. Temperature and pressure effects on supercritical CO2 extraction of tomato seed oil . *Journal of Food Science and Thecnology , Trivandrum*, V. 31, 137-141 p.
- Russo F ., Brennan E.**, 1979. Phytotoxicity and distribution of cadmium in pin oak seedlings determined by mode entry. *Forest sci.*,**25(2)** : pp 328-332.

## S

- Sahin N., Akdemir F., Orthan C., Kukuk O., Hayirli A., Sahin K.**, 2008. Lycopene enriched quail egg us functional food for humans. *Food Research International*. **41** : 295-300.
- Sanchez-Conde, -M.P.; Azuara, -P., 1979.** [Effect on the mineral content in tomato plants (*Lycopersicum Esculentum*) of solutions of iso-osmotic concentration of NaCl or PEG-4000]. *Agrochimica (Italy)*. (Sep-Nov 1979). v. 23(5-6) p. 377-386.
- **Sanchez-Moreno C.**, 2002. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *International Journal of Food Science and Technology*. **8**: 121-137.
- **Sassi K., Abid G., Jemni L., Dridi-Al Mohandes B., Boubaker M.**, 2012. Étude comparative de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis du stress hydrique. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol.15, Issue .**2**: 2160 -2163.
- Sbartai H.**, 2008. Etude des effets du Cadmium sur la Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.): essai in vivo et in vitro. Thèse Doctorat Ecotoxicologie Végétale .Univ Annaba. P62-63.

## Références bibliographiques

---

- Scalbert A., Manach C., Morand C., Rémésy C., Jiménez L.**, 2005. "Dietary polyphenols and the prevention of diseases." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **45** (4): 287-306.
- **Scheifler R ; De Vaufleurya G; Badot P.M ; Tricot A ;Lolive J .**, 2003 . Effets environnementaux des épandages de boues de stations d'épuration urbaine en plantation de pin maritime. Tercé M (dir.). *Agriculture et épandage de déchets urbains et agro-industriels*, Dossier de l'environnement de l'INRA n°25, Paris, pp 95-106.
- **Schiffers B.**, 2003. Itinéraire technique tomate cerise Programme initiative pesticide. Université des sciences agronomique Bruxelles (Belgique).p2-7.
- **Schumann E.** 1996. Tomates, Chantecler, Belgique. P221
- **Scott S.J ; Jones R.A ; Williams W.A.,1984**-Review of data analysis methods for seed germination.*Crop science*,24(6),pp :1192-1199. (**Scott et al., 1984**)
- Shankara N ., Lidt J F., Goffau M., Hilmi M., V. Damla B.**, 2005. Culture de la tomate (production, transformation et commercialisation).Ed ISBN Agromisa . Germany.17, 70-79, 82,85.
- Singleton., Orthofer R., et Lamuela-Raventos R.**, 1999. Analysis of totals phenols and other oxidation substrates and antioxydants by means of Folin-ciocalteau reagent .methode of enzymologie, 299, P152-178.
- Sionneau et Chapellet-Lopez.**, 2004. Ces aliments qui nous soignent , La diététique alimentaire chinoise.
- **Skiredj A.**, 2007. La culture de tomate sous abri. Chambre d agriculture. P6,9.
- Snoussi SA.**, 2010 .Rapport de mission Etude de base sur la Tomate en Algérie P11-25.
- **Sogi DS ; Kiran J ; Bawa AS.**, 1999. Caractérisation and utilisation of tomato seed oil from tomato processing waste. *Journal of food Science and Technology*, Trivandrum, v .36 , n. 3, 248-249 pp.
- Spencer JP, Schroeter H, Rechner AR, Rice-Evans C.**,2001. . Bioavailability of flavan-3-ols and procyanidins: gastrointestinal tract influences and their relevance to bioactive forms in vivo. *Antioxid Redox Signal* ;3: 1023–39.
- **Stahl, W., Heinrich, U., Jungmann, H., Sies, H., Tronnier, H.** 2000. Carotenoids and

## Références bibliographiques

---

carotenoids plus vitamin E protect against ultraviolet light-induced erythema in humans. *Am. J. Clin. Nutr* 71:795–798.

-**Stewart AJ., Bozonnet S., Mullen W., Jenkins JJ., Lean MEJ., and Crozier A.,** 2000. Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *Journal of agricultural and food chemistry*. **48** : 2663-2669.

### T

-**Tahi H.,** 2008. Efficience de l'Utilisation de l'Eau d'Irrigation Chez La Tomate Par La Technique de PRD (*PARTIAL ROOTZONE DRYING*) et Étude des Mécanismes Physiologiques et Biochimiques Impliqués. Thèse Doctorat Biotechnologie Végétale. Univ Cadi Ayyad –Marrakech. P129.

-**Tayeb El H.,** 1994 .Croissance et développement des plantes cultivées. ,Q Agronomie moderne : Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale , AFESR, Hâtier, p 8,193 – 212

-**Tchiégang C et Aissatou A .,** 2004. Données ethnonutritionnelles et caractéristiques physico-chimiques des légumes-feuilles consommés dans la savane de l'Adamaoua (Cameroun). *Tropicultura*. **22** :11-18,2-14-15-16.

-**Thompson HJ., Heimendinger J., Haegle A., Sedlacek SM., Gillette C., O'Neill C et al.,** 1999. Effect of increase vegetable and fruit consumption on markers of oxidative cellular damage. *Carcinogenesis*. **20**:2261–6.

-**Tomodori.,** 2007. La flore de tomate disponible, disponible sur [http:// Tomodori.com](http://Tomodori.com) (17/5/2009)

-**Toor RK., and Savage GP.,** 2005. Antioxydant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research international* .**38** :487-494.

- **Tripathi AK and Tripathi S.**1999.Changes in some physiological and biological characters in *Albizia lebeck* as bio-indicators of heavy metal toxicity. *J. Environ. Biol.* **20**: 421–430.

### V

-**Van-breemen RB., and Pajcovic N.,** 2008. Multitargeted therapy of cancer by lycopene , *Cancer Letters*. 269,339-351.

## Références bibliographiques

---

- **Ventura MR., Pieltain MC and Castanon jir .**, 2009. Evaluation of tomato crop by-product as feed for goats. *Animal Feed Science and Technology*.PP1-5.
- **Vercauteren J., Cheze C., Triau J.**, 1996. Polyphenols 96. Edition : INRA, Paris : pp 31-43.
- Vidales SL., Castro MA et Alzamora SM.**, 1998. The structure-texture relation ship of blanched glucose impregnated straw berries. *Food science and technology international*. **4**:169-178.
- Visioli F., Riso P., Grande S., Galli C., and porrini M.**, 2003. Protective activity of tomato products on in vivo markers of lipid oxydation, *European Journal of Nutrition* .**42** :201-206.
- Volimunzigha Ch K.**, 2006. Etude du comportement physiologique et agronomique de la tomate (*solanum lycopersicum*) suite au titre en repense à un stress hydrique précoce .Presses Univ de louvain.P129.

## W

- **Waterman PG and Mole S.**, 1994. Analysis of phenolics plant metabolite. *Oxford Blackwell Scientific Publication*. 83-91.
- **Weisburger, J. H.** 2002. Lycopene and tomato products in health promotion. *Exp. Biol. Med.* 227:924–927.
- Wilkens RT., Spoerke JM.,Stamp NE.**,1996. Differential responses of growth and two soluble phenolics of tomato to resource availability. *Ecology*. **77(1)**: 247-258.
- Will A et Duval J.**, 1999. Amendement et fertilisation. Guide de la gestion globale de la ferme maraichère biologique et diversifiée. P8.

## X

- **Xiang-Min P., Eun-Kyu J., Jong-Wook Ch., Gi-An L., Ho-Sun L., Jung-Sook S., Young-Ah J., Jung-Ro L., Yeon-Gyu K., Sok-Young L.**, 2013. Variation in Antioxidant Activity and Polyphenol Content in Tomato Stems and Leaves. *Plant Breed. Biotech.* ISSN: 2287-9358.**1(4)**:366-373.P372.

## Y

## *Références bibliographiques*

---

- **Yamagushi M .**, 1983 .World vegetables, principles production and nutritive values, Ellis horwood limited , westport. P156.
  
- **Yefsah-idres A.**, 2007. Biodisponibilité et incidence physicochimique chez le rat. Thèse magister, INA. El-Harrach, Alger, p : 7-14.
  
- Yi Z., Yu Y., Liang Y., and Zeng B.**, 2008. In vitro antioxidant and antimicrobial activities of the extract of Pericarpium Citri reticulatae of a new Citrus cultivar and its main flavonoids. *LWT*. **41** : 597-603.
  
- Young T., Juvik J and Sullivan J.**,1993. Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*.**118**:286-292.

## **Z**

- Zidani S.**, 2009. Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine. Diplôme Magister Technologie Alimentaire. Univ M'hamed Bougara-Boumerdes .P34, 47, 55-77.
  
- Zanoni B., Peri C., Nani R., Lavelli V.**, 1999. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Research International*. **31**: 395–401.

## *Références bibliographiques*

---

## Research Article



## Valuation of Peels of Four Industrial Tomato Varieties Grown in Annaba (Eastern Algeria)

\*Chouhaira Bouzaâta<sup>1,2</sup>, Salima Bennadja<sup>2</sup>, Amira Abdesselam<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, University Mohamed Chérif Messaâdia, Souk Ahras, Algeria.

<sup>2</sup>Laboratory of Biochemistry and Environmental Toxicology, University Badji Mokhtar, Annaba, Algeria.

\*Corresponding author's E-mail: [at.chahira@yahoo.fr](mailto:at.chahira@yahoo.fr)

Accepted on: 12-12-2015; Finalized on: 31-01-2016.

### ABSTRACT

Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) is a solanaceae which occupies a privileged place in the maraicher sector in Algeria. It is rightly seen as a priority species such as the potato, garlic and onion. The industrial tomato sector is flourishing in eastern Algeria and therefore it generates tons of solid residues that can be used to derive bio-polymers, lycopene, oil and food production for the livestock and compost. The aim of this study is to compare the quality of the peels of four tomato varieties grown in open fields in the wilaya of Annaba (east of Algeria). The four varieties are Super strain 3 and Rio Grande (fixed varieties), Fahla and Discrito (improved varieties) vis-à-vis the following parameters: titratable acidity, brix levels, protein, total sugars, polyphenols, ash and antioxidant activity. The results obtained show that the dried peel has an undeniable quality. The statistical analysis showed very highly significant differences for parameters: protein content, ash and antioxidant activity; for the other parameters, the differences were not significant.

**Keywords:** Tomato, varieties, peels, physical and chemical analyzes.

### INTRODUCTION

Tomato cultivation occupies a prominent place in the Algerian agricultural economy.

The total area reserved for it is about 32962 Ha represented by 63.06% for vegetable tomato and 36.93% for industrial tomato; its production is 3.822731Qx<sup>1</sup>. The level of registered returns has undergone a remarkable evolution (8 t/ha in 1970 to 31.4 t/ha in 2009), it represents an undeniable interest to the national agricultural economy by its weight in the country's GDP. All current varieties on the market are mostly fixed and few hybrid varieties.

The aim of this study is to compare the quality of the peels of four tomato varieties vis-à-vis the following parameters: titratable acidity, brix levels, protein, total sugars, polyphenols, ash and antioxidant activity.

Tomato varieties were grown in open fields during 2011 in the wilaya of Annaba, one of the main producing areas of industrial tomatoes in Algeria.

These are: Super 3 strain and Rio Grande (fixed varieties); Fahla and Discrito (improved varieties).

### MATERIALS AND METHODS

The seeds of the four tomato varieties used for commercial production, were provided by the seeds distributors, seeding and planting took place in agricultural farm in El Karma station located in the wilaya of Annaba in the northeast Algerian according to a Latin square experimental design.

#### Preparation of peels

The tomatoes were harvested in the period from June to August 2011. The sampling was carried out on seven homogeneous rows of each variety.

The fruits were randomly selected several schemes at various heights and orientations.

They were harvested at full maturity, washed, cleaned and immediately came under hot running water (about 90 °C) for 10 minutes and then under jet of cold water to soften and facilitate the detachment of the peel.

Tomato peels, thus obtained, were dried over aerated surfaces. After drying, the peels were packed in food bags and stored in a dry, dark place at room temperature.



The tomato crop in Algeria annually generates tomato residues estimated at 1.305 million tons/year<sup>2</sup>. The sub tomato processing industry's products consist of peel, seeds, a little of pulp and peduncles sometimes mixed with stems and few leaves.



### Parameters studied

The overall composition of the tomato, titratable acidity, Brix and the ash content were determined directly after harvest. The other parameters (total sugars, total polyphenols, protein and antioxidant activity), were determined in the dried peels after storage for one year.

### Overall composition of Tomato

It was conducted on 10 randomly selected fruits on which were determined the relative shares in peel, seed and pulp.

### Titratable acidity

The principle of the method is based on the titration of the acidity of an aqueous solution (prepared from 25g of dried tomato peels) with sodium hydroxide solution in the presence of phenolphthalein as a color indicator<sup>3</sup>. The titratable acidity is expressed in grams of citric acid per 100g of fresh material.

$$A\% = (100 \times 100 \times V1) / (V0 \times M \times 10) \times 0.07 = 175 \times [V1 / (V0 \times M)]^{4,5}$$

M: mass in grams taken; V0: volume in milliliters of the sample and V1: volume in milliliters of 0.1N NaOH solution.

0.07: Conversion factor equivalent titratable acidity in citric acid.

### Determination of soluble solids (Brix)

is the soluble solids of an aqueous solution having the same refractive index (RI) that the analyzed product<sup>6</sup>, this solution test at a temperature of 20 °C and conversion, by means of a table of the refractive index in dry soluble residue (expressed as sucrose) is measured by refractometer Abbe (CEE.1764/84). The refractometer must be adjusted to give a temperature of 20 °C distilled water for a refractive index of 1.330<sup>7</sup> If the determination was carried out at a temperature of 20 °C ± 0.5 °C, the following corrections are necessary:

$$n_D = n_p + 0.00013 (t - 20).$$

$n_p$  far found at a temperature of 20 °C ± 0.5 °C

### Ash content

2 g of comminuted tomato peel is put into a muffle furnace set at 550 ± 15 °C for 5 hours until obtaining a gray, light or whitish color<sup>3</sup>. We express organic matter by the following formula:

$$OM\% = [(M1-M2) / P] \times 100.$$

OM is the organic matter (%).

M1 is the mass of the test samples + capsules.

M2 is the mass of capsules + ashes.

P is the mass of the test sample.

The ash content (Cd) is calculated as follows:

$$Cd = 100 - \% OM^8.$$

### Dosage of soluble sugars

The total soluble sugars (sucrose, glucose, fructose, their methylated derivatives and polysaccharides) are assayed by the method of Dubois (1956)<sup>9</sup>. The extraction of soluble sugars is carried out from a maceration of 100mg tomato peel powder in 80% ethanol.

The concentration of soluble sugars is determined after reading of the optical density measured with a spectrophotometer at 480 nm wavelength; the levels of soluble sugars are expressed in g/100 g DM<sup>10</sup>.

### Dosage of proteins

The assay of the total soluble protein of tomato peel extracts was performed according to the method (Bradford, 1976)<sup>11</sup>. It is a colorimetric method for determining the concentration of a protein solution from the change in the coloring Coomassie blue when it binds to protein. Subsequently reading the optical density was made by a spectrophotometer at 597nm. A calibration curve is plotted, using BSA (Bovine Serum Albumin). The results are expressed in g of protein per 100 g of dry matter (DM)<sup>5</sup>.

### Determination of polyphenols

The assay was performed following the method described by Singoleton (1999)<sup>12</sup>. A comprehensive determination by spectrophotometer is made from the tomato peel methanol extract with Folin-Ciocalteu reagent; the results were read on a spectrophotometer at 765 nm. The concentration of total phenolics in mg gallic acid equivalent (GAE) per g of tomato peel is determined by reference to the calibration curve obtained using gallic acid as standard.

### Evaluation of the antioxidant activity

Test of antioxidant power by reducing the DPPH radical (diphénylpicryl-hydrayl).

To study the anti-radical activity of tomato peel extracts (obtained for the determination of total polyphenols using methanol as extraction solvent), we opted for the method using DPPH as a relatively stable free radical, according to the protocol described by (Mansouri)<sup>13</sup>. In this test the antioxidants reduce the DPPH with a purple to a yellow compound. The intensity of the color is inversely proportional to the ability of antioxidants in the medium to provide protons. Briefly, a volume of 25µl peel extracts of tomato or standard solutions (ascorbic acid, BHT) are added to 975 µl of methanol solution of DPPH (2, 4 mg/100 ml methanol). The mixture is left in the dark for 30 min and discoloration relative to the negative control (blank) containing only the DPPH solution. The measurement is determined at a wavelength of 517 nm<sup>14</sup>; a high absorbance reflects significant oxidation and therefore low absorbance means high antioxidant activity.





The anti-radical activity is estimated by the equation:

$$\% \text{ of radical-scavenging activity} = \frac{[\text{Abs } 517 \text{ control} - \text{Abs sample } 517]}{\text{Abs } 517 \text{ control}} \times 100.$$

The IC<sub>50</sub> values (inhibitory concentration 50% in mg/ml) are calculated by the linear regression method from the curve [% inhibition = *f*(concentration)].

### Statistical analysis

All assays were repeated three times and the results were treated by analysis of variance (ANOVA) at a controlled factor and repeated measures with statistical software (Minitab 16) using Tukey test at 5 %.

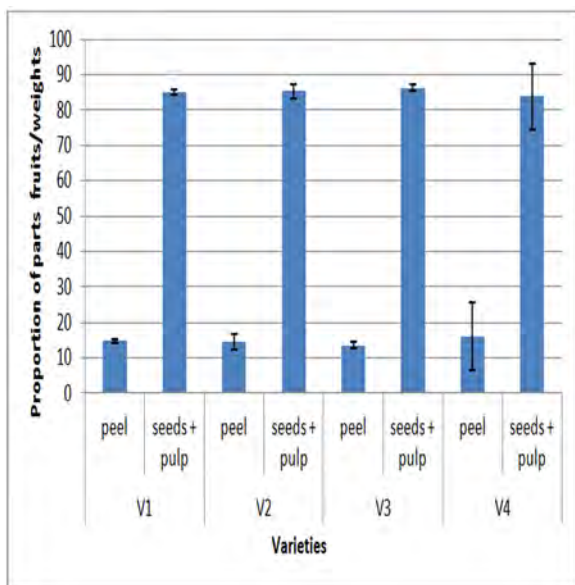
## RESULTS AND DISCUSSION

### Overall composition of the tomatoes

From Figure 1, we see that the pulp and seeds ranged from 86.34 ± 0.92% for the variety Discrito to 83.90 ± 9.35% in Fahla variety. The analysis of variance to a single factor does not show any significant difference (P>0.05). Tukey's test gives off a single homogeneous group A for all varieties.

With regard to the peels, the proportions vary from 16.09 ± 9.35% for the variety Fahla to 13.65 ± 0.92% for the variety Discrito. The analysis of variance shows no significant difference (P>0.05). Tukey's test gives off a single homogeneous group A for all varieties.

These results are similar to those reported by Zidani<sup>5</sup> and Larid<sup>15</sup>.

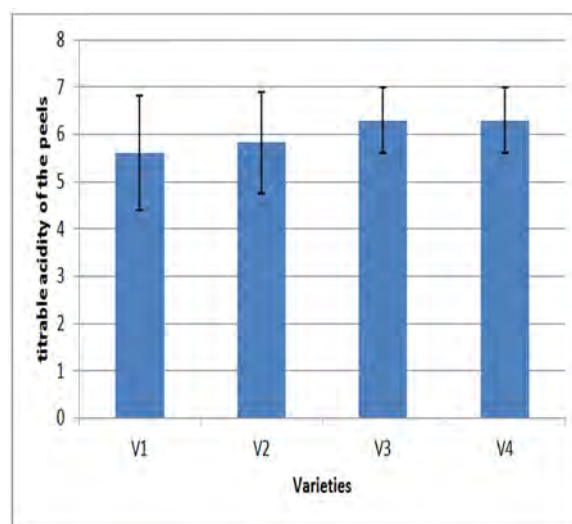


V1: Super strain 3; V2: Rio grande; V3: Fahla; V4: Discrito

**Figure 1:** Tomato fractions (%)

### Titrateable acidity (%)

The acidity values obtained from dried peels were of 6.3% ± 0.7 for varieties Discrito and Fahla and respectively, 5.83% ± 1.06 and 5.6 ± 1.21% for Rio Grande and Super strain 3 varieties (Fig 2).

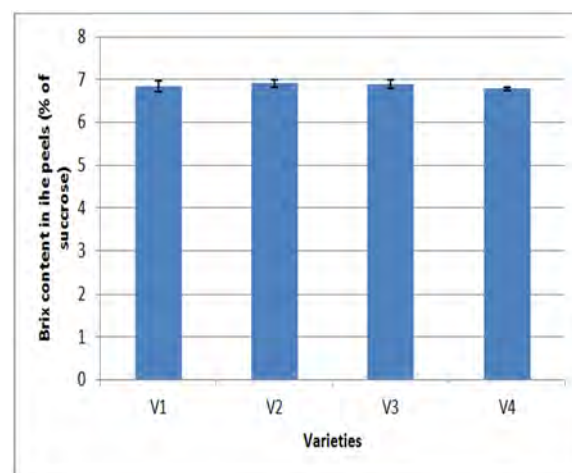


**Figure 2:** Titratable acidity (%).

The results show no significant difference in the analysis of variance and they are similar to those found in studies of Larid<sup>15</sup> and Zidani<sup>5</sup> with 5.18 and 5.82% respectively.

Indeed, during the ripening of tomatoes, the acid content (mainly citric and malic acid) decreases for increasing the sugar content, so harvested ripe tomatoes have a low acid content. Thus, the residues from these tomatoes will have a low percentage titrateable acidity, it is the same when the acidity is expressed in grams of citric acid per 100g of product<sup>15,16</sup>. However our results show a relative increase in acidity and could be related to the partial fermentation of the samples, due to the drying time, and the enzymatic activity of the pectin during the initial phase of drying as outlined by Okanlawon<sup>17</sup>.

### Determination of soluble solids (% Brix)



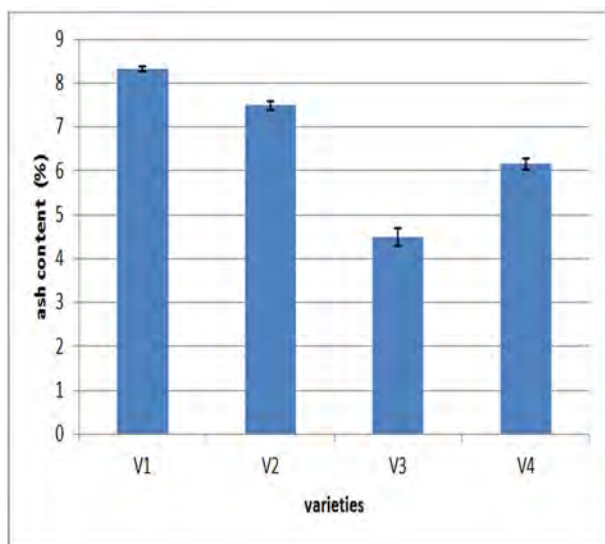
**Figure 3:** Brix in peels (% sucrose).

The Brix is the soluble solids content and which represents the sugar content in large part. For samples of dry peel, Brix rates recorded resemble one another; they vary from 6.91% ± 0.08 among the variety Rio to 6.79 ± 0.03% in Discrito variety (Fig 3). The variance analysis confirms this result, since no significant differences were revealed. These values, however, seem important compared to those found by Louati<sup>16</sup> (5.58% to 5.88%) in

dried peels, or even to those found in fresh tomatoes (5 % to 7%)<sup>18</sup>.

### Ash contents (%)

Ash content represents the total amount of inorganic salts in a sample. The recorded values were ( $8.33 \pm 0.05$ ,  $7.5 \pm 0.1$ ,  $4.5 \pm 0.2$  and  $6.16 \pm 0.12\%$  of dry matter) respectively in the dried peels of the varieties Super strain 3, Rio Grande, Fahla and Discrito (Fig 4), these results are much higher than those found by other authors (3.1%)<sup>19</sup> and However, they are comparable to 8% and 8.78% (MS) found by Zidani<sup>5</sup> and Larid<sup>15</sup>.



**Figure 4:** Ash contents in the tomato peels (%).

The statistical analysis for this parameter shows that there is a very highly significant difference ( $P \leq 0.001$ ) among the four samples. Tukey's test identified four homogenous medium groups (A, B, C, D). In the order, the major group average (8.33%) consists of the variety Super strain 3, followed by the second and third group of successive averages include both varieties Rio grande and Discrito and finally the last group on the weak (4.5%) and presented by Fahla variety.

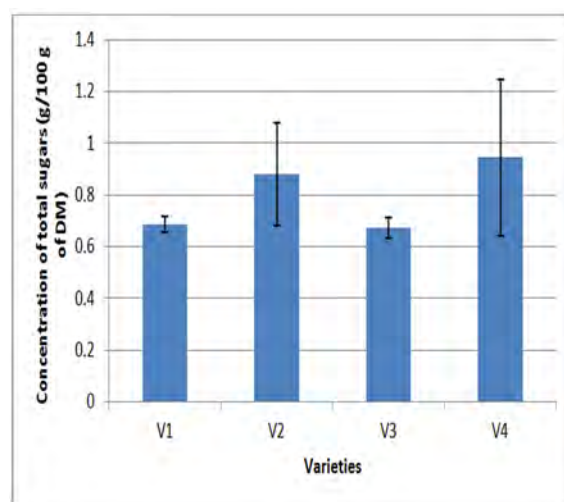
The marked difference in the ash contents could be related mainly to the influence of the genetic origin of each variety (old or hybrid).

### Soluble sugars

The amounts of total sugars in the dried peel were ranged from  $0.67 \pm 0.03$  to  $0.94 \pm 0.3\text{g} / 100\text{g MS}$  (Fig 5). The analysis of variance revealed no significant difference.

These values are considerably lower than that recorded by Larid<sup>15</sup> ( $3.87\text{g}/100\text{g}$  of dry matter)<sup>15</sup> but close to the one recorded by Zidani<sup>5</sup> ( $1.15\text{g}/100\text{g}$ ).

The small amount of sugar found in our samples is related to the non-enzymatic browning reaction that causes decreased levels of total sugars, reported in many studies<sup>20,21</sup>.



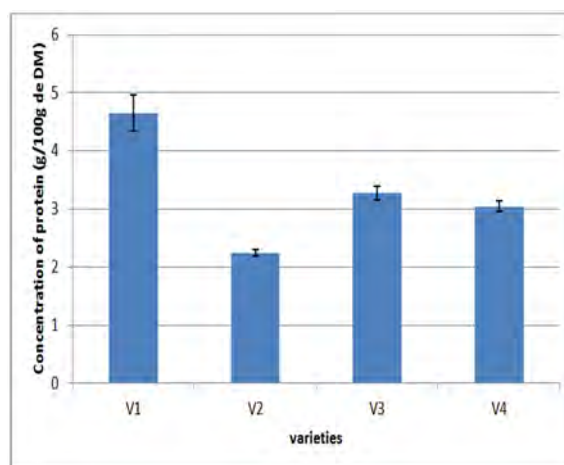
**Figure 5:** Concentrations of total sugars (g/100 g DM).

On the other hand, this result may be due to the storage time, because according to Dandjouma<sup>22</sup> the sugar level is stable during drying but may vary during storage.

### Protein

Tomato peel samples showed grades ranging from  $2.24 \pm 0.05$  to  $4.65 \pm 0.3\text{g}/100\text{g}$  of dry matter (Fig 6). This result, evaluated by analysis of variance, revealed a very highly significant ( $P \leq 0.001$ ) and Tukey's test identified three groups of successively homogeneous medium (A, B, B, C), the first on the content  $4.6\text{g}/100\text{g}$  of DM presented by Super strain 3, the second group involving both varieties Fahla and Discrito finally the group corresponding to the low ( $2.24\text{g}/100\text{g}$  of DM) and including the Rio grande variety.

The values obtained are much lower than those reported by Knoblich<sup>23</sup> ( $10.00\text{g}/100\text{g}$ ), Anonymous<sup>24</sup> ( $18.4\text{g}/100\text{g}$ ) and ( $13.85\text{g}/100\text{g}$ )<sup>15</sup>, however protein levels in our samples remain high compared to  $0.08\text{g}/100\text{g}$  obtained by Monika<sup>25</sup>.



**Figure 6:** Protein contents in the peel (g/100 g of DM).

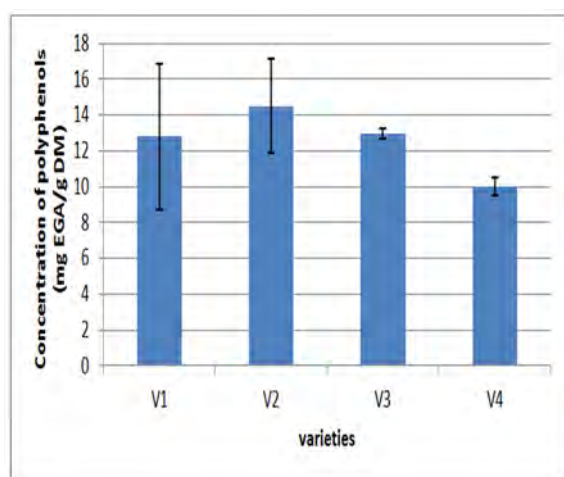
The loss of protein contents is due to the storage period and the drying method according to Zani<sup>26</sup>.

## Total polyphenol content

The determination of total polyphenols gives an overall estimate of the content in various classes of phenolic compounds contained at the hydroalcoholic extract powder of dried peels. According to our results, the maximum value of the polyphenol concentration was  $14.5 \pm 2.64$  mg GAE/g of DM recorded at Rio grande variety, while the minimum value ( $10.04 \pm 0.5$  mg GAE/g of DM) was noted in Discrito variety (Fig 7).

Statistical analysis revealed no significant difference ( $P \leq 0.05$ ) for this parameter, while Tukey test gives only a homogeneous average group A, for all varieties.

Recorded polyphenol levels are far below those reported by Larid<sup>15</sup> (GAE 52.82 mg/g of DM), which are themselves largely lower than those reported by Navarro<sup>19,14</sup> and with 158.1 mg and GAE 462/100g of DM respectively. According to Moco<sup>27-29</sup>, the flavonoids are among the types of tomato major phenolic compounds which are highly localized in the tissues of the epicarp.



**Figure 7:** Concentrations of polyphenols in the peel (mg GAE/g of DM).

Comparing the content of polyphenols in tomato peels with that of other fruits such as elderberry (1.54%), kiwi (0.273%), plums (0.2%), grapefruit (0.425%), apples (0.217%) and orange (0.217%)<sup>30</sup>, could justify the use of tomato peels as a source of natural antioxidants and thereby, a functional food.

## Evaluation of the antioxidant activity

### DPPH radical scavenger effect

DPPH is a free radical allowing us to determine the trapping potential of our tomato peels extracts due to their sensitivity to detect active components at low concentrations<sup>31-33</sup>.

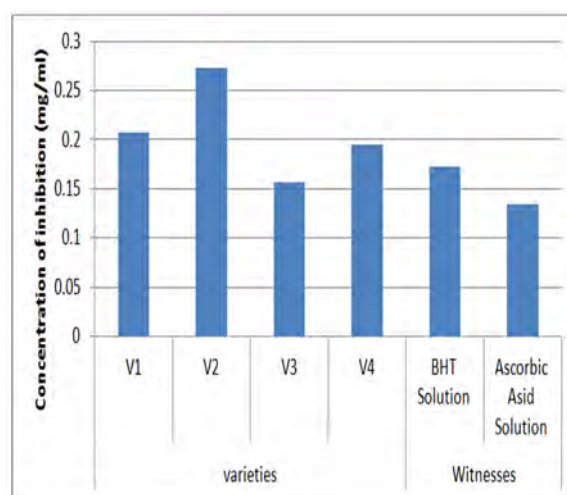
From the anti-free radical activity in percentage curves we were able to deduce graphically the IC50 values of reference antioxidants (BHT and ascorbic acid) and different peel extracts; which are shown in Figure 8.

According to figure 8, the IC50 value of ascorbic acid ( $0.13 \pm 0.0005$  mg/ml) is close to that found by Kanoun<sup>33</sup> (0.12 mg/ml) and Benhammou<sup>34</sup> (0.11 mg/ml).

The IC50 value of the BHT ( $50.17 \pm 0.02$  mg/ml) is equivalent (0.18 mg/ml) with that obtained in the study of Ouibrahim<sup>35</sup> and to that reported by Zidani<sup>14</sup>. In comparing the IC50 of our peel extracts to those of ascorbic acid and BHT, we noticed a very important antioxidant activity of Fahla peel's extract ( $IC_{50} = 0.15 \pm 0.001$  mg/ml) which is intermediate between the ability of trapping the radical DPPH of BHT and ascorbic acid, followed by the peel extract of both varieties Discrito and Super strain 3 which show antioxidant activities almost equivalent to each other and also interesting with respectively ( $0.19 \pm 0.01$  and  $0.20 \pm 0.02$  mg/ml). The peel extract of Rio grande variety seems to be the worst performing with an IC 50 of  $0.27 \pm 0.01$  mg/ml. It is two times less active than ascorbic acid and it has on about half of the activity expressed by the BHT and peel extract the variety Fahla.

The variance analysis shows a very highly significant difference ( $P \leq 0.001$ ), it is confirmed by Tukey test which revealed six homogeneous groups in order (A, B, BC, BCD, CD and D). The first group represents the highest value of IC50 (0.27 mg/ml) represented by the variety Rio grande, the second and third groups include closer and lower values (0.20, 0.19 mg/ml) respectively on varieties Super 3 strain and Discrito. The fourth and fifth groups showed lower IC50 respectively represented by BHT and Fahla variety (0.17, 0.15 mg/ml), the last group represents the lowest IC50 value recorded in the acid solution ascorbic which shows the highest antioxidant activity.

Few studies have examined the antioxidant power of tomato peel extracts. But we can note, according to the trapping method of free radical DPPH, that our varieties showed good antioxidant activity except Rio variety that showed low activity. This could be explained by enzymatic degradation and/or non enzymatic brown pigments substances (brown)<sup>36,37</sup> and due probably to incorrect storage.



**Figure 8:** Inhibitory concentration IC50

## CONCLUSION

Industrial tomato crop is very developed in eastern Algeria. It is used to produce Double concentrated tomato paste and annually generates tons of waste that is not valued.

The aim of this study was to compare the quality of the peels of four tomato varieties grown in open fields in the wilaya of Annaba (east of Algeria). Two fixed varieties: Super strain 3 and Rio Grande and two improved varieties: Fahla and Discrito vis-à-vis the following parameters: titratable acidity, brix levels, protein, total sugars, polyphenols, ash and antioxidant activity.

In general, the results obtained showed that the tomato peel present significant levels of soluble dry residues, ash (mainly minerals), total sugars, proteins, total polyphenols and a good antioxidant activity.

Therefore these peels can be exploited in the human and animal food industry, and even in the pharmaceutical industry as a source of antioxidants.

## REFERENCES

- MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), Direction des statistiques, Principales cultures maraichères et industrielles en Algérie, 2009, 5.
- FAO, L'actualité agricole en Méditerranée. Ed. CIHEAM, 4-5, 2008, 33.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de Fruits, Ed, AFNOR, 1982, 325-333.
- Calvo MM, Garcia ML, Selgas MD, Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel, *Meat Science* xxx, 2007, 125.
- Zidani S, Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine: Technologie Alimentaire. Université M'hamed Bougara, Boumerdes, 34, 47, 2009, 55-77.
- Granges A, Gillioz JM, Variétés de tomates anciennes testées pour leurs valeurs agronomique, analytique et gustative, *Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, 2, 2006, 5.
- Boumendjel M, Boutebba A, Houhamdi M, Effet des Traitement Thermiques Sur les Antioxydants de la Tomate, *Synthèse*, 11, 2002, 80.
- Broekmans WM, Klopping-Ketelaars IA, Schuurman CR, Verhagen H, van den Bertg H, Kok FJ, van Poppel G, Fruits and vegetables increase plasma carotenoids and vitamin C and decrease homocysteine, *humans J*, 130, 2000, 78–83.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Roben FA, Smith F, Colorimetric method for determination of sugar and related substances, *Anal Chem*, 28, 1956, 350-356.
- Sassi K, Abid G, Jemni L, Dridi-Al Mohandes B, Boubaker M, Étude comparative de six variétés de blé dur *Triticum durum Desf.* vis-à-vis du stress hydrique. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 15, 2012, 2160-2163.
- Bradford MM, A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding, *Anal Biochem*, 72, 1976, 248-254.
- Singoleton, Orthofer R, et Lamuela-Raventos R, Analysis of totals phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-ciocalteau reagent , *Methodes of enzymologie*, 299, 1999, 152-178.
- Mansouri A, Embarek G, Kokkalou E, Kefalas P, Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, 89, 2005, 411-420.
- Maisuthisakul P, Suttajit M, Pongsawatmanit R, 2007. Assessment of phenolic content and free radical scavenging capacity of some Thaiindigenous plants. *Food Chem*, 100, 2007, 1409-1418.
- Larid R, Valorisation des sous produits de tomate en vue de leur incorporation dans l'aliment de volaille (cas des poules pondeuses): Technologie Alimentaire. Université Tlemcen, 2012, 7, 13, 15, 23, 73.
- Louati I, Contribution a l'Etude et a La Valorisation des Résidus de Tomate par le Séchage: l'INAT (Institut National Agronomique de Tunisie), 2009, 13, 11, 73, 73, 82.
- Okanlawon SO, Ibrahim MH, Oyebani AO, Effect of predrying treatment on the storage of dried tomato, *Tropical Science*, 42, 2002, 40-42.
- Bezert J, Sistema de pagoporcalidad de tomate. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Curso Internacional de Tomate Industrial, *Viñadel*, 1-3, 1994, 7-10.
- Navarro-Gonzalez I, Garcia-Valverde V, Garcia-Alonso J, Jesus-periago M, Chemical profil, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber, *Foodres*, 04, Spain 2011, 10.
- Georgelis N, Scott JW, Baldwin EA, Inheritance of high sugars from tomato accession PI 270248 and environmental variation between seasons. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131, 2006, 41-45.
- Mehdi GD, Vijayanand, Kulkarnib VG, Ramana KVR, Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder, *LWT*, 40, 2007, 1832–1840.
- Dandjouma KA, Fadi CP, Kouebou A, Kameni C, Tchiegang C, Yezouma H, Desmorieux, Valorisation Des légumes Tropicaux Par Le Séchage: Etude de Quelques Conditions de productions et Conservation de la Tomate Séchée. Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), 2005, 2-6.
- Knoblich M, Anderson B, Latschaw D, Analyses of tomato peel and seed by products and their use as source of carotenoids, *Sci Food Agric*, 85, 2005, 1166-1170.
- Anonyme, La culture de la tomate industrielle. Guide pratique. ITCMI Annaba, 1995, 79-82.
- Monika K, Brandi A, and David L, Analyses of tomato peel and seed by products and their use as a source of carotenoids. *Sci Food Agric* (in press) DOI, 10, 2002, 2091.



26. Zaroni B, Peri C, Nani R, Lavelli V, Oxidative hêt damage of tomato halves as affected by drying, *Food Research International*, 31, 1999, 395–401.
27. Moco S, Capanglu E, Tikunov Y, Bino RJ, Boyacioglu D, Hall D, Vervoort J, De Vos RCH, Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit, *Journal of Experimental Botany*, 2007, 222-225.
28. Toor RK, Savage GP, Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research international*, 38, 2005, 487-494.
29. Stewart AJ, Bozonnet S, Mullen W, Jenkins JI, Lean MEJ, and Crozier A, Occurence of flavonols in tomatoes and tomato-based products, *Journal of agricultural and food chemistry*, 48, 2000, 2663-2669.
30. Cieslik E, Greda A, Adamus W, Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*, 94, 2006, 135-142.
31. Yi Z, Yu Y, Liang Y, Zeng B, *In vitro* antioxidant and antimicrobial activities of the extract of Pericarpium Citri reticulatae of a new Citrus cultivar and its main flavonoids, *LWT*, 41, 2008, 597-603.
32. Bozin B, Mimica-Duric N, Samojlik I, Goran A, Igc R, Phenolics asantioxydants in garlic (*Allium sativum*L), *Food Chemistry*, 111, 2008, 925-929.
33. Kanoun Kh, Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine): Substances naturelles, activités biologiques et synthèse. Université Abou-beker Belkaid Tlemcen 2007, 23-24, 58-63.
34. Benhammou N, Atik-Bekkara F, Kadifkova-Panovska T, Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*, *C. R. Chimie*. 12, 2009, 1259–1266.
35. Ouibrahim A, Evaluation de l'effet antimicrobien et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Laurus nobilis*L., *Ocimum basilicum* L. et *Rosmarinus officinalis*L.) de l'Est Algérien. Université Badji Mokhtar Annaba, 2015, 50-60.
36. Vidales SL, Castro MA, Alzamora SM, The structure-texture relationship of blanched glucose impregnated strawberries. *Food science and technology international*, 4, 1998, 169-178.
37. Alzamora SM, Castro MA, Vidales SL, Nieto AB, Salvatori D, The roll of tissue microstructure in the textural characteristics of minimally processed fruits. In *Minimally processed fruits and vegetables. fundamental aspects and applications*. Publishers Inc. Gaithersburg, MD, USA, 2000, 153-171.

Source of Support: Nil, Conflict of Interest: None.

