

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA

FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

THESE

Présentée Par

BENDAOU Athmane

En vue de l'Obtention du Diplôme De Doctorat LMD (Troisième cycle) en Sciences  
Agronomiques

Option : Hydro-pédologie En Zones Arides

THEME

**Le semis direct sous couvert végétal vivant : comme une  
solution alternative aux systèmes de cultures conventionnels en  
zones arides des steppes algériennes**

**jury :**

**Président :** Mr. BOUMARAF B : MCA (Université Med Khider – Biskra)

**Directeur de thèse :** Mr. MASMOUDI A : Prof (Université Med Khider – Biskra)

**Examineur :** Mr. ABDESSALEM S : Prof (Université de Batna)

Mr. BENAZIZA A : MCA (Université Med Khider – Biskra)

**Année Universitaire 2019/2020**

# Remerciements

---

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force, le courage et la volonté pour arriver au bout de ce travail.

Mes grands remerciements s'adressent en premier lieu à:

- ◆ Professeur MASMOUDI Ali. Mon promoteur et enseignant à l'Université de Biskra, de m'avoir bien encadré tout au long de mon travail, et aussi de son aide, sa gentillesse, ses conseils et de son grand sérieux.
- ◆ Docteur BOUMARAF Belgacem. de l'Université de Biskra, pour l'honneur qu'il nous a fait en présidant le jury de cette thèse ; qu'il veuille bien trouver ici l'assurance de ma profonde gratitude.
- ◆ Professeur ABDESSALEM Salah. De l'université de Batna, pour avoir accepté de faire partie du jury
- ◆ Docteur BENAZIZA Abdelaazize. de l'Université de Biskra, d'avoir accepté d'être parmi les membres du jury,

Je tiens éventuellement à remercier toutes les personnes, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

# Dédicaces

---

Je dédie ce travail à toutes les personnes que j'aime, mais avant tout à ma très chère mère pour tout ce qu'elle a fait pour moi, et qui je ne remercierai jamais assez;

A mon père ;

A ma femme et à ma fille soumia

A tous mes frères et à ma sœur;

A toutes les personnes de ma grande famille, petits et grands ;

A mes amis, que ça soit de fac ou de quartier;

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail ;

## **Résumé :**

Notre travail se concentre à la comparaison de l'effet de Six itinéraires culturales - qui sont : le travail conventionnel (TC), semis direct sur une couverture végétale mortes (SD), le semis direct sous couvert vivant d'une luzerne seul (SCV), le semis direct sous couvert vivant d'une luzerne + Roulage (SCV+R), le semis direct sous couvert vivant d'une luzerne + Herbicide (SCV+H) et le semis direct sous couvert vivant d'une luzerne associé au pâturage (SCV+P) - sur le comportement de la culture d'orge et sur l'évolution des paramètres liés au sol dans une zone steppique, qui est caractérisé par son climat aride et la large pratique de l'association céréaliculture élevage.

Notre essai s'est déroulé dans une ferme privé dans la commune de Khobana wilaya de M'sila qui est une commune steppique par excellence

Les résultats obtenus dans notre travail ont montré que le traitement le plus intéressant à suivre est celui de semis direct sous couvert vivant d'une luzerne associé au pâturage (SCV+P) et cela grâce au bénéfice généré par hectare avec une somme de 170244 Dinar algérien qui est le plus haut par rapport aux autres traitements et aussi grâce au meilleurs résultats enregistré en ce qui le taux le matière organique qui a dépassé les 2,5 % en fin d'expérimentation. Aussi les résultats de ce travail prouvent que le traitement du semis direct sous couvert vivant associé au pâturage (SCV+P) est le traitement le plus adapté à la zone steppique.

**Mots- clés :** Zones steppiques, pâturage, Taux de matière organique, semis direct sous couvert.

## **Abstract:**

Our study focuses on comparing the effects of six different technical itineraries - that are conventional tillage, direct seeding on dead cover (SD), direct seeding on alive cover of Alfalfa alone (SCV), direct seeding on alive cover of Alfalfa + Rolling (SCV + R), direct seeding on alive cover + Herbicide (SCV + H) and direct seeding on alive cover of Alfalfa associated with grazing (SCV + P) - on the behavior of barley crop and on the evolution of soil Parameters, in a steppe region characterized by its dry climate, the brittleness of its soils and the large practice of ranching and cereal.

Our experiment took place in a private farm in the municipality of Khoubana province of M'sila which is a steppe province,.

The results obtained in our work have shown that the most interesting treatment to follow is the direct seeding on alive cover crop of Alfalfa associated with sheep grazing (SCV + P) and that thanks to profit that it generated per hectare with a sum of 170,244 Algerian Dinar and which is the higher compared to other treatments and also to the best rate of organic matter which exceeded 2.5% at the end of the experiment. Also the results of this work prove that the treatment of direct seeding on alive cover crop of Alfalfa associated with sheep grazing (SCV + P) is the most suitable treatment for the steppe zone.

**Keywords:** Direct seeding, arid steppe, barely, alfalfa, grazing, Organic matter rate

## ملخص :

ترتكز هذه الدراسة على مقارنة آثار ست مسارات تقنية مختلفة -وهي الحرث التقليدي، والبذر المباشر في غطاء ميت (SD)، والبذر المباشر في غطاء حي من البرسيم وحده (SCV)، والبذر المباشر في غطاء حي من البرسيم مرفوق بالدعس بالدحل (SCV + R)، والبذر المباشر في غطاء حي من البرسيم + رش بمبيد عشب نوعي (SCV + H) والبذر المباشر في غطاء حي من البرسيم مقرون بالرعي المباشر (SCV + P) - حول سلوك محصول الشعير وتطور خصائص التربة، في منطقة السهوب والتي تتميز بمناخها الجاف والممارسة الواسعة الحبوب وتربية الحيوانات.

تم إجراء التجارب في مزرعة خاصة ببلدية الخبانة بولاية مسيلة، وهي بلدية سهبية بامتياز.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة أن اتباع نمط البذر المباشر تحت غطاء نباتي حي من البرسيم مقرون بالرعي المباشر هو الأمثل وهذا بفضل الربح الناتج عن الهكتار الواحد بمبلغ يقدر ب: 170،244 دينار جزائري وهو الأعلى مقارنة بالمسارات الأخرى وكذلك بفضل النتائج المسجلة فيما يخص نسبة المواد العضوية بالتربة والتي تجاوزت 2.5 % في نهاية التجربة حيث تعد هي الأفضل على الإطلاق. كما اثبت نتائج هذه الدراسة أن مسار البذر المباشر تحت غطاء حي من البرسيم مقرون بالرعي (SCV + P) هو المسار التقني الأنسب لمنطقة السهوب.

**المفاتيح:** البذر المباشر، الشعير، البرسيم، السهوب القاحلة، الرعي، نسبة المواد العضوية.

## Liste de figures

Figure n° 01 : Les reliefs, du nord au sud, de l'Algérie.....	07
Figure n° 02 : Taux de répartition des végétations steppiques par espèces.....	20
Figure n° 03 : Ogre commune ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	57
Figure n° 04 : Les différents organes de <i>Medicago sativa</i> .L (Papleux, 2015).....	63
Figure n° 05 : Variations mensuelles des précipitations (mm).....	70
Figure n° 06 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gousen.....	70
Figure n° 07 : Variations mensuelles de l'humidité relative en (%)......	71
Figure n° 15 : Vue générale de la parcelle d'essai juste avant le semis de l'orge.....	79
Figure n° 16 : Vue générale de la parcelle à la moitié d'expérience.....	79
Figure n° 17 : Vue générale de la parcelle au stade maturité (juste avant récolte).....	80
Figure n° 18 : Le dispositif expérimental.....	81
Figure n° 19 : La luzerne après l'application de l'herbicide sélectif en SCV+H.....	83
Figure n° 20 : Une parcelle de SCV+R après le roulage.....	83
Figure n° 21 : L'association orge-luzerne en SCV.....	84
Figure n° 29 : L'évolution du taux de matière organique pour l'horizon H1.....	89
Figure n° 30 : L'évolution du taux de matière organique pour l'horizon H2.....	81
Figure n° 31 : L'évolution du taux d'azote total dans le sol pour l'horizon H1.....	96
Figure n° 32 : L'évolution du taux d'azote total dans le sol pour l'horizon H2.....	97
Figure n° 33 : L'évolution de l'humidité pondérale pour l'horizon H1.....	100
Figure n° 34 : L'évolution de l'humidité pondérale pour l'horizon H2.....	101
Figure n° 35 : L'évolution de la porosité.....	103
Figure n° 36 : L'évolution de l'Indice d'instabilité.....	105
Figure n° 37 : La densité de peuplement.....	107
Figure n° 38 : La capacité de tallage.....	109
Figure n° 39 : Les hauteurs moyennes des tiges.....	111
Figure n° 40 : Les valeurs moyennes de poids de mille grains.....	113
Figure n° 41 : Les rendements moyens (Qx/ha).....	114
Figure n° 42 : Les bénéfices générés par hectare.....	116

## Liste des tableaux

<b>Tableau n° 01 : Régimes saisonniers de la pluviométrie pour les principales stations de la région steppique exprimés en mm (1971-2001).....</b>	<b>08</b>
<b>Tableau n° 02 : Evolution de la population de la steppe.....</b>	<b>21</b>
<b>Tableau n° 03 : le cheptel national et de la zone steppique exprimé en tête.....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau n° 04 : classification des opérations du travail du sol.....</b>	<b>33</b>
<b>Tableau n° 05 : L'évolution de dans le temps des superficies (en million d'hectares) sous semis direct dans le monde.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau n° 06 : Caractéristiques du sol du site d'essai.....</b>	<b>72</b>
<b>Tableau n° 07 : Caractéristiques de l'herbicide GLIFONET 360.....</b>	<b>75</b>
<b>Tableau n° 08 : Caractéristiques de l'herbicide Dialen® Super.....</b>	<b>75</b>
<b>Tableau n° 09 : Caractéristiques du tracteur FOTON EUROPARD 250.....</b>	<b>75</b>
<b>Tableau n° 10 : Caractéristiques du tracteur Cirta Agrottron 150.....</b>	<b>76</b>
<b>Tableau n° 11 : Caractéristiques de la charrue.....</b>	<b>76</b>
<b>Tableau n° 12 : Caractéristiques du pulvérisateur.....</b>	<b>76</b>
<b>Tableau n° 13 : Caractéristique du rouleau lisse.....</b>	<b>77</b>
<b>Tableau n° 14 : Caractéristiques du pulvérisateur.....</b>	<b>77</b>
<b>Tableau n° 15 : Caractéristiques du semoir.....</b>	<b>77</b>
<b>Tableau n° 16 : Calendrier d'irrigation pendant la période d'essai.....</b>	<b>80</b>
<b>Tableau n° 17 : Classes de stabilité structurale d'après log 10 Is.....</b>	<b>86</b>
<b>Tableau n° 18 : Etablissement de différents résultats économiques.....</b>	<b>87</b>
<b>Tableau n° 19 : L'évolution du taux de matière organique.....</b>	<b>89</b>
<b>Tableau n° 20 : Classement des groupes homogènes en fonction de leurs taux de matières organiques pour l'horizon H1.....</b>	<b>93</b>
<b>Tableau n° 21 : Classement des groupes homogènes en fonction de leurs taux de matières organiques pour l'horizon H2.....</b>	<b>94</b>
<b>Tableau n° 22 : L'évolution du taux d'azote total dans le sol.....</b>	<b>96</b>
<b>Tableau n° 23 : Classement des groupes homogènes en fonction de leurs taux d'azote pour l'horizon H1.....</b>	<b>97</b>
<b>Tableau n° 24 : L'évolution de l'humidité pondéral pendant la période d'essai.....</b>	<b>99</b>
<b>Tableau n° 25 : Classement des groupes homogènes en fonction de l'humidité pour l'horizon H1 .....</b>	<b>102</b>

<b>Tableau n° 26 : Classement des groupes homogènes en fonction de l'humidité pour l'horizon H2.....</b>	<b>102</b>
<b>Tableau n° 27 : L'évolution de la porosité.....</b>	<b>103</b>
<b>Tableau n° 28 : Classement des groupes homogènes en fonction de la porosité .....</b>	<b>104</b>
<b>Tableau n° 29 : L'effet des itinéraires technique sur l'évolution d'Indice d'instabilité.....</b>	<b>105</b>
<b>Tableau n° 30 : Classement des groupes homogènes en fonction d'indice d'instabilité structural .....</b>	<b>106</b>
<b>Tableau n° 31 : La densité de peuplement .....</b>	<b>107</b>
<b>Tableau n° 34 : Classement des groupes homogènes en fonction de leurs densités de peuplement .....</b>	<b>108</b>
<b>Tableau n° 35 : La capacité de tallage.....</b>	<b>109</b>
<b>Tableau n° 36 : Classement des groupes homogènes en matière de leurs capacités de tallages .....</b>	<b>110</b>
<b>Tableau n° 37 : Les hauteurs moyennes des tiges.....</b>	<b>111</b>
<b>Tableau n° 38 : Les valeurs moyennes de poids de mille grains.....</b>	<b>112</b>
<b>Tableau n° 39 : Classement des groupes homogènes en matière de leurs hauteurs moyennes de tiges.....</b>	<b>113</b>
<b>Tableau n° 40 : Les rendements moyens (Qx/ha).....</b>	<b>114</b>
<b>Tableau n° 41 : Classement des groupes homogènes.....</b>	<b>114</b>
<b>Tableau n° 42 : Les différents résultats économiques.....</b>	<b>115</b>
<b>Tableau n° 43 : Classement des groupes homogènes en matière de leurs bénéfiques.....</b>	<b>117</b>

## **Liste des cartes**

<b>Carte n° 01 : L'espace de la steppe algérienne.....</b>	<b>05</b>
<b>Carte n° 02 : Situation des bassins versants en Algérie.....</b>	<b>12</b>
<b>Carte n° 03 : L'occupation agricole et forestière des terres.....</b>	<b>24</b>
<b>Carte n° 04 : Le semis direct dans le monde.....</b>	<b>44</b>
<b>Carte n° 05 : Délimitation du périmètre du Grand Maâdher.....</b>	<b>69</b>

### **Liste des abréviations**

ANAT :	Agence Nationale D'aménagement Du Territoire
APFA :	Accession à La Propriété Foncière Agricole
AFD :	Agence Française de Développement
ANRH :	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
BNEDER:	Bureau National d'études Pour Le Développement Rural
COS :	Soil Organic Carbon
DGE :	Direction Générale de L'environnement
ERS:	Economic Research Service
FAO :	Food and Agriculture Organisation
FG :	Faculté Germinative.
FNRDA :	Fond National De Développement Agricole
HCDS :	Haut-Commissariat Au Développement De La Steppe
INSID :	Institut National Des Sols, De L'irrigation Et Du Drainage
INESG:	Institut National D'études Stratégiques Globales
MADR:	Ministère De L'agriculture Et Du Développement Rural
MAT :	Matière Azoté Totale
MS :	Matière Sèche
PMG :	Poids De Milles Grains.
P.N.D.A :	Plan National De Développement Agricole.
SCV :	Semis Direct Sous Couvert
TCS :	Techniques Culturelles Simplifiés
TSP :	Super Triple Phosphate
UF :	Unité Fourragère
UGB :	Unites Gros Bétail
USA :	United States Of America
USDA :	United States Department Of Agriculture

## Sommaire

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : La Steppe Algérienne.....</b>	<b>04</b>
<i><b>I.1. Présentation de la steppe algérienne .....</b></i>	<i><b>04</b></i>
<i>I.1.2. Le milieu physique.....</i>	<i>05</i>
I.1.2.1. La répartition de la steppe selon les zones et leurs reliefs .....	05
I.1.2.1.1. La bordure sub-steppique.....	05
I.1.2.1.2. La région steppique proprement dite.....	06
I.1.2.1.3. la région steppique présaharienne.....	06
I.1.2.2. Le climat.....	07
I.1.2.2.1. La pluviométrie.....	07
I.1.2.2.2. La température.....	08
I.1.2.2.3. Autres facteurs climatiques.....	09
I.1.2.3. Hydrographie et ressources hydriques.....	09
<i>I.1.2.3.1. Les principaux bassins versants de la steppe.....</i>	<i>10</i>
1- Bassin versant de la Macta (08) .....	10
2- Bassin versant du Cheliff (01) .....	10
3- Bassin versant de Zahrez (17) .....	10
4- Le Hodna (05) .....	11
5- Le bassin des Hauts Plateaux Constantinois (07).....	11
6-Bassin Medjerdah-Mellegue (12).....	12
7- Le bassin du Chott Melrhir (06).....	12
<i>I.1.2.4. Les sols.....</i>	<i>13</i>
1- les sols formés sur le substratum géologique.....	13
2- les sols à accumulation calcaire des glacis et terrasses quaternaires.....	14
3 - les sols des formations alluviales récentes et actuelles.....	14
4 - les sols des dayas (non ou peu salées).....	15
5- les sols des formations éoliennes.....	16
6- les sols gypseux.....	16
6 - Les sols halomorphes (sols salsodiques).....	16
<i>I.1.2.5. La végétation steppique naturelle.....</i>	<i>17</i>

- Les steppes à alfa.....	18
- Les steppes à chamaephytes et graminées diverses .....	18
- Des steppes à halophytes.....	19
<i>I.1.3 Le milieu socio-économique.....</i>	<i>20</i>
I.1.3.1. La population.....	20
I.1.3.2. L'élevage dans la steppe algérienne.....	21
I.1.3.1. L'agriculture dans la steppe.....	24
I.2. Les systèmes de production dans les zones steppiques.....	24
I.2.1. Les systèmes de production.....	24
I.2.1.1. L'élevage extensif (pastoral) .....	24
I.2.1.2. L'agro-élevage (agro-pastoralisme).....	25
I.2.1.3. L'élevage hors parcours.....	25
I.2.2. Evolution des systèmes de production des zones steppiques.....	25
I.2.2.1 Le passage du pastoral nomade à l'agro-pastoral sédentaire.....	25
I.2.2.2. Impact de l'évolution des systèmes de production des zones steppiques.....	26
I.2.3. Les perspectives pour renverser la dégradation de la steppe.....	27
<b>II. Le travail du sol.....</b>	<b>29</b>
<i>II.1 Définition du travail du sol.....</i>	<i>29</i>
II.1.2 Le rôle de travail du sol.....	29
II.1.3 Objectif du travail du sol.....	30
<i>II.2. Les itinéraires techniques.....</i>	<i>32</i>
II.2.1. Diversité des modes de travail du sol.....	32
II.2.2. La technique conventionnelle ou classique.....	34
II.2.2.1. Le labour.....	34
II.2.2.2.La reprise de labour.....	34
II.2.2.3.Les travaux superficiels.....	35
II.2.2.3.Avantage du travail conventionnel.....	35
II.2.2.4. Inconvénient du travail conventionnel.....	36
II.2.3.Technique de travail minimum ou la technique culturale simplifiée.....	38
II.2.3.1.Avantages de travail minimum.....	39
II.2.3.2. Inconvénients du travail minimum : .....	39

II.2.4. Agriculture de conservation.....	40
II.2.4.1. Historique du semis direct.....	42
II.2.4.2. Objectif de semis direct.....	43
II.2.4.3. Les principes fondamentaux du semis direct sur couverture végétale permanente...	44
II.2.4.4. Les différents types de semis direct sur couverture végétal SCV.....	45
II.2.4.5.1. Les intérêts agronomiques du semis direct sur couverture végétale. ....	46
II.2.4.5.2. Impacts environnementaux des SCV.....	50
II.2.4.6. Inconvénients et limites du semis direct sur couverture végétale.....	51

### **III. La culture de l'orge et de la luzerne et les possibilités de l'association des céréales et des légumineuses. .... 53**

<b>III.1. La culture de l'orge.....</b>	<b>53</b>
III.1.1. Généralité sur la culture d'orge : .....	53
III.1.2. Importance et utilisation de l'orge.....	53
III.1.3. Caractères taxonomiques et morphologiques.....	54
III.1.3.1 Caractères et position systématique.....	54
III.1.3.2. Caractères morphologiques de l'orge.....	55
III.1.3.2.1. Système racinaire.....	55
III.1.3.2.2. Système aérien .....	55
III.1.4. Les exigences et la conduite de la culture d'orge .....	56
III.1.4.1. Température .....	56
III.1.4.2. Eau .....	57
III.1.4.3. Sol .....	57
III.1.4.4. Le semis .....	57
III.1.4.5. Fumure .....	58
III.1.4.6. La gestion des mauvaises herbes.....	58
III.1.4.7. La gestion des maladies de l'orge.....	59
III.1.4.7. La récolte de l'orge grain et son stockage.....	59
<b>III.2. La culture de la luzerne.....</b>	<b>60</b>
III.2.1. Généralité .....	60
III.2.2. Caractères botaniques.....	61
III.2.2.1. Position systématique.....	61

III.2.2.3 Morphologie de la plante.....	61
III.2.3. Exigences de <i>Medicago sativa.L</i> .....	62
III.2.3.1. La température.....	62
III.2.3.2. L'eau.....	62
III.2.3.3. Le sol.....	63
III.2.4. Conduite de la culture de luzerne.....	63
III.2.4.1. Préparation du sol.....	63
III.2.4.1. Le semis .....	63
III.2.4.2. Fertilisation en cours de culture.....	64
III.2.4.3. Contrôle des adventices.....	64
III.2.4.4. Protection Phytosanitaire.....	64
III.2.4.5. Récolte du fourrage et pâturage.....	64
III.2.4.6. Conservation des fourrages.....	65
<b>III.3. Associations de céréales et de légumineuses :</b> .....	66
III.3.1. Avantages de l'association de céréales et de légumineuses .....	66

**Chapitre IV : Matériels et méthodes..... 68**

<b>IV.1. Situation géographique et caractéristique pédoclimatique du site expérimental.....</b>	<b>68</b>
IV.1.1. Les données climatiques de la région d'essai.....	69
IV.1.1.1. Les températures.....	69
IV.1.1.2. La pluviométrie.....	69
IV.1.1.3. Données climatiques secondaires .....	71
IV.1.2. Le sol.....	72
IV.1.3. Précédent cultural.....	73
<b>IV.2. Le matériel d'essai.....</b>	<b>73</b>
IV.2.1. Le matériel végétal.....	73
IV.2.1.1. L'orge.....	73
IV.2.1.2. La luzerne .....	74
IV.2.2. Les herbicides.....	75
IV.2.3. Le matériel mécanique.....	75
IV.2.3.1. Matériel de traction.....	75
IV.2.3.2. Matériel de travail du sol.....	76

IV.2.3.2.1. La Charrue.....	76
IV .2.3.2.2. Le pulvériseur.....	76
IV.2.3.2.3. Le rouleau lisse.....	77
IV.2.3.3. Le pulvérisateur .....	77
IV.2.3.4. Le semoir.....	77
<b>IV.3. Protocole expérimentale.....</b>	<b>78</b>
IV.3.1. L'irrigation.....	80
IV.3.2.Le dispositif expérimental .....	81
IV.3.2.1. Les traitements.....	82
<b>IV.4. Détermination des paramètres liés au sol.....</b>	<b>85</b>
IV.4.1. Texture et granulométrie.....	85
IV.4.2. Détermination de la porosité totale.....	85
IV.4.3. L'humidité du sol.....	85
IV.4.4. La stabilité structurale.....	86
IV.4.5. Matière organique.....	86
IV.4.6. L'azote total.....	86
<b>IV.5. Études des paramètres relatifs à la culture.....</b>	<b>87</b>
IV.5.1. Mesure du taux de germination.....	87
IV.5.2. Mesure de la densité de peuplement par mètre carré.....	87
IV.5.3. Capacité de tallage.....	87
IV.5.4. Hauteurs des tiges.....	87
IV.5.5. Mesure du poids de mille grains.....	87
IV.5.6. Rendement de l'orge (rendement machine).....	87
IV.5.7. Rendement de la luzerne.....	88
IV.5.8. La quantité de déchets laissés après chaque l'exploitation de la luzerne.....	88
IV.6. L'analyse économique.....	88
IV.7. L'analyse statistique.....	88

<b>Chapitre V : Résultats et Discussion.....</b>	<b>89</b>
<i>V. 1. Les paramètres liés au sol.....</i>	89
V. 1. 1. L'effet des itinéraires technique sur l'évolution du taux de matière organique.....	89
V.1.2. L'effet des itinéraires techniques sur l'évolution de l'azote total du sol en %.....	96
V.1. 3. L'évolution de l'humidité du sol en %.....	99
V.1.4. L'effet des itinéraires techniques sur l'évolution de la porosité.....	103
V.1.5. L'effet des itinéraires technique sur l'évolution de l'Indice d'instabilité.....	105
<i>V.2. Evaluation de paramètres liés à la culture.....</i>	107
V.2.1. La densité de peuplement.....	107
V.2.2. L'incidence des itinéraires sur la capacité de tallage.....	109
V.2.3. La hauteur des tiges.....	111
V.2.4. Poids de mille grains.....	113
V.2.5. Rendement (Qx/Ha).....	115
<i>V.3. Evaluation de différents résultats économiques.....</i>	116
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>119</b>

## **Introduction générale.**

A l'époque moderne et avec la disponibilité de nouvelles sources d'énergie, de profonds changements sont apparus en agriculture. Il est devenu alors possible de produire de grandes quantités de nourriture ou d'autres denrées agricoles dans une région, pour la consommation dans une autre. Hormis les propres avantages de ce système, celui-ci conduisit à la destruction des écologies locales, à partir du moment où les producteurs concentrèrent leur efforts sur un petit nombre de cultures commercialement intéressantes. Les dommages réels qui ont été causés aux terres productives et à l'environnement au sens large par l'agriculture vorace en énergie, sous la forme d'épuisement des sols, pollution et prolifération de souches d'insectes devenus résistants, ne sont pas exactement connus, mais il y a lieu de penser qu'ils sont considérables, largement répandus, et agissant à long terme (Mollison et Holmgren, 1986).

Aujourd'hui, les agriculteurs du Sud comme ceux du Nord doivent faire face à de graves problèmes de dégradation des sols par érosion hydrique et éolienne dont les conséquences se font sentir bien au-delà des zones de départ. Cette dégradation et la perte des ressources naturelles qu'elle engendre ont des conséquences sociales et économiques très graves : pauvreté, famine, migrations. Chacun a en mémoire le « dust bowl », ce nuage de « poussières » qui a assombri les grandes plaines céréalières américaines dans les années trente. Le travail abusif des sols et la pratique excessive de la monoculture en étaient les principaux responsables (AFD, 2006 et Vian, 2009). Et Depuis le début de l'agriculture basée sur le labour à la charrue, la plupart des sols agricoles ont perdu entre 30 et 75% de leur carbone organique (COS), l'agriculture industrielle accélérant ces pertes (Delgado et al, 2011). L'échec ne s'arrête pas qu'à l'échelle environnementale mais dans certaines régions, au lieu d'augmenter les rendements de culture, les intrants très élevés de l'agriculture intensive ont entraîné une diminution de la production en raison des effets néfastes sur l'environnement du sol (Janzen 2010).

En milieu semi-aride, qui est largement répandue dans les pays Nord-africains dont l'Algérie fait partie, la situation est pire, où les techniques mécanisées de travail du sol ont montré leur limite pour la gestion durable de la ressource sol, que ce soit en matière de maîtrise insuffisante de l'érosion, ou bien en matière de déperdition du stock en matières organiques des sols. En d'autres termes, ces techniques ne sont plus adaptées aux contraintes pédo-climatiques des zones semi-arides. Les techniques mécanisées de travail du sol engendrent l'émiettement excessif, le tassement et la compaction des sols, l'érosion, le ruissellement l'appauvrissement et

le dessèchement des terres qui ne permettent pas un développement agricole durable (Mrabet, 2001 et Zaghouane et al, 2006).

La restructuration de l'agriculture est donc un aspect essentiel de toute tentative pour remédier à la crise de l'environnement à laquelle l'homme se trouve confronté (Mollison et Holmgren, 1986). Un changement de direction d'une agriculture conventionnelle destructive largement utilisatrice de main d'œuvre et la recherche de systèmes de culture alternatifs, sont devenus nécessaires afin de conserver et de restaurer la fertilité des sols agricoles, avec l'objectif à long terme d'une productivité améliorée et une moindre consommation d'énergie.

Face à cette situation grave, de nouvelles approches sont apparues sous différents noms: L'agriculture naturelle, la Permaculture, La Gestion Holistique ( *holistic management* ) et la fameuse Agriculture De Conservation, mais elles visent toutes les mêmes buts qui sont le renversement du processus de dégradation des sols, l'amélioration de la production et la préservation de l'environnement (Fukuoka, 1979, Mollison et Holmgren, 1986, Savory, 1986 et Derpsch, 2010). Parmi ces approches une a été largement testée et utilisée c'est L'agriculture de conservation, impliquant généralement les systèmes de semis direct sur couverture végétale (SCV), et alliant deux grands principes : absence de travail du sol et maintien de la couverture du sol. Parti des États-Unis puis perfectionné au Brésil, ce mouvement s'est ensuite étendu à toute l'Amérique Latine, à l'Australie, à l'Asie puis à l'Europe et enfin à l'Afrique (AFD, 2006).

Dans les zones steppiques algériennes caractérisées par des sols généralement maigres à faible taux en matière organique et où l'application de l'agriculture intensive n'est pas possible sans un apport en eau d'irrigation, du fait de la faiblesse et l'irrégularité des précipitations (Khelil, 1997), une population classée parmi la plus pauvres dans le pays selon le rapport de l'Agence Nationale d'Aménagement du Territoire (ANAT, 2001) et la large pratique de l'association céréaliculture-élevage ( Bencherif, 2011 et Hadbaoui, 2013), quel rôle peut jouer le système de semis direct sur couverture végétale (SCV) ? Peut-il être une solution alternative aux systèmes de cultures conventionnelles qui ont montrés leurs limites dans ces régions ? Et est-ce qu'on peut adapter ces principes aux conditions des zones steppiques arides basées sur les systèmes de productions de céréaliculture avec la non séparable composante de l'élevage ? Ce dernier qui ne doit pas être exclu de n'importe quelle nouvelle approche ou pratique agricole susceptible d'être adressé à ce territoire. Notamment avec la voix qui s'élève dernièrement portant sur le très important rôle des animaux d'élevage pour assurer la

régénération des écosystèmes, que ce soit naturels ou agricoles. Savory (1986), déclare que pour les environnements fragiles notamment en climat aride et semis aride, il n'y a qu'un seul outil pour lutter contre la désertification et assurer la durabilité des ressources naturelles qui est l'intervention directe des animaux herbivores. Aussi, certains auteurs ont montré que la combinaison de la rotation des cultures au pâturage direct des bétails améliore sensiblement le fonctionnement et la fertilité du sol (Delgado et al. 2011).

### **L'objectif :**

L'objectif général de ce travail, est de tester - dans le contexte steppique et à travers une étude comparative entre le travail conventionnel avec labour et plusieurs autres traitements - la possibilité technique et l'intérêt économique de cultiver une céréale d'hiver sans aucun travail mécanique du sol, en la semant directement sur une couverture morte d'une végétation spontanée (le cas du semis direct sous couvert mort SD) ou sur une couverture vivante d'une légumineuse fourragère qui est une luzerne combinée ou non au pâturage ( le semis direct sous couvert vivant seul SCV, le semis direct sous couvert vivant + Roulage SCV+R, le semis direct sous couvert vivant+ Herbicide SCV+H et le semis direct sous couvert vivant associé au pâturage SCV+P). Et cela en évaluant l'effet de chaque traitement sur l'évolution des paramètres liés au sol qui sont le taux de la matière organique, le taux d'azote total, l'humidité, la porosité et l'indice d'instabilité et les paramètres liés à la culture qui sont le rendement de grains par hectare, le coefficient de tallage, le poids de mille grains et la densité de peuplement. Aussi les différents résultats économiques.

# **Première partie : la synthèse Bibliographique**

---

## Chapitre I : La steppe algérienne.

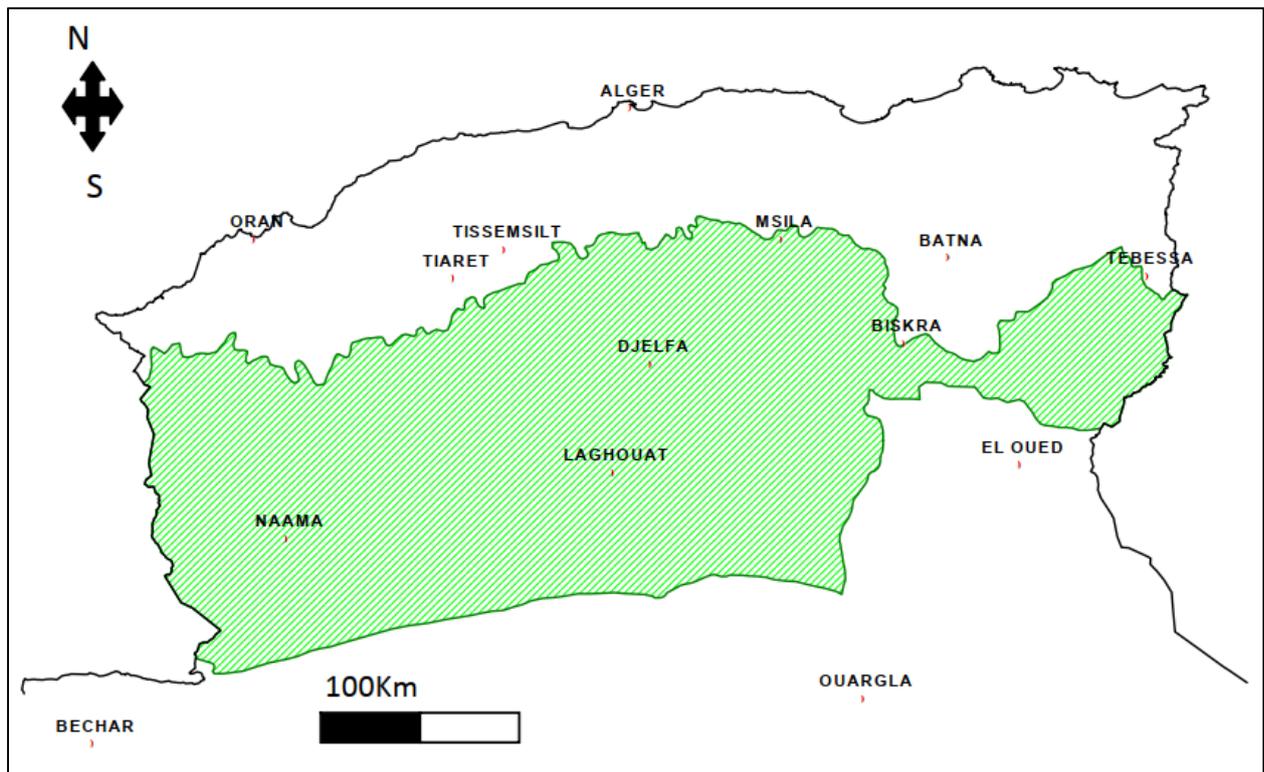
### I.1. Présentation de la steppe algérienne.

Le terme de « steppe » semble avoir été utilisé pour la première fois par les auteurs russes : « les steppes, en tant que type de végétation, comprennent les associations d'herbacées vivaces microthermiques et xérophiles (résistantes au froid et à la sécheresse), parmi lesquelles les Graminées cespiteuses tiennent la première place" ( Kaabache, 1991). Selon cet auteur, les steppes se répartissent en divers types, des « vraies steppes » aux « steppes-prairies » en passant par les « steppes désertiques » et les « steppes semisavanes ».

En Afrique du Nord, le terme de steppe est, adopté pour qualifier, du point de vue physionomique, la végétation naturelle des milieux arides. Cette appellation est souvent complétée par le nom de l'espèce dominante : celle-ci tantôt graminéenne (steppe à *Stipa tenacissima*, steppe à *Lygeum spartum*), tantôt chaméphytique (steppe à *Artemisia herba-alba*) parfois également par une référence aux conditions climatiques et édaphiques locales (steppe aride ou saharienne, steppe psammophile à *Aristida pungens* colonisant les substrats sableux, ou steppe halophile à *Salsolaceae* colonisant les sols à forte teneur en divers sels) (Kaabache et al).

La steppe algérienne, limitée au nord par l'Atlas tellien et au sud par l'Atlas saharien (au sud Est, elle est limitée par une zone présaharienne), s'étend sur une longueur d'environ 1000 km de la frontière tunisienne à la frontière marocaine, et sur une largeur irrégulière allant de 300 km à l'ouest à 150 km à l'est (voir carte n° 01). Son altitude varie de 400 à 1200 m, d'où l'appellation de Hauts plateaux que l'on donne aussi à cette région. Elle occupe 20 millions d'hectares sur un total de 42 millions d'hectares de steppe pour l'ensemble du Maghreb (Bencherif, 2011).

D'une façon globale, la steppe présente un aspect dominant caractérisé par de grands espaces pastoraux à relief plat et à altitude élevée supérieure à 600 m, divisés par des lits des oueds parsemés de dépressions plus ou moins vastes et de quelques masses des chaînes montagneuses isolées. La steppe englobe douze wilaya : Biskra, Khenchela, El Bayadh, Djelfa, Naâma, Tiaret, Tébessa, Laghouat, Saïda, M'silla, Souk-Ahras et Batna (Hadbaoui, 2013).



Source : Nedjraoui et Bedrani, 2008.

**Carte n° 01 : L'espace de la steppe algérienne.**

## **I.1.2. Le milieu physique**

### **I.1.2.1. La répartition de la steppe selon les zones et leurs reliefs**

Ils représentent 9% de la superficie du territoire. Ils sont larges à l'Ouest et étroits à l'Est. Ils se caractérisent aussi par la présence de lacs salins et peu profonds, connus sous le nom de Chott, dont les plus importants sont le Chott El Hodna, le Chott Est et le Chott Ouest (DGE, 2001).

Selon les travaux de Khelil (1997) et de BNDER (2012) les grands espaces qui peuvent être différenciés en sous-ensembles régionaux bien distincts sont :

#### **I.1.2.1.1. La bordure sub-steppique située en entre les isohyètes 300 et 400 mm :**

Elle s'étend sur la bordure des reliefs montagneux des versants sud de l'Atlas tellien, représentés par les Monts du Hodna et de l'Aurès et sur les hautes plaines constantinoises et oranaises. Les hautes plaines constantinoises sont à caractère agro-pastoral, tandis que les massif des Aurès et les monts de Hodna sont à caractère sylvo-pastoral.

#### **I.1.2.1.2. La région steppique proprement dite.**

Elle est située entre les isohyètes 200 et 300 mm et qui comprend :

➤ **Dans l'Ouest** (Chott Ech Chergui), l'altitude des Hautes-Plaines est voisine de 1 000 mètres. Elle descend progressivement vers l'Est : 800 à 700 mètres aux Zahrez (Chergui et Rharbi) (Drouhin, 1960).

#### ➤ **Au centre**

Les Hautes Plaines intérieures « Hauts-Plateaux », situées entre la chaîne tellienne et la chaîne atlasique, représentées par :

- La plaine du Hodna, dont une partie occupée par le Chott Hodna.
- Les hautes plaines steppiques couvrant la partie ouest de la wilaya de M'sila,
- Les hautes plaines steppiques couvrant la partie nord de la wilaya de Djelfa (Ain Oussara, Hassi Bahbah, etc.)
- le Nord des wilayas de Laghouat et d'El Bayadh. Ces hautes plaines sont occupées par des parcours steppiques semi-arides avec quelques masses de nappes alfatières et d'agriculture marginale sur épandage de crues des oueds. Les piémonts et les montagnes de l'Atlas Saharien (monts des Ouled Naïl, Djebel Amour, monts des Ksours) sont caractérisés par des parcours ainsi que des forêts.

#### ➤ **A l'Est.**

Les hautes plaines steppiques de Khenchla et Tébessa, sont nettement séparées des hautes plaines de centre par le massif des Aurès.

#### **I.1.2.1.3. la région steppique présaharienne**

Les Hautes-Plaines s'infléchissent vers le Sud-Est, à la faveur d'une quasi-interruption (Monts du Zab) de la chaîne de l'Atlas Saharien, en continuant à s'abaisser en direction des chotts du bas Sahara (Melghir et Merouane) où l'on mesure des altitudes de 30 et 40 mètres au-dessous du niveau de la mer (Drouhin, 1960).

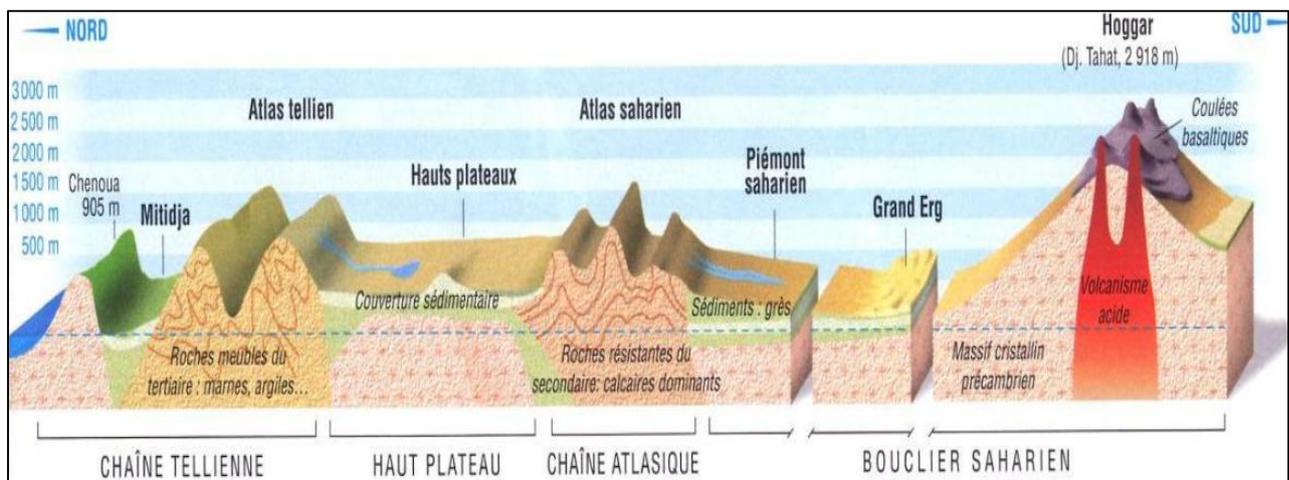
Cette région est située entre des isohyètes **100** et **200 mm** et elle est dominée par des parcours de type saharien et des vallées alluviales. Elle comprend :

➤ **Au centre.**

Les piémonts sud de l'Atlas Saharien, la cuvette du Hodna, le plateau saharien du sud des wilayas de Djelfa et de Laghouat.

➤ **A l'Est**

L'extrémité Est de l'Atlas Saharien, monts du M'zab et des Nememchas, le plateau saharien de sud des wilayas de Tébessa et Biskra.



Source : BNEDER , 2012

**Figure 01 : Les reliefs, du nord au sud, de l'Algérie.**

**I.1.2.2. Le climat**

Le climat est de type continental semi-aride à aride (BNEDER, 2012), qui se caractérise par une faible pluviométrie (100 à 450 mm par an) et de fortes amplitudes thermiques et d'une saison estivale sèche et chaude alterne avec une saison hivernale pluvieuse et fraîche, sinon froide (Benchrif, 2011).

**I.1.2.2.1. La pluviométrie**

La pluviométrie est non seulement faible mais irrégulière. Elle présente des variations spatio-temporelles très importantes et les précipitations tombent souvent sous forme de pluies violentes (averses) (Benchrif, 2011).

Selon Khelil (1997), les précipitations subissent une baisse vers l'Ouest (Ain Sefra) par suite de la présence du grand Atlas marocain, elles augmentent progressivement vers le centre (El Bayadh, Aflou, Djelfa) puis diminuent vers Boussaâda et M'sila dominées

par l'influence de l'enclave saharien du Hodna. Elles diminuent encore plus vers le piémont sud de l'Atlas Saharien (Laghouat) décroissent rapidement dès que l'on s'éloigne de la flexure sud atlasique vers le Sud. Les massifs montagneuses dont les monts des Ouled Naïl et Djebel Amour sont relativement plus arrosées, ils sont les plus favorisés avec des précipitations dépassent 400 mm/an et où les crêtes reçoivent jusqu'à 600 mm/an.

**Tableau 01 : Régimes saisonniers de la pluviométrie pour les principales stations de la région steppeique exprimés en mm (1971-2001)**

Stations	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Mécheria	66.5	56.6	81.2	27.3
Ain Sefra	46.1	34.5	57.1	17.2
Saida	95	109.5	96.8	24.8
El Bayadh	68.8	71	84.1	35.5
Laghouat	49	30.4	48.7	15.6
Djelfa	91.9	94	97	77.3
Ain Ousera	55.17	45.08	68.53	24.09
Ksar- Chellala	56.3	48.6	78	33.5
Bou- Saada	52.5	31.7	52.6	25.9
M'sila	61.4	48.6	59.9	16.4
Biskra	41.8	35.2	36.1	12.4
Tébessa	104.5	77.4	113.9	64.8

Source : BNEDER, 2006

#### I.1.2.2.2. La température

le climat de la steppe est aussi marqué par des variations de température importantes, celles-ci dépassent les 40 °C en été et descendent en dessous de 0°C, et provoque des gelées en hiver, ralentissant la croissance et même détruisant la végétation surtout des plantes annuelles (Benchrif, 2011). D'après Hadbaoui (2013), Les gelées de la saison froide inhibent la poussée de la végétation, ce qui amène les éleveurs à se déplacer vers les parcours sahariens à température plus chaude (Azzaba). Les températures très élevées de la saison estivale inhibent également le développement de la végétation, ce qui amène les éleveurs cette fois à se déplacer vers le Nord pour gagner les plateaux céréaliers (Achaba).

### **I.1.2.2.3. Autres facteurs climatiques**

- Le sirocco qui est une contrainte climatique importante en été (canicule).
- Les vents dominants de direction Ouest et Nord-ouest sont souvent suivis d'orages.
- Les gelées qui sont considérés parmi les facteurs climatiques les plus contraignants de ces zones.
- La neige qui tombe sur les régions de haute altitude (monts des Ouled Naïl).

### **I.1.2.3. Hydrographie et ressources hydriques**

Dans les régions steppiennes les ressources hydriques sont généralement faibles, peu renouvelables et inégalement réparties. Les ressources hydriques sont constituées par :

- Les eaux superficielles : selon Benyagoub (2009) les zones steppiennes algériennes reçoivent chaque année environ de 28 milliard de  $m^3$  de précipitations dont 06 milliard de  $m^3$  représentent la partie ruisselée, et une faible partie équivalente à 2% mobilisée par des ouvrages, l'essentiel des apports disparaît par évaporation et infiltration.

- Les eaux souterraines dont le potentiel est évalué à 1,4 milliard de  $m^3$  et qui constitue la seule ressource fiable, utilisée pour les besoins humains, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation des cultures. Cette ressource est d'une part peu étudiée, hormis sur les périmètres et des ressources en eaux souterraines relativement abondantes dans les zones de dépressions.

La plupart des oueds de la steppe sont irréguliers, secs en été avec toutefois des crues violentes le plus souvent en début et à la fin de l'hiver, et parfois en été. Ces crues causent beaucoup des problèmes d'érosion des terres et aussi de perte non négligeable de nombre de têtes des animaux qui pâture. La plupart des oueds de la steppe ne poursuivent jamais leurs cours jusqu'à la mer et se perdent dans les grandes dépressions et chotts (Hadbaoui 2013).

### **I.1.2.3.1. Les principaux bassins versants de la steppe**

#### **1- Bassin versant de la Macta (08)**

Appartenant à un ensemble géographique assez homogène, le bassin de la Macta s'étend sur une superficie de 14389 km<sup>2</sup>, et est composé de 16 sous bassins versants. Il est limité au Nord-Ouest par les chaînes montagneuses du Tessala, au Sud par les Hauts plateaux de Maalif, à l'Ouest par les plateaux de Télagh et à l'Est par les monts de Saida. Tel qu'il se présente, de par son réseau hydrographique très dense à l'amont et allongé en aval, le bassin, situé dans le versant des hautes plaines oranaises, peut être classé parmi les régions semi-arides. Les crêtes montagneuses se relayent du Sud-Ouest au Nord-Est, pouvant atteindre localement les 1700 m d'altitude. Les cotes maximales, formant les limites du bassin au Sud, constituent un véritable seuil naturel climatique séparant ainsi deux régimes pluviométriques opposés : Continental Saharien, pour les flancs Sud et Méditerranéen humides, pour les flancs Nord.

#### **2- Bassin versant du Cheliff (01)**

Situé au Nord-Ouest de l'Algérie du Nord, le bassin versant du Cheliff s'étend sur une superficie de 43 816.41 km<sup>2</sup>, en longitude entre 0°12'' ouest et 3°87'' Est et en latitude entre 33°91'' Nord et 36°58'' Sud. Dans le centre à l'amont du barrage Oued Fodda. Le bassin versant du Cheliff est drainé par l'Oued le plus important de l'Algérie sur une longueur de 750 km, qui coule d'Est en Ouest depuis le barrage de Boughezoul jusqu'à la mer et il comprend trois sous bassins versants (Cheliff Aval de Boughezoul, Haut et moyen Cheliff et Cheliff Amont de Boughezoul), juste sa partie sud qui rentre dans l'espace steppique.

#### **3- Bassin versant de Zahrez (17)**

Il s'étale sur une superficie d'environ 9147 km<sup>2</sup> ; il abrite plusieurs zones endoréiques, notamment Zahrez Gharbi (52.500 ha) et Zahrez Chergui (50.985 ha).

##### **A. Chott Zahrez Gharbi**

Le chott et Sebkhia de Zahrez Gharbi sont une vaste dépression endoréique qui fait partie d'un système plus étendu composé des grands chotts des hautes plaines steppiques algériennes, là où convergent les eaux provenant de l'Atlas Saharien au Sud et l'Atlas Tellien au Nord. Le Chott se situe à une latitude de 34°58' Nord et une longitude de 2°44' Est, dans la wilaya de

Djelfa. Les eaux des chotts proviennent de plusieurs affluents, Oued Mellah, Oued Zoubia et Oued Hadja.

### **B. Chott Zahrez Chergui**

C'est une vaste dépression endoréique, il se situe à une latitude de 35°15' Nord et une longitude de 3°30' Est. Il se localise dans la frange méridionale des hautes plaines steppiques Algériennes à 50 km au Nord-Est du chef-lieu de la Wilaya de Djelfa, à 11 km au Sud de la Commune de Hassi El Euch et à 25 km au Sud de la Commune de Had Sahary. Il couvre une superficie de 50985 hectares avec une altitude maximale de 840 m. Le chott et sabkhats de Zahrez Chergui sont alimentés par les eaux provenant de l'Oued Medjedel et Dayet Tesselouine.

### **4- Le Hodna (05)**

Il couvre une superficie de 25 843 km<sup>2</sup>. Le bassin versant du Hodna est un bassin endoréique sous forme d'une vaste dépression allongée Est-Ouest. Le chevelu hydrographique est moins dense, il est représenté par plusieurs petits oueds qui prennent leur naissance des monts du Hodna, situés au Nord. Les oueds qui existent dans toute la région sont des oueds temporaires et il n'y a écoulement superficiel que pendant les fortes et rares chutes de pluies.

Ces oueds trouvent leurs exutoires dans le Chott El Hodna. Ce dernier est une vaste dépression endoréique salée avec une superficie de 362.000 ha.

Cette zone humide chevauchant deux wilaya, M'sila sur 1000 km<sup>2</sup> et Batna sur 100 km<sup>2</sup>, est située au Sud-Est de l'Algérie entre 35°18' et 35° 32' de latitude et entre 4°15' et 5°06' de longitude. Elle atteint une altitude maximale de 400 m. Le Chott el Hodna est considéré parmi les zones humides représentatives au niveau de la Méditerranée, du point de vue superficie et bassin versant. Ce dernier se situe à l'extrême Est des Hauts Plateaux, orienté ONO-ESE, et s'étend sur 220 km de long et 90 km de large. L'alimentation du Chott El Hodna est assurée par au moins 22 cours d'eau principaux, à cela se rajoute des ressources d'eau douce. Le chott se met en eau uniquement en hiver ; en été il se trouve à sec et couvert par des croûtes de sel.

### **5- Le bassin des Hauts Plateaux Constantinois (07)**

Il couvre une superficie de 9615 Km<sup>2</sup>. Les principales activités agricoles sont de types céréales, fourrages et cultures maraîchères

Ce bassin versant se caractérise par la présence de plusieurs zones endoréiques (Chott el Beïda, Chott el Faraine, Sebket el Hamiet, Sebket Ez Zemoul, Garaet el Marhsel, Garaet Ank Djemel, Garaet Guellif, Garaet et Tarf,...etc.).

### 6-Bassin Medjerdah-Mellegue (12)

Situé aux confins Algéro-Tunisiens, d'une superficie de 7942 km<sup>2</sup> (partie Algérienne), le bassin Medjerdah-Mellegue est limité au Nord par le bassin des Côtiers Constantinois et à l'Est par la Tunisie, à l'Ouest par les bassins de la Seybouse et des Hauts Plateaux Constantinois et au Sud par le bassin du Sahara. Le bassin versant de la Medjerdah est constitué de deux grands cours d'eau, l'oued Mellegue au Sud et l'oued Medjerda au Nord, dont la confluence s'effectue en territoire tunisien.

### 7- Le bassin du Chott Melrhir (06)

L'aire totale du bassin du Chott Melrhir atteint 68 750 km<sup>2</sup>. L'ensemble de la surface drainée par l'oued Djedi (26 800 km<sup>2</sup>), bassin dont l'artère maîtresse dépasse les 500 km (Dubief, 1953).



Source: ANRH, 2001 in BNDER, 2012

Carte n° 02 : Situation des bassins versants en Algérie.

#### **I.1.2.4. Les sols**

Pouget (1980), note une grande diversité des sols de la région steppique : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols calcimagnésiques, sols isohumiques, sols à sesquioxydes de fer et sols halomorphes. Selon le même auteur Les grands ensembles lithologiques et géomorphologiques servent de cadre pour la présentation des principaux types de sols. Sont les suivants :

##### **1- les sols formés sur le substratum géologique**

Ces sols se sont formés et évoluent directement sur le substratum géologique (roche en place) et non sur des dépôts secondaires (alluvions, colluvions, dépôts éoliens). La présence des deux grandes catégories de roches carbonatées, roches calcaires dures et roches calcaires tendres, se traduit donc par deux grands types de milieux :

##### **A - Sur roches calcaires compactes et dures :**

On distingue deux grands ensembles de sols en fonction de la nature de la roche :

- Sur calcaires durs plus ou moins dolomitiques les sols sont généralement de texture moyenne à fine (résidus argileux insolubles), peu épais, discontinus car localisés dans les poches et les diaclases de la roche (les sols fersiallitiques, les rendzines et les sols calcimagnésiques xériques).

- Sur grès siliceux faiblement calcaires, l'abondance de quartz résiduels, libérés par l'altération, contribue à la formation d'un sol de texture plus grossière, très perméable, mais toujours discontinu entre les roches (les sols bruns calciques, les sols bruns calcaires et les sols calcimagnésiques xériques).

##### **B - Sur les roches calcaires tendres :**

- Sur marno-calcaires, assurant la transition entre les calcaires durs et les marnes, les marno-calcaires regroupent donc un ensemble de roches variées : calcaires tendres, calcaires gréseux, grès marneux, parfois même des marnes, etc.

Ils sont presque toujours intercalés avec des strates de calcaires durs, plus ou moins importantes, mais souvent déterminantes sur le modelé et l'évolution des sols (protection contre l'érosion).

- Sur marnes : En raison d'une très grande diversité pétrographique: texture, nature minéralogique des argiles, teneur en calcaire, sels et gypse, etc..., il apparaît difficile de vouloir caractériser un ensemble aussi hétérogène. Néanmoins, plusieurs types de sols soulignent la spécificité de ces roches calcaires tendre.

## **2- les sols à accumulation calcaire des glacis et terrasses quaternaires :**

L'importance et la morphologie de l'accumulation calcaire conduit à différencier trois catégories de sols très typiques des régions steppiques arides :

**a - Les siérozems à amas et nodules calcaires :** Sur les surfaces relativement récentes, Quaternaire moyen à récent, les siérozems à amas et nodules calcaires occupent une place assez importante: cônes et glacis de piédmont, glacis de raccordement et surface polygénique sur les argiles sableuses rouges du Tertiaire continental, glacis à matériau alluvial (Soltanien), terrasses anciennes (Soltano-Rharbien), chenaux d'oueds alluvionnés, et même certaines zones d'épandage.

### **b – Les siozozems à encroûtement calcaire :**

L'accumulation calcaire plus importante se manifeste par la présence d'un encroûtement presque toujours surmonté d'un horizon à amas et nodules calcaires. Habituellement sur les glacis du Quaternaire moyen, voire récent, les sols à encroûtement calcaire s'observent aussi sur les terrasses anciennes et les chenaux d'oueds alluvionnés.

### **c - Les sols à croûte calcaire :**

En règle générale, les croûtes sont d'autant plus épaisses et consolidées qu'elles se trouvent sur des surfaces plus anciennes et en zones plus arides. D'autres facteurs, comme la nature du matériau et la situation topographique, contribuent à une grande diversité morphologique. La définition d'un profil-type s'avère difficile d'autant que la terminologie utilisée pour décrire les horizons d'accumulation calcaire prête souvent à confusion. Le terme de "sol à croûte calcaire" utilisé ici englobe les "sols à encroûtement feuilleté" (c'est-à-dire croûte) et les "sols à dalle compacte" (dalle et croûte).

## **3 - les sols des formations alluviales récentes et actuelles.**

Occupant des superficies restreintes, ils n'en présentent pas moins une grande importance (cultures de céréales) et une relative diversité en relation avec :

- l'âge des dépôts alluviaux.
- la situation géomorphologique (terrasses, zones d'épandage, chenaux d'oued alluvionnés).
- la texture des alluvions dans lesquelles s'intercalent souvent des dépôts éoliens sableux.
- la présence de sels et de gypse, etc.

Deux ensembles principaux se différencient assez nettement en fonction du degré d'évolution pédologique : les siérozems et les sols peu évolués d'apport alluvial nettement moins riches en matière organique et moins bien structurés.

**a – Les siérozems modaux :**

Sous steppe ou cultures, les siérozems sont des sols profonds, de texture variable (grossière à moyenne, parfois fine) et assez bien structurés. Outre un bon enracinement on observe le plus souvent une accumulation calcaire diffuse, parfois quelques amas.

**b- les sols peu évolués d'apport alluvial**, sont généralement cultivés ; ils correspondent aux alluvions déposées très récemment, après la reprise d'érosion ayant succédé aux dernières grandes périodes humides (Soltano-Rhacbien).

**4 - les sols des dayas (non ou peu salées)**

Les dépressions de type dayas offrent une gamme très diversifiée de sols, généralement profonds et évolués, ayant en commun :

- une texture relativement homogène pour chaque profil, moyenne à très fine.
- une structure instable en surface avec un horizon finement lamellaire de quelques millimètres à quelques centimètres et une croûte de battance.
- une perméabilité d'ensemble faible ne permettant qu'une percolation lente à travers le profil, favorisant ainsi une stagnation plus ou moins prolongée de l'eau et son évaporation en surface.
- une faible teneur en calcaire (<~ 10-20 %); le sol est parfois complètement décarbonaté.

## 5- les sols des formations éoliennes

La texture très grossière à grossière (sable siliceux très peu calcaire) sur pratiquement l'ensemble du profil demeure la caractéristique majeure de ces sols. On distingue trois ensembles dans le sens d'une évolution croissante :

**a – Les sols minéraux bruts d'apport éolien.** Il s'agit bien entendu des dunes et micro dunes de sable mobile, très peu fixées par la végétation. La teneur en éléments fins (argile et limons fins) est toujours très faible ( $A + LF < 5\%$ ).

**b- Les sols peu évolués d'apport éolien se caractérisent par une végétation,** plus ou moins dense, parfois dégradée, qui a permis une certaine évolution : la coloration de l'horizon de surface indique la présence de matière organique. La texture est grossière,  $A + LF$  compris entre 5 et 10% environ, pour un taux de calcaire toujours faible ( $< 2\%$ ).

**c - Les siérozerns modaux sur sables siliceux :** Se localisent en particulier sur les sables jaunes-rougeâtres du Quaternaire récent dans le Bassin des Zahrez et Bassin Hodna. Sur ce matériau sableux profond, l'évolution pédologique se manifeste très nettement avec un horizon A brun rouge coloré par la matière organique. Malgré la texture toujours grossière, on observe un début de structuration, structure polyédrique subanguleuse moyenne à fine très fragile, avec un chevelu racinaire dense. Le profil calcaire reste très peu différencié dans la mesure où la roche-mère elle-même est très peu calcaire, 1 à 2% en moyenne.

En profondeur, la présence parfois d'un encroûtement gypseux, lié à une nappe phréatique, devient un facteur important du point de vue édaphique.

## 6 - les sols gypseux.

Il s'agit essentiellement des sols calcimagnésiques à encroûtement gypseux de surface, très classiques dans les zones arides et nord-africaines.

## 7 - Les sols halomorphes (sols salsodiques).

Les sols halomorphes s'observent fréquemment dans les Hautes-Plaines et même, localement, dans l'Atlas Saharien: terrasses, zones d'épandage, dépressions à nappe phréatique salée, etc.

Ils correspondent à la classe des sols salsodiques avec comme caractéristiques :

- une conductivité supérieure à 7 mmhos-cm sur l'ensemble du profil pendant une partie de l'année provoquant une modification importante de la végétation.

- la présence de sodium échangeable ( $Na/T > 10-15 \%$ ) et surtout l'apparition d'une structure massive et diffuse lorsque le sol est humide.

on peut distinguer trois ensembles principaux pour les sols halomorphes des steppes :

- Les solonchaks à complexe calcimagnésique (Ca-Mg), de texture généralement grossière, le plus souvent gypseux à très gypseux (encroûtement), possédant le caractère salé; c'est-à-dire qu'ils se caractérisent par la présence de sels solubles en quantité au moins assez forte (conductivité  $>7-8\text{mmhos}\sim\text{cm}$ ).

- Les solonchaks à complexe sodique (Na-Mg), de texture moyenne à très fine, faiblement gypseux possèdent le caractère salé et le caractère sodique, c'est-à-dire une quantité plus ou moins importante de sodium fixé sur le complexe absorbant sans pour autant que la structure soit dégradée ou que le pH devienne très élevé.

-Les sols à structure dégradée (sols à alcali), de texture fine à très fine, non gypseux possèdent le caractère salé (peu à moyennement salé), le caractère sodique et surtout le caractère à alcali avec pour résultat une dégradation de la structure qui devient massive. En l'absence de sels de la série alcaline (carbonate de sodium par exemple) et pour un-pH encore peu élevé « 9) la dégradation de l'état structural est essentiellement due ici à une salure faible, accentuée par l'absence de gypse.

#### **I.1.2.4. La végétation steppique naturelle.**

A l'exception des massifs montagneux, où prédominent des formations essentiellement arborées et/ou arbustives à base de pin d'Alep et de genévrier de Phoenicie, sous diverses dénominations (forêt claire, forêt clairsemée, maquis, garrigue, matorral), l'essentiel du paysage végétal du territoire est constitué par des formations steppiques.

Les steppes algériennes sont dominées par quatre grands types de formations végétales naturelles :

### 1- Les steppes à alfa (*Stipa tenacissima*)

Couvrent une superficie de 4 millions d'hectares présentent une forte amplitude écologique (Hadbaoui, 2013), avec une physionomie relativement homogène est marquée par la dominance de cette espèce aussi bien sur les versants des djebels que sur les glacis encroûtés (Pouget, 1980). On les retrouve en effet dans les bioclimats semi arides à hiver frais et froid, et dans l'étage aride supérieur à hiver froid. La production de l'alfa peut atteindre 10 tonnes MS/ha mais la partie verte qui est la partie exploitable a une production de 1000 à 1 500 kg MS/ha (Aidoud et Nedjraoui, 1992 cité par Hadbaoui, 2013)

Les parcours (faciès à dominance d'Alfa) ont généralement une bonne valeur fourragère grâce à la présence de nombreuses espèces annuelles, favorisées par l'existence d'un microclimat créé par les touffes d'Alfa, ainsi qu'aux épis formés au printemps par cette plante, qui a une bonne valeur fourragère (0,60 UF/Kg.MS). Sans les épis "boss" et sans les plantes annuelles, les parcours à dominance d'Alfa sont considérés comme médiocres, car les feuilles de cette plante riches en cellulose ont une valeur énergétique faible (0,25 à 0,35 UF/Kg. MS) (Benchrif, 2011).

Les steppes à alfa apparaissent comme les formations les moins dégradées avant un passage éventuel à une steppe secondaire à chamaephytes ou à sparte (*Lygeum spartum*J.) (Pouget, 1980)

**2- Les steppes à chamaephytes et graminées diverses :** selon Pouget (1980), peuvent se distinguer par les espèces physionomiquement dominantes, on a :

**A- Les steppes à chamaephytes présentent ainsi une grande diversité avec:** principalement les steppes à "Chih", l'armoise blanche (*Artemisia hepba-alba*) : qui recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. Ce type de steppe s'étale sur les zones d'épandage dans les dépressions (Nedjraoui, 2002), très appréciés par les moutons et recherchés par les bergers, surtout en automne où ils produisent beaucoup de biomasse verte. La particularité de l'armoise blanche, est qu'elle donne son arôme à la viande des moutons (Bencherif, 2011).

La production annuelle consommable est de 500 kg MS/ha, soit une productivité pastorale moyenne de 150 à 200 UF/ha. L'armoise ayant une valeur fourragère moyenne de 0,65 UF/kg MS, les steppes à armoise blanche sont souvent considérées comme les meilleurs

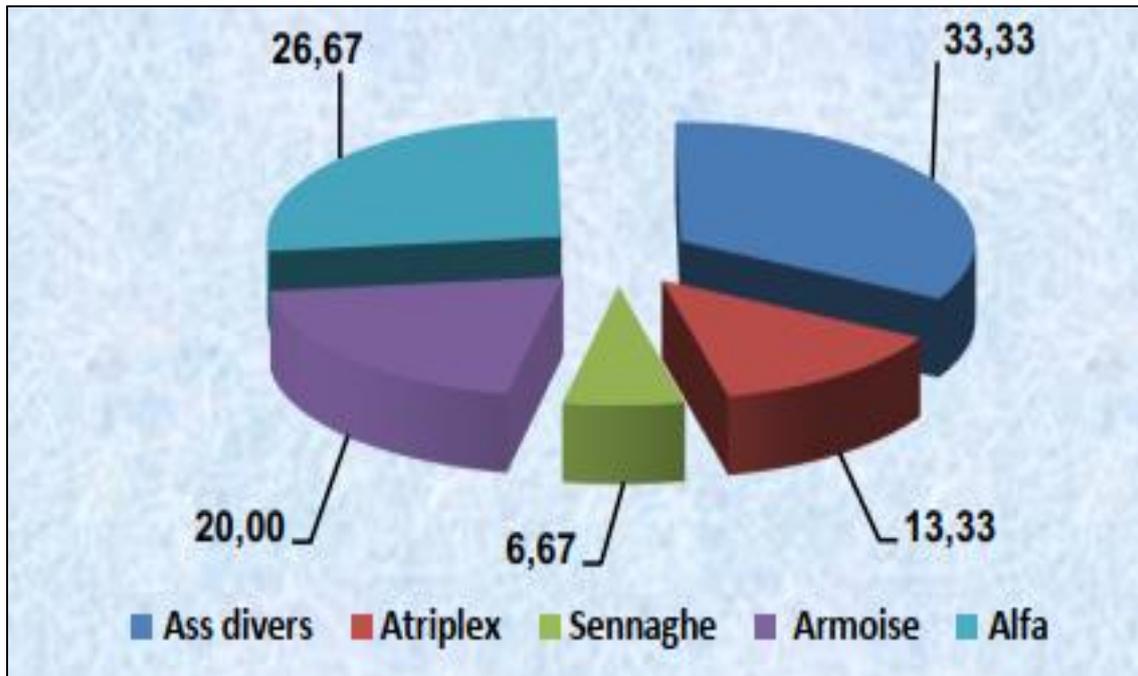
parcours utilisés pendant toute l'année et en particulier en mauvaises saisons, en été et en hiver où elle constitue des réserves importantes (Nedjraoui, 2002). Les autres types de steppe de groupe chaaephtye sont : les steppes à "Zef-Zef" (*Helianthemum hiptum* ssp *puficomum*), les stppes à "Remt" (*Apthmphytum ecopar-ium*), les steppes dégradées à "Chouprouk" (*Noaea mucponata*J ou "Sarr" (*Atpactylis seppatuloides*) et les steppes, généralement post-culturelles à "Dgouft", l'armoise champêtre (*Aptemisia campestpis*) (Pouget, 1980).

### **B- les steppes graminéennes sont moins diversifiées :**

Les steppes à "Sennag" le sparte (*Lygeum spaptum*) : occupent 2 millions d'hectares, rarement homogènes. Ces formations sont soumises à des bioclimats arides supérieurs et moyens à hivers froids et frais. L'espèce *Lygeum spartum* ne présente qu'un faible intérêt pastoral (0,3 à 0,4 UF/kg MS). Les steppes à sparte sont peu productives avec une production moyenne,annuelle variant de 300 à 500 kg MS/ha, mais elles constituent cependant des parcours,d'assez bonne qualité (Nedjaroui, 2002). L'autre type de ce groupe et les steppes à "Drinn" (*Apistida pungens*) qui est constituée d'espèces qui poussent sur les sols sableux, et qui peuvent jouer un rôle de fixation des dunes (Benchrif, 2011).

### **3- Des steppes à halophytes :**

Ce sont des formations particulières des dépressions salées parmi les espèces qu'on y rencontre, signalons les *Atriplex* (*Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*), le Tamarix (*Tamarix galica*) (Benchrif, 2011).



Source: Hicher, 2001

Figure n° 02 : Taux de répartition des végétations steppiennes par espèces.

### I.1.3 Le milieu socio-économique

#### I.1.3.1. La population

Avec un nombre d'habitants qui dépasse les 7 millions, la steppe abrite environ 20 % de la population totale du pays (HCDS, 2015), dont 2,5 millions sont éleveurs et agropasteurs (Hadbaoui, 2013). Cette population qui se caractérise par un taux de croissance très élevé a été multipliée par 2.5 entre 1966 et 1998. « Le rapport nécessaire qui existait donc, d'une part entre la démographie de la steppe et son économie s'est trouvé perturbé puisque d'autre part, exportant certains progrès médicaux, la civilisation européenne n'a pas fourni simultanément les techniques économiques nécessaires au maintien de l'égalité indispensable entre les ressources disponibles et les besoins de la société traditionnelle » (Montchaussé, 1972 cité par Bncherif, 2011).

Il est évident que de par son mode de vie, sa dispersion sur les vastes étendues de la steppe, cette population est confrontée de manière accrue aux problèmes de santé, d'éducation, d'accès aux divers services et vit d'une façon générale en marge des bienfaits du progrès social (Hadbaoui, 2013).

**Tableau n° 02 : Evolution de la population de la steppe.**

<b>Dates</b>	<b>Population</b>		
	<b>Totale</b>	<b>Urbaine</b>	<b>Rurale</b>
<b>1966</b>			
<b>1977</b>	2 817 339	-	-
<b>1987</b>	3 843 090	13 165 484	2 546 542
<b>1998</b>	5 390 549	2 66 024	2 724 525
<b>1998</b>	7 225 408	4 216 866	3 008 542
<b>2020*</b>	11 700 000	65 %	35 %

Source : INESG (2004). \* les valeurs de 2020 sont que des prévisions

### **I.1.3.2. L'élevage dans la steppe algérienne**

L'élevage pastoral est une activité ancienne qui s'inscrit dans un contexte économique d'actualité. Il a une fonction sociale et économique en maintenant une activité, des emplois et des revenus dans des régions difficiles et en contribuant à des productions de qualité (viande, laine, peaux) (Bencherif, 2011).

L'effectif du cheptel présentant dans la steppe s'élève à 10 804 261 de têtes. En premier lieu les ovins avec 9 413 342 têtes, soit 87 % du cheptel, et en dernier lieu les camelins avec 22 065 têtes, soit 0,2% (MADR, 2006). Le tableau n° 03 nous montre la répartition des effectifs des principaux animaux de la zone steppique.

En zones steppique la dominance est du cheptel ovins où l'élevage de ce dernier constitue pour la majorité de la population la principale source de revenu (Hadbaoui, 2013).

Il faut cependant remarquer que le système d'élevage purement pastorale où le mode nomadisme basé sur les deux mouvements d'été vers le Tell (Achaba) et d'hiver vers le Sahara (Azzaba) domine, à céder la place à un nouveau système d'élevage agropastoral qui combine des cultures et des élevages. En effet, les grandes transhumances qui permettaient par le passé une utilisation rationnelle des ressources naturelles tendent à régresser et ne concerne que 5% de la population steppique le reste étant devenu semi-sédentaire et ne se déplace plus que sur des rayons restreints (Khaldoun, 1997 et Bencherif 2011).

**Tableau n° 03 : le cheptel national et de la zone steppique exprimé en tête.**

Espèce Effectifs	Ovin	Caprin	Bovin	Camelin	Equin	Total
Effectif national	19 615 730	3 754 590	1 607 890	286 670	238 870	25 503 750
Effectif de la steppe	9 413 342	1 162 375	171 237	22 065	35 242	10 804 261
Pourcentage de la steppe	48%	31%	10.6%	7.7%	14.8%	42.4%

Source : MADR (2006).

### I.1.3.1. Agriculture dans la steppe :

Auparavant lorsque le nomadisme était le principale mode de vie dans la steppe et compte tenu des conditions du milieu (climat de type semi-aride, sols pauvres) les terres de cultures était très limitées (terrasses alluviales, zones d'épandage et dayas), constituées céréales en sec (essentiellement de l'orge) avec des faibles rendements (Becherif, 2012) :

Une première extension de la céréaliculture a marqué, au début de siècle précédent, l'installation de fermes de colonisation sur le Plateau où La pluviosité relativement favorable (P > 350-400 mm) permet des cultures de céréales même sans apport d'eaux de ruissellement sur ces vastes plaines généralement encroûtées. Très rapidement, les cultures vont s'étendre vers le Sud, entraînant le défrichement de milliers d'hectares de sols à croûte calcaire (steppe à armoise blanche), mais la pluviosité insuffisante ne permet ici que des rendements très faibles et aléatoires, à tel point que les cultures sont parfois abandonnées ou avec des jachères très longues dans l'attente de l'année favorable (groupements à *Papaver hybridum*, à *Stipa retorta*, etc)( Pouget, 1980).

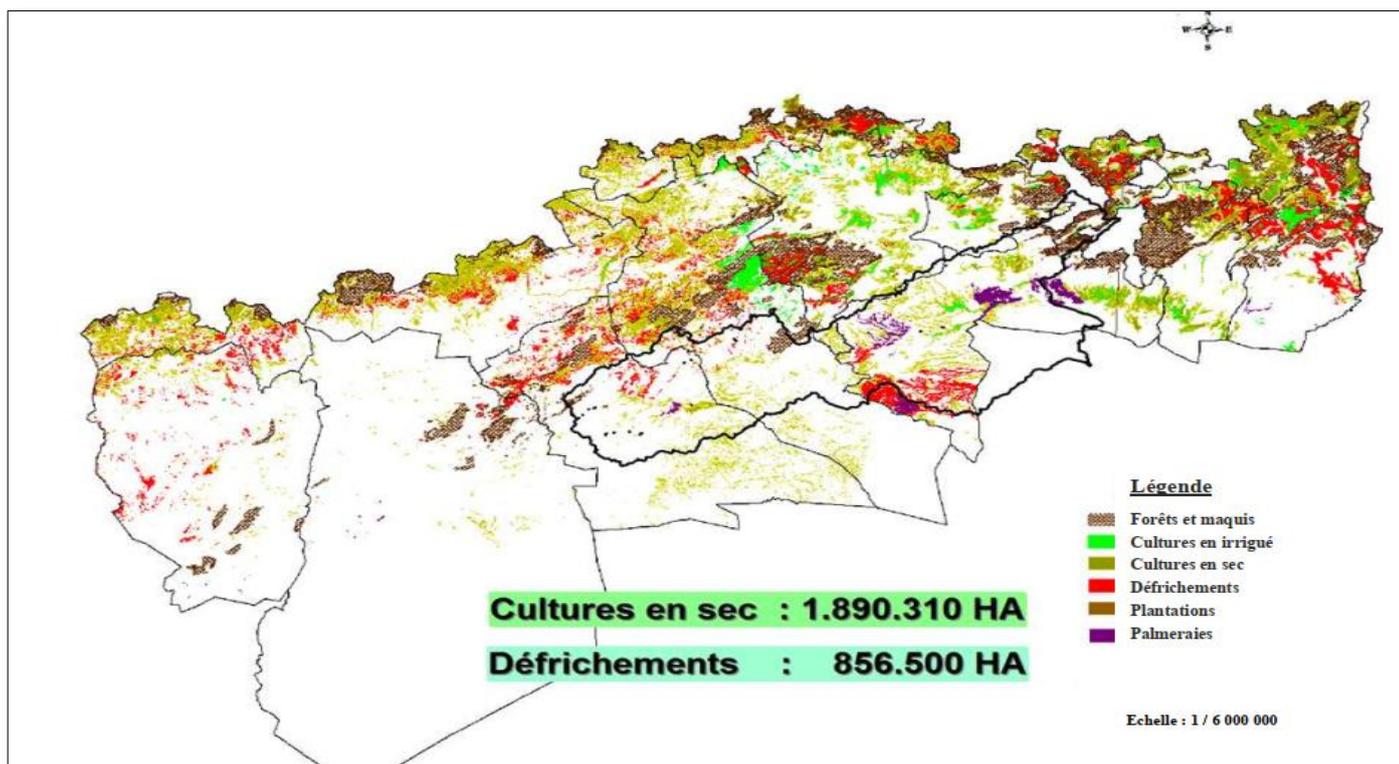
Plus récemment et plus généralisée, une seconde extension de la céréaliculture marque l'arrivée des tracteurs dans la steppe. On constate un accroissement considérable des surfaces emblavées sur des sols variés de texture grossière ; sols à croûte calcaire, siérozems, sols peu évolués, etc (Pouget, 1980). En 1968, la production céréalière de la steppe est estimée à 4,35 millions de quintaux et 1,1 million d'hectares ont été cultivés. En 1992, un rapport du Ministère de l'agriculture fait état de 2,1 millions d'hectares labourés et cultivés soit 10% de la steppe. Les faibles rendements obtenus à partir de la culture céréalière steppique (3 à 5 qx.ha) sont loin de compenser la dégradation des sols induite (Nedjraoui et Badrani, 2002).

Dans les dernières décennies et en résultat des actions volontaristes de soutien à la production agricole conduite par les pouvoirs publics : loi sur l'APFA (accession à la propriété foncière agricole des années 1980) et des divers programmes d'appui au développement agricoles (PNDA/FNRDA, Renouveau rural et agricole, Concessions agricoles, Programme Hauts Plateaux, etc.), il y'a une augmentation remarquable de SAU, prenant l'exemple de trois wilaya steppique qui sont : M'sila, Djelfa et Lagouat :

- La SAU totale a presque doublé en 15 ans, elle est passée de 386 760 ha en 1985 à 728 889 ha en 2010, soit une augmentation de 342 129 ha.

- Les surfaces irriguées ont connu un essor considérable. Elles sont passées de 36 175 ha en 2000 à 92 330 en 2010, soit une augmentation de 56 155 ha. Globalement les programmes de mise en valeur des terres se sont traduits par des effets positifs, mais aussi négatifs (BNEDER, 2012).

D'après Bencherif (2011) les terres cultivées dans la steppe occupent environ 2,7 millions d'hectares : dont 1,9 millions d'hectares sont localisées principalement dans les zones d'épandage de crue et dans les lits d'oueds sur des sols profonds, approvisionnés régulièrement en éléments fertilisants (limons) et en eau et ayant une bonne capacité de stockage en eau. Outre la céréaliculture, ils peuvent aussi être propices à l'arboriculture et à l'horticulture (culture vivrières) ; et dont 0,8 millions d'hectares se trouvent sur des terres de parcours beaucoup moins convenables aux cultures (voir carte n° 02).



Source : HCDS, 2001.

Carte n° 02 : L'occupation agricole et forestière des terres.

## I.2. Les systèmes de production dans les zones steppiques

### I.2.1. Les systèmes de production

Selon le MADR (2008), trois grands types de systèmes de production sont pratiqués : l'élevage extensif, l'agro-élevage et l'élevage hors-parcours.

#### I.2.1.1. L'élevage extensif (pastoral)

L'élevage pastoral est une activité ancienne qui s'inscrit dans un contexte économique d'actualité. Il a une fonction sociale et économique en maintenant une activité, des emplois et des revenus dans des régions difficiles et en contribuant à des productions de qualité (viande, laine, peaux...). De plus en plus de scientifiques, politologues et économistes s'accordent à dire que l'élevage mobile est le mieux adapté aux conditions écologiques des zones arides et semi-arides. Il demeure le plus compétitif économiquement car il permet une production maximale au moindre coût (peu d'intrants), mais il implique un investissement humain considérable dans des conditions de vie très difficiles (Bencherif, 2011).

Ce type d'élevage fait appel quasi-exclusivement aux parcours naturels pour satisfaire les besoins nutritifs du troupeau, ce qui suppose des déplacements dont l'amplitude est fonction des moyens dont dispose l'éleveur (à pied ou à l'aide des camions). Ce système autrefois généralisé ne concerne actuellement que 55% des éleveurs, suite à la paupérisation et à une tendance accrue à la sédentarisation (Hdabaoui, 2013).

#### **I.2.1.2. L'agro-élevage (agro-pastoralisme).**

Qui associent l'élevage à la céréaliculture (principalement l'orge) épisodique, sont concentrés dans les zones où la sédentarisation est importante. Les résidus de culture, paille et chaume représentent la minorité des apports alimentaires d'UF en complétant les parcours (Kanoun, 1997). La pratique a été encouragée d'une part par l'utilisation de moyens mécaniques (tracteur, cover-crop) et par les difficultés à faire respecter l'interdiction de pratiquer ces labours en dehors de certaines zones favorables. Les conséquences sont évidentes : éradication des espèces ligneuses et exposition des sols à l'érosion hydrique et éolienne connaissant la fragilité des sols.

#### **I.2.1.3. L'élevage hors parcours**

Ce type d'élevage concerne les petits éleveurs sédentaires qui font pâturer leurs troupeaux dans un rayon de 2 à 5 Km autour de leur résidence, dégradant inexorablement le couvert végétal à force de pacage répété. Conséquence : les besoins du troupeau doivent être couverts à environ 60% par des apports extérieurs étant coûteux, ce type d'élevage connaît une tendance à la baisse.

Autre type d'élevage hors parcours, il s'agit de celui pratiqué par les maquignons pour les animaux destinés à la vente et qui fait appel quasi exclusivement aux aliments concentrés.

### **I.2.2. Evolution des systèmes de production des zones steppiques**

Medjras (2006) a noté des mutations profondes qui ont bouleversé le milieu steppique et la société pastorale durant ces dernières années. Ces mutations se caractérisent par :

#### **I.2.2.1 Le passage du pastoral nomade à l'agro-pastoral sédentaire :**

En remontant dans le passé, on trouve que le système de production était essentiellement pastoral avec un élevage extensif, et les éleveurs étaient à leur totalité des nomades et des transhumants. Avec le temps, les éleveurs ont sensiblement changé leurs systèmes de

production où la complémentation est devenue une pratique courante, ce qui a provoqué le développement de la céréaliculture et l'appropriation illégale des terres de parcours, ce qui favorise l'apparition du système agro-pastoral.

Actuellement, on assiste à la disparition des systèmes d'élevage extensifs et l'émergence d'autres systèmes ayant tendance à l'intensification, et le système agro-pastoral a pris la place du système pastoral.

### **I.2.2.2. Impact de l'évolution des systèmes de production des zones steppiques**

La mutation des systèmes de production se manifeste par la tendance des éleveurs à la sédentarisation et l'extension des superficies cultivées dont la conséquence est la dégradation des parcours. Medjras (2006) a souligné certains impacts qu'on peut résumer ainsi :

**1- Sédentarisation et exploitation quasi- quotidienne des parcours :** le processus de sédentarisation apparu depuis quelques années, a bouleversé profondément le mode de vie des éleveurs et l'organisation de la gestion des parcours. Ainsi, ce processus est considéré comme cause principale de la dégradation des parcours ce qui provoque l'abandon des grands déplacements et le cheptel pâture toute l'année sur les parcours avoisinants.

**2- Recours à la supplémentation et à la mise en culture des parcours :** du fait que l'offre fourragère des parcours est loin de couvrir les besoins du cheptel, la complémentation est devenue une alternative systématique pour maintenir l'élevage dans les parcours steppiques.

**3- Appropriation illégale des parcours et rétrécissement des couloirs de transhumance :** avec l'augmentation de la population steppique et du cheptel, le fonctionnement de la société pastorale et le mode de gestion des parcours a changé. L'augmentation de la charge pastorale et l'absence d'une loi sur les modalités d'exploitation des parcours ont pour conséquence la concurrence pour l'appropriation des parcours ainsi que l'extension de la céréaliculture ayant rendu les déplacements difficiles sur les itinéraires traditionnels de transhumance.

### **I.2.3. Les perspectives pour renverser la dégradation de la steppe**

Comme on a vu précédemment, depuis plusieurs décennies les ressources naturelles de l'espace steppique (sol, eau, végétation,...) ont subis de sévères dégradations dues aux effets combinés d'une pression humaine et animale croissante et d'une sécheresse aggravante sur ces écosystèmes (Nedjimi et Homida, 2006).

Ces dégradations sont accentuées par le contexte d'affaiblissement de la gestion traditionnelle des territoires provoquées par les changements socio-économiques et politiques, qui ont connu l'abandon du système du nomadisme basé essentiellement sur une utilisation flexible des parcours avec des déplacements d'amplitudes variables et l'apparition du nouveau système de l'agropastoralisme avec ces deux caractères principaux, le premier une population d'éleveurs sédentaires exploitant le même parcours tout au long de l'année en lui limitant ces possibilités de récupérations. Le deuxième caractère est la mise en place d'un type d'agriculture destructive qui ne convient pas aux conditions difficiles et à la fragilité de la steppe. Malgré les efforts considérables consentis par l'Etat dans les zones pastorales et agropastorales, la situation reste préoccupante et la concrétisation des objectifs est toujours confrontée à d'importantes contraintes notamment écologiques et socio-économiques (Nedjimi et Homida, 2006).

Face à cette situation actuelle de la steppe, le changement des pratiques d'exploitation des ressources naturelles est devenu indispensable, et cela peut être envisageable avec l'adoption des nouveaux systèmes respectueux, tel que l'agriculture de conservation et le système de gestion holistique de pâturage. Ce dernier développé par le biologiste Alan Savory et inspiré des mouvements de grands troupeaux sauvages d'herbivores qui migrent tout le temps poussés par les prédateurs dans les terrains de parcours naturels. Ces troupeaux pâturent, défèquent, piétinent et salivent et se déplacent, construisant du sol et des profondes racines des plantes. Savory suppose que les bétails en pâturage (bovins, caprins, ovins, camelins) peuvent servir de substituts aux ruminants sauvages, à condition que leur gestion imite le «pâturage naturel» des herbivores sauvages (Savory Institute, 2015).

D'après Savory Institute (2015), les grands principes de la gestion holistique du pâturage sont :

**1- Organisez le cheptel dans le moins nombre de troupeaux possible – un seul est le meilleur :**

Un seul troupeau offre le meilleur ratio de récupération de pâturage à plante (périodes de pâturage plus courtes et périodes de récupération plus longues). Chaque troupeau supplémentaire réduit le temps de croissance accordé aux plantes et réduit donc la productivité des plantes et du bétail. Lorsque les animaux sont concentrés dans un seul grand troupeau, la plupart des endroits de l'unité de pâturage n'auront du bétail que 10% du temps.

**2- Planifiez les temps de récupération des plantes avant de planifier les temps de pâturage :**

Tout d'abord, l'accent est mis sur la planification des périodes de récupération plutôt que sur les périodes de pâturage. C'est l'une des raisons pour lesquelles un plan est requis- les périodes de récupération ne s'affichent que lorsqu'elles sont tracées sur un plan. Deuxièmement, et surtout pendant les mois critiques pour le bétail, les mouvements sont tracés à rebours. Les gestionnaires réservent certaines zones aux animaux à des moments cruciaux, tels que le vêlage, puis indiquent sur le graphique d'où proviendront les animaux pour s'y rendre, et ainsi de suite, à l'envers.

**3- Densité maximale pour un temps minimum :**

Les animaux qui restent groupés en un seul troupeau sont plus efficaces pour ébrécher la surface du sol avec leurs sabots et piétiner le matériel végétal pour couvrir le sol afin que l'air et l'eau puissent pénétrer et que de nouvelles plantes puissent se développer. Les animaux éparés ont moins d'impact sur la surface du sol avec leurs sabots et créeront moins de litière pour couvrir la surface du sol. Si les animaux - groupés ou dispersés - sont laissés trop longtemps dans un même lieu, ou s'ils y sont rendus trop tôt, ils surpasseront les plantes et compacteront et pulvériseront les sols.

**4- Le surpâturage est lié au moment où les animaux sont présents, plutôt qu'au nombre d'animaux présents :**

Le surpâturage se produit généralement à trois moments différents :

- Lorsque les plantes sont exposées aux animaux pendant trop de jours et que les animaux sont là pour les faire paître à nouveau alors qu'ils essaient de repousser.
- Lorsque les animaux s'éloignent mais reviennent trop tôt et broutent à nouveau les plantes pendant qu'elles utilisent encore l'énergie stockée pour reformer les feuilles.
- Immédiatement après la dormance lorsque les plantes font pousser de nouvelles feuilles à partir d'énergie stockée.

## Chapitre II : Le travail du sol

Le sol fait partie de la biosphère, dynamique et vivant, il est le résultat d'une évolution lente au cours de laquelle le climat, le relief et les organismes ont participé à le façonner en altérant la roche mère et en la faisant interagir avec la matière vivante. Il est un mélange complexe de fragments de roches de granulométries variées, d'organismes et d'humus (ensemble complexe de résidus de matière organique partiellement décomposée et transformée) (Soltner, 1992). Ce sol défini ci-dessus doit être préparé et travaillé avant toute exploitation.

### II.1 Définition du travail du sol

Le travail du sol est une pratique ancestrale, dont un des buts premiers est de créer un environnement favorable à la germination des graines et au développement des racines (Köller, 2003).

Le premier outil permettant d'enfouir et de recouvrir les graines est apparu il y a environ 10 000 ans dans la civilisation sumérienne, puis fut progressivement perfectionné au cours des siècles jusqu'à l'apparition de la première "charrue romaine" décrite par Virgile aux alentours de l'an 1. La "charrue moderne" fut dessinée aux Etats-Unis par Thomas Jefferson en 1784 et brevetée par Charles Newfold en 1796. Son utilisation s'est ensuite largement répandue et devint rapidement un des symboles de l'agriculture moderne (VIAN, 2009).

#### II.1.2 Le rôle de travail du sol

Au sein de l'itinéraire technique, le travail du sol joue un rôle central car il modifie l'ensemble des états du sol (au travers de ses composantes physique ; organique, chimique et biologique), impactant à la fois la production végétale et les processus impliqués dans le transfert des composés vers l'hydrosphère ou l'atmosphère. Les décisions concernant le choix des outils, les dates d'interventions ont donc une importance considérable dans le raisonnement de l'itinéraire et dans la conception de modes de cultures minimisant leur impact environnemental (Roger-Estrade et al, 2014).

Le travail du sol a une action directe sur la structure du sol (par fragmentation et tassement) la localisation de la matière organique et des éléments minéraux, ainsi que celle de grains d'adventices et certains pathogènes. De nombreux processus en dépendent : lit de semences (et donc qualité d'implantation de la culture), enracinement et fonctionnement racinaire ; avec des conséquences significatives sur la production végétale, le stockage et

l'infiltration ou ruissèlement de l'eau, cycle biochimique du carbone et des autres éléments minéraux (azote, phosphore ; soufre...) et l'ensemble des xénobiotiques, composition et activité des communautés vivantes (Laurent et Richard, 2014).

Considéré comme l'ensemble des opérations mécaniques fragmentant le sol, le travail du sol tient une place à part dans les systèmes de culture. Comparé aux autres techniques agricoles, son impact sur les caractéristiques des sols cultivés est en effet bien plus global (Roger-Estrade et al, 2014). Ainsi les opérations de travail du sol permettent de reconstruire un système qui nous permet d'obtenir un état structural final du sol favorable à la mise en place des cultures et à leurs développements racinaire (Amara, 2007). Cet état final de la structure du sol est la résultante des actions mécaniques exercées par les outils (fragmentation et déplacement) et les tracteurs (tassement) qui la modifient rapidement, et parfois très fortement. Or, celle-ci affecte un grand nombre de processus qui se déroulent dans le sol (circulation de l'eau et de l'air, intensité et nature des réactions biogéochimiques, conditions dans lesquelles s'activent la faune et la flore du sol, croissance et développement des adventices...). Ainsi les caractéristiques organiques, chimiques, biologiques, hydriques des couches superficielles sont affectées indirectement, via la structure, par le travail du sol et le roulage des engins. A cet impact indirect s'ajoute les impacts directs sur ces mêmes composantes de l'état du sol cultivé (Roger-Estrade et al, 2014).

### **II.1.3 Objectif du travail du sol**

Pour assurer la production, quatre grandes fonctions agronomiques doivent être assurées (Husson et al, 2012) :

- \* la structuration du sol ;
- \* l'alimentation régulière des plantes en eau et en éléments nutritifs ;
- \* le contrôle des adventices ;
- \* le contrôle des bio-agresseurs.

Dans les systèmes de cultures où on vise un rendement aussi proche que possible de maximum permis par la photosynthèse, le développement de l'usage des intrants de synthèse. le principal rôle du travail du sol est de corriger les états structuraux juger défavorable, pour

améliorer l'efficacité d'utilisation des intrants (eau, éléments minéraux) et les conditions de germination et de levée de cultures (Roger-Estrade et *al*, 2014).

Les actions du travail du sol visent donc, avec ou sans l'appoint des agents climatiques, à ameublir la couche arable et à préparer un lit de semences favorable. Cette action désigne les opérations mécaniques qui permettent à l'agriculteur d'atteindre les objectifs suivants (Feddal, 2011 et EPLEFPA des LANDES, 2016) :

1- La création ou le maintien d'un état structural favorable à :

- La germination des semences (contact graine/terre)
- La levée des plantules (pas de croûte de battance, pas de grosses mottes)
- l'installation et au fonctionnement du système racinaire des végétaux (pas d'obstacles en profondeur grâce à l'ameublissement de la couche arable)
- → Amélioration du stockage et de la circulation de l'eau, de l'air et de la chaleur par la correction de l'excès de porosité.

2- L'enfouissement des résidus de récolte, des amendements, des engrais, de certains pesticides.

3- La destruction de la végétation adventice et des repousses culturales.

Ce qui est sûr ; c'est que ces opérations doivent être conduites de manière à éviter toute complication au cours de l'évolution de notre culture, ainsi à éviter l'érosion : sens du travail des parcelles, époque de travail et l'humidité du sol (Cedra, 1993). Nous signalons d'après le même auteur que tous ces objectifs ne peuvent être atteints que si les propriétés physico-mécaniques de la parcelle en question sont parfaitement connues et que les conditions de travail soient optimales. Le choix de l'outil ainsi que ces réglages suivant toutes ces données restent très importants.

Certaines caractéristiques du sol, en tant que matériau anisotrope, peuvent avoir un rapport étroit avec les opérations de travail du sol. Comme par exemple la présence des différents horizons du sol, les différentes textures, la variabilité structurale et les propriétés chimiques qui influent sur le comportement du sol sous l'action des différents outils aratoires.

## II.2. Les itinéraires techniques

Le choix d'outil, les interventions successives et la décision d'apport de tel ou tel fertilisant ou pesticides, de mis en place d'une culture, sont appelés « itinéraire technique ». Ce dernier donc peut être défini comme la « combinaison logique et ordonnée d'opérations culturales mises en œuvre pour la conduite d'une culture » (Sebillotte, 1974). La combinaison d'opérations de travail du sol, pratiquées à l'aide de divers outils, donne naissance à une multitude d'itinéraires techniques de travail du sol. Ainsi pour le travail du sol le choix de tel ou tel itinéraire conduit à des combinaison entre différents pièces travaillantes (socs, dents, disques etc...), plusieurs parcelles, ces matériels associés en « chaîne d'outils » ou « en train d'outils » peuvent être, ou non couplés au semoir (Adli et Feddal, 2008).

### II.2.1. Diversité des modes de travail du sol

Selon Roger-estade et *all* (2014), trois critères peuvent être utilisés pour classer la diversité de modes de travail du sol :

- 1- Le mode d'effet que l'outil a sur le sol et sur les résidus de culture. Si la fragmentation est systémique, elle ne s'accompagne d'un retournement des horizons que dans le cas du labour avec une charrue. Ceci étant, on peut mélanger les résidus et du sol sans retournement : c'est le cas avec toute la gamme des outils à dents ou à disques animés ou non, employés dans le cadre des techniques culturales sans labour. Enfin, certains outils ne font que fragmenter le sol, en préservant les résidus (le mulch) à la surface.
- 2- Le deuxième critère déterminant en particulier lorsque l'on considère la dépense énergétique liée au travail du sol, est la profondeur de travail. Classiquement, en situation agricole, celle-ci varie de 0 à 30 cm environ, mais peut atteindre 80 cm dans des cas exceptionnels.
- 3- Enfin, il faut ajouter un troisième critère qui est la proportion de surface de la parcelle effectivement travaillée, tout particulièrement depuis le développement d'équipements de type « strip till » ou de semoirs spécialisés pour le semis direct ; pour lesquels le travail du sol est concentré à proximité de la ligne de semis.

Tableau n° 04 : classification des opérations du travail du sol

		Fragmentation + Retournement + Enfouissement	Mélange + Enfouissement		Pas de mélange et un minimum d'enfouissement	
		Fragmentation sans retournement				
<b>Profondeur</b>	Pas de travail	semis : 3 cm, reste: 0 cm				Semis direct (sous couvert)
	Superficiel	3 - 15 cm	Labour très superficiel ( $\leq 15$ cm) Déchaumeur à versoirs	Travail superficiel Dents, disques, chisel, herse, houes, cultivateur, canadien vibroculteurs	Travail superficiel en bandes Strip tillers Rotasemis	
	Profond	15 - 40 cm	Labour +/- profond Charrue à versoirs (+rasette)	Pseudo-labour machines à bêcher, charrue à disques, cultivateurs lourds (chisel), pulvérisateurs lourds (disques), charrue Express		Décompactage lames, dents
	Très profond	40 - 80 cm	Labour très profond, défoncement Charrue « robuste »			Sous-solage dents (+ obus)
		100%	100%	Bandes 30%	100%	Ligne de semis 5%
<b>Zone travaillée (%)</b>						

Fragmentation sans retournement = TCS

Source : Roger-estrate et *all*, 2014

Le travail du sol se trouve au cœur de la tension entre deux visions du statut du sol : pour les uns, facteur de production qu'il est nécessaire de gérer dans la durée, pour les autres ; patrimoine qu'il est indispensable de sauvegarder en l'état (Laurent et Richard, 2014). Cette diversité basés sur l'objectif visé nous permettre de classe les itinéraires en trois grands systèmes (Labreuche et al, 2007) :

- 1- Les systèmes « conventionnels »
- 2- TCS, Travail simplifié, Travail minimum...
- 3- Le concept de travail du sol de conservation

## **II.2.2. La technique conventionnelle ou classique**

Les systèmes conventionnels définissent les itinéraires techniques avec labour. Ils sont parfois appelés « travail du sol intensif » ou « travail du sol conventionnel avec une charrue à versoirs », pour faire référence à l'outil principal de travail du sol (Labreuche et al, 2007). La préparation physique des sols comporte un certain nombre d'opérations classiques : labour, reprise de labour ; hersage et roulage.

### **II.2.2.1. Le labour**

Parmi les différents techniques de travail du sol le labour par l'importance du volume de terre concerné et par l'inversion des horizons qu'il entraîne, est la technique dont l'impact sur toutes ces composantes est probablement le plus important (Laurent et Richard, 2014).

D'après Dalleiene (1974), le labour consiste à découper successivement la de terre à travailler en bandes qui sont retournées plus ou moins complètement, de façon à ce que la partie inférieure soit ramenée à la surface, ameublie et soumis ainsi à l'action des agents atmosphériques et des outils de reprise par la même opération, la végétation de surface est enterrée. Nous considérons que les labours peuvent être compris entre 15 et 40 cm de profondeur, même si le labour traditionnel est réalisé le plus souvent entre 20 et 30 cm, avec une moyenne de 25 cm (Guerif, 1994). La pratique du labour, avec une charrue à versoirs, reste encore aujourd'hui la technique de travail du sol la plus répandue dans le monde (Vian, 2009). Ses objectifs sont de répartir la fumure de fond et les amendements sur toute l'épaisseur de la couche arable, de contrôler les adventices et les repousses, d'enfouir les résidus de récolte, d'assurer un ameublissement de la couche arable et d'améliorer le ressuyage des terres humides ou drainées (Guerif, 1994). Il permet de détruire les cultures intermédiaires. Enfin, en remontant les couches profondes, il permet leur fissuration par le climat et leur fragmentation par les outils de travail superficiel.

A noter que les labours réalisés ne sont pas toujours identiques : profondeur variable, présence ou non de rasette, réglages différents de cette dernière.

### **II.2.2.2. La reprise de labour**

Cette pratique de travail superficiel est spécifique aux itinéraires avec labour. Après le passage de la charrue, en automne ou au printemps, on cherche à émietter le labour avant la préparation du lit de semences. A l'origine, on parlait de reprise de labour pour un passage de

« canadien » (cultivateur léger) destiné à aplanir les labours. Ce passage d'outils permettait d'aérer les sols lourds et d'ameublir les labours pris en masse pendant l'hiver. Aujourd'hui, les labours ne sont pas systématiquement repris, étant pour la plupart relativement couchés et émiettés. La reprise est confondue avec la préparation du lit de semences qui s'effectue en 1 ou 2 passages. Les outils de reprise du sol sont variés. Même si l'on peut utiliser des outils à disques, la reprise du labour est généralement effectuée à l'aide d'outils non animés (cultivateurs lourds ou légers, outils à dents combinés). Les profondeurs de reprise de labour, très variables selon les objectifs recherchés, peuvent aller jusqu'à 15 cm.

### **II.2.2.3. Les travaux superficiels**

Le travail superficiel a ici pour fonction de niveler le sol et de créer un lit de semences favorable à la germination des semences et à la levée de la culture ; en général, la profondeur de travail n'excède pas ici les huit premiers centimètres. Réalisé peu avant le semis ou en combinaison, il peut être complété par un roulage. Il permet aussi d'enfouir les derniers résidus de culture encore en surface ainsi que les engrais de fond (Labreuche et al, 2007).

Ces opérations sont généralement réalisées par des herse, ces derniers sont des outils très simple bien adaptés pour le nivellement (Barthelemy et al, 1992 cité par Kelkouli, 2008). Mais inefficaces pour émietter les sols dur ou semi plastique. Par contre, elles sont très conseillées dans les sols friables. Quel que soit la texture, cela dépend de la teneur en eau du sol au moment de travail (Adli et Feddal, 2008).

En itinéraire avec labour, la préparation du lit de semences vient parfois en complément de la reprise du labour, même s'il s'agit souvent de la même opération. Elle est le plus souvent réalisée avec un outil animé combiné au semoir (l'ensemble herse rotative - semoir), dans l'objectif de réduire les coûts d'implantation (Labreuche et al, 2007).

### **II.2.2.3. Avantage du travail conventionnel**

L'intérêt de la technique classique de travail du sol peut être résumé dans les points suivants :

Dans les sols lourdes et mal structurés ; le labour est considéré comme une méthode d'aménagement de la correction de l'état structurale de ce type de sols (Adli et Feddal, 2008).

Selon Michel V (1989), le labour joue rôle importants dans l'enfouissement des résidus culturaux ; l'incorporation des amendements et des engrais de fonds.

Chopart et Nicou (1989) et Mahdi (2004), dans leurs travaux ont montré que le labour facilite la croissance des racines par la diminution de la résistance du sol à la pénétration des racines, à travers l'amélioration de l'état physique du sol en réduisant sa ténacité. Aussi le labour par l'ameublissement de la terre et la création d'une bonne porosité permet un bon écoulement de l'eau d'une part facilite l'exécution d'autres travaux de préparation du lit de semence d'autre part (Mahdi, 2004 et Amara, 2007).

De point de vue économique cette pratique a permis d'augmenter la productivité des cultures grâce notamment à son action de contrôle sur le développement des adventices et de fragmentation de la structure du sol (Vian, 2009).

#### **II.2.2.4. Inconvénient du travail conventionnel**

Depuis, les résultats de nombreuses recherches sous différentes zones climatiques dans le monde ont révélé des problèmes communs aux sols labourés :

La dilution de l'humus. Lorsque le labour s'est approfondi à un niveau tel que la matière organique ne peut plus se transformer en humus à l'intérieur des profonds sillons. En effet, la lignine, qui est la substance produisant le plus d'humus, n'est attaquée que par les champignons, or ceux-ci sont tous aérobies. Enfouie en profondeur, la paille ne peut plus s'humifère et se minéraliser ce qui provoque une perte grave du taux de la matière organique (Bourguignon et Bourguignon, 2008). Aussi Les matières organiques enfouies se décomposent mal, et peuvent provoquer des fermentations toxiques. C'est en surface que toute matière organique doit être évoluée (Soltner, 1998).

En général, le labour ne laisse que très peu de résidus visibles en surface. L'USDA considère donc que le labour n'est pas une opération qui permet la conservation des sols (Labreuche et al, 2007). Le travail du sol en enfouissant en profondeur la couche humifère et bactérienne, et ramenant en surface la terre profonde dépourvue d'humus, expose le sol nu à l'agressivité des pluies, ce qui provoque une destruction des agrégats du sol, une obstruction des pores du sol et une diminution brutale de l'infiltration de l'eau par conséquent ruissellement et érosion du sol et les glissements de terrain sur les versants instables qu'est à l'origine d'une baisse de superficie des terres agricoles exploitables (Bourguignon et Bourguignon, 2008,

Dormaar et Carefoot, 1996, Soltner 1998 et Ferhat, 2016). Un Limon labouré, qui devient battant, se glace à la moindre pluie, voit sa perméabilité tomber à 1 mm d'eau/heure (Bourguignon et Bourguignon, 2008). En Algérie, les superficies labourées annuellement et soumises à l'érosion sont estimées à près de 1,2 millions d'hectare (Ghazi, 2004).

La destruction des éléments structurants et l'oxydation des exsudats racinaires qui structurent le sol, le rendent sensible à la battance et à la compaction, notamment au passage d'engins (Lahmar, 2006 et Ferhat, 2016). Ce qui est engendré le plus souvent avec un dessèchement rapide et appauvrissement en éléments nutritifs (Adli et Feddal 2008).

Parmi les grands problèmes de la technique conventionnelle est la formation de la semelle de labour qui constitue un vari obstacle pour le développement racinaire (Soltner, 1998).

L'enfouissement des graines d'adventices accentue le problème sur une couche de 15 à 30 cm. Au bout de quelques années de labour successif les plantes à graines très résistantes (essentiellement les dicotylédones) deviennent un problème insoluble, nécessitant un recours presque systématique à des herbicides coûteux (Ferhat, 2016)

L'agriculture conventionnelle est considérée parmi les principales sources des émissions de gazes à effet de serre (Mollisson et Holmgren, 1986, AFED, 2006 et Delgado, 2011). Le labour dégage une tonne de gaz carbonique par hectare et par an (Bourguignon et Bourguignon, 2008)

La difficulté à travailler en sol sec et en sol très humide, d'où l'obligation d'attendre les premières pluies, ou le ressuyage dans l'autre cas (Adli et Feddal, 2008). En effet la terre trop sèche, se labour mal car la bande de terre est arrachée au lieu d'être découpée par la pièce travaillante, et en cas de la terre trop humide, elle n'a plus de consistance et est à la limite de liquidité, de plus, les couches sous-jacentes ne supportent pas les engins.

Un cout élevé et une lenteur dans la réalisation des travaux. En agriculture conventionnelle le travail du sol pèse sur la performance économique des exploitations ; l'opération, surtout celles de travail profond sont coûteuses en énergie fossile et en charge mécanique (Lahmar, 2006 et Vian, 2009). D'après Bourguignon et Bourguignon (2008), en agronomie classique un blé labouré demande 3 kg d'azote par quintal et 120 litres de fuel par

hectare, en agrologie un kilo d'azote suffit pour produire un quintal de blé et l'arrêt du labour permet de ne consommer que 30 litres de fuel par hectare.

On assiste donc depuis quelques décennies, à travers le monde entier, à une transition graduelle qui s'effectue entre le labour conventionnel (labour avec versoir, retournement de la couche arable sur 20-30 cm de profondeur) et des formes variées de préparation sans retournement des couches de sol, allant jusqu'au semis direct (travail uniquement sur la ligne de semis) (Vian, 2009).

### **II.2.3. Technique de travail minimum ou la technique culturale simplifiée.**

Le travail classique du sol a évolué dans un premier temps en travail simplifié, qui fait abstraction du retournement du sol (labour) et dans un deuxième temps en semis direct ou le dépôt de la graine se fait sans perturbation du sol (Feddal, 2011). De nombreux termes se basent sur la notion de simplification du travail du sol. Cela peut sous-entendre que le sol n'est plus labouré mais n'est pas très précis, notamment quand l'expression est utilisée dans différents pays aux pratiques de travail du sol très différentes. Nous rencontrons ainsi différents qualificatifs tels que « Travail simplifié », « Travail réduit », « Travail minimum » (Labreuche et al, 2007). En général technique a pour finalité la réduction du nombre de passage des outils d'où le terme travail réduit. On privilégie l'utilisation des outils à dents ou disques, parfois animés par la pris de force.

En effet, deux pratiques se retrouvent sous le terme de TCS : celles travaillants en surface et celles travaillants en profondeur mais sans retournement (Lesage et al, 2009) :

- Les technique qui travail en surface : le travail superficiel est un travail mécanique en dessous de la zone de semis mais sur une profondeur limitée selon les conditions du milieu.
- Les techniques travaillants en profondeur : le pseudo-labour travail le sol sur, au plus, les 20 cm premiers centimètre, c'est-à-dire sur les horizons superficelle et sur l'ensemble de la surface (fragmentation pratiquement égale au labour).

En Algérie, surtout dans les zones arides où les sols pauvre peu profonds et très sensibles à l'érosion éolien, leur travail nécessite un soin particulier. La préparation du sol doit être réalisée soit à l'aide d'un passage de chisel suivi d'un passage de cultivateur, ou directement

on utilise un cultivateur à dents en double passage (passage croisé). Dans ce contexte, les outils à dents les plus utilisés sont :

- Le chisel : pour le travail profond (20 à 25 cm)
- Le cultivateur à dents : pour le travail moyen (10 à 15 cm)

### **II.2.3.1. Avantages de travail minimum**

Comparé à la technique classique, les avantages dégagés par le travail minimum du sol sont nombreux, ils peuvent être énumérés comme suit :

L'augmentation de la teneur en matière organique en surface ce qu'implique une diminution du risque de battance par l'amélioration de la stabilité structurale, la diminution du risque d'érosion dans les zones où les sols sont en pente et l'augmentation de la portance du sol (Soltner 1998, Saber et Mrabet, 2002 et Pierre Lajoux et Frédéric Thomas 2007).

Selon Yalcin et al (2005), la préparation du sol avec la technique culturale simplifiée donne le meilleur rendement.

L'augmentation de l'activité biologique engendré par une augmentation de la faune utile du sol (lombrics, ...), l'augmentation du nombre et de la variété des organismes qui contribuent à la dégradation de la matière organique fraîche (les résidus de culture) (Lesage et al, 2009).

En concentrant sur l'aspect économique et organisationnel, l'adoption du travail minimum contribue dans La diminution totale des charges liées à la production et cela grâce : une économie de carburant en travail superficiel, une réduction du nombre de passages par la simplification, une diminution du temps de travail/ha, ainsi la réduction du besoin en main d'œuvre ce qui permet l'augmentation de la surface travaillée tout en atteignant les meilleurs bénéfices (Lesage et al, 2009 et Lajoux et Thomas, 2007).

### **II.2.3.2. Inconvénients du travail minimum :**

Le travail minimum n'est pas exempt de défauts puisque on lui reproche plusieurs, qui sont :

Le problème posés par les résidus de récolte : semences déposées dans un horizon souple avec beaucoup de débris végétaux (risques de pertes à la levée) (Mrabet, 2001b).

En ce qui concerne les Mauvaises herbes, ravageurs et maladies les TCS présentent des grands problèmes (Boudiar, 2013 et EPLEFPA des LANDES, 2016) dont on peut citer :

- le développement de certaines populations de mauvaises herbes spécifiques telles que vivaces (concentration du stock de semence de MH en surface)
- le recours aux désherbants totaux : augmentation du poste herbicide
- le développement de la microfaune nuisible du sol : taupins, vers gris

Les TCS requièrent une technicité pointue et demandent une gestion et une attention plus importante de la part de l'agriculteur (être plus vigilant, être plus réactif et être plus technique) ne sont finalement pas si simples (Jouy, 2001 cité par Boudiar, 2013 et EPLEFPA des LANDES, 2016).

La simplification du travail du sol passe souvent par l'investissement dans un ou plusieurs outils spécialisés. Par ailleurs le passage du labour aux TCS nécessite des phases de transition pour en tirer les bénéfices et d'être appréhendé dans une modification globale du système de production (Lesage et al, 2009).

#### **II.2.4. Agriculture de conservation**

L'Agriculture de Conservation ("*Conservation tillage*") est un terme générique qui regroupe toutes les pratiques limitant les perturbations verticales du sol (non retournement) et qui permettent une couverture du sol par les résidus sur au moins 30 % de la surface après le semis. Ce taux de couverture minimum pour limiter l'érosion hydrique du sol a été estimé par l'USDA (ERS / USDA, 2005). Pour la lutte contre l'érosion éolienne, la quantité de résidus doit être supérieure à 1.1t/ha (Labreuche et al, 2007). En d'autre terme, l'agriculture de conservation a pour objectif de conserver, d'améliorer et de mieux utiliser les ressources naturelles liées à la gestion des sols, de l'eau, et de l'activité biologique (Derpsch, 1999). Le semis direct est la pratique extrême du travail du sol de conservation (Labreuche et al, 2007). Mais le strip-till (travail du sol en bandes) s'inscrit aussi dans ce cadre, dans la mesure où la zone perturbée (sur la ligne de semis) représente une proportion de sol travaillé superficiellement inférieure à 25% de surface (Roger-estrade et all, 2014).

Cette expression « Agriculture de Conservation », promue par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) lors du "First World Congress on

Conservation Agriculture : a worldwide challenge" qui se déroulait à Madrid du 1-5 octobre 2001, désigne les systèmes de culture respectant les trois principes fondamentaux suivants : perturbation minimale du sol, couverture permanente (résidus de récolte ou plantes de couverture) et rotations des cultures (Derpesch et al., 2010 et BOUDIAR, 2013) . Depuis, il semble que son acceptation s'élargisse et perde sa spécificité du début qui coïncidait bien avec celle des systèmes en Semis Direct sur Couverture Végétale permanente (SCV) (AFD, 2006).

Les systèmes en Semis Direct sur Couverture Végétale permanente (SCV) comme on a vu précédemment, font partie de la famille de l'Agriculture de Conservation. Ces techniques consistent à semer directement dans une couverture végétale laissée en permanence (résidus de la culture précédente laissés en place et renforcés ou non par des biomasses de couverture mortes ou vivantes) (AFD, 2006). Ils cherchent à intensifier les processus écologiques, en particulier dans les sols, pour atteindre une production durable et remplir des services écosystémiques (intensification écologique). Cela conduit à une meilleure utilisation des ressources (en particulier l'eau), une protection permanente du sol, une restitution importante de matières organiques au sol (Husson et al., 2012).

#### II.2.4.1. Historique du semis direct

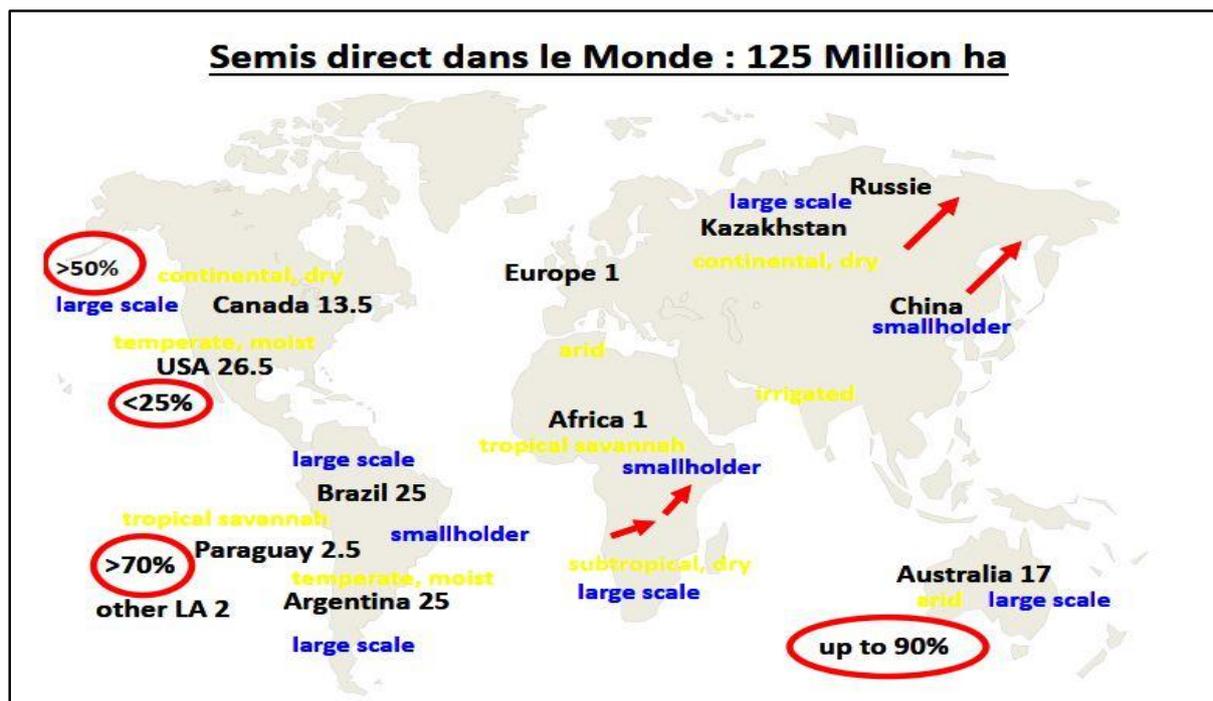
Le principe du semis direct sur couverture végétale est loin d'être nouveau. Déjà, le semis direct existe depuis le début de l'histoire de l'agriculture et reste la base des systèmes agricoles de plusieurs civilisations. Les agriculteurs de l'Égypte ancienne, et les Incas dans les Andes d'Amérique du Sud, utilisaient un bâton pour faire un simple trou dans le sol, dans lequel la graine était placée à la main et recouverte au pied (Bouzinac et Ségué, 1999). Mais dans la version moderne de l'utilisation de semis direct voici quelques dates et événements qui ont permis la propagation de la technique de semis direct :

- **Les années 1930** : les grandes plaines américaines subissaient une érosion éolienne catastrophique : le fameux "Dust Bowl".
- **1960** : la diffusion de l'herbicide total non résiduel « Paraquat », développé par ICI au Royaume Uni.
- **1966** : le fabricant de machines agricoles, Allis Chalmers, créa, le premier semoir de semis direct.

- **Les années 1970** : La crise pétrolière qui a incité à la réduction des engrais et du fuel.

Ces techniques se sont d'abord et surtout développées aux Etats-Unis et à partir des années 60 ont rapidement gagné l'Amérique du sud, notamment le Brésil, l'Argentine et le Chili, ainsi que l'Australie où les risques d'érosion éolienne sont élevés, puis le Canada à partir des années 70 (Köller, 2003 et AFD, 2006)

Les techniques de semis direct développées en zones subtropicales (Brésil) et tempérées (USA, Australie, Argentine), construites sur les seuls résidus de récolte, sont insuffisantes pour restaurer rapidement, puis maintenir la fertilité globale du sol, au moindre coût en zone tropicale (en effet la minéralisation des résidus est bien trop rapide en région chaude). Où Il s'avérait nécessaire d'ajouter une biomasse associée sous forme de couverture végétale. À partir de ce constat, des recherches entreprises depuis les années 80 par le Cirad (L. Séguy et S. Bouzinac) et ses partenaires nationaux (agriculteurs, coopératives, entreprises privées, ...) visent la création de nouveaux systèmes de culture directement inspirés du fonctionnement de l'écosystème forestier, ont ainsi été développés par le Cirad : les SCV qui allient semis direct et couverture végétale permanente du sol. Ils s'adaptent à toutes les régions tropicales sèches et humides (Afrique, Asie, Amérique tropicale) (AFD, 2006). Depuis, le semis direct sur couverture végétale sous ses formes modernes se diffuse à travers le monde, soit de façon spontanée, soit sous l'égide de la recherche-développement, avec des succès très variables selon les contextes. Selon Mrabet (2014) Le semis direct s'étendait sur près de 125 millions d'hectares dans le monde, dans des environnements et climats très contrastés. Et selon Kassam et al 2018 cette pratique a atteint les 180 Ha à travers le monde.



Source : Mrabet, 2014

Carte n° 03 Le semis direct dans le monde

Tableau n° 05 : L'évolution de dans le temps des superficies (en million d'hectares) sous semis direct dans le monde.

Pays	Année							
	1974	1983	1997	2000	2009	2011	2014	2016
USA	2,2	4,8	19,4	21	26,5	26,5	35,61	43,2
Brésil	0,001	0,4	6,5	14,3	25,5	25,5	31,81	32
Argentine	-	-	4,4	9,25	19,7	25, 5	29,18	31
Canada	-	-	6,7	8,8	13,4	13,4	18,31	19,9
Australie	0,1	0,4	1	8,4	12	17	17,96	22,2
Chine	-	-	-	-	1,3	3,1	6,6	9
Russie	-	-	-	-	-	4,5	4,5	5
Kazakhstan	-	-	-	-	1,3	2,6	2,5	2,5
Paraguay	-	-	-	0,95	-	2,4	3	3
Bolivie	-	-	-	0,24	0,7	0,7	0,7	2
Uruguay	-	-	-	0,119	0,605	0,672	1	1,2
Espagne	-	-	-	-	0,65	0,65	0,79	0,9
India	-	-	-	-	-	-	1,5	1,5
Monde	2,8	6,26	39,7	53	106,5	124,79	156,73	180,43

Source : les valeurs 1974, 1983, 1997 Derpesch 2001, les valeurs 2000et 2011 Mrabet 2014 et les valeurs de 2009, 2014 et 2016 de Kassam et all 2018

Selon le tableau 05 et la Carte 03, on peut conclure:

1. Le semis direct est en extension exponentielle à travers le monde et dans des écologies diversifiées,

2. la diversité des climats et des sols où est développé le semis direct

#### **II.2.4.2. Objectif de semis direct :**

Selon Derpsch (2001) et Arnal (2006), L'objectif de l'agriculture de conservation -dont essentiel de technique est le semis direct- est de conserver, d'améliorer et d'utiliser les ressources naturelles d'une façon plus efficace par la gestion intégrée du sol, de l'eau, des agents biologiques et des apports de produits externes. L'objectif final est de mettre en place une agriculture durable qui ne dégrade pas les ressources naturelles, sans renoncer pour autant à maintenir les niveaux de production

#### **II.2.4.3. Les principes fondamentaux du semis direct sur couverture végétale permanente :**

D'après AFD (2006) et Seguy et al (2009), les principes de conduite des écosystèmes cultivés en SCV visent à reproduire le fonctionnement d'un écosystème naturel forestier et en particulier celui de sa litière, dont on peut citer :

##### **1- Minimisation des perturbations de la surface du sol.**

Le sol et sa couverture doivent être perturbés au minimum. Ils ne sont donc pas travaillés. Le semis est réalisé directement à travers la couverture végétale en perturbant et en découvrant le sol au minimum par ouverture de poquets (semis manuel) ou de lignes (semis mécanisé). La faible perturbation du sol est favorable au développement de l'activité biologique, ralentit la minéralisation et permet de maintenir la couverture végétale.

##### **2- Couverture permanente et totale du sol.**

Le sol est maintenu en permanence protégé sous une épaisse couverture végétale qui peut être morte (les résidus de récolte, les adventices et/ou les plantes de couverture sont totalement contrôlés avant la mise en place de la culture) ou maintenue vivante (une couverture végétale pérenne est simplement contrôlée le temps de la culture, sans être tuée, ce qui lui permet de poursuivre sa croissance après la récolte de la culture). Cette couverture végétale

protège le sol en permanence contre l'érosion, entretient des conditions favorables au développement d'une activité biologique intense et contribue à réduire la pression des adventices.

### **3- Les rotations culturales :**

La rotation de diverses espèces végétales permet de diversifier la flore et la faune du sol. En effet, leurs racines sécrètent différentes substances organiques qui attirent une diversité de bactéries et de champignons. Ces micro-organismes vont à leur tour jouer un rôle important dans la disponibilité des éléments nutritifs pour la plante. Les rotations culturales sont surtout importantes pour la lutte phytosanitaire « intégrée » dans la mesure où elles brisent les cycles des pathologies. Le contrôle des mauvaises herbes se fait grâce aux effets d'ombrage (compétition pour la lumière) et/ ou par des effets allélopathiques (compétition exercée entre les plantes d'espèces différentes par l'intermédiaire de substances toxiques excrétées par les racines ou par les feuilles). La diversification des cultures permet également celle des productions (alimentation de l'homme et du bétail) et offre ainsi une meilleure stabilité économique.

#### **II.2.4.4. Les différents types de semis direct sur couverture végétal SCV :**

En fonction du type de couvert végétal sur lequel se fait le semis direct, on peut distinguer trois grands types de semis direct (Séguy et al 2001):

**a- Les systèmes avec couverture morte permanente,** la couverture du sol peut être assurée des résidus de récolte de la culture précédente, ou en plus par une plante de couverture à forte production de biomasse implantée avant ou après la culture commerciale. Elle peut être roulée ou broyée avec un outil, ou bien desséchée aux herbicides totaux immédiatement avant le semis direct de la culture commerciale.

**b- Les systèmes avec couverture vivante permanente,** la couverture est constituée d'une plante fourragère dont seule la partie aérienne est desséchée avec un herbicide de contact avant l'installation de la culture principale par des herbicides appropriés. Les organes de reproduction végétative souterrains sont ainsi préservés et permettent la pérennité du système. Le système est géré de telle façon que la plante de couverture reprenne son développement normal une fois que la culture principale a mûri. Le trèfle blanc et la luzerne sont les couverts

les plus pratiqués. Les cultures sont implantées en semis direct directement dans ces couverts (Turlin, 2017).

**c- Les systèmes mixtes**, la culture commerciale est suivie d'une plante de couverture (consommation humaine à haute valeur ajoutée pratiquée avec un minimum d'intrants) et à une culture fourragère pour l'inter-saison. Les deux cultures successives sont récoltées pendant la saison des pluies, suivies d'une production de viande ou de lait pendant la saison sèche qui est assurée par la culture fourragère ; c'est cette production forte de phytomasse en saison sèche qui permet de séquestrer un maximum de carbone dans le sol. Les couvertures mixtes avec mélange de plantes, contribuent à augmenter l'agro biodiversité. En effet, les plantes de couverture sont très variées et peuvent être utilisées en mélange (légumineuses, graminées, crucifères,...). Elles assurent ainsi diverses fonctions agronomiques complémentaires (production de biomasse, fourrage, restructuration du sol, effets allélopathiques, recyclage spécifique de nutriments, neutralisation de l'acidité ou au contraire de la salinité, etc.) (AFD, 2006).

#### **II.2.4.5. Intérêts et impacts de semis direct sur couverture végétale.**

Les systèmes de semis direct sur couverture végétale présentent de nombreux avantages sur les plans agronomique, environnemental et économiques. Beaucoup se retrouvent au niveau de la parcelle, et d'autres ne sont pas perçus directement par l'agriculteur.

##### **II.2.4.5.1. Les intérêts agronomiques du semis direct sur couverture végétale.**

###### **a- Le semis direct sur couverture végétale et la matière organique dans le sol:**

La matière organique du sol joue un rôle fondamental (Seguy et al., 2009) dans :

- . La structure du sol et sa stabilité (liant des particules minérales dans le complexe argilo-humique, contributions aux agrégats, etc.);
- . La rétention de l'eau et sa disponibilité pour les plantes;
- . Le stockage et la mise à disposition des éléments nutritifs (augmente la CEC, produits de la minéralisation, etc.);
- . L'effet tampon et la régulation du pH ;
- . La stimulation de l'activité biologique (substrat énergétique et supports);

En réalité La fraction organique du sol est excessivement complexe et il faut être conscient que certaines subdivisions sont parfois arbitraires. On distingue habituellement au sein de la matière organique du sol les catégories suivantes

1. **Débris végétaux peu transformés**, à structure encore organisée ; l'appellation "*matière organique fraîche*" est consacrée à cette fraction qui peut comprendre des feuilles, des tiges, des racines mortes, des résidus de récolte, des exsudats foliaires et racinaires, mais aussi des cellules microbiennes mortes.

2. **Matière organique fortement transformée**, d'origine végétale, animale ou microbienne ; il s'agit de substances humifiées regroupées fréquemment sous le terme "*humus*" (au sens strict) ou *matière organique humifiée*. C'est la composante principale du carbone du sol (60 à 70 % du C total du sol). C'est cette dernière qui joue un rôle important dans la fertilité des sols par l'évolution biochimique qu'elle y subit et par les propriétés physico-chimiques qui en découlent (Drouet, 2010)

3. **Produits de composition intermédiaire** entre 1 et 2, c'est-à-dire encore plus ou moins proches de la matière organique peu transformée.

4. **Composés organiques hydrosolubles**, généralement de structure "simple" ou tout au moins de composition chimique déterminée : acides aminés, acides organiques, glucides, polyphénols, etc.

Ces différents réservoirs de la matière organique subissent minéralisation et humification, selon différentes voies, en fonction du matériel et des conditions de milieu. Il s'agit dans une certaine mesure, de deux processus "antagonistes", puisque la minéralisation entraîne la décroissance du taux de matière organique du sol alors qu'à l'opposé, l'humification, en rendant les composés organiques plus résistants à la biodégradation, a tendance à stabiliser le taux humique.

**1- Le processus de minéralisation** affecte aussi bien les composés organiques peu transformés que la fraction humifère du sol. La minéralisation est directement liée à l'activité des bactéries et elle dépend fortement de la qualité de la matière organique fraîche. Les résidus riches en sucres, amidons et protéines simples (et dans une moindre mesure en protéines interstratifiées et en polysaccharides), à ratio C/N bas, se décomposent beaucoup plus rapidement que ceux riches en hemicellulose et cellulose, au ratio C/N plus élevé. Les plus

grosses molécules comme les corps gras et les cires, et surtout les polyphénols et la lignine, avec leurs noyaux aromatiques, se décomposent beaucoup plus lentement. Elle dépend également de l'activité de la microflore et donc des conditions du milieu (aération, humidité, température), du type de sol et des surfaces "d'attaque" (taille des fragments). La minéralisation est relativement lente durant les périodes sèches et/ou dans les milieux froids (comme dans les climats tempérés). Elle est en revanche particulièrement rapide en milieu tropical humide et chaud toute l'année (Soltner, 1992, Bourguignon et Bourguignon 2008 et Seguy et al 2009).

**2- Le processus d'humification :** Il s'agit de l'humification au sens strict, c'est-à-dire la formation de substances humiques, polymères de poids moléculaires élevés et plus stables que les produits de départ. La biochimie des processus de transformation des résidus végétaux reste l'un des domaines de la chimie des humus les moins bien connus. L'humification est essentiellement assurée par des champignons et sans eux, le cycle de l'humus ne peut se mettre en route, c'est-à-dire que sans eux il n'y a pas de pédogénèse. D'autres micro-organismes participent à la formation des humus, ce sont les actinomycètes qui préparent les niches écologiques pour les champignons, grâce aux antibiotiques qu'ils sécrètent, ils bloquent le développement des bactéries minéralisatrices qui se multiplient vingt fois plus vite que les champignons, ces derniers partagent avec eux la capacité à sécréter des antibiotiques. (Bourguignon et Bourguignon, 2008)

Dans les systèmes conventionnels caractérisés par une production de biomasse relativement faible (production d'un faible nombre d'espèces, sur une période limitée, alimentation irrégulière et déséquilibrée des plantes, etc.), le travail du sol accélère les processus de minéralisation en fragmentant les résidus, en déstructurant les macro-agrégats (exposant ainsi la matière organique qui était protégée à l'intérieur), en créant (temporairement) un apport brutal d'oxygène et en rendant possible l'élévation de la température du sol (Seguy et al 2009).

A l'inverse des systèmes conventionnels, le semis direct sur couverture végétale permanente se caractérise par:

- . La production et la restitution régulière d'une très forte biomasse, de qualité variée, alimentant les différents réservoirs de matière organique du sol et entretenant un flux continu de carbone du réservoir actif vers le réservoir stable;

- . une minéralisation régulière et ralentie du fait de la non perturbation de la litière (pas de fractionnement mécanique des résidus, protection des différentes couches d'apports

successifs à la vitesse de décomposition variée et peu exposées aux processus microbiens, pas de flux d'oxygène brutaux, température tamponnée);

. une agrégation continue, conduisant à une protection de la matière organique au sein des agrégats: formation de complexe argilo-humique, protection de la fraction stable du carbone (<53µm) fortement liée dans les micro-agrégats (<250µm), protection des microagréats dans les macro-agrégats, etc.

Plusieurs auteurs ont trouvé que le taux de matière organique augmente de façon remarquable sous semis direct en fonction du temps grâce au maintien du couvert et la forte production de biomasse (Saber et Mrabet 2002, Mrabet 2001b, Lahmer 2007 et Bourguignon et Bourguignon, 2008).

### **b- Le semis direct sur couverture végétale et la structure du sol**

En semis direct, la création et le maintien d'une bonne structure du sol sont assurés par :

L'aération du sol et sa restructuration par la faune épigée du sol (vers de terre, collemboles, etc...) et par les systèmes racinaires des plantes utilisées dans les associations et les rotations (Bourguignon et Bourguignon, 2008).

La couverture végétale permanente du sol qui remplit la fonction de protection du sol contre l'impact des gouttes d'eau (à forte énergie cinétique) et elle assure la lutte contre l'érosion éolienne et/ou hydrique (Dormaar et Carefoot, 1996 , Tebrügge et Düring, 1999 et Lahmar, 2006).

L'activité biologique intense assure la formation et la stabilisation des agrégats (rôle de liant de la microflore et bioturbation par la macrofaune), un système racinaire dense et des apports réguliers de biomasse qui constituent à la fois un substrat énergétique pour ces organismes et la matière première de l'humification (Stengel et al, 1984 et Seguy et al, 2009).

### **c- La conservation de l'eau du sol**

En favorisant la macroporosité biologique, les systèmes de conservation améliorent ainsi la conductivité hydraulique du sol en conditions saturées et la capacité d'infiltration tandis que le labour homogénéise et régularise l'infiltration de l'eau (Dormaar et Carefoot 1996 et Huwe, 2003). Dans les systèmes SCV, la couverture végétale permet de réduire fortement le ruissellement et laisse plus de temps à l'eau pour s'infiltrer. Outre la réduction des pertes par

ruissellement cette couverture végétale réduit les pertes en eau par évaporation (Guerif, 1994 et Lahmar, 2006).

#### **d- Le contrôle des adventices**

Les plantes de couverture et le mulch ou les résidus des précédents culturaux participent à réduire l'infestation par les mauvaises herbes à travers la compétition en ne permettant pas l'arrivée de la lumière aux grains de mauvaises herbes qui en ont besoin pour la germination (Jung et al, 2004). Aussi dans le semis direct sous couvert, on apporte un niveau supérieur de complexité puisque l'on rajoute à la rotation des cultures, celles des plantes de couvertures. On choisit alors des plantes qui ont un fort pouvoir allélopathique contre les mauvaises herbes, c'est-à-dire qu'elles empêchent celles-ci de pousser et qui ont par contre un effet symbiotique sur la culture qui la suit (Bourguignon et Bourguignon, 2008).

#### **II.2.4.5.2. Impacts de semis direct sous couvert à l'échelle environnementale**

Pratiqués à grande échelle, les SCV pourraient contribuer significativement à la maîtrise de la pollution de l'air en général, et au réchauffement climatique en particulier. En effet, ils ont plusieurs impacts sur le bilan de CO<sub>2</sub> en réduisant les émissions et surtout en séquestrant le carbone :

Les systèmes de semis direct sur couverture végétale réduisent fortement le travail mécanisé et donc les consommations de carburant. Le labour est de toutes les opérations culturales celle qui consomme le plus d'énergie dans les systèmes mécanisés. Comparativement à l'agriculture conventionnelle, les SCV permettent une diminution significative de la consommation de carburant et donc une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et CO issus des tracteurs (AFD, 2006 et Bourguignon et Bourguignon, 2008).

- Les systèmes de semis direct sur couverture végétale éliminent le travail du sol qui contribue beaucoup à la libération de CO<sub>2</sub>. Le travail du sol accélère la décomposition de la matière organique par minéralisation bactérienne et donc la libération de carbone. De ce fait, les SCV permettent à l'agriculture de devenir stockeur net de CO<sub>2</sub> et non plus producteur net (Lahmar, 2006, Bourguignon et Bourguignon, 2008 et Boudiar, 2013)

- Le semis direct sur couverture végétale permet de diminuer, voire d'arrêter l'érosion de surface, et donc la perte de la matière organique fixatrice de carbone (AFD, 2006).

- Le semis direct sur couverture végétale augmente significativement la teneur en matière organique du sol en quelques années. Ils permettent ainsi la fixation du carbone dans la matière organique accumulée dans le sol à partir des résidus de récolte et des plantes de couverture. La quantité de carbone qui peut être séquestrée est donc essentiellement liée à l'augmentation de la biomasse végétale et à sa nature (plus les résidus de récolte recyclés annuels sont riches en lignine et plus leur participation à la reconstitution du stock d'humus est importante) (Köller, 2003 et Boudiar, 2013)

Au niveau économique, l'agriculture de conservation permet une réduction des temps de travaux lors de l'implantation des cultures (Rieu, 2001). Yalcin et al (2005), mentionnent que le semis direct réduit la consommation d'énergie par un facteur de 6 et le temps de la mise en place de culture par un facteur de 4 comparativement au système conventionnel.

D'autres raisons invoquées par les agriculteurs pour l'adoption des techniques de conservation sont l'efficacité, la largeur de travail des outils et une meilleure économie des exploitations agricoles due aux réductions des coûts de mécanisation, de carburant et la réduction du temps de travail qui permet aux agriculteurs de développer d'autres activités agricoles ou non agricoles, générant des bénéfices supplémentaires (Lahmar, 2006 et Vian, 2009)

Une plus grande flexibilité technique dans les calendriers des travaux permettant notamment l'installation de la culture dans de bonnes conditions de semis, d'application de fertilisants et de contrôle des adventices (Lahmar, 2006)

Un accroissement de 10 à 15% et, surtout, une meilleure stabilité des rendements, notamment en conditions pluviales (Saber et Mrabet , 2002 et Lahmar, 2006).

#### **II.2.4.6. Inconvénients et limites du semis direct sur couverture végétale.**

Cependant, sur le court terme (< 5 ans) leur adoption peut occasionner des problèmes de nutrition des cultures en raison d'une immobilisation de l'azote importante (Pekrun et al., 2003).

les transferts de chaleur et le réchauffement des sols non travaillés ont tendance à être plus lents au printemps à cause de la présence d'un mulch en surface (effet albédo en général supérieur pour les sols non labourés) et de leur structure plus dense et/ou plus humide (Baker et al., 2007 cité par Vian, 2009).

Le semis direct est une technique qui requiert l'acquisition de nouveaux équipements (semoir) qui est très chère (Marabet, 2001). Ainsi à cause de leur poids élevé, les semoirs directs sont exigeants en puissance de traction (nécessité d'avoir des tracteurs d'au moins 80 CV).

D'après Lahmar (2006), l'ensemble des bénéfices économiques (pour les exploitations agricoles) et environnementaux (pour la société) n'ont pas été suffisants pour doper l'extension de l'agriculture de conservation. D'une part parce que adopter l'agriculture de conservation n'est pas simplement appliquer un nouvel itinéraire technique mais nécessite une révision complète de l'ensemble du processus de gestion. D'autre part, il y a un manque permanent de connaissances sur la gestion des cultures, des résidus, des sols et de l'eau en agriculture de conservation. Par ailleurs, notamment dans les pays de Maghreb l'environnement institutionnel et politique et les conditions de gouvernance n'encouragent pas les initiatives des agriculteurs et ne favorisent pas l'apparition de systèmes d'innovation dynamiques dans lesquels les agriculteurs et leurs organisations, les chercheurs, les professionnels, les institutionnels et les décideurs, collaborent pour générer et partager le savoir nécessaire au développement, à l'adaptation et à la stabilisation des systèmes à base d'agriculture de conservation.

### **III. La culture de l'orge et de la luzerne et les possibilités de l'association des céréales et des légumineuses.**

#### **III.1. La culture de l'orge**

##### **III.1.1. Généralité sur la culture d'orge :**

L'orge est l'une des plus anciennes céréales cultivées sur terre. Les études génétiques, incluant les analyses récentes en Biologie moléculaire confirment que l'orge cultivée actuellement a évolué à partir de *Hordeum spontaneum* L (Nevo, 1992), espèce d'orge spontanée présente encore au Proche et Moyen-Orient qui porte des épis à deux ou six rangs (Bonjean et Picard, 1990).

L'orge a été domestiquée en Asie occidentale avant 7000 ans avant J-C. Sa culture s'est répandue dans l'Afrique du nord et a remonté le Nil jusqu'à atteindre l'Ethiopie, où elle est devenue l'une des céréales les plus importantes. L'orge a gagné le sud de l'Espagne vers 4000–5000 avant J-C. et elle a atteint l'Europe du Nord et centrale, ainsi que l'Inde, vers 2000–3000 avant J-C. En Chine, elle est arrivée en 1000–2000 avant J-C. Au Sahara, elle était cultivée dans les oasis en 100–300 avant J-C. De nos jours, c'est la céréale dont l'aire de culture couvre les zones écologiques les plus diverses (Boungab, 2013)

##### **III.1.2. Importance et utilisation de l'orge**

Considéré comme une culture stratégique, l'orge (*Hordeum vulgare* L.) a toujours occupé une place importante parmi les autres céréales (blés dur et tendre) en Algérie. Jusqu'à une certaine époque (1900), elle était à la tête des cultures et destinée à l'autoconsommation humaine. Son rôle dans l'alimentation animale a toujours été et reste fondamental. La rusticité de l'espèce, ses capacités d'adaptation aux irrégularités du climat algérien, ses qualités nutritionnelles voire ses vertus sur la santé humaine font d'elle une culture qui mérite une attention particulière (Rahal Bouziane, 2015). Ainsi l'orge représente actuellement l'aliment essentiel des ovins en Algérie (Benmahammed, 2004). Estimé à 3,5 millions d'unités gros bétail (UGB), le cheptel ruminant est tributaire de l'importation des orges (Arbouche et al, 2008).

Dans la région steppique, l'orge est la céréale la plus cultivée (Bencherif, 2011), et cela revient premièrement à son pouvoir d'être menée en double exploitation : première récolte en

vert (pâturage ou fauche), suivie d'une récolte en grain, donc l'orge joue un rôle important dans l'alimentation animale notamment en période hivernale lorsque le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est élevé (Khaldoun, 1989), et deuxièmement son excellente adaptation aux systèmes de cultures pratiqués en zones sèches. Cette adaptation est liée à un cycle de développement plus court et à une meilleure vitesse de croissance en début du cycle (Abbas et Abdelguerfi, 2005). Ainsi en comparaison avec d'autres fourrages, qu'il s'agit d'une céréales ou d'une légumineuses, l'orge possède une remarquable aptitude au tallage ainsi qu'une bonne vigueur de départ lui permettant d'accumuler une quantité appréciable de matière sèche tôt dans l'année et de jouer un rôle de soudure dans le calendrier fourrager (Khaldoun, 1989).

### III.1.3. Caractères taxonomiques et morphologiques

L'orge est une céréale annuelle à paille autofertile qui appartient à la famille des Poacées et au genre *Hordeum* d'après la classification de Linné (Rassmusson, 1985). C'est une plante herbacée, à feuille étroite, de couleur vert clair. Elle se distingue facilement des blés par de nombreux caractères dont les plus importants sont :

- Une ligule fortement développée avec des oreillettes non poilues.
- Une capacité de tallage plus importante.
- Un chaume plus gros et plus fragile, d'où une sensibilité à la verse.
- Un système racinaire plus pourvu et surtout superficiel,
- Un grain vêtu de glumelles qui protègent la fleur.

#### III.1.3.1 Caractères et position systématique :

Les orges sont des monocotylédones, famille des Poacées, sous famille des Festucoïdes (ou Pooïdées) regroupant des genres de zones tempérées, les orges constituent le genre *Hordeum*, que l'on range avec les genres *Triticum* Secorle et *Lolium*, dans la tribu des Triticées (ex Hordées).

Les Hordeums se caractérisent par des épillets uniflores groupés par 3 (1 central, de 2 latéraux) alternativement à chaque étage du rachis. Des épillets latéraux (3+3 alternés) normalement développés confèrent la morphologie "orge à 6 rang", ce sont les escourgeons,

orges carrés ou orges hexastiques. Lorsque les épillets latéraux sont réduits à des vestiges (glumes, glumelles, sans grain), on a la morphologie classique de l'orge à 2 rangs (paumelle, autrefois) (Gallais et Bannerat, 1992).

### III.1.3.2. Caractères morphologiques de l'orge :

#### III.1.3.2.1. Système racinaire :

Il est de type fascicule comme le blé et l'avoine, l'orge a la particularité de présenter deux systèmes racinaires

- Le premier correspond aux racines séminales, qui se développent dès la germination et transmettent à la jeune plantule, jusque à l'époque de tallage.

- Le second étant représenté par les racines de tallage, encore dénommées racines coronales et ne se développent qu'à partir du tallage (Belaid, 1986).

#### III.1.3.2.2. Système aérien :

**Tige** : la tige principale est appelée maître brin, et les tiges secondaires sont appelées talles, ces dernières naissent à la base de la plante. Chaque tige est composée de plusieurs entrenœuds, situés entre la base et le sommet. A maturité, les tiges sont creusées (Boulal et al, 2007).

**Feuille** : comme toutes les graminées, les feuilles d'orge sont en position distique sur la tige, c'est-à-dire, disposées sur deux lignes opposées et en alternance (Rapilly et al, 1971)

**Fleur** : la fleur proprement dite comprend toujours trois étamines et des anthères en forme d'X, un carpelle se forme d'un seul ovaire enfermant un seul ovule et deux glumelles à la base de l'ovaire (Moule, 1971).

**Inflorescence** : c'est un épi barbu. Le rachis porte sur chaque article, trois épillets à une fleur : un médian et deux latéraux. La fertilité de ces épillets est un caractère de classification.

**Le grain** : c'est un caryopse à glumelles adhérentes chez les variétés cultivées. Une coupe transversale du grain, montre les mêmes assises de cellules que chez le blé, cependant l'assise à aleurone comporte trois couches de cellules au lieu d'une seule



Fig n° 03: Orge commun (*Hordeum vulgare* L.)

#### III.1.4. Les exigences et la conduite de la culture d'orge :

##### III.1.4.1. Température :

Le zéro de germination de l'orge est comme chez le blé est très voisin de 0°C, la somme de températures exigées pour l'ensemble de cycle végétatif est de 1900 à 2000 °C pour l'orge d'hiver (250 jours) (Zoubiri, 2009).

##### III.1.4.2. Eau :

Le stress hydrique qui parvient à n'importe quel stade de la culture d'orge peut causer des chutes irréversibles de la croissance et du développement de l'orge pouvant causer des chutes de rendement. La sévérité de la chute de rendement dépend du moment pendant lequel

la culture a subi le stress, de la durée, et de sa sévérité. La chute de rendement qui s'en suit peut être due à une réduction du tallage, la réduction du nombre de grains, et du poids de 1000 grains (Si Bennasseur, 2005)

D'après Feliachi et al (2001), la période critique à la sécheresse se situe entre fin montaison et stade grain laiteux. Les besoins en eau d'irrigation pour l'orge dépendent de la variété, des conditions climatiques (température et pluviométrie) et du rendement objectif. Pour atteindre un rendement optimum, l'orge a besoin d'une quantité d'eau comprise entre 390 et 430 mm. Pendant les premiers stades de croissance, la culture d'orge utilise une quantité d'eau comprise entre 1 et 3 mm/jour et qui puisse atteindre 7 à 8 mm/jour pendant la phase de feuille étendard. Dans des sols adaptés à l'irrigation, l'orge développe un système racinaire actif sur environ 1 m de profondeur. Environ 70 % des besoins de la culture en eau proviennent des premiers 50 cm du système racinaire, cependant, la culture peut prélever l'eau à une profondeur d'environ 1 m (Si Bennasseur, 2005)

#### **III.1.4.3. Sol :**

L'orge est une espèce très rustique et peut donc être cultivée dans les zones marginales à sols plus ou moins pauvres, là où le blé ne peut donner des résultats satisfaisants. En outre, cette espèce est assez intéressante compte tenu de sa tolérance au sel et à la sécheresse (Bouzidi, 1979).

L'orge s'adapte mieux aux sols légers et profonds avec un sous-sol calcaire. Elle préfère un sol se réchauffant bien au printemps et ne présentant pas d'excès d'acidité, de ce fait elle est plus répondeuse dans les régions riches en calcaires (Bagayoko, 1989).

#### **III.1.4.4. Le semis :**

##### **a- Profondeur de semis**

La profondeur de semis recommandée pour l'orge est comprise entre 3,5 et 5 cm. Des semis plus profonds résulteraient en des plantes chétives, des taux de levée faibles, une grande sensibilité à la maladie de pourriture des racines, et des rendements faibles. Comme pour les autres céréales, le rendement de l'orge est considérablement influencé par la variabilité de la profondeur du semis et un manque de précision dans la mise en place des semences (Si Bennasseur, 2005).

### **b- Dose de semis**

Comme pour le blé dur et blé tendre, le peuplement pied objectif pour l'orge ne doit pas être le même pour toutes les régions céréalières et pour toutes les parcelles au sein d'une même région. Il doit être aussi adapté en fonction de la variété choisie. Pour la même densité de semis, le poids global des grains semés sera plus élevé pour les variétés ayant le poids de 1000 grains le plus élevé. Il est recommandé ne pas rechercher une densité élevée, vu que l'orge a une forte capacité de tallage. Le nombre de plantes/M<sup>2</sup> visé doit être compris entre 300 et 400, et le nombre d'épis à la récolte entre 400 et 500 (Si Bennasseur, 2005).

Même si les agriculteurs ne donnent pas de l'importance à l'orge, les semis mécaniques sont préférables au semis à la volée. Nous recommandons, que le semoir soit réglé à nouveau chaque fois qu'on procède au changement de la variété, car le poids moyen du grain est différent d'une variété à l'autre.

Il est recommandé de semer sur une dizaine de mètres sur une surface plane et suffisamment compacte et procéder au comptage des grains semés pour vérifier le débit réel du semoir. Il faut par la suite vérifier si le nombre de grains semés par mètre carré correspond à la densité de semis que vous souhaitez avoir (Si Bennasseur, 2005).

#### **III.1.4.5. Fumure :**

Une récolte de 40 quintaux de graines exporte environ 60 kg d'azote, 35 kg de phosphore et 30 kg de potasse. Si on tient compte de la paille, les exportations sont de 110 à 120 kg d'azote, de 60 à 75 kg de phosphore et de 60 à 90 kg de potasse. Facteur de rendement, l'azote, apporté à dose élevée, a une influence sur la richesse du grain en protéines (Bahloul , 1989).

#### **III.1.4.6. La gestion des mauvaises herbes**

Bien que l'orge soit considérée comme une plante à forte capacité compétitive, une bonne conduite du désherbage permet d'améliorer les rendements en quantité et en qualité. Ce sont les espèces automnales et hivernales qui posent le plus de problème à l'orge. Par conséquent, un désherbage précoce est nécessaire (Si Bennasseur, 2005).

#### **III.1.4.7. La gestion des maladies de l'orge**

Les champs d'orge doivent être inspectés souvent pour suivre l'évolution de l'incidence des maladies au cours de la saison de croissance. Dans le cas où la présence d'une maladie est confirmée, il est recommandé de ne pas tarder à appliquer le pesticide adéquat dans le but de minimiser les pertes de rendement. Le moment d'application du pesticide est important et les informations écrites sur le label doivent être scrupuleusement appliquées. Le charbon couvert, le charbon nu, et l'helminthosporiose sont les maladies foliaires les plus courantes chez la plupart des variétés d'orge. Les champs où ces maladies ou d'autres, sont présentes ne doivent pas être plantées en orge l'année suivante vu les risques de pertes de rendement qui peuvent s'en suivre (Si Bennasseur, 2005).

#### **III.1.4.7. La récolte de l'orge grain et son stockage**

Pour minimiser les cassures des grains d'orge, pour les parcelles récoltées à la moissonneuse batteuse, la vitesse du cylindre doit être réduite. L'orge peut être récoltée dès que le taux d'humidité au niveau du grain est compris entre 18 et 20%, à condition de procéder au séchage juste après la récolte pour éviter les pertes pendant le stockage.

L'orge doit être stockée sans perte lorsque le taux d'humidité au niveau du grain est d'environ 13,5%. Pour des taux d'humidité au-delà de 14,0%, le stockage se fait dans de moins bonnes conditions et des pertes de la capacité germinative peuvent s'en suivre. Les conditions idéales de stockage sont réunies en présence d'une aération naturelle ou par un retournement fréquent des grains au sein du lieu de stockage. Pour l'orge destinée à l'alimentation animale, on peut retenir des taux d'humidité inférieures ou égales à 14,5%.

## III.2. La culture de la luzerne

### III.2.1. Généralité :

La luzerne cultivée ou *Medicago sativa L.*, appartient à la famille des Fabacées qui constituent la troisième famille la plus importante du monde végétal (environ 12000 espèces) après les Astéracées et les Orchidacées (Messioughi, 2016). Et comme toutes les légumineuses la luzerne est une fixatrice d'azote, grâce à une symbiose avec la bactérie *Rhizobium meliloti*. Au niveau morphologique, elle se décompose en six parties : le collet, les tiges, les feuilles généralement trifoliées, les fleurs en grappes, les gousses contenant les graines brun-jaune réniformes et la racine avec un pivot central et des racines secondaires (Rochat et al, 2005).

La luzerne pérenne est originaire d'Asie occidentale (Asie mineure, Arménie, Mésopotamie, Perse...). Dans cette vaste région, on peut trouver la plus grande richesse de forme. Il semble que l'on puisse localiser sa véritable origine dans la partie septentrionale de la Perse. La luzerne s'est répandue dans toutes les directions, perdant une partie de ses gènes, et continuant à en perdre suivant les milieux divers qu'elle traversait. Toutefois, il est probable que la luzerne se serait répandue tout d'abord en Grèce, plus précisément en Médie (d'où son nom grec : *Medica*) à l'époque des guerres médiques (environ 470 ans avant J-C) de là elle s'est propagée en Italie puis en Europe occidentale avec l'expansion de l'empire Romain (Bouabou-mossab, 2001). Pendant l'extension de son aire, elle a subi des hybridations qui ont été à l'origine de nombreux types.

Aujourd'hui, la luzerne est largement cultivée dans toutes les zones climatiques du monde, avec une superficie mondiale de 25 millions d'hectares (Bouabou-mossab, 2001). Les principales régions productrices sont l'Amérique du Nord et du Sud et l'Europe. Seulement 3% de la superficie mondiale est cultivée en Afrique, mais la production est importante dans les pays d'Afrique du Nord où elle est cultivée sous irrigation. La luzerne est cultivée sur 106 000 ha au Maroc (22,8% de la superficie fourragère totale du pays) et 36 000 ha en Égypte. En Algérie, la luzerne couvre environ 10 000 ha. La luzerne est le principal fourrage en Tunisie, où elle est cultivée sur environ 13 000 ha (77% en oasis). La petite surface cultivée en luzerne en Mauritanie est concentrée dans des oasis (Melis et al, 2016).

Sa pérennité et sa résistance, la luzerne les doit à deux caractères spécifiques : d'une part une dormance plus ou moins prononcée (arrêt hivernal de l'activité année). Aussi, la

luzerne tolère la chaleur jusqu'à 40°C et jouit d'une bonne résistance au froid (Rochat et al, 2005).

### III.2.2. Caractères botaniques

#### III.2.2.1. Position systématique

La luzerne cultivée est un hybride entre deux espèces : la luzerne commune à fleurs violacées et la luzerne faucille à fleurs jaunes.

#### Classification de *Medicago sativa* L

- **Embranchement** :..... Spermaphytes
- **Sous-embranchement** :.....Angiospermes
- **Classe** :.....Dicotylédones
- **Sous-classe** : .....Dialypétales.
- **Ordre** :..... Rosales
- **Famille** :.....Fabaceae
- **Sous Famille** :.....Faboideae
- **Tribu** :..... Trifoliées
- **Genre** : .....Medicago

#### III.2.2.2 Morphologie de la plante

C'est une plante herbacée vivace à tige dressée dès la base puis rameuse et anguleuse. Sa hauteur varie de 30 à 90 cm. Elle présente des nodules racinaires qui témoignent de son association symbiotique avec les bactéries *Rhizobium*.

Le système racinaire de la luzerne est particulièrement développé et lui permet d'atteindre des profondeurs importantes (plusieurs mètres). Cette particularité lui confère une excellente résistance à la sécheresse ainsi qu'une certaine capacité à décolmater les sols et à améliorer leur perméabilité. En outre les nodosités qui se forment sur ses racines, comme pour les autres légumineuses, lui confèrent la capacité de fixer l'azote atmosphérique et d'enrichir ainsi le sol.

La première feuille est unifoliée. Les feuilles suivantes alternes, sont composées de trois folioles égales, glabres, obtuses, un peu échancrées et denticulées.

Les fleurs violettes ou bleuâtres (figure n° 04), sont réunies en grappes allongées La floraison se déroule entre juin et octobre

Les fruits sont des gousses recourbées en hélice senestre sur deux à trois tours.



Figure n° 04 : Les différents organes de la luzerne (Papleux, 2015).

### III.2.3. Exigences de la luzerne :

#### III.2.3.1. La température

La croissance optimale des plantes se situe à des températures comprises entre 15 et 30° C (Zanin, 1998).

#### III.2.3.2. L'eau

La luzerne est tolérante au déficit hydrique, mais elle atteint une production plus élevée sous irrigation. Ses besoins en eau sont d'environ 13-14000 m<sup>3</sup> par hectare dans les environnements subissant une sécheresse. Dans ces environnements, l'irrigation peut être appliquée tout au long de la saison de croissance. Bien que les besoins en eau de la luzerne soient les plus élevés au stade de floraison, il est conseillé d'irriguer la récolte surtout en début de végétation après la coupe pour stimuler la croissance. L'irrigation en fin de repousse est à éviter de façon à limiter l'humidité des plantes à la récolte. La luzerne peut être irriguée par

submersion qui est préférée à une irrigation par aspersion, en particulier dans les sols sablonneux. Les volumes d'eau à distribuer dépendent fortement des caractéristiques du sol et des conditions environnementales. En moyenne, 300-500 m<sup>3</sup> par hectare sont nécessaires par irrigation (Melis et al, 2016).

### **III.2.3.3. Le sol**

La luzerne c'est une plante assez exigeante. Elle croit mieux dans une terre profonde, riche en humus et en matière nutritive.

La luzerne supporte assez bien la salinité du sol, jusqu'à 0.03% de NaCo<sub>2</sub>, toutefois ne supporte pas le sol mal drainés. Un pH variant de 6.5 à 7.2 est une garantie de bon développement de la plante. En effet les pH bas causent des problèmes majeurs pour la plante. Des apports de calcium assurent une remontée de pH et débloquent les facteurs limitant la production (Bouabou-mossab, 2001).

Dans un sol normalement équilibré, seuls les apports de potassium sont nécessaires, l'apport en azote est inutile du fait de la capacité de la luzerne à utiliser l'azote atmosphérique et l'azote minéral contenu dans le sol. Son système racinaire est suffisamment important pour puiser et valoriser les éléments nutritifs présents dans le sol (Zanin, 1998).

### **III.2.4. Conduit de la culture de luzerne**

#### **III.2.4.1. Préparation du sol**

Le travail du sol vise à obtenir un lit de semence meuble dans les 20 premiers cm pour faciliter la croissance et la nodulation des racines et pour incorporer des engrais. Un lit de semence fin est particulièrement nécessaire, pour garantir une germination des graines élevée et rapide (HCDS, 2012).

#### **III.2.4.1. Le semis :**

La densité de semis et l'écartement vont modifier la structure du peuplement et conditionner les relations entre le rendement et ses composantes. Pour un rendement grainier élevé, les plantes doivent être semées à grand écartement afin d'obtenir des plantes vigoureuses. L'écartement interligne optimum varie entre 30 et 60 cm, étant donné que les luzernes porte graines sont toujours utilisées en début de saison pour la production de fourrage.

Pour garantir une bonne production et une pérennité de la culture les densités de semis doivent varier de 25 à 40 kg ha<sup>-1</sup>(HCDS, 2012). Dans tous les sols, la profondeur de semis ne doit pas dépasser 1,5 cm (Melis et al, 2016).

#### **III.2.4.2. Fertilisation en cours de culture**

Pour fertiliser un champ de luzerne il faut prendre considération l'exportation de la culture selon le nombre des fauches et les besoins de production des semences. Pour la production d'une tonne de foin de luzerne, on a besoin de 10 Kg de phosphore, 60 kg de potassium et 55 kg d'azote, sachent que ce dernier peut être fixé directement grâce à une symbiose avec la bactérie Rhizobium qui se trouve au niveau des racines. Il faut respecter les recommandations du laboratoire d'analyse du sol, pour calculer les doses annuelles de fertilisation, et dans le cas de non disponibilité de ces dernières on fertiliser avec 02 ou 03 quintaux par hectare de super phosphate (TSP), l'utilisation des engrais potassiques est aussi indispensables avec la même quantité comme Sulfate de potassium ( Zaghoin et al 2012).

#### **III.2.4.3. Contrôle des adventices.**

Les traitements chimiques ne sont pas nécessaires, à l'exception peut-être de l'année d'installation. En cas d'envahissement par des adventices, une coupe de nettoyage faite avant que les adventices produisent des graines doit être suffisante pour nettoyer la culture. Le contrôle des adventices est plus facile avec une association. Association luzerne-graminée qu'avec une culture pure parce que le sol est toujours couvert et les plantes génèrent une concurrence sévère aux adventices (Melis et al, 2016).

#### **III.2.4.4. Protection Phytosanitaire**

Les parasites rencontrés sur luzerne sont surtout les citons et phytonomes et parfois des pucerons. Ces derniers sont combattus facilement par l'utilisation d'un insecticide après coupe (CMGP, 2017).

#### **III.2.4.5. Récolte du fourrage et pâturage**

La luzerne peut être soit fauchée, soit pâturé directement. Sous irrigation, la luzerne est l'une des légumineuses fourragères ayant le rendement le plus élevé jusqu'à 15-20 t an<sup>-1</sup>(HCDS, 2012).

Le stade optimal de récolte (coupe pour le foin ou pâturage) est au début de la floraison (1ère coupe) ou après 4-8 semaines de repousse suivant l'exploitation précédente (coupe ou pâturage). Il faut assurer une repousse suffisante avant une nouvelle coupe, pour favoriser la reconstitution des réserves racinaires et éviter une mortalité des plantes. Le pâturage en rotation doit être préféré au pâturage en continu pour maintenir la pérennité du peuplement (Melis et al, 2016).

#### **III.2.4.6. Conservation des fourrages**

Plusieurs options sont possibles :

- Foin
- Fourrage déshydraté
- Ensilage

Les méthodes de conservation peuvent influencer la valeur nutritive du fourrage en raison de pertes éventuelles de parties de plantes (les feuilles en particulier) ou une altération de la composition biochimique pendant les processus de conservation. Par exemple, la teneur en azote est souvent plus élevée dans la luzerne ensilée que dans le foin, où de grandes quantités de feuilles peuvent être perdues lors de la fenaison (Melis et al, 2016).

La luzerne est difficile à conserver sous forme d'ensilage car elle contient peu de sucre, beaucoup de matière azotée et de cellulose brute. Contrairement à la fenaison, les principales pertes liées à ce mode de conservation ne surviennent pas au champ mais dans le silo. Le degré de préfanage optimal se situe entre 30 et 40% de MS. L'ensilage d'un fourrage trop peu préfané peut entraîner des pertes de jus et des fermentations indésirables (acide butyrique). A l'inverse, les levures et les moisissures profitent des fourrages trop fortement préfanés et/ou dont le tassement est insuffisant. En général, la luzerne est moins sensible aux post-fermentations que les graminées. Pour assurer le meilleur tassement possible, il est recommandé de couper le fourrage en brins courts ou de le hacher. En conditions difficiles, il est conseillé d'utiliser un agent d'ensilage (Meisser et Wyss, 2005).

### **III.3. Associations de céréales et de légumineuses :**

La pratique des associations de céréales et de légumineuses à récolter en graines ou en vert n'est pas récente. D'ailleurs le biologiste finlandais Virtanen, prix Nobel de chimie en 1945, avait montré à l'époque l'intérêt des associations de graminées et de légumineuses. Il avait en effet mis en évidence l'absorption par les graminées d'acides aminés fabriqués et excrétés dans le sol par les légumineuses (Pousset, 2004).

#### **III.3.1. Avantages de l'association de céréales et de légumineuses :**

Utilisées en rotation ou en association dans les systèmes de culture, les légumineuses apportent une certaine contribution en azote en fixant et en intégrant une partie de l'azote atmosphérique dans le système. Les résidus des légumineuses sont plus riches en azote et contribuent à enrichir le sol en cet élément (LaRue et Patterson, 1981). Les cultures associées ou celles qui succèdent aux légumineuses peuvent bénéficier indirectement de l'azote fixé, cet effet qui semble intervenir dans l'accroissement des rendements de la culture associée (Chalk, 1998).

D'après Naudin et al (2010), pour le débouché grains (modèle blé-pois protéagineux), les associations apparaissent, en agriculture conventionnelle, un moyen efficace pour produire autant (rendement, teneur en protéines) que la moyenne des cultures pures avec beaucoup moins d'intrants azotés et donc de consommation énergétique induite.

La présence d'une céréale dans un couvert de pois permettrait de mieux utiliser l'azote minéral du sol en comparaison du pois pur et de réduire ainsi cette ressource pour les adventices limitant la croissance de celles-ci (Hauggaard-Nielsen et al, 2001).

Dans les systèmes d'élevage (modèle triticale-pois fourrager), les associations apparaissent tout à fait intéressantes pour produire un ensilage productif, stable face aux aléas climatiques, riche en fibres et en matières azotées totales, facile à produire en raison de la présence de sucres solubles et économe en intrants (eau, azote, produits phytosanitaires) (Yvergniaux et al, 2007 cité par Corre-Hellou et al, 2013). Ces associations permettent également d'améliorer le rendement et la teneur en matières azotées totales (MAT) de l'ensilage en comparaison à des ensilages de graminées ou de céréales pures (Maxin et al, 2016). Ainsi l'association céréale légumineuse peut diminuer le risque de météorisation très connu pour certaines légumineuses fourragères telles que la luzerne.

Plusieurs travaux ont en effet montré que les associations céréale-légumineuse sont largement plus compétitive vis-à-vis des adventices que la légumineuse cultivée seule (Hauggaard-Nielsen et al 2001).

# **Deuxième Partie : L'étude Expérimentale**

---

## Chapitre IV : Matériels et méthodes

### IV.1. Situation géographique et caractéristique pédoclimatique du site expérimental :

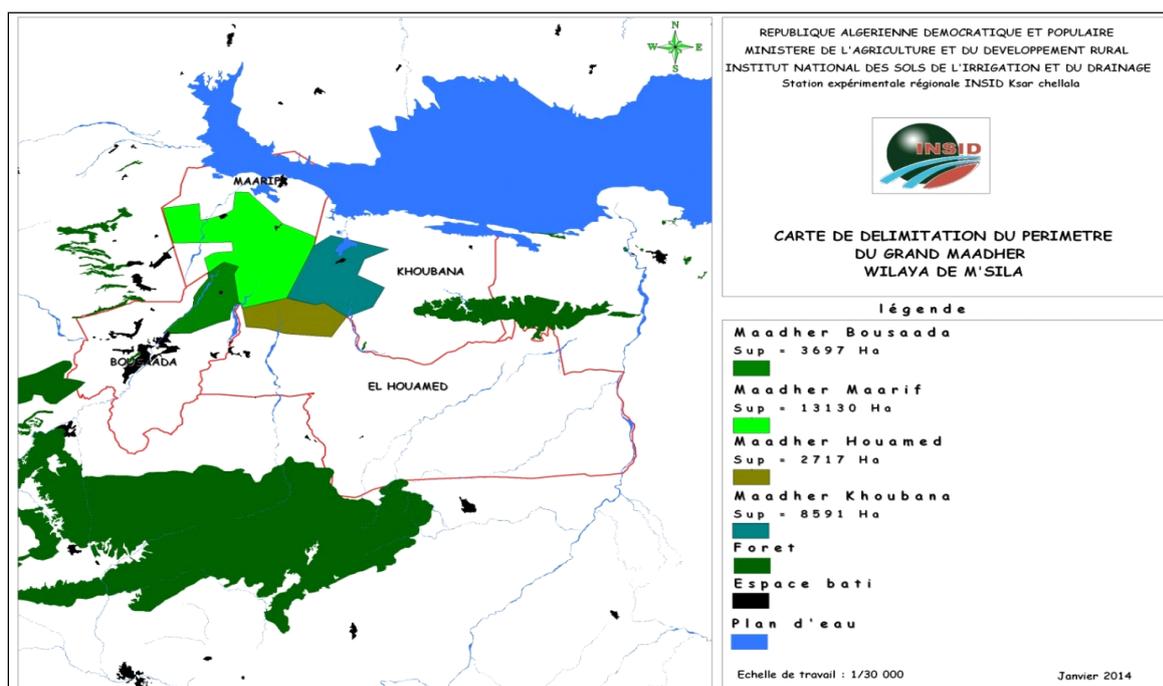
Nous avons réalisé notre travail au niveau d'une ferme qui appartient au monsieur **DJAGHAM AISSA / AIDE** située dans le périmètre du Grand Maâdher (wilaya de M'Sila). Ce périmètre a été créé dans le cadre de la politique de la mise en valeur agricole dans les zones steppiques et sahariennes, il s'étend sur quatre communes (Bou-Saada, Maarif, Khoubana et Houamed) et totalise une superficie de 31367 ha dont 12308 ha en irriguée (Bakach, 2015). Le Grand Maâdher est aujourd'hui considéré comme un exemple de réussite de la politique de mise en valeur et se présente comme le panier de légumes et de fruits de la wilaya de M'sila et aussi comme un bassin laitier. Ce qui a favorisé l'installation de plusieurs entreprises laitières à travers des centres de collecte et de transformation agroalimentaire comme le Conserverie Amer Benomor (CAB) (Bendaoud et Chenaoua, 2015).

Les caractéristiques de l'exploitation sont les suivantes :

- **Wilaya** : M'SILA,
- **Daïra** : KHOUBANA,
- **Commune** : KHOUBANA,
- **Adresse** : DHRAE SBAA,
- **Vocation** : céréalière et élevage ovin,
- **Statut foncier** : dans le cadre de l'A P F A (18/83),
- **Date de création** : 1987,

#### **Terrains :**

- **Surface Agricole Totale** : 08 Ha 55Ares 04 Ca.
- **Surface Agricole Utile** : 08 Ha.
- **Surface Agricole Irriguée** : 08 Ha.
  
- **Cheptel** : 105 têtes de moutons.
  
- **Equipement hydrique** : Un forage (de 100 m de profondeur avec un débit 07 l/s) et un bassin d'accumulation d'une capacité de 100 m<sup>3</sup>.



Source. INSID 2014

#### Carte n° 04 : Délimitation du périmètre du Grand Maâdher

##### V.1.1. Les données climatiques de la région d'essai

Le climat de la région de Bou-Saadâ est du type continental, il est caractérisé par un été sec, très chaud et un hiver très froid.

##### IV.1.1.1. Les températures

Les températures estivales les plus élevées sont celles des mois de juillet et Août. Le mois le plus chaud est juillet avec une température maximale égale à 45,2 °C. Les températures hivernales les plus basses sont enregistrées dans les mois de décembre et janvier. La température la plus basse est celle du mois de janvier (- 0.6 °C). La température moyenne mensuelle varie de 9,06 °C pendant le mois de Janvier à 32,8 °C pendant le mois de Juillet.

##### IV.1.1.2. La pluviométrie

La figure n° 05 montre que la région est caractérisée par une pluviométrie faible et irrégulière. Les mois les plus pluvieux sont septembre, octobre, Avril et mai. La quantité annuelle des pluies varie de 104 mm à 259mm. La moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de d'Avril (21.16 mm) et la plus basse est enregistrée durant le mois de juillet (7,31 mm) (annexe n° 31).

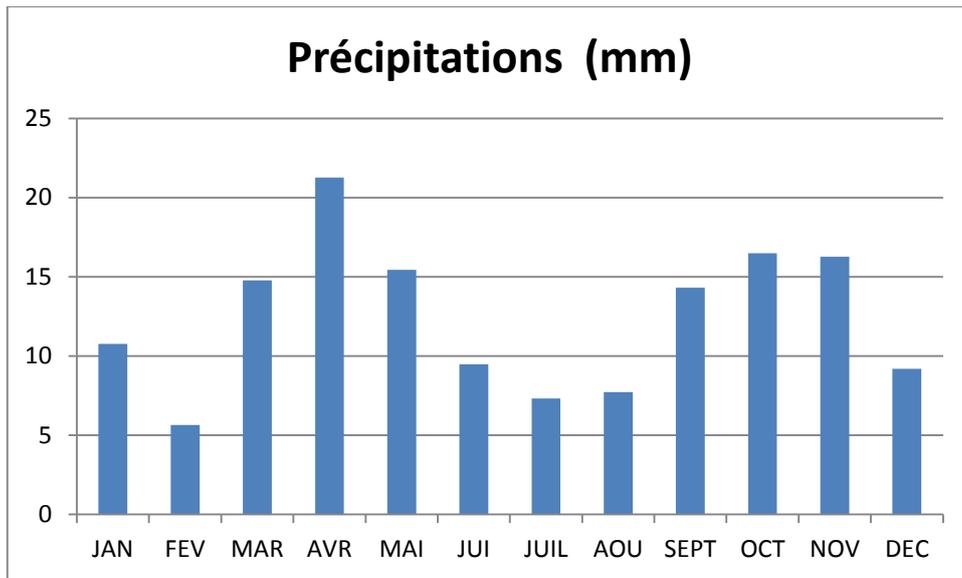


Figure n° 05 : Variations mensuelles des précipitations (mm)

Source. Station météorologique Bou Saada (2011-2019)

Le diagramme ombrothermique (figure n° 06) établit à partir du système de Bagnouls et Gousen (1957) montre que la saison sèche s'étale sur toute l'année (un mois est considéré comme étant sec si la pluviosité (mm) est égale ou inférieure au double de sa température moyenne mensuelle).

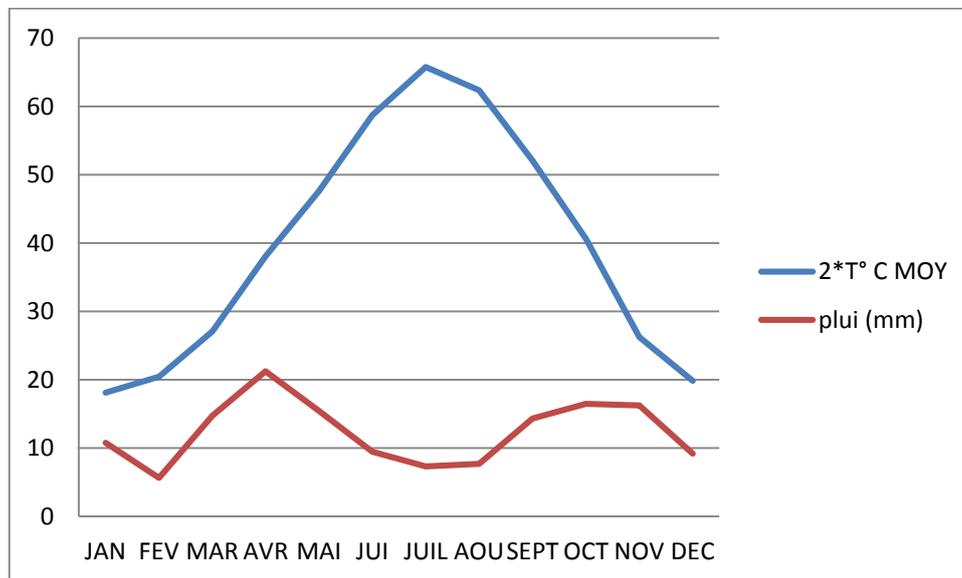


Figure n° 06 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gousen

Source. Station météorologique Bou Saada (2011-2019)

### IV.1.1.3. Données climatiques secondaires

**1- L'humidité relative** : L'humidité relative est plus élevée entre les mois de Décembre et janvier où elle est supérieure à 72%. Durant le mois de juillet, elle est inférieure à 31 % (figure n° 07) (annexe n° 33).

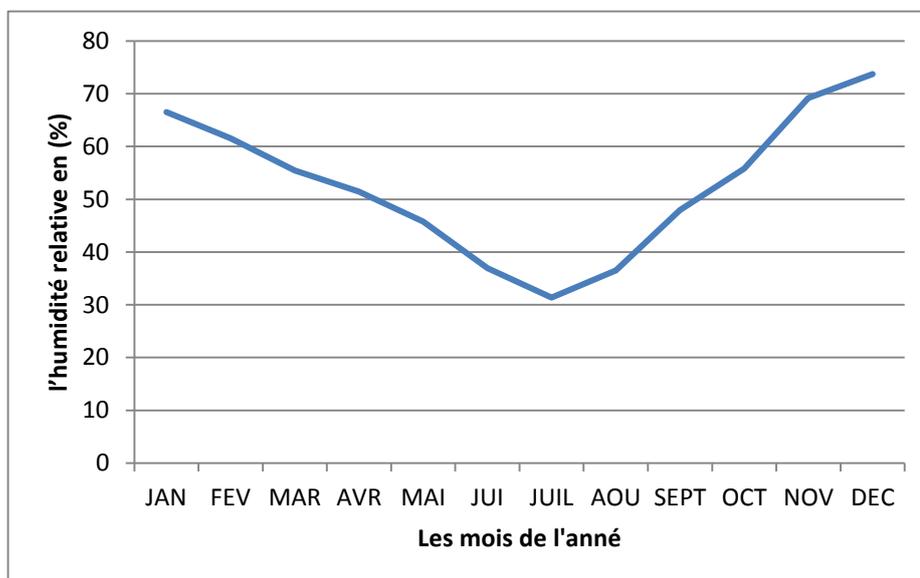


Figure n° 07 : Variations mensuelles de l'humidité relative en (%)

Source. Station météorologique Bou Saada (2011-2019)

**2- Les gelées** : Les dégâts causés aux cultures par les gelées sont à l'origine des pertes des rendements. Ainsi, le nombre annuel de jours de gelée est important dans la région d'étude, dans la période (2011-2019) il varie entre 09 à 33 jours/an et la moyenne annuelle est de 16,11 jour/an. Au mois de décembre où le nombre de jour de gelée est le plus important (3.33 jours en moyenne). Les gelées printanières sont présentes au mois de mars (0.2 jour en moyenne), ces gelées tardives causent des pertes aux cultures (annexe n° 37).

**3-L'insolation** : Les rayonnements solaires atteignant le sol ont un impact important sur le monde animal et végétal. La durée d'insolation moyenne est de 8,5 heures par jour et le nombre d'heures d'ensoleillement est de 3080,617 heures/ an. La durée d'insolation la plus longue est celle du mois de juillet (332,9167 /mois), et la durée la plus courte est celle du mois de décembre (5,5 heures/jour) (annexe n° 34).

**4- Les vents** : En général, les vents ont une vitesse plus ou moins faible, avec une des moyennes ne dépassent pas 2.68 m/s. Les vents dominants de l'hiver et du printemps de direction nord-ouest sont relativement humides. Ceux de l'été soufflant de l'est sont chauds et secs, et parfois accompagnés de sable (annexes n° 36).

**5- L'évaporation** : L'évaporation est influencée essentiellement par la température. Elle est très importante en été et faible en hiver respectivement 308 mm et 36.7mm.

En conclusion, les caractéristiques du climat de la zone de d'étude sont :

- Les températures sont élevées en été notamment en juillet (32,8 °C), et basses en hiver surtout décembre et janvier (9.05 °C) ;
- La pluviométrie est faible et irrégulière avec une moyenne annuelle de 149,9 mm ;
- L'humidité relative est élevée en novembre, décembre et janvier (72%au maximum) et basse en juillet (31%) ;
- Les gelées sont plus ou moins importantes (16,11 jours/an) avec une grande variabilité de nombre de jours entre les années ;
- Les vents sont relativement faibles, humides en hiver et au printemps, secs, et parfois accompagnés de sable en été.

#### IV.1.2. Le sol

Il s'agit d'un sol d'apport alluvial (d'où vient le nom Maâdher en Arabe) avec deux horizons bien distincts, le premier correspond à l'horizon d'alluvions déposées avec une texture limono argileuse et un taux moyen de matière organique, par contre la texture du deuxième horizon est sableuse avec un taux faible de matière organique. Les caractéristiques sont portées sur le tableau n° 06.

**Tableau n° 06 : Caractéristiques du sol du site d'essai**

L'horizon	H1 (0-25 cm)	H2 (Plus de 25 cm)
<b>Granulométrie (%)</b>		
<b>Argile :</b>	34%	00%
<b>Limon :</b>	33 %	37%
<b>Sable fin :</b>	19 %	28%
<b>Sable grossier :</b>	14 %	35%
<b>Conductivité électrique 1/5 à 25°C (dS/m)</b>	0,9	0,6
<b>Taux de matière organique (%)</b>	2,01	1,04
<b>Taux d'azote total (%)</b>	0,206	0,150
<b>Calcaire total (%)</b>	21	17

### IV.1.3. Précédent culturel

La parcelle de notre essai était occupé par un verger d'abricotiers, le quel été planté en 2002 et arraché une année avant l'installation de notre dispositif expérimental où il y'avait des travaux superficiels de nivellement après l'arrachage des arbres après la mort d'une grandes partie de ces arbres à cause de la gommose.

## IV.2.Le matériel d'essai

### IV.2.1.Le matériel végétal

#### IV.2.1.1.L'orge

##### A- Caractéristique de sélection :

- Espèce : *Hordeum vulgare*
- Variété : Saida 183
- Pedigree : sélection généalogique
- Pays d'origine : Algérie
- Année d'inscription : 1995

##### B- Caractérisation au champ

#### Plante

- Port au tallage : Demi-dressé à demi-étalé
- Hauteur (tige, épi et barbes) : Longue

#### Feuille de la base :

- Pilosité de la gaine : Présente

#### Dernièrefeuille :

- Port : Légèrement récurvé
- Pigmentation anthocyanique des oreillettes : Absente
- Intensité de la pigmentation anthocyanique des oreillettes : Très faible
- Glaucescence de la gaine : Moyen

#### Barbes

- Pigmentation anthoyanique des pointes : présente
- Intensité de la pigmentation anthocyanique des pointes : Faible
- Epoque d'épiaison (1er épillet visible sur 50% des plantes) : Tardive
- Longueur par rapport à l'épi : plus longue.
- Denticulation marginale : présente

**Epi :**

- Glaucescence : Nulle ou faible
- Port : Droit
- Nombre de rangs Plus de deux
- Compacité Pyramidale
- Compacité Très lâche

**Rachis :**

- Longueur du premier article : Courte
- Incurvation du premier article : Faible

**Epillet médian**

- Longueur de la glume ou de l'arête par rapport au grain : De même longueur

**Grain**

- Type de pilosité de la baguette : Courtes
- Glumelles : Présentes
- Pigmentation anthocyanique des nervures de la glumelle inférieure : Nulle ou très faible
- Denticulation des nervures dorsales internes de la glumelle inférieure : Forte
- Pilosité du sillon : Absente
- Disposition des lodicules : Latérales

**Type de développement : Hiver**

**C- Caractéristiques agronomiques et technologiques**

- Rendement : élevé
- Poids de mille grains (PMG) : Elevé
- Teneur en protéines : 14,85%.

**D- Résistance aux maladies**

- Oïdium sur feuille : Moyennement sensible
- Oïdium sur épi : Résistante
- Helminthosporiose : sensible

**IV.2.1.2.La luzerne :**

- Espèce : *Medicago sativa L*
- Variété : Triade

- Pérennité : 4 à 5 ans
- Pays d'origine : Italie

#### IV.2.2. Les herbicides

Pour le traitement de la végétation spontanée dans de l'itinéraire de semis directe sous couvert mort nous avons utilisé un herbicide totale non résiduel qui a les caractéristiques suivantes :

**Tableau n° 07 : caractéristiques de l'herbicide GLIFONET 360**

Nom du produit	Composition	pH (80 g/l) à 20°C :	Type
GLIFONET 360	Glyphosate 360 g/l (sous forme de sel d'isopropylamine)	4,4 - 4,9	Total

Pour l'itinéraire de semis direct sous couvert vivant avec herbicide (SCV+H) nous avons utilisé un herbicide sélectif de caractéristiques suivantes :

**Tableau n° 08 : caractéristiques de l'herbicide Dialen® Super**

Nom du produit	Composition	Formulation	Type
Dialen® Super	344g/L 2-4D + 120g/L Dicamba	SL (concentré soluble)	sélectif

#### IV.2.3. Le matériel Mécanique :

Les différents outils utilisés dans notre expérimentation pour la réalisation des différentes opérations culturales sont :

##### IV.2.3.1. Matériel de traction :

Le tracteur utilisé lors des essais pour le labour et la reprise de labour est un tracteur FOTON EUROPARD 250, dans les caractéristiques sont les suivantes :

**Tableau n° 09 : Caractéristiques du tracteur FOTON EUROPARD 250**

Puissance	Nombre de cylindre	Cylindrée	Nombre de rapports	Régime de la prise de force	Empattement	Poids total à vide
25 CV	3	1649 cm <sup>3</sup>	9/3	540 tr/min	1,60 m	1180 kg

Pour la traction du semoir et en raison du son poids très élevé, le semis a été réalisé avec un tracteur Cirta Agrotron 150, dont les caractéristiques sont les suivantes :

**Tableau n° 10 : Caractéristiques du tracteur Cirta Agrotron 150**

Puissance	Nombre de cylindre	Cylindrée	Nombre de rapports	Régime de la prise de force	Empattement	Poids total à vide
150 CV	6	7146 cm <sup>3</sup>	24/4	540 et 1000 tr/min	2,41 m	3670 kg

#### IV.2.3.2. Matériel de travail du sol

##### IV.2.3.2.1. La Charrue :

Le labour a été exécuté avec une charrue à soc dont les caractéristiques sont indiquées dans le tableau n° 10 :

**Tableau n° 11 : Caractéristiques de la charrue**

Nombre des socs	Largeur de travail	Profondeur de travail	Poids	Type
02	70 cm	30 cm	190 kg	Portée

##### IV.2.3.2.2. Le pulvériseur

La reprise de labour a été effectuée à l'aide d'un pulvériseur à disques qui a les caractéristiques suivantes :

**Tableau n° 12 : Caractéristiques du pulvériseur**

Nombre des disques	Largeur de travail	Profondeur de travail	Poids	Type
08	150 cm	10 à 15 cm	270 kg	porté

#### IV.2.3.2.3. Le rouleau lisse

Le rouleau qui a été utilisé lors de notre expérimentation a les caractéristiques suivantes :

**Tableau n° 13 : Caractéristique du rouleau lisse**

Largeur de travail	Poids	Type
2 m	280 kg	Trainé

#### IV.2.3.3. Le pulvérisateur

Nous avons utilisé le pulvérisateur manuel qui a les caractéristiques suivantes :

**Tableau n° 14 : Les caractéristiques du pulvérisateur**

Type	Capacité	Type de pompe	Usage
Manuel de sac à dos	20 l	Pompe à piston	Jardinage agricole

#### IV.2.3.4. Le semoir

Le semis a été réalisé avec un semoir du semis direct de type SOLA SD-1203 qui a les caractéristiques suivantes

**Tableau n° 15 : les caractéristiques du semoir**

Distance entre lignes	Largeur du travail	Système de distribution	Poids	Type	Nombre d'éléments distributeurs
18 cm	03 m	A cannelures	2600 kg	Porté	16

##### IV.2.3.4.1 Le réglage des semoirs :

Le semoir n'étant pas équipé de manivelle, On doit donc agir sur la roue du semoir. Il faut raisonner en tenant compte de la largeur de travail et du diamètre de la roue métallique. Pour définir le nombre de tours à effectuer à la roue, il nous faut connaître deux éléments indispensables : le diamètre de la roue du semoir et sa largeur de travail.

Pour un tour de la roue, la surface ensemencée par le semoir de largeur B est :

$$S = 2\pi R \times B$$

Pour ensemercer un hectare (10.000 m<sup>2</sup>), le nombre de tours à imprimer à la roue est :  
N : le nombre de tours de la roue.

$$Ds = \frac{10000}{2\pi R \times B}$$

### IV.3. Protocole expérimentale

En printemps de la première année (27 mars 2018) on a semé le couvert qui est une luzerne à l'aide de râteau manuel à deux reprises, la première tient sur la formation de lit de semence par le grattage de la surface du sol qui a été un peu ameubli suite aux travaux de nivellement. Le deuxième passage du râteau avait comme rôle de recouvrir les grains de la luzerne qui ont été épandus à la volée avec une dose de 25 kg/ha. Dans ce couvert on a semé directement une orge d'hiver l'automne suivant, cette luzerne a resté toute la période d'essai sur le champ. Pour les parcelles de semis direct sous couvert non associées à l'élevage, la luzerne a été fauchée trois fois pendant la période précédant le semis de l'orge, par contre pour les parcelles associées à l'élevage la luzerne a été pâturée directement par des moutons à trois reprises aussi pendant la même période. En 28 octobre 2018 on a semé l'orge dans toutes les parcelles de notre dispositif expérimental et en fin on a récolté l'orge le 11 Mai 2019.

#### A- La dose de semis :

La dose de semis de l'orge a été réalisée pour obtenir un peuplement de 250 plantes par m<sup>2</sup>, le calcul a pris en considération le PMG (42 g) et la faculté germinative (86%), la dose de semis (Ds) est obtenue par la formule suivante :

$$Ds = \frac{PMG \times Dp}{FG}$$

PMG = poids de mille grains.

Dp = densité de peuplement.

FG = faculté germinative.

Après le calcul, la dose de semis à apporter est 122 Kg/ha, après la définition de la dose de semis on réalise l'essai à poste fixe pour régler le semoir.



**Figure n°08 : vue générale de la parcelle d'essai juste avant le semis de l'orge**



**Figure n° 09 : vue générale de la parcelle au milieu de l'essai**



Figure n° 10 : vue générale de la parcelle au stade maturité (juste avant récolte)

#### IV.3.1.L'irrigation

L'irrigation de la parcelle s'est fait à l'aide d'un réseau d'aspersion composé de six asperseurs de pluviomètre égale à 1,17 mm par heure pour chacun et avec un rayon d'aspersion de 7 m pour chaque asperseur.

Le calendrier d'irrigation pendant toute la période d'essai, a été établie à la base des pratiques d'irrigations adoptées par les agriculteurs de cette région, mentionnées par Bendaoud et Chenaoua (2015), les différentes doses et fréquences d'irrigations sont résumée dans le tableau suivant :

Tableau n° 16 : Calendrier d'irrigation pendant la période d'essai

Année	2018										2019			
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Fréquence par mois	01	04	05	04	05	04	04	05	04	02	02	03	03	04
Dose en mm par chaque irrigation	28	28	28	28	28	28	28	28	21	21	21	21	28	28
Dose mensuel en mm	28	112	140	112	140	112	112	140	84	42	42	63	84	112

### IV.3.2. Le dispositif expérimental :

Le nombre des traitements étant 06 et le nombre de répétitions de 05 (bloc aléatoires), donc un total de 30 unités expérimentales de 18 m<sup>2</sup>, la surface totale est de 709.5 m<sup>2</sup> comme le montre le schéma ci-dessous :

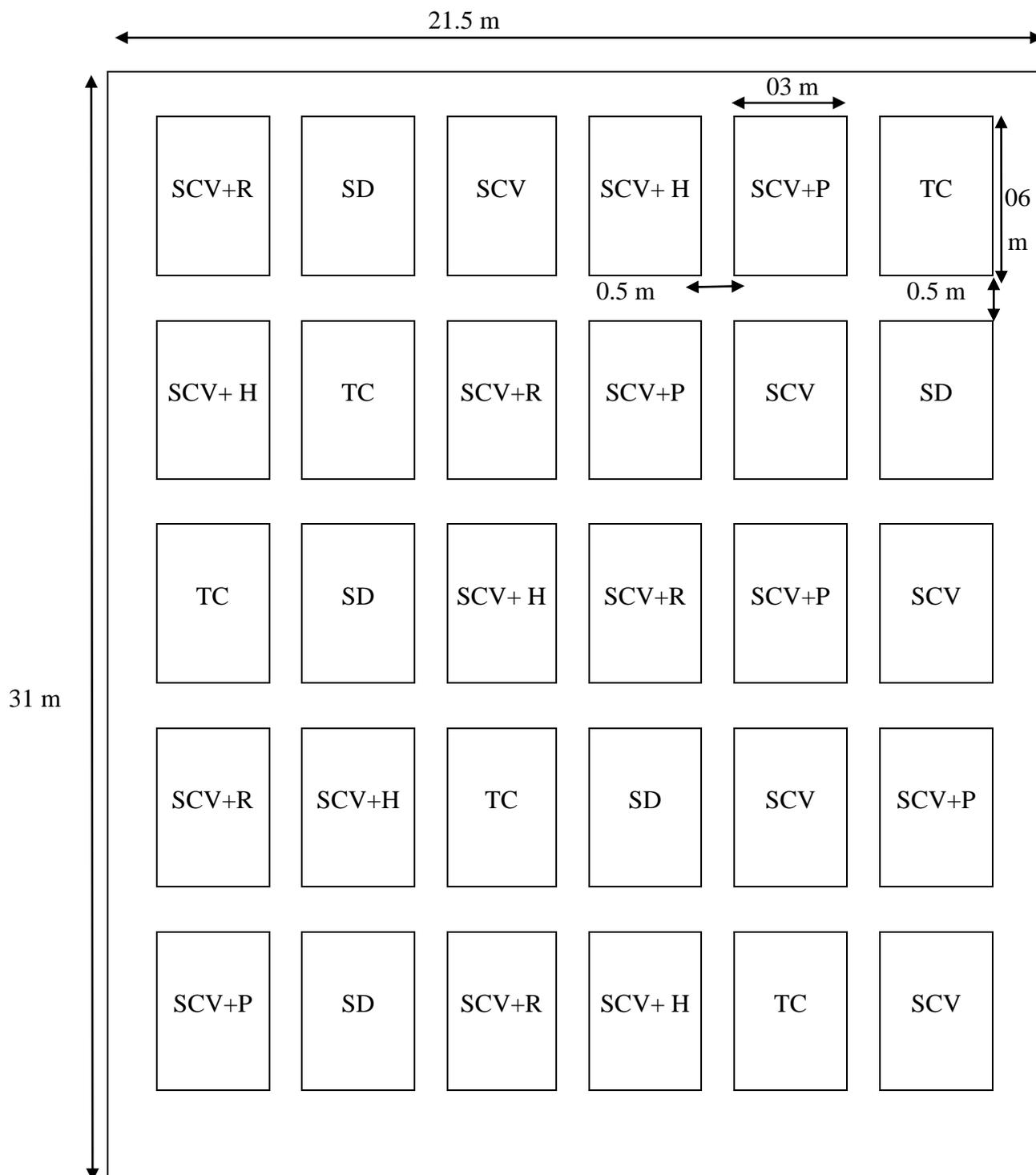


Figure n° 11 : le dispositif expérimental

#### **IV.3.2.1. Les traitements :**

##### **1- Le Travail Conventionnel (TC) :**

Les parcelles de TC ont subi un travail classique qui consistait à un labour à l'aide d'une charrue à socs suivi par une reprise de labour avec un pulvérisateur à disques, et enfin le semis de l'orge à l'aide d'un semoir en ligne vers le 28 d'Octobre 2018.

##### **2- Le Semis Direct sous couvert mort (SD) :**

Pour les parcelles de SD, le semis de l'orge a été effectué sur une couverture morte issue de la végétation spontanée qui s'est développée pendant la période estivale, qui a été traitée avec un herbicide total non résiduel (GLIFONET 360 avec une dose de 04 litre par hectare) une semaine avant le semis direct de l'orge le 28 d'Octobre 2018.

##### **3- Le semis direct sous couvert vivant avec l'application d'un herbicide (SCV + H) :**

Pour ces parcelles, deux semaines avant le semis de l'orge on a coupé pour la troisième fois la luzerne qui a été semée le printemps précédent la campagne de la culture, puis le 28 Octobre 2018 et avec le début de diminution des températures où le développement luzerne se ralentisse on sème directement sur ce couvert l'orge qui va se développer sans problème jusqu'à la période de repos hivernal (début Décembre fin Janvier). Puis juste avant la période de la reprise de l'activité végétative et par crainte d'avoir une concurrence entre l'orge et la luzerne on a pulvérisé un herbicide sélectif à faible dose (0.5 litre par hectare de Dialen<sup>®</sup> Super) d'une façon à affaiblir la luzerne sans la tuer, et une fois l'orge prend le dessus, la luzerne sera calmée par l'effet d'ombre jusqu'à la moisson (Séguy, 2014).



**Figure n° 12 : la luzerne après l'application de l'herbicide sélectif en SCV+H**

#### **4- Le semis direct sous couvert vivant associé au roulage (SCV + R) :**

Ces parcelles vont suivre les mêmes étapes comme celles de SCV+H, sauf pour affaiblir la luzerne et éviter le risque de concurrence, on a procédé juste avant la période de reprise de l'activité végétative à un roulage de toute les parcelles de ce traitements à l'aide d'un rouleau lisse. Contrairement à la luzerne qui craint le roulage, ce dernier va favoriser le tallage des céréales. Et une fois l'orge prend le dessus la luzerne sera calme par l'effet d'ombre jusqu'à la moisson.



**Figure n° 13 : une parcelle de SCV+R après le roulage**

**5- Le S.C.V + P :**

Pour ces parcelles deux semaines avant le semis de l'orge et au lieu de couper la luzerne, cette fois elle a été pâturée directement par des moutons, puis le 28 Octobre 2018 on a semé directement l'orge qui va se développer tranquillement jusqu'à la période de repos hivernal. Puis juste avant la période de la reprise de l'activité végétative on a procédé cette fois à un pâturage direct par des moutons, ce qui va favoriser lui aussi le tallage de l'orge (Bencherif ; 2010), et une fois l'orge prend le dessus, la luzerne sera calmée par l'effet d'ombre jusqu'à la moisson.

**6- Le S.C.V :**

Pour ces parcelles, on ne va rien faire à propos de la luzerne et on voit si cela va compromettre vraiment le rendement de l'orge.



**Figure n°14 : l'association orge-luzerne en SCV**

#### **IV.4.Détermination des paramètres liés au sol :**

Nous avons déterminé les propriétés physique du sol (porosité, humidité, la stabilité structural), le taux de matière organique et le taux d'azote dans le sol pour les différents itinéraires.

On a procédé à faire des échantillonnages trois serrés de prélèvements : la première avant l'installation de dispositif expérimental (mars 2018), la deuxième juste après le semis de l'orge et la troisième au stade final de la culture d'orge (juste avant la récolte le 28 avril 2019), puis des analyses au laboratoire des sols de site d'essai pour déterminer :

##### **IV.4.1. Texture et granulométrie :**

L'analyse granulométrique elle été effectuée selon la méthode internationale laquelle à la pipette de ROBINSON.

##### **IV.4.2.Détermination de la porosité totale :**

La porosité totale est obtenue suivant la méthode du cylindre. Connaissant alors la densité apparente « Da » et la densité réelle « Dr », la porosité totale sera donnée par la formule :  $(Dr - Da / Dr) \times 100$ .

##### **IV.4.3.L'humidité du sol :**

Pour la détermination de l'humidité du sol, nous avons procédé à faire des échantillonnages quatre serrés de prélèvements pendant le cycle végétatif de (P1 : 15/11/2018, P2 : 01/01/2019, P3 : 05/03/2019, P4 : 01/05/2019 ) à l'aide d'une tarière sur deux différentes profondeurs (0 à 25 cm et 25 à 40 cm) un jour avant la reprise d'irrigation dans le but de savoir dans quel traitement le sol retient plus l'humidité. Ces échantillons sont pesés à l'état humide puis mises à l'étuve pondant 24h à 105°C, ensuite pesé à l'état sec, le taux d'humidité a été calculé par la relation suivante :

$$H \% = (PH - PS)/PS * 100$$

H % = Taux d'humidité pondérale

PH = Poids de l'échantillon humide (en gramme)

PS = Poids de l'échantillon sec (en gramme)

#### IV.4.4. La stabilité structurale :

La méthode utilisée afin de déterminer l'indice d'instabilité structurale de nos échantillons est celle proposée par Henin :

Aussi le tableau suivant montre les classes de stabilité structurale d'après log 10 Is (Denis, 2000 in Masmoudi, 2012)

**Tableau n° 17 : classes de stabilité structurale d'après log 10 Is (Masmoudi, 2012)**

stabilité	Log10 Is	Evolution structurale probable
<b>Très stable</b>	< 1	- Aucune manifestation de désagrégation. - Effet durable des sous-solages et labours profonds réalisés en condition sèche
<b>Stables</b>	1,0 – 1,3	- Battance peu probable et peu intense. - Prise en masse hivernale rare. - Sensibilité à l'érosion faible, même sur pentes fortes
<b>Stabilité médiocre</b>	1,3 – 1,7	- Battance fréquente et accentuée en conditions pluvieuses. - Prise en masse lors d'excédents hydriques prolongés. - Erosion en rigole sur pentes fortes (> 3%).
<b>Instable</b>	1,7 - 2,0	- Battance et prise en masse fréquentes en conditions climatique normales. - Erosion fréquente sur pentes moyennes
<b>Très instable</b>	> 2,0	- Battance et prise en masse généralisées. - Imperméabilité totale en fin d'hiver. - Erosion sur pentes très faibles.

#### IV.4.5. Matière organique :

Nous savions dès le départ que la partie superficielle de sol est la plus influencé par l'évolution de la matière organique, c'est pour ça on s'est limité sur les profondeurs de 0 à 10 cm et 25 à 30 cm. Et la détermination de la matière organique a été réalisée par la méthode ANNE.

#### IV.4.6. L'azote total :

L'azote total du sol a été dosé par la Méthode KJELDAHL.

## **IV.5. Études des paramètres relatifs à la culture**

### **IV.5.1. Mesure du taux de germination**

La faculté germinative est déterminée au laboratoire où on a préparé 10 boîtes de pétri, dans chaque boîte de pétri 10 grains de semence sur une couche humide, après 4 jours on compte le nombre des grains qui ont germés (annexe n° 17).

### **IV.5.2. Mesure de la densité de peuplement par mètre carré :**

Il s'agit de procéder à un comptage de nombre de pieds sur des échantillons d' 1 m<sup>2</sup> de surface choisis aléatoirement pour chaque parcelle élémentaire et cela au stade levée et avant le début de tallage.

### **IV.5.3. Capacité de tallage :**

Parmi les talles formées certaines s'arrêtent de croître et se dessèchent, et d'autres poursuivent leur croissance, d'où la distinction entre le tallage herbacée (TH) et le tallage épi (TE) et le rapport TE /TH est variable (Gabriela *et al.*, 2004). C'est pour cette raison que l'évaluation de la capacité de tallage s'est fait au stade épiaison. Les valeurs du coefficient de tallage  $K_t$  sont calculées à partir de la formule suivante :

$$K_t = \frac{\text{nb de talles par metre caré}}{\text{nb de pieds par metre caré}}$$

### **IV.5.4. Hauteurs des tiges :**

Mesurées juste après la récolte de la base des tiges jusqu'à la base de l'épi, 05 mesures ont été prises pour chaque parcelle.

### **IV.5.5. Mesure du poids de mille grains :**

Nous avons procédé au comptage manuel de 250 grains après chaque récolte, ces grains ont été ensuite pesés avec une balance de précision puis multiplié par quatre (04).

### **IV.5.6. Rendement de l'orge (rendement machine)**

Est déterminé après la récolte d' 1 m<sup>2</sup> de surface choisis aléatoirement pour chaque parcelle, puis exprimé en qx/ha.

#### IV.5.7. Rendement de la luzerne

Est déterminé après la récolte d' 1 m<sup>2</sup> de surface choisis aléatoirement pour trois parcelles de la luzerne fauché et pour trois autres de luzerne en pâturé, puis exprimé en botte/ha prenant une botte pèse 40 kg.

#### IV.5.8. La quantité de déchets laissés après chaque exploitation de la luzerne

Déterminé après la collecte du déchet sur une surface d' 1 m<sup>2</sup> choisis aléatoirement pour trois parcelles de la luzerne après fauchage et pour trois autres de luzerne pâturée, puis exprimé en qx/ha.

#### IV.6. L'analyse économique :

Une analyse économique comparative a été effectuée pour voir quel itinéraire génère le plus de profit net. Les différents paramètres étudiés sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau n° 18 : Etablissement de différents résultats économiques**

Le paramètre	Remarques
Prix unitaire de l'orge (DA/quintal)	Selon le prix officiels fixé par la CCLS de M'sila
Prix unitaire de la luzerne (DA/botte)	Selon l'enquête menée par Bendaoud et Chenaoua en 2015
L'achat des semences de l'orge (DA/ Ha)	Selon le prix officiels fixé par la CCLS de M'sila
les charges de préparation du sol et de semis les charges de récolte (DA/ Ha)	Selon le prix établis par le service de la motoculture CCLS de M'sila
L'achat des semences de la luzerne (DA/ Ha)	Le prix d'achat sur le marché
Les charges d'irrigation (DA/ Ha)	Comprennent les charges d'électricité et les charges liées à la main d'œuvre selon l'enquête menée par Bendaoud et Chenaoua en 2015
Les couts d'herbicides (DA/ Ha)	Le prix d'achat sur le marché
Le bénéfice net (DA/ Ha)	Totale recettes – totale charges

#### IV.7. L'analyse statistique

Pour étudier l'effet du différent itinéraire sur les différents paramètres, les analyses de variances seront réalisées avec le logiciel R version 3.5.3 où on a utilisé le package Rcmdr. Pour les paramètres dont les données suivent une loi normale d'après le test Shapiro-Wilk, nous avons utilisé le test ANOVA et le test Kruskal-Wallis dans le cas contraire.

## Chapitre V : Résultats et Discussion

### V. 1. Les paramètres liés au sol

#### V. 1. 1. L'effet des itinéraires technique sur l'évolution du taux de matière organique du sol :

Le niveau de matière organique contenue dans le sol est parmi les critères essentiels quant au jugement de sa fertilité. Il peut également donner un aperçu sur son degré de dégradation, car cela a une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques des sols.

Dans n'importe quelle zone, les meilleurs sols sont les mieux humifiés avec une épaisse couche d'humus (de matière organique). Plus il contient d'humus, plus sont favorables les conditions hydro-aériennes et nutritives du sol (Kaouritchev, 1983).

D'après les résultats obtenus pour l'horizon H1 (tableau n° 19 et figure n° 15), nous constatons que les parcelles du semis direct sous couvert végétal vivant associées au pâturage (SCV+P) ont connu la grande amélioration en termes de taux de matière organique pour atteindre une valeur égale à 2,49 % (soit un pic correspondant à 0,48 %) entre P1 et P2. A un autre égard, nous voyons une diminution de l'intensité de cette augmentation entre P2 et P3. En deuxième place viennent les traitements du groupe de semis direct sous couverture végétal vivant non associés au pâturage, qui ont enregistré des taux finaux de matière organique compris entre 2.16 % et 2.38 %. Viennent, par la suite, les parcelles de SD suivies par celles de TC qui ont occupé la dernière place. Ces deux derniers traitements présentent presque les mêmes formes générales des graphes, où nous constatons une régression de leurs taux de matière organique pendant la première phase (entre P1 et P2), mais d'une façon plus aigüe pour le travail conventionnel, puis ils ont connu une légère augmentation pendant la deuxième phase (entre P2 et P3).

Pour le deuxième horizon H2 les choses sont totalement différentes où les résultats (le tableau n° 15 et la figure n° 16) montrent une supériorité flagrante de la teneur en matière organique pour le travail conventionnel, avec une augmentation lors du deuxième prélèvement P2. Il s'en suit un léger recul en P3, comparativement aux autres traitements, lesquels n'ont pas enregistré de grandes différences entre eux que ce soit à propos de leurs valeurs des taux en matière organique ou bien concernant la régression qu'ils ont tous connue au cours de la période d'essai.

Tableau n° 19 : L'évolution du taux de matière organique

L'horizon	Le traitement	L'évolution du taux de matière organique en%		
		P1	P2	P3
H1 (0- 10 cm)	SCV + P	2,01	2,49	2,508
	SCV+ h	2,01	2,158	2,23
	SD	2,01	1,802	1,984
	TC	2,01	1,2144	1,35
	SCV + R	2,01	2,122	2,16
	SCV	2,01	2,202	2,3824
H2 (25- 30 cm)	SCV + P	1,04	1,074	0,8196
	SCV+ h	1,04	0,83	0,762
	SD	1,04	0,884	0,908
	TC	1,04	1,372	1,214
	SCV + R	1,04	0,996	0,826
	SCV	1,04	0,876	0,77

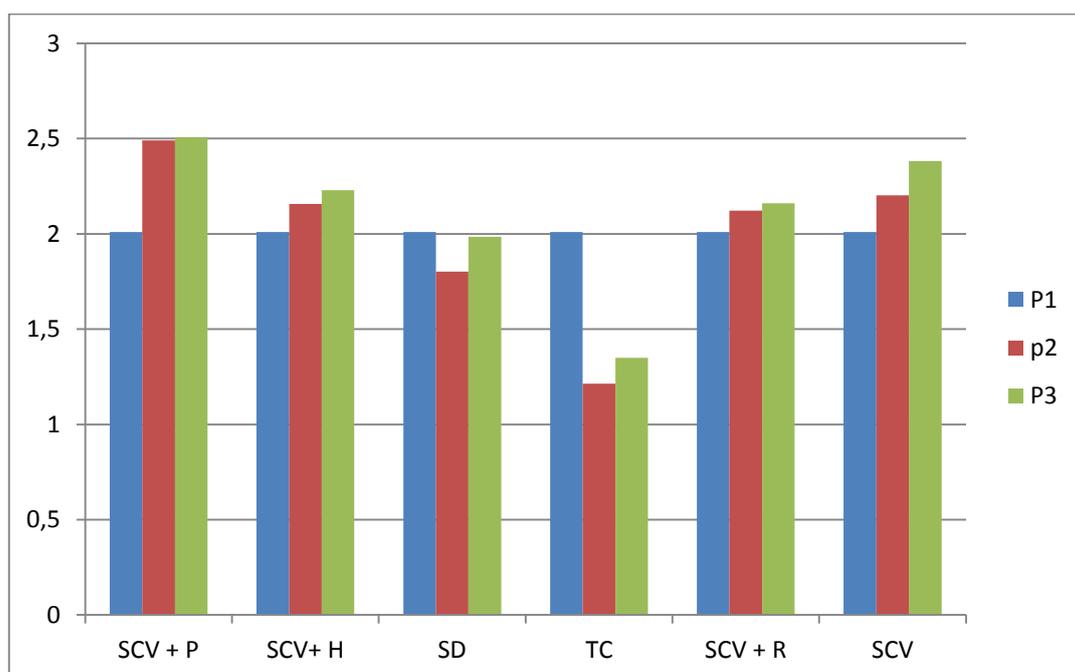
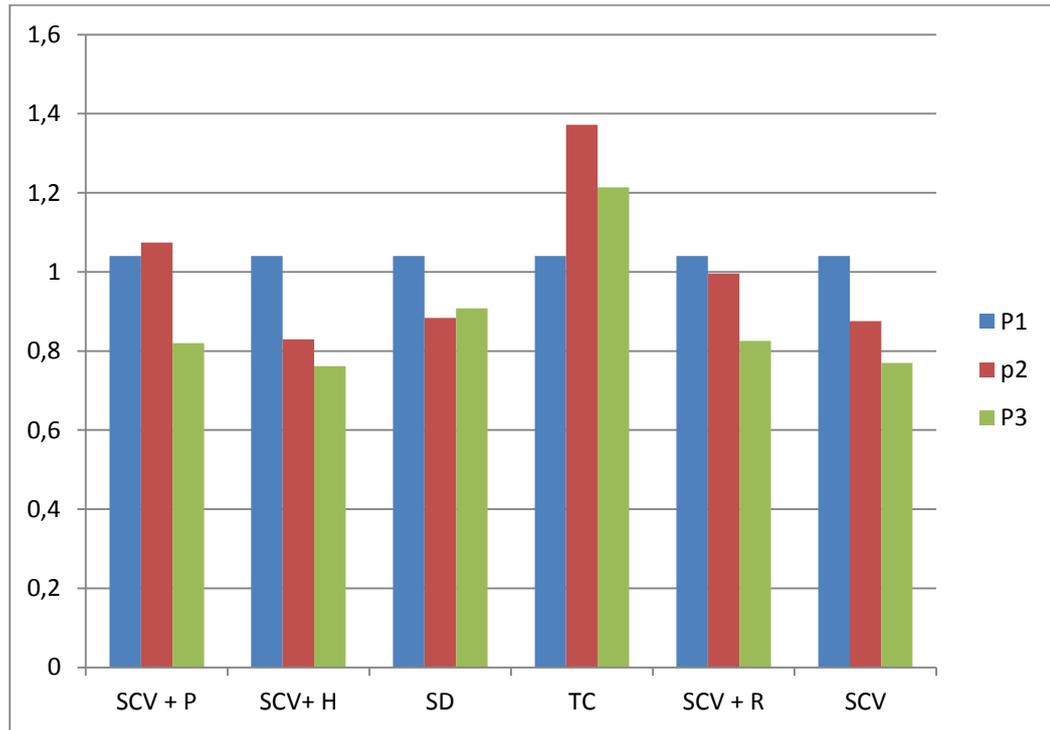


Figure n° 15 : L'évolution du taux de matière organique pour l'horizon H1



**Figure n° 16 : L'évolution du taux de matière organique pour l'horizon H1**

Concernant l'évolution du taux de la matière organique dans le sol, plusieurs auteurs ont attribué aux trois principaux facteurs qui sont : la quantité et la nature de la biomasse restituée au sol (rapport C/N), la température et l'humidité, qui ont des influences directes sur les processus de minéralisation et l'humification de la matière organique (Seguy et al., 2009 ; Razafindramanana et al., 2017).

Dans notre cas, pour le premier horizon H1, nous retrouvons aucun souci pour expliquer l'évolution du taux de la matière organique concernant les parcelles de TC et de SD où la chute qui est apparue au cours du deuxième prélèvement P2 juste après le semis, peut être due à l'absence d'apport en biomasse qui a coïncidé avec une forte minéralisation provoquée par les hausses températures estivales combinées à l'humidité des eaux d'irrigation. En outre, pour le TC, en enfouissant la matière organique, l'action de la charrue a aggravé cette perte en matière organique (Acar et al., 2018). L'augmentation du taux de la matière organique pour la deuxième phase dans le cas de SD peut être due à la décomposition de la couverture végétale qui a commencé à se dégrader après le semis. La légère amélioration enregistrée pour les parcelles de TC en P3, peut revenir à la décomposition des feuilles et des talles qui sont fanées avant le stade de maturité. Penchant sur les autres traitements, nous remarquons que pour les traitements SCV non associés au pâturage et bien que l'exploitation de la luzerne par fauchage laisse plus de déchets donc de biomasse restituée au sol par apport au pâturage qui laisse moins de

biomasse, mais le taux de la matière organique a augmenté d'une façon plus significative pour les parcelles de SCV+P, comparativement aux parcelles de SCV non associées au pâturage. Cela peut être confirmé avec les travaux de Masmoudi (2012) qui a trouvé après 5 ans d'expérimentation, que les parcelles associées au pâturage ont des taux de matières organiques plus élevés par rapport à celles non associées au pâturage, quoique le taux de couverture du sol par les résidus de culture est plus élevé dans le deuxième cas. Aussi, si nous voyons les écosystèmes naturels, nous constatons que la théorie qui prétend que le taux de la matière organique du sol est directement lié à la quantité de biomasse, n'est pas toujours valable, où on trouve que les forêts tropicales ont un faible taux de matière organique (AFD, 2006), bien qu'elles produisent environ 70 tonnes de litière (biomasse) par hectare chaque année (Ciesla, 1997). Et ce, contrairement aux steppes comme les Vastes plaines du Middle West américain et canadien, steppes d'Australie, tchernozyms de Russie et d'Ukraine qui ont des sols dits isohumiques et contiennent de la matière organique sur plus de 40 cm d'épaisseur et parfois jusqu'à 2 mètres (Bourguignon et Bourguignon, 2008), malgré que la quantité de biomasse restituée au sol est beaucoup plus faible et ne dépasse pas les 05 tonne par hectare et par an (Ciesla, 1997). Bourguignon et Bourguignon, (2008) disent que le taux élevé de la matière organique des sols steppiques, est la conséquence de la faible pluviométrie de ces zones, qui ne dépasse pas les 500 mm par an et qui freine la minéralisation. Mais cette explication peut aussi perdre sa fiabilité lorsque nous prenons l'exemple des sols noirs des savanes tropicales, qui ont des horizons humifère très développés (Kaouritchev, 1983), malgré que les savanes tropicales, ont une pluviométrie qui dépasse les 1223 mm par an et une température ne descendant pas au-dessous des 18°C sur toute l'année, donc des conditions très favorables à la minéralisation, avec la dominance de la végétation des graminées à faible production de biomasse. Et si nous cherchons sur le lien entre notre essai, les savanes tropicales et les zones steppiques naturelles, nous les trouverons tous partageant la caractéristique d'être pâturés par de grands nombres d'animaux herbivores. Certains auteurs comme Savory (1986), déclarent que pour les environnements fragiles notamment en climat aride et semis aride comme les steppes mondiales, il n'y a qu'un seul outil pour assurer la durabilité des ressources naturelles, c'est l'intervention directe des animaux herbivores. La vraie raison pour ces taux élevés en matière organique, peut être donc incluse dans les déjections apportées par ces animaux, et plus précisément dans la flore apportée dans ces déjections, notamment les actinomycètes qui sont classés parmi la flore fécale dominante (Haroune et Ouatmani, 2016). En fait, c'est à cause de leur action qui engendre une remonté de température, que le fumier a pris son nom. Les

actinomycètes jouent un rôle très important dans la formation des humus, ce sont eux qui préparent les niches écologiques pour les champignons, grâce aux antibiotiques qu'ils sécrètent ; ils bloquent le développement des bactéries minéralisatrices qui se multiplient vingt fois plus vite que les champignons, avec qui ils partagent la capacité de sécréter des antibiotiques. Les actinomycètes sont responsables de la remonté en température lors du compostage et ce, grâce à ces antibiotiques (Bourguignon et Bourguignon, 2008). Cela nous fait rappeler une ancienne pratique que faisait la population nomade de la steppe algérienne et qui peut paraître bizarre, où les gens de ces régions traitaient les enfants circoncis en leur mettant un peu de fumier de mouton sur l'incision. Aussi, l'action de ces actinomycètes donne l'explication pour laquelle les producteurs du champignon comestible, ajoute le fumier à la paille comme inoculation pour accélérer la première phase du compostage aux cours de la préparation du substrat de culture (GCSAR, 2009), malgré que le rapport C/N dans le fumier est plus faible à celui de la paille, ce qui favorise théoriquement la minéralisation bactérienne.

Concernant le deuxième horizon H2, l'augmentation de la teneur en matière organique enregistrée en travail conventionnel entre P1 et P2, revient principalement à l'action de la charrue qui a retourné la bande de terre en enfouissant la couche de surface riche en matière organique. Revenant à la régression qu'ont connu les autres traitements, elle peut revenir aux pertes dues à la minéralisation bactérienne en l'absence du renouvellement de stock humifère dans cet horizon de profondeur, contrairement au stock de départ provenu de la décomposition des racines des arbres archées la campagne qui a précédé l'installation de notre dispositif d'essai, qui descendent plus profondément.

L'analyse de la variance a confirmé les résultats cités plus haut, où elle a montré un effet très hautement significatif du traitement sur le taux de matière organique pour l'horizon H1 et un effet significatif du même facteur pour l'horizon H2 (le tableau n° et le tableau n° ).

**Tableau n° 20 : classement des groupes homogènes en fonction de leurs taux de matières organiques pour l'horizon H1 :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"ab"	"ab"	"c"	"a"	"c"	"ab"

**Tableau n° 21 : classement des groupes homogènes en fonction de leurs taux de matières organiques pour l'horizon H2 :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"b"	"b"	"b"	"ab"	"a"	"b"

En réalité, l'effet de l'augmentation du taux de matière organique ne s'arrête pas au niveau du sol lui-même, mais cette augmentation peut avoir des impacts positifs qui peuvent atteindre des niveaux à l'échelle environnementale. Elle pourrait même changer le destin de toute une région.

Parmi les plus grands problèmes environnementaux que la planète est en train de vivre, on peut citer le réchauffement climatique, avec une principale cause qui est le gaz à effet de serre dont le gaz carbonique prend le gros paquet. Si on traduit l'amélioration du taux matière organique enregistré dans le traitement du SCV+P - qui est égal à 0,498 % donc un taux de carbone égal à 0,28% - en termes de tonnes de carbone séquestrés par hectare pour la couche de 10 premiers centimètres pendant notre période expérimentation, on trouverait que les parcelle SCV+P ont séquestré la somme de 419,82 tonnes de carbone par hectare de terre, ce qui représente une quantité sensiblement énorme. Ceci peut être confirmé par Lal et al. (2011) et Teague et al. (2016), qui ont attribué un grand rôle au pâturage et aux terres de parcours pour la lutte contre le changement climatique. Contrairement au mythe prétendant que la forêt amazonienne est le poumon de la planète. En fait, les gens qui ont estimé cela n'ont pris en considération que la quantité de carbone fixé par photosynthèse des arbres et ils ont oublié la quantité émise par oxydation bactérienne très élevé qui peut détruire la totalité du Biomasse restituée au sol, favorisé par les conditions du climat tropical. Autrement dit, si la forêt tropicale séquestre vraiment le carbone, elle sera la première mise en péril et ceci pour plusieurs raisons qui se basent sur le fait que la principale matière première des arbres est le CO<sub>2</sub> donc si la forêt tropicale vraiment séquestre le carbone, le potentiel atmosphérique en cet élément va se diminuer et elle aurais déjà connu une faim de carbone et son climat serait devenu glacial à cause de l'annihilation de l'effet de serre assuré en grande partie par le gaz carbonique.

Retournant au rôle du pâturage dans le maintien des écosystèmes naturels notamment dans les régions arides et semis arides telles que les steppes, où on va d'abord voir l'effet de

l'humus sur la végétation. En effet, deux principaux facteurs qui contrôlent la végétation dans n'importe quel écosystème : le climat et le sol (Aubert, 2007). Lorsque nous reprenons une autre fois l'exemple des zones de parcours à travers le monde comme les Vastes plaines du Middle West américain et canadien, steppes d'Australie, tchernozyms de Russie et d'Ukraine ou bien la savane tropicale, on les trouverait tous dominés par une végétation herbacée principalement des graminées bien que leurs climats soient totalement différents, notamment en matière de précipitation qui avoisinent les 500 mm/an pour les zones des steppes et dépassent généralement les 1200 mm/an en savane tropicale. Donc, il ne nous reste que le facteur du sol, et effectivement on trouve qu'ils contiennent tous des grandes quantités d'humus en résultant du pâturage, ce qui peut être la vraie raison du maintien de la végétation dans la strate herbacée même sous climat tropical à travers d'une sorte d'immobilisation partielle d'azote par son maintien dans la structure complexe de cet humus. Cela peut être confirmé, par plusieurs auteurs qui ont constaté l'installation des espèces lignifiées après de longues périodes de sous-pâturage ou de mise en défens dans les terres de parcours, que ce soit steppiques (Bencherif 2011) ou bien subtropicales (Savory 2014).

En effet, un pâturage raisonné ou comme Alan Savory aimait toujours l'appeler la gestion holistique du pâturage (Holistique management grazing), qui évite toute forme de sous-pâturage ou de surpâturage (over rest or over grazing) – contribuera à l'augmentation du taux d'humus des sols. Cela va à son tour permettre de reconstruire un équilibre naturel durable des régions steppiques très fragiles, par le maintien de la végétation à l'étage herbacé, composé principalement de l'association des espèces vivaces microthermiques et xérophiles parfaitement adaptés aux conditions arides de ces zones en développant les mécanismes appropriés (Kaabache, 1991 ; Savory, 2013).

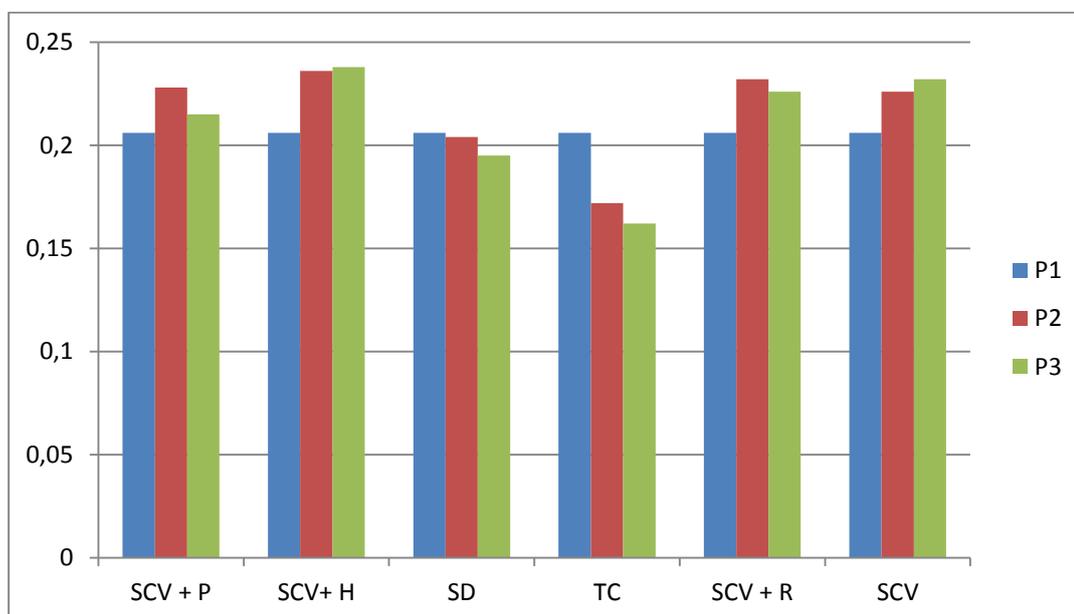
#### **V.1.2. L'effet des itinéraires techniques sur l'évolution de l'azote total du sol :**

L'azote est un élément majeur pour la fertilisation des végétaux, il est prélevé dans le sol sous forme soit nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) soit ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Il a plusieurs rôles dans le développement de la plante. Il est le moteur de la croissance végétale et contribue au développement végétatif de toutes les parties aériennes de la plante, feuilles, tiges et formation des graines d'où sa contribution à l'amélioration du rendement.

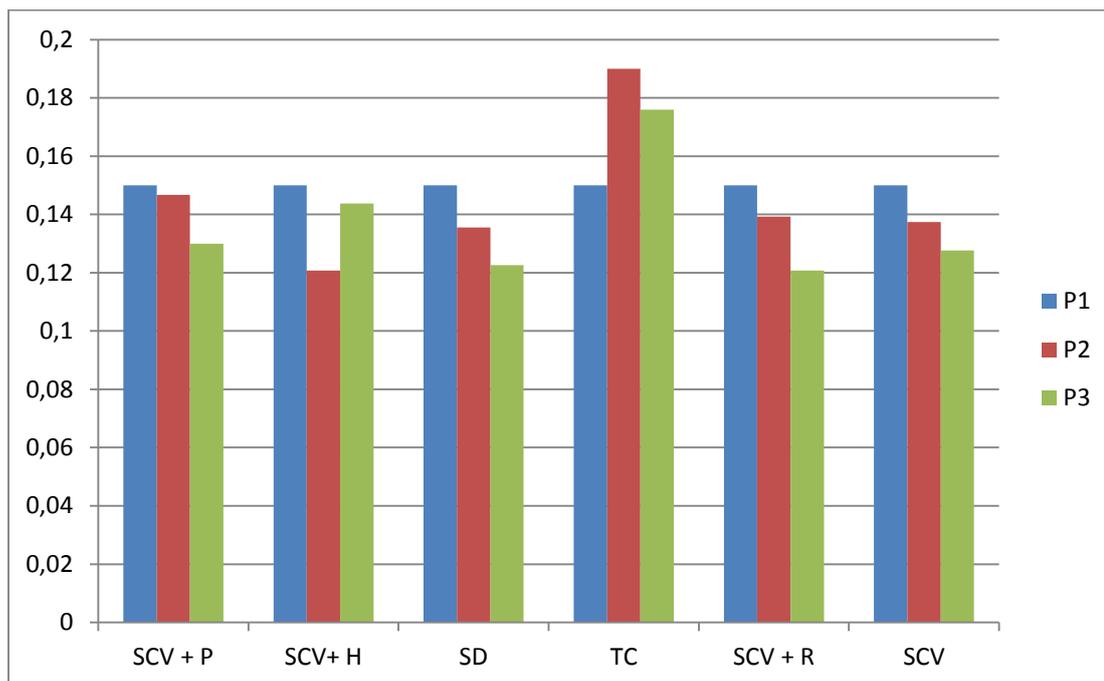
Les valeurs moyennes des taux d'azote correspondants à chaque traitement pour chaque prélèvement sont indiquées dans le tableau et les figures suivantes :

**Tableau n° 22 : L'évolution du taux d'azote total dans le sol**

L'horizon	Le traitement	L'évolution du taux d'azote en %		
		P1	P2	P3
H1 (0-10 cm)	SCV + P	0,206	0,228	0,215
	SCV+ H	0,206	0,236	0,238
	SD	0,206	0,204	0,195
	TC	0,206	0,172	0,162
	SCV + R	0,206	0,232	0,226
	SCV	0,206	0,226	0,232
H2 (25- 30 cm)	SCV + P	0,150	0,147	0,130
	SCV+ H	0,150	0,121	0,144
	SD	0,150	0,136	0,123
	TC	0,150	0,190	0,176
	SCV + R	0,150	0,139	0,121
	SCV	0,150	0,137	0,128



**Figure n° 17 : L'évolution du taux d'azote total dans le sol pour l'horizon H1**



**Figure n° 18 : L'évolution du taux d'azote total dans le sol pour l'horizon H2**

L'analyse factorielle a montré la présence d'un effet très hautement significatif du traitement sur le taux d'azote pour le premier horizon H1. A un autre égard, elle a montré l'absence de cet effet en deuxième horizon H2.

**Tableau n° 23 : classement des groupes homogènes en fonction de leurs taux d'azote pour l'horizon H1 :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"a"	"a"	"ab"	"a"	"b"	"a"

Les résultats d'azote de premier Horizon H1 montrent une avance du groupe des traitements de semis direct sous couvert vivant non associé au pâturage qui sont : le SCV, le SCV+H et le SCV+R, lesquelles ont enregistré la plus grande augmentation du taux d'azote par rapport à celui de départ, chose qui peut paraître principalement dans la première phase (entre P1 et P2), puis l'augmentation se ralentisse en deuxième phase (entre P2 et P3). En deuxième place vient le semis direct sous couvert vivant associé au pâturage (SCV+P) qui a connu entre P1 et P2 une augmentation moins importante comparativement aux traitements précédents,

suivi par un léger recul enregistré aux cours de dernier prélèvement P3. Tandis qu'une légère diminution est signalée en semis direct sous couvert mort (SD) lors de P2 qui s'accroît en P3. Pour le travail conventionnel, les résultats montrent une vraie chute en teneur d'azote par rapport au premier prélèvement, et cela pendant toute la période d'essai.

La différence en taux d'azote entre les parcelles accordés au semis direct sous couvert vivant non associé au pâturage et celui associé au pâturage – bien que l'analyse factorielle a montré que elle n'est pas significative - revient principalement à la quantité de biomasse restituée au sol, constitué principalement de déchets de luzerne riche en azote, où on a mesuré environs  $118 \text{ g/m}^2$  (11,8 qx/ha) de déchets verts laissés après chaque fauchage en SCV non associé pâturage. Contre  $57 \text{ g/m}^2$  (5,7 qx/ha) de mélange (déchet vert et déjection animale) (annexe n° 16) laissé par les brebis à chaque reprise de pâturage en SCV+P. Cela confirme les résultats de taux de matière organique mentionnée précédemment, où on a constaté une grande perte de carbone organique par oxydation bactérienne dans le traitement de SCV non associé au pâturage, le tout favorisé par les fortes températures estivales combinées à l'abondance d'eau d'irrigation, malgré la grande quantité de biomasse restitué, par contre l'azote issu de cette biomasse est resté dans le sol.

L'effet de la combinaison des fortes températures avec l'abondance d'eau d'irrigation peut apparaître une deuxième fois et plus précisément dans la différence des teneurs en azote de chaque traitement entre les deux phases d'essai (P1-P2 et P2-P3). En effet, pour la première phase, la présence de l'eau et les hautes températures a empêché les pertes d'azote par le phénomène de lessivage en créant un phénomène semblable au phénomène de formation des dispersions salines en zone aride (Chotte et Sebkha) où le taux de remontée de l'eau par capillarité provoqué par l'évaporation dépasse le taux de descente de l'eau par infiltration impliquant le dépôt de sels entraîné par la solution du sol sur la surface (Drouit, 2010). Par contre, en deuxième phase, l'évaporation a diminué à cause de la chute des températures hivernales donnant l'avantage à la descente d'eau par infiltration gravitaire par rapport à la remontée d'eau par capillarité entraînant dans les profondeurs une partie d'azote dissoute dans la solution du sol. Ce qui peut être engendré par le recul dans les teneurs d'azote qui a dominé la deuxième phase d'essai pour tous les traitements.

En ce qui concerne le deuxième horizon H2, les résultats d'azote sont cette fois-ci en faveur du travail conventionnel qui a marqué une nette augmentation en P2 par rapport au P1, suivi par une diminution en P3. L'augmentation constatée en P2 peut être la conséquence-cette

fois aussi- de l'action de la charrue qui a fait descendre en cet horizon la couche superficielle riche en azote. Les autres traitements ont connu presque le même scénario où une diminution du taux d'azote a dominé sur toute la période d'essai. Les résultats montrent aussi une intensité de perte en potentiel d'azote total de deuxième horizon H2 pour ces traitements comparativement à l'horizon de surface H1, que ce soit en P2 ou bien en P3, ce qui peut être la conséquence de deux facteurs, le premier est lié à la texture, l'horizon H2 a une texture sableuse par contre l'horizon H1 a une texture limono-argileuse avec une capacité d'échange cationique plus élevé (CEC) ce qui permet de mieux préserver le potentiel des sels minéraux échangeables dont l'azote échangeable qui en fait partie. Le deuxième facteur réside dans le taux de la matière organique qui est très faible en deuxième horizon H2, cette matière organique agit sur deux volets, le premier est sur son pouvoir d'augmenter la CEC et le deuxième sur la capacité de rétention d'azote combiné dans la structure complexe de cette matière organique.

### **V.1. 3. L'évolution de l'humidité du sol :**

De par le rôle de l'eau dans la photosynthèse, dans le transport et l'accumulation des synthèses, la multiplication et le grandissement cellulaire, le maintien du port et la régulation thermique du végétal, l'eau est en effet, l'élément essentiel pour la croissance et le développement des plantes cultivées (Monneveux et This, 1997). Elle assure le contact entre le sol et les racines de la plante (Aidaoui, 1994).

L'eau étant l'élément constitutif d'au moins 80% de la matière fraîche, est aussi une composante du milieu physique dont la variation est à l'origine des plus importantes irrégularités interannuelles du rendement (Salifou, 1992). Il est donc évident que les meilleurs rendements, seraient obtenus en choisissant la technique culturale qui permet au sol de bien stocker l'eau et de le rendre disponible aux racines des plantes.

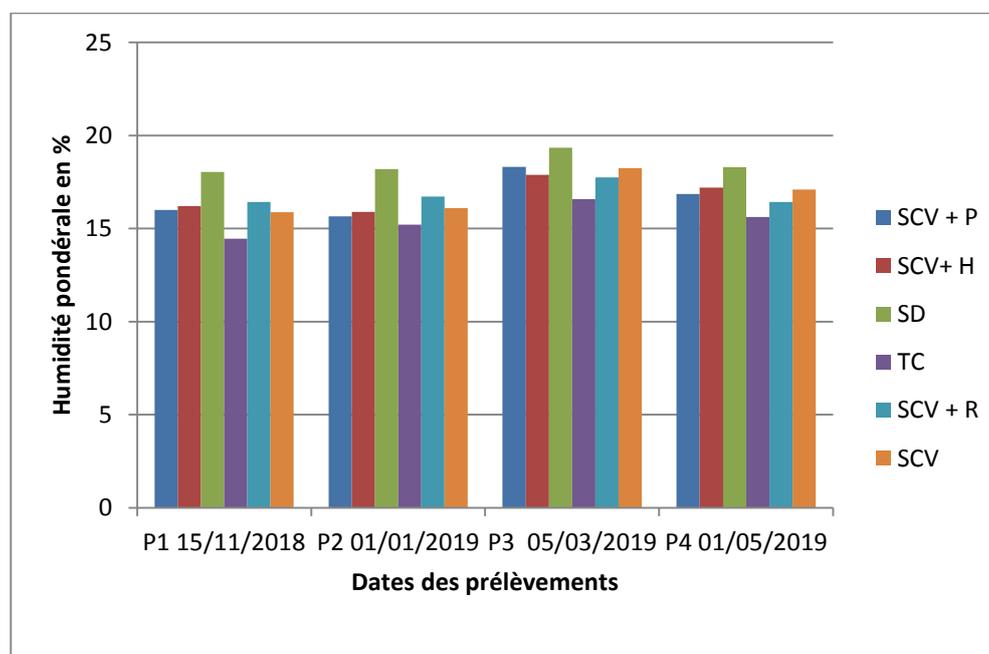
L'analyse de la variance a indiqué qu'il y'a un effet significatif de l'itinéraire technique sur l'évolution de l'humidité du sol à travers le temps pour les deux horizons H1 et H2.

Mais D'après le tableau n° : 24 et les figures (n° 19 : et n° : 20), nous remarquons que l'humidité pondérale est plus élevée dans le cas de semis direct sous couvert mort (SD), suivi par les traitements de semis direct sous couvert de luzerne vivante, qui ont une certaine ressemblance entre eux. Dans la dernière place vient le Travail conventionnel (TC) pendant tout le cycle végétatif et cela pour les deux horizons H1 et H2 avec une supériorité incontestable des valeurs d'humidité de l'horizon H1 par rapport H2 pour les six traitements. Nous remarquons

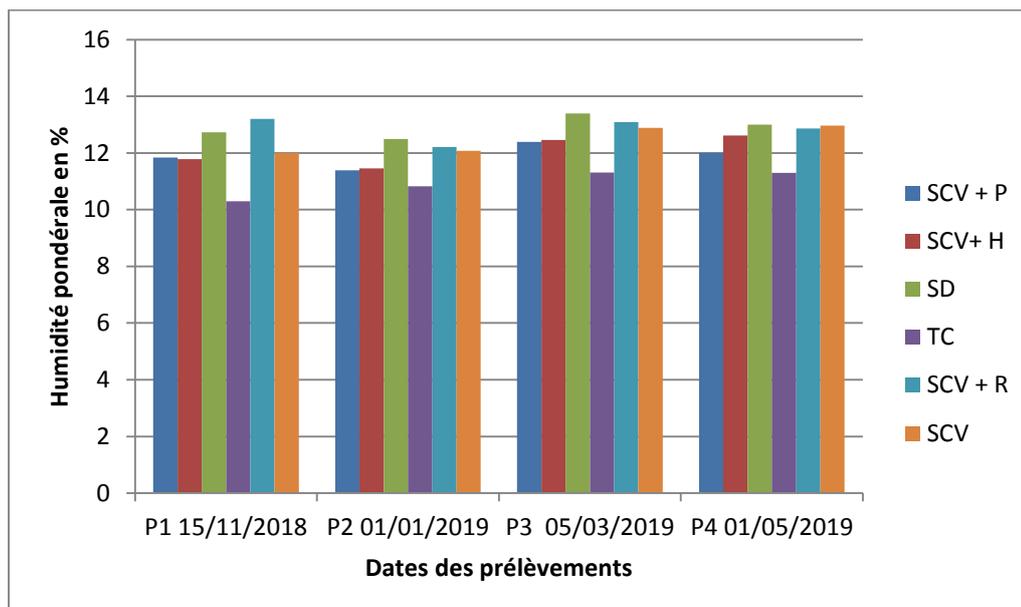
aussi que l'écart entre les valeurs de l'humidité des différents traitements commence à diminuer au fur et à mesure qu'on se rapproche du stade maturité.

**Tableau n° 24 : L'évolution de l'humidité pondéral pendant la période d'essai**

L'horizon	Le traitement	L'évolution du taux d'humidité en %			
		P1	P2	P3	P4
H1 (0- 25 cm)	SCV + P	16,01	15,66	18,32	16,85
	SCV+ h	16,20	15,90	17,88	17,20
	SD	18,04	18,20	19,34	18,30
	TC	14,46	15,20	16,58	15,63
	SCV + R	16,44	16,72	17,76	16,43
	SCV	15,87	16,10	18,25	17,10
H2 (25- 40 cm)	SCV + P	11,84	11,39	12,40	12,01
	SCV+ h	11,79	11,45	12,46	12,61
	SD	12,73	12,50	13,40	13,00
	TC	10,30	10,83	11,31	11,30
	SCV + R	13,20	12,22	13,09	12,87
	SCV	12,00	12,08	12,89	12,97



**Figure n° 19 : L'évolution de l'humidité pondérale pour l'horizon H1**



**Figure n° 20 : L'évolution de l'humidité pondérale pour l'horizon H2**

La différence dans les valeurs d'humidité pondérales entre les différents traitements peut être attribuée au taux de couverture du sol (le paillage). Cette couverture permet de réduire fortement les pertes en eau par évaporation (Lahmar 2006, Patil 2016). Dans notre cas d'étude, on voit que pour le cas de semis direct sous couvert mort (SD), le maintien de la totalité de la couverture issue de la destruction de végétation spontanée, a fourni une épaisse couche de mulch. Pour les parcelles de semis direct sur couverture vivante associées ou non au pâturage, qui malgré la présence des résidus de culture, ils restent toutefois insuffisants, et la couverture du sol est assurée principalement par la luzerne. Pour le travail conventionnel, le labour a laissé le sol nu, ce qui a augmenté le risque de dessèchement rapide par évaporation, cette dernière va être ralentie un peu vers la fin du cycle végétatif, et cela peut être dû à l'effet d'ombrage fourni par la culture de l'orge elle-même et par la fine couverture laissée par les talles et les feuilles qui ont fané avant la maturité.

Les différences entre les valeurs de l'humidité de l'horizon H1 et H2, reviennent principalement aux textures de ces deux horizons. Le premier a une texture limono-argileuse avec une grande capacité de rétention d'eau, et le deuxième a une texture sableuse, qui retient mal l'eau (Drouit, 210 ; Masmoudi et al, 2019)

**Tableau n° 25 : classement des groupes homogènes en fonction de l'humidité pour l'horizon H1 :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"ab"	"ab"	"a"	"ab"	"b"	"ab"

**Tableau n° 26 : classement des groupes homogènes en fonction de l'humidité pour l'horizon H2 :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"a"	"ab"	"a"	"ab"	"b"	"b"

#### **V.1.4. L'effet des itinéraires techniques sur l'évolution de la porosité :**

La porosité du sol est une caractéristique majeure contrôlant les propriétés hydrodynamiques du sol et le développement racinaire des plantes, mais aussi un indicateur physique de la qualité du sol influencée par les différentes techniques culturales.

Pour notre cas d'étude, l'analyse statistique confirme la présence d'un effet hautement significatif de traitement sur l'évolution de la porosité du sol où nous constatons que l'itinéraire qui a enregistré la valeur de porosité la plus élevée est le travail conventionnel TC lors de deuxième prélèvement P2. Toutefois, cette porosité diminue entre P2 et P3. En deuxième place viennent les traitements de semis direct sous couvert vivant que ce soit ceux non associés au pâturage (SCV, SCV+H et SCV+R) ou bien celui associé au pâturage (SCV+P), lesquelles ont connu une légère diminution lors de P2 avec des valeurs de porosité presque voisines comprises entre 18.88% et 19.91% suivi par une phase stationnaire entre P2 et P3. Pour le semis direct sous couvert mort (SD) qui vient en dernière place, les résultats montrent une régression de la porosité en P2 par rapport au premier prélèvement P1, toutefois, la porosité augmente un peu en P3.

Tableau n° 27 : l'évolution de la porosité

Le traitement	porosité (%)		
	P1	P2	P3
SCV + P	20,02	19,91	19,44
SCV+ H	20,02	19,89	20,09
SD	20,02	17,13	17,77
TC	20,02	27,31	23,14
SCV + R	20,02	19,58	19,19
SCV	20,02	18,88	19,29

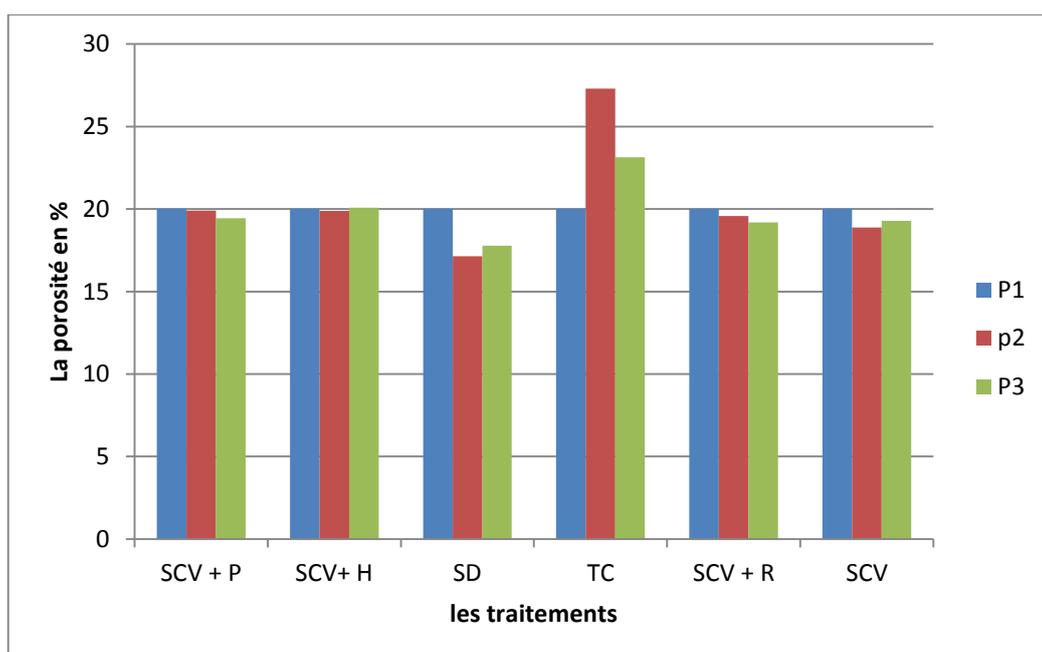


Figure n° 21 : l'évolution de la porosité

L'augmentation de la porosité en P2 confirme l'impact du travail conventionnel du sol (labour et reprise de labour) sur la couche arable qui consiste à soulever et retourner la terre puis à fragmenter les mottes cohérentes pour favoriser un vide important entre les différentes particules du sol (Amara, 2007 et Zoubiri, 2009), mais cette porosité ne dure pas longtemps et elle se diminue suite au tassement due aux eaux d'irrigation. Retournant à la différence existante entre les traitements de SCV et le traitement de SD, qui peut être attribué à la durée

d'installation du couvert. Ce couvert a parmi ces principales fonctions de protéger le sol contre l'action agressive des gouttelettes d'eau d'irrigation (tassement). Pour le SD, la couverture du sol est assurée par la végétation spontanée, laquelle a pris une longue période à s'installer, laissant le sol nu sous l'action directe des gouttelettes d'eau, par contre la luzerne n'avait besoin que de quelques jours pour se développer en assurant une meilleure protection du sol (Tebrügge et Düring, 1999 ; Lahmar, 2006). L'augmentation de porosité en P2 pour le SD peut être due à l'action des racines de la culture.

**Tableau n° 28 : classement des groupes homogènes en fonction de la porosité :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"b"	"ab"	"b"	"b"	"a"	"b"

#### **V.1.5. L'effet des itinéraires technique sur l'évolution de l'Indice d'instabilité :**

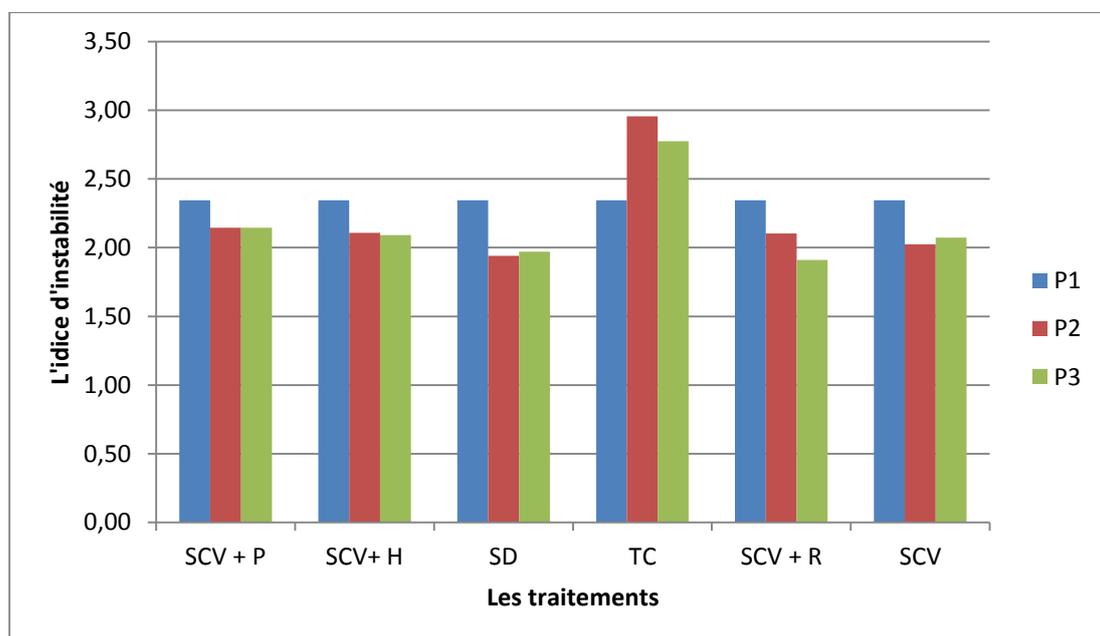
La stabilité structurale est l'aptitude d'une terre à maintenir son état d'agrégation lors d'une agression par l'eau (Mrabet *et al.*, 2005).

Les résultats de l'indice d'instabilité structurale (le tableau n° : 29 et la figure n° : 22 ) montrent une amélioration de la stabilité structural des sols pour tous les traitements, ce qui est engendré par une diminution de cet indice comparativement à la valeur de départ P1, sauf pour le travail conventionnel (TC) qui a connu une augmentation de l'indice d'instabilité lors de P2 par apport à P1, puis une diminution en P3.

Aussi l'analyse de la variance a montré un effet hautement significatif de traitement sur l'évolution de la stabilité structurale de sol.

**Tableau n° 29 : L'effet des itinéraires technique sur l'évolution d'Indice d'instabilité :**

Le traitement	Le prélèvement					
	P1		P2		P3	
	Is	Log 10 IS	Is	Log 10 IS	Is	Log 10 IS
<b>SCV + P</b>	2,35	0,37	2,14	0,33	2,15	0,33
<b>SCV+ h</b>	2,35	0,37	2,11	0,32	2,09	0,32
<b>SD</b>	2,35	0,37	1,94	0,29	1,97	0,29
<b>TC</b>	2,35	0,37	2,96	0,47	2,78	0,44
<b>SCV + R</b>	2,35	0,37	2,10	0,32	1,91	0,28
<b>SCV</b>	2,35	0,37	2,03	0,31	2,07	0,32



**Figure n° 22 : l'évolution de l'Indice d'instabilité**

L'augmentation de l'indice d'instabilité dans le cas du travail conventionnel confirme les résultats de nombreuses recherches dans différentes zones climatiques à travers le monde qui ont révélé des problèmes de stabilité structurale aux sols labourés (Bourguignon et Bourguignon, 2008 ; Dormaar et Carefoot, 1996 ; Soltner 1998 ; Ferhat, 2016). Par contre,

pour les autres traitements qui sont basés sur le semis direct sous couvert que ce soit mort ou vivant la minimisation de perturbation du sol a contribué à une meilleur stabilité structurale, mais d'une façon générale, la classification basée sur Log 10 Is (Denis, 2000 cité par Masmoudi, 2012) montre que les valeurs Log 10 Is varient entre 0,27 et 0,47 au pire cas en travail conventionnel (TC). Ce qui met tous les sols des parcelles de nos traitements dans la case des sols très stables ( $\text{Log } 10 \text{ Is} < 1$ ) (Tableau n° 17) et cela revient à la combinaison de deux principaux facteurs qui sont le taux d'argile avec le taux de calcaire qui dépasse les 20% ce qui augmente la stabilité structurale. Ces sols argilo-calcaire sont réputés pour leur bonne stabilité structurale (Bourguignon et bourguignon 2008, Heddadj et Cloarec, 2010).

**Tableau n° 30 : classement des groupes homogènes en fonction d'indice d'instabilité :**

<b>Traitement</b>	<b>SCV</b>	<b>SCV+H</b>	<b>SD</b>	<b>SCV+P</b>	<b>TC</b>	<b>SCV+R</b>
<b>Regroupement</b>	"b"	"b"	"b"	"b"	"a"	"b"

## V.2. Evaluation de paramètres liés à la culture

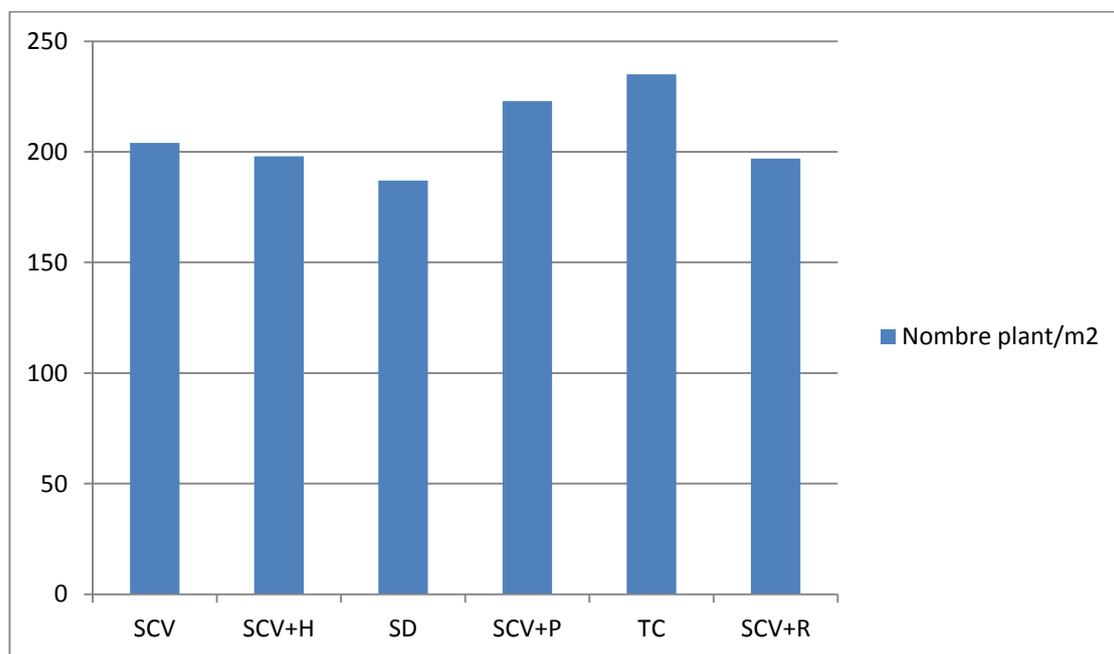
### V.2.1. La densité de peuplement

Il s'agit de procéder à un comptage du nombre de pieds sur des échantillons de 1 m<sup>2</sup> de surface choisi aléatoirement et cela au stade fin-levée.

Les valeurs détaillées sont données dans le tableau en annexe n° 10. Les valeurs moyennes calculées de la densité de peuplement en nombre de pieds/m<sup>2</sup> sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau n° 31 : La densité de peuplement**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Nombre plant/m <sup>2</sup>	204	198	187	223	235	197



**Figure n° 23 : La densité de peuplement**

D'après les résultats mentionnés dans le tableau et représentés graphiquement par l'histogramme ci-dessus, on constate que le taux de levées le plus important est celui du TC (travail conventionnel) comparativement aux autres traitements. Cet écart peut être justifié par l'action de labour et la reprise de labour qui contribuent à la formation d'un bon lit de semence

en créant un environnement favorable à la germination des graines (Köller, 2003). En deuxième place, vient le SCV+P (semis direct sous couvert vivant associé au pâturage) suivi par le SCV (semis direct couvert vivant seul), puis le SCV+H (semis direct couvert vivant avec l'application d'herbicide) et le SCV+R (semis direct couvert vivant avec le roulage) et enfin, vient le SD (semis direct sous couvert mort) qui a connu le plus faible taux de levée avec une moyenne qui ne dépasse pas les 187 pieds/m<sup>2</sup>. Mrabet (2001) confirme que le taux de levée en semis direct est étroitement lié à la quantité de résidus présents sur la surface du sol lors de semis. En fait, ces résidus constituent un vrai obstacle qui empêche le bon contact grain-sol, ce qui peut apparaître très clairement dans notre cas d'étude où on a constaté que le pâturage laisse moins de résidus de luzerne par apport aux traitements qui exploitent la luzerne par fauchage (le groupe des SCV non associés au pâturage) laissant plus de déchets. En ce qui concerne le semis direct sous couvert mort (SD) le maintien de la totalité du couvert issu de la végétation spontanée a été traduit par ce taux de levée très faible.

L'analyse factorielle indique qu'il y'a un effet très hautement significatif de l'itinéraire sur la densité de levée. Le tableau suivant donne la qualification des groupes homogènes :

**Tableau n° 34 : classement des groupes homogènes en fonction de leurs densités de peuplement :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"c"	"cd"	"d"	"b"	"a"	"cd"

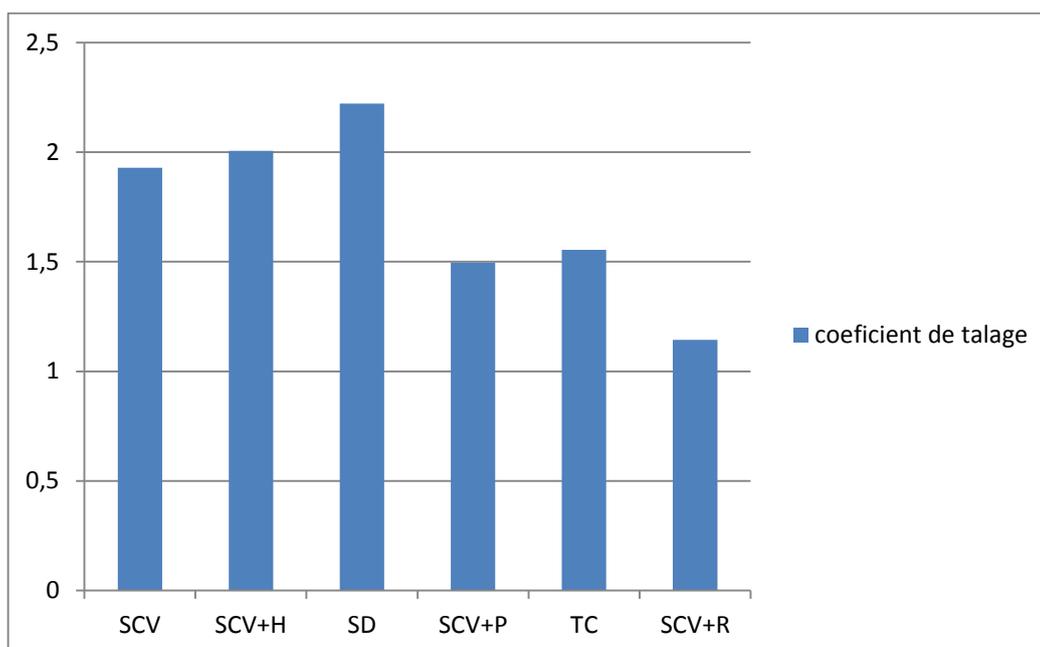
### V.2.2. L'incidence des itinéraires sur la capacité de tallage

L'évaluation de la capacité de tallage s'est faite au stade épiaison

Le tableau n° : 35 et la figure n° 24 présentent les valeurs moyennes du nombre de talles par mètre carré et du coefficient de tallage K<sub>t</sub>:

**Tableau n° 35 : La capacité de tallage**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Nombre de talles /m <sup>2</sup>	387	395,6	406,6	331	373	227
Coefficient de tallage K <sub>t</sub>	1,93	2,01	2,22	1,50	1,55	1,14



**Figure n° 24 : La capacité de tallage**

L'analyse de la variance confirme qu'il y'a un effet très hautement significatif du traitement sur la capacité de tallage. En outre, d'après le tableau ci-dessus, on remarque que le traitement du semis direct sous couvert mort présente le coefficient du tallage le plus élevé suivi par le SCV+H (semis direct couvert vivant + herbicide), puis le SCV (semis direct couvert vivant seul) et en quatrième position vient le TC (travail conventionnel). De là, on peut constater clairement pour ces quatre premiers traitements, que le coefficient du tallage K<sub>t</sub> semble être

inversement proportionnel à la densité de peuplement. Moule (1971) a confirmé qu'une forte densité de semis réduira le tallage de toutes les céréales. Cela revient principalement à la concurrence qui s'est établie entre les pieds de l'orge lui-même. En effet, l'indice de concurrence d'une céréale d'hiver est plus élevé que le chiendent, et elle se concurrence bien davantage lui-même qu'avec les adventices, aux dépend de sa vigueur de végétation (Bonfils in Erudihen, 2011). Dans les dernières places viennent respectivement le SCV+P (semis direct couvert vivant associé au pâturage) et le SCV+R (semis direct couvert vivant avec l'application du rouleau lisse) avec un net recul enregistré en matière du coefficient de tallage par rapport aux autres traitements. Ce recul peut être justifié par l'augmentation précoce des températures fin-février début-mars qu'a connu la campagne de culture et qui a coïncidé avec la phase de début tallage pour ces deux traitements, contrairement aux quatre autres traitements qui auraient déjà abouti au stade fin tallage en cette période. En effet, les températures trop élevées en phase de tallage augmentent la dominance apicale : les talles jeunes (les talles secondaires) sont alors inhibées et ne se développent pas (Gate, 2008). Pour le cas SCV+R (semis direct couvert vivant + roulage), on a constaté un retard de la réactivation de végétation après leur écrasement sous l'action du rouleau comparativement au SCV+P (semis direct couvert vivant associé au pâturage) où la végétation s'est reprise plus vite. Ce retard a été traduit par une diminution supplémentaire de coefficient de tallage  $K_1$  qui peut être la conséquence de la concurrence de la luzerne qui a repris sa croissance avec les remontées des températures.

**Tableau n° 36 : classement des groupes homogènes en matière de leurs capacités de tallages :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"abc"	"ab"	"a"	"cd"	"bd"	"d"

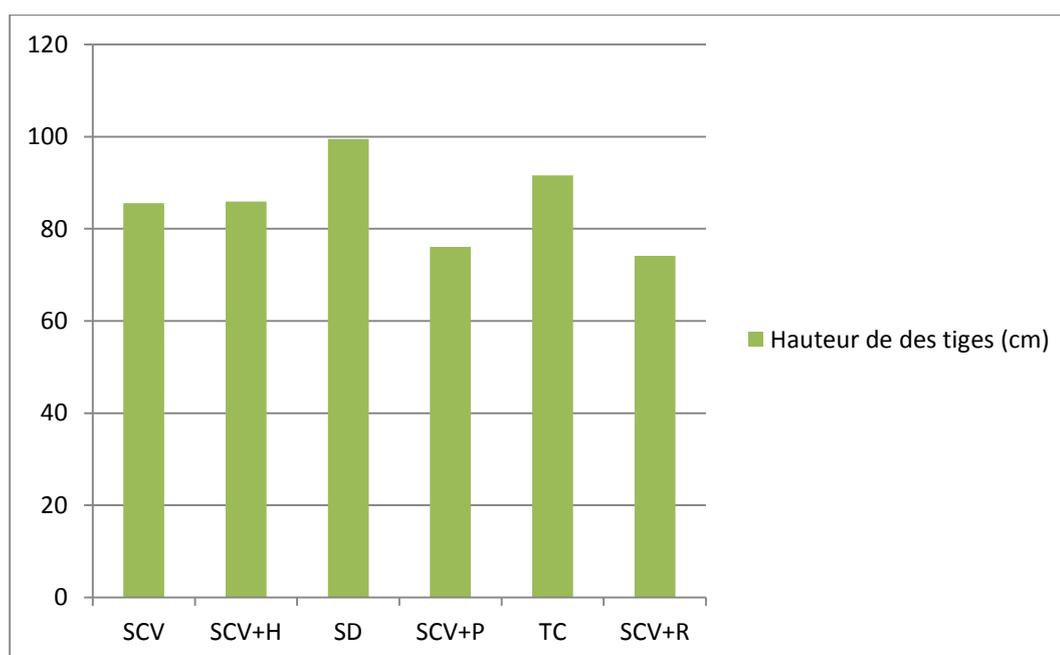
### V.2.3. La hauteur des tiges :

Pour montrer l'influence de différentes techniques sur la hauteur des tiges, nous avons déterminé la hauteur moyenne des tiges pour chaque technique.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau et la figure suivants :

**Tableau n° 37 : les hauteurs moyennes des tiges**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Hauteurs des tiges (cm)	85,6	85,88	99,52	76,08	91,56	74,12



**Figure n° 25 : les hauteurs moyennes des tiges**

Le SD présente la valeur la plus élevée. Cela peut être la conséquence de l'épaisse couche de paillage qui contribue d'une part à l'amélioration de la rétention de l'eau, et d'autre part, à jouer le rôle d'un isolant thermique qui protège le sol contre les effets des basses températures hivernales, ce qui a assuré une réactivation racinaire précoce, autrement dit, une sortie précoce de la dormance hivernale (0°C végétatif) (Simon, 2014), traduite par l'avance constatée dans le cycle végétatif pour les parcelles du SD. En deuxième place, vient le TC suivi par le SCV+H et le SCV qui ont deux valeurs voisines. L'avance constatée en TC par rapport

au SCV+H et au SCV peut être due au bon enracinement, favorisé par une meilleur porosité dans les parcelles du TC, ce qui était confirmé par les travaux de Zoubiri (2009). Les deux dernières places sont occupées par SCV+P et SCV+R qui ont enregistré les valeurs moyennes des hauteurs des tiges les plus basses. Ceci peut être cette fois aussi causé par la remontée des températures en phase montaison en retard pour ces deux traitements par rapport aux autres traitements. D'après Gate (2008), les fortes températures en cours de montaison ont également tendance à réduire la longueur des entre nœuds, même en conditions non limitantes d'alimentation hydrique. Ceci a été confirmé par l'analyse statistique qui a montré un effet hautement significatif du traitement sur la hauteur des tiges.

**Tableau n° 37 : classement des groupes homogènes en matière de leurs hauteurs moyennes des tiges :**

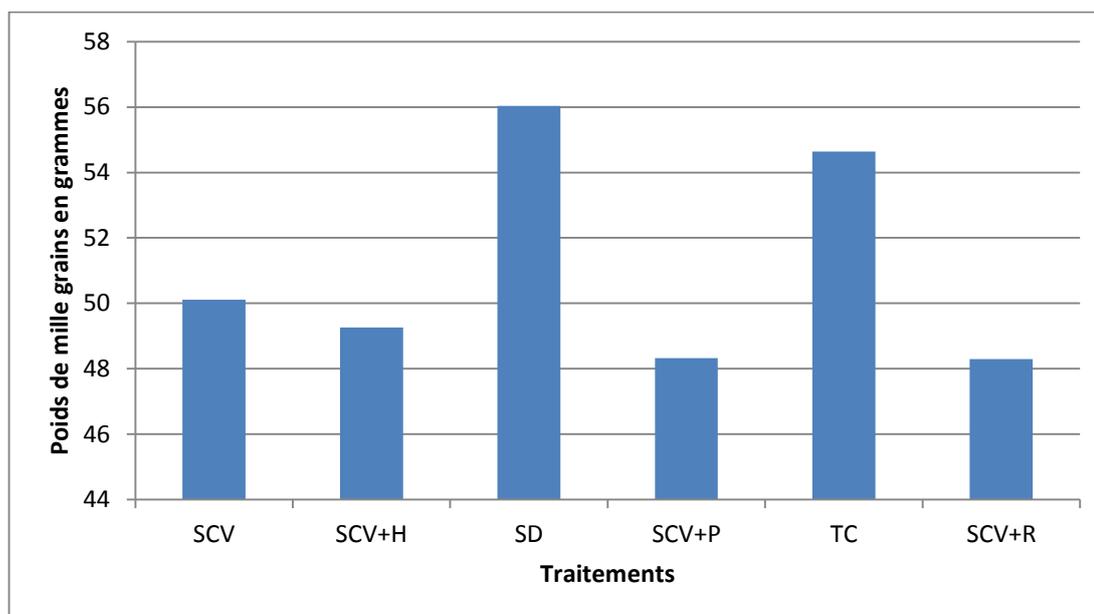
Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"b"	"b"	"a"	"c"	"b"	"c"

#### V.2.4. Poids de mille grains :

Les valeurs calculées de poids de mille grains sont représentées dans le tableau et l'histogramme suivants :

**Tableau n° 38 : Les valeurs moyennes de poids de mille grains**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Poids de mille grains (grammes)	50,11	49,26	56,04	48,322	54,636	48,292



**Figure n° 26 : Les valeurs moyennes de poids de mille grains**

Tous les végétaux sont connus par le processus de la photosynthèse leur permettant, en présence de lumière, de fabriquer leur nourriture et de produire leurs réserves d'énergie. La chlorophylle capte l'énergie lumineuse et l'utilise pour former des glucides (sucres) à partir de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et d'eau. D'après Ben Belkacem et Kellou (2000), le PMG est généralement fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain qui est conduit principalement par l'intensité de la photosynthèse. Pour notre cas, il est tout à fait logique de trouver que le meilleur PMG est dans le traitement de SD qui a la plus grande biomasse aérienne verte (hauteurs des plantes) ce qui implique une meilleure production des carbohydrate par photosynthèse notamment avec la meilleure rétention de l'eau des parcelles de SD.

L'analyse de la variance montre qu'il existe un effet très hautement significatif du traitement sur le poids de milles grains (PMG).

**Tableau n° 39 : classement des groupes homogènes selon leurs PMG :**

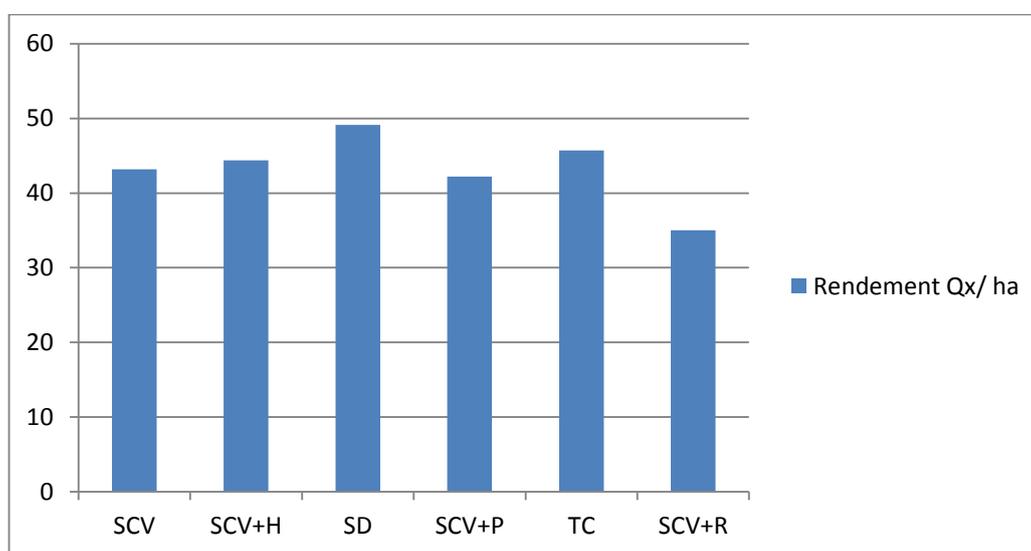
Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"b"	"b"	"a"	"b"	"ab"	"b"

### V.2.5. Rendement (Qx/Ha)

Les rendements moyens (Qx/ha) pour tous les traitements sont résumés dans le tableau n°40 et la figure n°27 :

**Tableau n° 40 : Les rendements moyens (Qx/ha)**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
<b>Rendement en Qx/ ha</b>	43,21	44,40	49,16	42,21	45,70	35,04



**Figure n° 27 : Les rendements moyens (Qx/ha)**

L'analyse de la variance, nous montre qu'il y a un effet hautement significatif du traitement sur le rendements, avec toutefois une avance en ce qui concerne le traitement de semis direct sous couvert mort (SD), suivi par le travail conventionnel (TC), en troisième position, vient le SCV+H suivi par le SCV puis le SCV+P. Le traitement qui a enregistré le plus faible rendement est celui de SCV+R. En effet, un bon rendement peut être la résultante de la combinaison de plusieurs paramètres dont la capacité de tallage et le bon développement des plantes conduisant à un PMG élevé. C'est ce qui est arrivé pour le cas de SD qui présente les conditions favorables pour un meilleur rendement.

**Tableau n° 41 : classement des groupes homogènes**

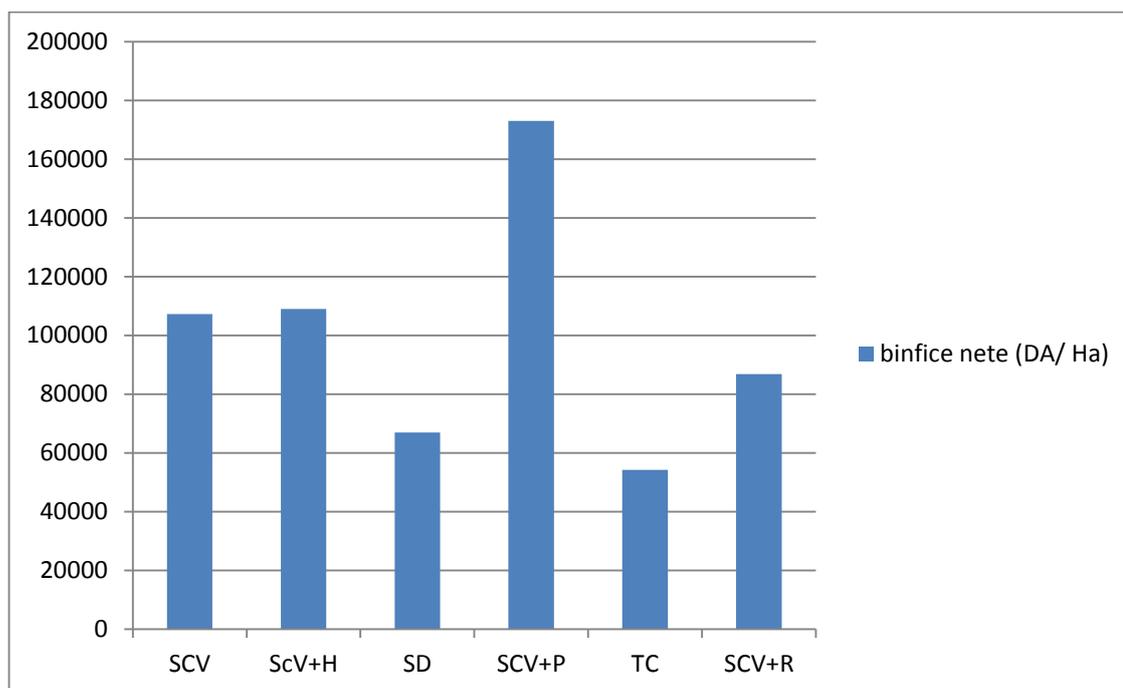
Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
<b>Regroupement</b>	"ab"	"ab"	"a"	"ab"	"a"	"b"

### V.3. Evaluation de différents résultats économiques

Les différents résultats économiques qui correspondent à une campagne agricole entière, sont résumés dans le tableau n° 42 :

**Tableau n° 42 : les différents résultats économiques**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
RDT de l'orge (Qx/ ha)	43,21	44,4	49,16	42,21	45,7	35,04
Prix unitaire de l'orge (Da/quintal)	2500	2500	2500	2500	2500	2500
RDT de Luzerne (Bottes/ha/an)	405	405	0	532	0	405
Prix unitaire de la luzerne (DA/botte)	350	350	350	350	350	350
Achat des semences de l'orge (DA/ Ha)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
les charges de préparation du sol et de semis l'orge (DA/ Ha)	2500	2500	2500	2500	11000	2500
Achat des semences de la luzerne (DA/ Ha)	22000	22000	0	22000	0	22000
les charges de préparation du sol et de semis la luzerne (DA/ Ha)	10000	10000	0	10000	0	10000
les charges d'irrigation de l'orge (DA/ Ha)	42000	42000	42000	42000	42000	42000
les charges d'irrigation de la luzerne (DA/ Ha)	38000	38000	0	38000	0	38000
les couts d'herbicides (DA/ Ha)	0	1200	4500	0	0	0
les charges de récolte de l'orge (DA/ Ha)	4000	4000	4000	4000	4000	4000
les charges récolte de la luzerne (DA/ Ha)	21000	21000	0	0	0	21000
Recette de vente de l'orge (DA/ Ha)	108036,21	111000	122902,96	105544,72	114250	87605,99
Recette de vente de luzerne (DA/ Ha)	141750	141750	0	186200	0	141750
Totale recettes (DA/ Ha)	249786,21	252750	122902,96	291744,72	114250	229355,99
Totale charges (DA/ Ha)	142500	143700	56000	121500	60000	142500
Bénéfice (DA/ Ha)	107286,21	109050	66902,97	170244,72	54250	86855,99



**Figure n° 28 : les bénéfices générés par hectare**

Bien que les résultats aient montré que les meilleurs rendements de l'orge sont ceux qui correspondent aux parcelles de SD et TC, il reste toutefois que lorsque nous retournons aux résultats économiques et plus précisément aux bénéfices nets, les choses sont totalement différentes. Le tableau n° 42 et la figure n° 28 montrent une différence incontestable en matière de bénéfices net générés par les parcelles de semis direct sous couvert de luzerne par rapport aux deux autres traitements, ce qui a été confirmé par l'analyse statistique ayant montré un effet très hautement significatif du traitement sur le bénéfice net. Aussi, nous remarquons clairement que c'est le SCV+P qui génère le plus de bénéfice par hectare en dépassant les 170244 Dinar algérien. Vient ensuite, le SCV+H avec un net recul par rapport à son précédent, en enregistrant un bénéfice de 109050 (Da/ha), suivi par le SCV avec un bénéfice de 107286,21 (Da/ha) puis le SCV+R avec un net bénéfice de 86855,99 (Da/ha). Et dans les deux dernières places viennent respectivement le SD avec un bénéfice de 66902,97 (Da/ha), puis le TC qui génère le bénéfice le plus faible avec une moyenne 54250 (Da/ha).

Les différences en bénéfices nets par hectare, reviennent en premier lieu au système de culture. Pour le système de monoculture d'orge représenté dans notre cas par les traitements SD et TC, et bien qu'ils présentent les meilleurs rendements de l'orge, ils ont toutefois enregistrés une flagrante perte en matière de bénéfice généré à cause de la longue période de repos en inter culture qui peut atteindre les 5 mois, pour le TC s'ajoutent les lourdes charges

liées au travail du sol. Contrairement à cela, pour l'autre système de semis direct sur couverture vivante (orge sur luzerne), la période d'inter-culture a été bien exploitée par la luzerne qui a un double intérêt, le premier lié au revenu qu'elle génère (trois récoltes en période estivale avec une moyenne de 135 bottes par hectare et par coupe, soit un totale de 405 bottes par hectare et par campagne ) (Annexe n° : 15), et le deuxième est lié à la fonction de couvert permanent qu'elle peut remplir. Selon AFD (2006), le semis direct sous couvert a plus d'intérêts économiques lorsque la plante de couverture est une plante fourragère, comme la luzerne, chose qui permet une production agricole plus diversifiée. A un autre plan, nous constatons que les différences en bénéfice existent même entre le SCV+P et les autres traitements de SCV non associé au pâturage. Cette différence revient, premièrement à la possibilité de pâturer les parcelles de l'orge associées à la luzerne une fois supplémentaire en hiver (04 reprises de pâturage trois en été et une en hiver avec une moyenne de 133 bottes pour chaque reprise par hectare, soit un total de production égale à 532 botte par hectare et par campagne) (Annexe n°: 15), Ce qui assure une production supplémentaire en fourrage pendant la période hivernale où le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est sensiblement élevé (Khaldoun, 1989) tout en favorisant la reprise de l'orge sur la luzerne, en raisons de sa bonne résistance au froid. Aussi, les écarts de bénéfice entre SCV non associés au pâturage et SCV+P peut revenir aux charges de production supplémentaires, que ce soit celles liées aux herbicides dans le cas de SCV+H, ou bien celles qui sont liées à la récolte de la luzerne. D'après Pousset (2008) et Hawkins (2017), il est particulièrement économique que les animaux d'élevage récoltent eux-mêmes l'herbe qu'ils consomment.

**Tableau n° 43 : classement des groupes homogènes en matière de leurs bénéfices moyens :**

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
Regroupement	"b"	"b"	"cd"	"a"	"d"	"bc"

### Conclusion générale

L'objectif de ce travail, est de tester, à travers d'une étude comparative entre le travail conventionnel avec labour et plusieurs autres traitements, la possibilité technique et l'intérêt économique de cultiver une céréale d'hiver sans aucun travail mécanique du sol, en la sèment directement sur une couverture morte d'une végétation spontané (le cas du semis direct sous couvert mort SD) ou sur une couverture vivante d'une légumineuse fourragère qui est une luzerne combiner ou non au pâturage ( le semis direct sous couvert vivant seul SCV, le semis direct sous couvert vivant + Roulage SCV+R, le semis direct sous couvert vivant+ Herbicide SCV+H et le semis direct sous couvert vivant associé au pâturage SCV+P). Et cela en évaluant l'effet de chaque traitement sur l'évolution des paramètres liés au sol qui sont l'humidité, la porosité, l'indice d'instabilité, le taux de la matière organique et le taux d'azote total, et les paramètres liées à la culture qui sont le rendement de grains par hectare, le coefficient de tallage, le poids de mille grains et la densité de peuplement. Aussi les déférents résultats économiques.

Les résultats obtenus dans notre travail ont montré l'avantage de semis direct sous couvert par rapporte au système de culture conventionnel basé sur le labour. on peut aussi conclure que le traitement le plus intéressant à suivre est celui de semis direct sous couvert vivant associé au pâturage (SCV+P) et cela grâce a son bénéfice moyen généré par un hectare de terre où il a touché une somme de 170244 Dinar algérien qui est le plus haut par rapport aux autres traitements, et grâce aux meilleur résultats du taux de matière organique qui a dépassé les 2,5 % en fin d'expérimentation et malgré les moyens résultats liés aux taux d'humidité et le rendement d'orge par hectare, ce qui peut être surmonté par l'adoption des systèmes de couverture mixte(morte et vivante) inclue le maintien de la totalité des résidus de culture pour améliorer la conservation de l'eau. Aussi d'avancé les date de semis de l'orge et aussi celle du son pâturage en hiver on donnant à la culture d'orge plus du temps pour la phase de tallage en évitant que ce dernier coïncide avec les remontés de températures. Aussi les résultats de ce travail prouvent que le traitement du semis direct sous couvert vivant associé au pâturage (SCV+P) est le traitement le plus adapté à la zone steppique algérienne basé sur la céréaliculture grâce à la possibilité d'inclure la non séparable composante d'élevage ovin, permettant de construire un model cultural très solide et durable tous en répandant aux besoins des agriculteurs de ces région que ce soit économiques ou bien techniques .

## Références bibliographiques

Abbas K et Abdelguerfi A (2005) Perspectives d'avenir de la jachère pâturée dans les zones céréalières semi-arides. Fourrages 184 : 533-546.

Acar M, Celik I and Günal H (2018) Effects Of long Term tillage systems on aggregate Associated organic carbon in the eastern Mediterranean Region of Turkey. Eurasian Journal Of Soil Science 7 (1):51–58.

Aidaoui S1(994) Ressource en eau et aménagement hydro-Agricole dans la région de Biskra 'Ziban'(Algérie). Thèse Doctorat. University de Nancy II.

AFD (2006) direct seeding mulch-based cropping system (DMC): n alternative to conventional cropping systems in developing countries. Retrieved from: <http://agroecologie.cirad.fr>

Adli N et Feddal M A (2008) Analyse du comportement du sol sous l'action des différentes formes de pièces travaillantes des outils aratoires. Mémoire d'ingénieur. ENSA. El harrach/Alger.

Amara M (2007) Contribution à la modélisation interface outils aratoires sol optimisation de la forme et de l'effort de résistance à la traction des corps de charrues à socs et des outils à dents. Thèse doctorat. ENSA. El Harrach. Alger.

ANAT (2001) Carte de la pauvreté en Algérie. Programme des nations unies pour le développement. Agence national d'aménagement de territoire. Mai 2001.

Arbouche H S, Arbouche Y, Arbouche F, Arbouche R (2008) Valeur nutritive de quelques variétés d'orge algériennes pour l'alimentation des ruminants. Recherche agronomique, n° 22. PP 67-72.

Arnal A P (2006) Semis direct dans la vallée moyenne de l'Ebre : Résumé des résultats et analyse économique. Option Méditerranéennes, Série A, Numéro 69, pp77-85.

Bagayoko B (1989) Analyse de rendement de 3 variétés d'orge après une fertilisation phosphatée, Mémoire d'ingénieur. Université Hadje Lakhder. Batna.

Bahloul A, 1989. La fertilisation azotée raisonnée des céréales. Céréaliculture n°20 :15-19.

Bakache M D E (2015) Les Effets de l'agriculture contractuelle sur les performances techno-économiques des exploitations laitières dans le périmètre d'El Maadher (Wilaya M'sila). Mémoire de master. ENSA El Harrach. Alger.

Belaid D (1986) Aspects de la céréaliculture algérienne. Office des Publications Universitaires. Alger. 207 pages.

Benbelkacem A et Kellou K (2000) Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivées en Algérie. In: Royo C. (ed.), Nachit M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges. Zaragoza : CIHEAM, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 40). Seminar on Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, 2000/04/12-14, Zaragoza (Spain). 105-110 p. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a40/00600011.pdf>.

Bencherif S (2011) L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne Évolution et possibilités de développement. Thèse de Doctorat, l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), Paris.

Bendaoud A et Chenaoua A (2015) Analyse des pratiques, modélisation et aide à la décision dans le domaine de l'eau agricole cas de périmètre irrigué grand Maader - Bousaada Wilaya de M'sila. Mémoire de master. Université Ziane Achour. Djelfa.

BNEDER (2006) *"Identification et cartographie des zones potentielles à l'agriculture en steppe"*. Etude diachronique du climat et du bioclimat de la steppe algérienne. Bureau National d'Etude pour le Développement Rural, Alger, 47p + annexes.

BNEDER (2012) Schéma d'Aménagement de l'EPT Hauts Plateaux Centre 2030 : Scénarios et Parti d'Aménagement des HPC. Bureau National d'Etude pour le Développement Rural, Alger.

Benmahammed A (2004) La production de l'orge et possibilités de développement en Algérie. Céréaliculture, n° 41, 1er semestre. PP 34 - 38.

Benyagoub M (2009) Mobilisation des eaux de surface en zones steppiques. Mémoire de Magister, Université Saad Dahleb. Blida.

Bonjean A et Picard E (1990) Les céréales à paille : origine, histoire, économie, sélection. Ed. INRA, Paris, France.

Bouabou-mossab K (2001) Comportement de variétés et populations de luzerne pérenne *Medicago sativa* L dans la région d'Adrar. Mémoire de magistère. INA El Harrach. Alger.

Boulal H et El M'Zouri (2004) Impact des technologies d'orge sur l'amélioration de la production et l'intégration culture/élevage en zone semi-aride Marocaine.

Boulal H, Zaghouane O, El Mourid M., Rezgui S (2007) Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA. Algérie.

Boungab K (2013) La rayure réticulée de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) dans le Nord-Ouest Algérie : importance, morphologie et pouvoir pathogène chez *Pyrenophora teres* f. *teres* et recherche de moyens de lutte. Thèse de Doctorat, Université d'Oran.

Bourguignon C et Bourguignon L (2008) Le sol, la terre et les champs. Sang de la Terre, Paris.

Bouzidi M (1979) L'orge importance utilisation, céréaliculture n° 10 :25-26.

Bouzinac S et Séguy L (1999) Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en semis direct Goiânia, 28 juin 1999. Ing. Agronome Lucien Séguy. Document obtenu sur le site Cirad du réseau <http://agroecologie.cirad.fr>, pp : 1-13.

Cedra C (1993) Les matériels de travail du sol, semis et plantation. Cemagref,

Chaouch Khouane H (2019) Biodiversité des steppes d'alfa (*Stipa tenacissima* L.) en Algérie : état actuel et évolution. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Kheider, Biskra.

Chalk P M (1998) Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review, Aust. J. Agr. Resour. Ec. 49, 303–316.

Chopart J L, Nicou R (1989) Vingt ans de culture continue avec ou sans labour au Sénégal. L'Agronomie Tropicale (1975), 44 (4) : 269-281.

Ciesla W M (1997) Le changement climatique, les forêts et l'aménagement forestier: aspects généraux. Etude de la FAO. 126.

Corre-Hellou G, Bedoussac L, Bousseau D, Chaigne G, Chataigner C, Celette F, Cohan J P, Coutard J, Emile J C, Floriot M, Foissy D, Guibert S, Hemptinne J L, Le Breton M, Lecomte C, Marceau C, Mazoué F, Mérot E, Métivier T, Morand P, Naudin C, Omon B, Pambou I, Pelzer E, Prieur L, Rambaut G et Tauvel O (2013) Associations céréale-légumineuse multi-services. *Innovations Agronomiques*, 30, 41-57.

Dalleine E (1974) La préparation des terres et le labour de qualité, édit CNEEMA, n°193/ 194, p : 13-18.

Derpsch R (1999) Historical review of no-tillage cultivation of crops. Proceedings, First JIRCAS Seminar on soybean research, March 5-6, 1998, Foz do Iguacu, Brazil, JIRCAS Working Report, n°13: 1-18.

Derpsch R (2001) Conservation tillage, no-tillage and related technologies. In. Proceedings of I World Congress on Conservation Agriculture, Madrid 1-5, October. Garcia-Torres et al. (edts). Vol 1:161-170.

Derpsch R, Friedrich T, Kassam A, and Li H (2010) Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3(1): 1-25. <https://doi.org/10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.001-025>

Direction générale de l'environnement (DGE) 2001 : Élaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques. Alger, Communication nationale initiale, Projet national ALG/98/G31.

Dormaar J F et Carefoot J M (1996) Implication of crop residue and conservation tillage on soil organic matter. *Can. J. Plant Sci.* 76, 627–634.

Drouet T (2010) Pédologie BING-F-302 (version 2010). <http://www.ulb.ac.be/sciences/lagev>

Drouhin G (1960) Possibilité d'utilisation de ressources hydrauliques limitées en Algérie. Colloque général sur les problèmes de la zone aride, 11-18 mai 1960, Paris.

Dubief J (1953) Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Thèse de Doctorat d'État, Université d'Alger.

EPLEFPA DES LANDES (2016) Partie 1 : Préparation du sol BP REA Agronomie Janvier 2016.

Erudihen (2011) Permaculture : recherches de Marc Bonfils. Retranscription d'une partie des recherches de Marc Bonfils sur l'agriculture synergétique.

Feddal M A (2011) Analyse du comportement du sol sous l'action de deux techniques de mise en place d'une culture de céréale (*Triticum durum*). Mémoire de magister. ENSA El Harrach. Alger.

Feliachi K, Ameroun R et Khaldoun A (2001) Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie. *Céréaliculture*, n°35 : 28-37.

Fukuoka M (1989) L'agriculture naturelle : théorie et pratique pour une philosophie verte. Guy Trédaniel. Paris.

Gallais A et Bannerot H (1992) Amélioration des espèces végétales cultivées, INRA Paris : 768 p.

Gate P (2008) Le blé et le changement climatique : impacts et perspectives. *Le Sélectionneur Français*, 2007 – 2008, n° double 58 – 59 : 15 – 30.

GCSAR (2009) Practical Handbook for Cultivation of Mushrooms in Syria. Agricultural Scientific Research Center, Aleppo. (in Arabic)

Ghazi A (2004) 5ème conférence Pan-Européenne et 3ème conférence de AFES-PRESS GMOSS sur : « la ré conceptualisation de la sécurité dans le cadre de la mondialisation » La Haye 9-11 Septembre 2004 la désertification en Algérie : Aspects environnementaux et sécuritaires.

Guerif J (1994) Influence de la simplification du travail du sol sur l'état structural des horizons de surface. Conséquences sur leurs propriétés physiques et leurs comportements mécaniques, p. 13- 33, In G. Monnier, et al., eds. Simplification du travail du sol, INRA (Les Colloques N° 65) ed, P aris, 16 mai 1991

Hadbaoui I (2013) Les parcours steppiques dans la région de M'Sila : quelle gestion pour quel devenir ? Mémoire de Magistère, Université Kasdi Merbah, Ouargla.

Haroune N et Ouatmani S (2016) Les Probiotiques et les prébiotiques. Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira, Bejaia.

Hauggaard-Nielsen H, Jensen ES (2001) Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crops Res*, 72:185–196. doi:10.1016/S0378-4290(01)00176-9

Hawkins HJ (2017) A global assessment of Holistic Planned Grazing™ compared with season-long, continuous grazing: meta-analysis findings. *African Journal of Range & Forage Science* 34(2) : 65-75. <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1358213>

H C D S (2012) Le développement de la culture de la luzerne dans le milieu steppique. Le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Djelfa. (en arabe)

H C D S (2015) des concepts sur le milieu steppique. Le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Djelfa. (en arabe)

Heddadj D et Cloarec (2010) Impact des techniques culturales sans labour sur le fonctionnement biophysique des sols. *Options Méditerranéennes*, A n° : 96, 2010 – IV Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct ; pp 131-145.

Hicher A (2001) Caractérisation des paramètres zootechniques de l'élevage ovin en zone steppique cas de la région de Tébessa. Mémoire d'Ingénieur. Centre universitaire El Taref.

Husson O, Charpentier H, Michellon Tahina Raharison R, Rasolomanjaka J, Enjalric F, Krishna Naudin K, Rakotondramanana et Séguy L (2012) Les unités agronomiques pour la conception de systèmes SCV : définition, identification, utilisation Manuel pratique du semis direct à Madagascar. Annexe 3.

Huwe B (2003) The rôle of soil tillage for soil structure, In A. El Titi, ed. *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press LLC, Boca Raton : 27-50.

INESG (2004) Le domaine steppique : enjeux et devenir. Institut national d'études stratégiques globales.

Janzen HH (2010) What place for livestock on a re-greening earth? *Animal Feed Science and Technology* 166(167): 783-796. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.055>

Jung W S, Kim K H, Ahn J K, Hahn S J et Chung I M (2004) Allelopathic potential of rice (*Oryza sativa* L.) residues against *Echinochloa crusgalli*. *Crop Protect*, n° 23: 211–218. (doi:10.1016/j.cropro.2003.08.019)

Kaabeche M (1990) Les groupements végétaux de la Région de Bou-Saada. Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse de Doct. es Sce. Univ. Paris Sud. Fac. Sces, Orsay.

Kanoun M (1997) Structure des revenus des agro-pasteurs et effet des techniques de production sur la formation des revenus, cas de la wilaya de Djelfa. Thèse de Magister, INA, Alger.

Kaouritchev I (1983) Manuel pratique de pédologie. Mir, Moscou.

Kassam A, Friedrich T and Derpsch R (2019) Global spread of Conservation Agriculture. *International Journal of Environmental Studies* 76(1): 29-51. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>

Khaldoun A (1989) Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin. *Fourrages* 117 : 77-88.

Kelkouli M (2008) Etude de l'effet de différentes techniques culturales utilisées en grandes cultures sur la rétention du sol en eau dans les conditions du semi-aride, région du Haut Cheliff. *Memoir de Magister. INA EL Harrach. Alger*

Khelil A (1997) L'écosystème steppique : quel avenir ? Edition Dahlab, Alger.

Köller K (2003) Techniques of Soil Tillage, p. 1-25, In A. El Titi, ed. *Soil Tillage in Agroecosystems*. CRC Press LLC, Boca Raton.

Labreuche J, Le Souder C, Castillon P, Ouvry J F, Real B, Germon J C, De Tourdonnet S (2007) Évaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturales Sans Labour (TCSL) en France. ADEME, Arvalis-Institut du végétal, INRA, APCA, AREAS, ITB, CETIOM, IFVV.

Lahmar R (2006) Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. *Les enseignements du projet KASSA Options Méditerranéennes, Série A (69) : 11-18.*

Lal R, Delgado JA, Groffman PM, Millar N, Dell C and Rotz A (2011) Management to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation* 66(4): 276-285. <https://doi.org/10.2489/jswc.66.4.276>

Larue T A and Patterson T G (1981) How Much Nitrogen Do Legumes Fix? *Advances in Agronomy*, 34, 15-38. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60883-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60883-4)

Laurent F., Richard, G., 2014. Faut-il travailler le sol ? Editions Arvalis, Paris - Editions Quae, Versailles - Collection Savoir-faire.

Lesage J, Arnault I, Bouquet C, Bouron A, Chevalier N, Drieux A, Frene G, Fort J L, Garnier A, Guichard V, Guillou E, Le Bris C, Le Sage J, Maillet Mezeray J, Olagnon J, Reynaud J S, Wartelle R (2009) Projet ibis : Intégrer la biodiversité dans les systèmes d'exploitations agricoles espace de biodiversité, fiches « Pratiques », ministère d'alimentation d'agriculture et de la pêche, France.

MADR (2008) Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Note sur la steppe 2.

Mahdi M (2004) contribution à l'étude de la technique du semis direct sous pivots. Mémoire d'ingénieur, INA El-Harrach, Alger.

Masmoudi A (2012) Etude de certains paramètres de durabilité des systèmes de production céréaliculture-élevage dans le contexte de l'intégration des techniques de l'agriculture de conservation. Mémoire de Magistère, Université Ferhat Abbas, Sétif.

Masmoudi A, Mancer H, Boucetta D (2019) Improvement of hydrodynamic and physico-chemical properties of sandy soil by the mud of the dam of foug el gherza (biskra-algeria). *Ponte International Journal of Sciences and Research*, 75: 3. <http://dx.doi.org/10.21506/j.ponte.2019.3.1>

Maxin G, Dozias D, Andueza D, Emile J C, Le Morvan A and Delaby L (2016) "Dry matter intake and in vivo digestibility of different cereal-legume intercrops mixtures in sheep", 26th General Meeting of EGF, soumis.

Medjras N (2006) Les systèmes de production agro-pastoraux et la dégradation des parcours steppiques algériens, cas de la zone d'El Guedid (wilaya de Djelfa). Thèse master, Agrocampus de Rennes.

Meisser M et Wyss U (2005) Conservation de la luzerne. Journée d'information « Culture et utilisation de la luzerne ». Association pour le développement de la culture fourragère, Domaine de Changins, 1260 Nyon.

Melis R A M, Julier B, Pecetti L, Thami-Alami I, Abbas K, Laouar M, Abdelguerfi A, Hayek T, Aubert G, Annicchiarico P et Porqueddu C (2016) La culture de la luzerne dans un climat méditerranéen. Project REFORMA 'Resilient, water- and energy-Efficient Forage and feed

crops for Mediterranean Agricultural systems. Deliverable of the project REFORMA, Working Package 3 <http://reforma.entecra.it/>

Messioughi A (2016) Etude d'une plante fourragère la luzerne *Medicago sativa*. L : importances phytochimiques, aspects thérapeutiques et essais microbiologiques. Thèse de doctorat, Université badji mokhtar, Annaba.

Michel V (1989) La production végétale T2 la maîtrise technique de la production Edition Lavoisier Tec et doc pp : 23, 24.

Mollison B et Holmgren D (1986) PERMACULTURE 1. Une agriculture pérenne pour l'autosuffisance et les exploitations de toutes tailles. Éditions Debard (pour la France et les pays francophones) ISBN 2-86733-030-0

Monneveux P et This D (1997) La génétique aux problèmes de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse* 8(1) : 29 - 37.

Moule C (1971) Céréales. Phytotechnie spéciale Tome II. La Maison rustique. Paris.

Mrabet R (2001) No-Tillage System: Research Findings, Needed Developments and Future Challenges for Moroccan Dryland Agriculture. In proceedings of International Congress on Conservation Agriculture. Garcia-Torres et al. (eds). Madrid, Spain 1-5 p:737-741.

Mrabet R (2001b) le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc, bulletin de transfert de technologie en Agriculture, MADREF/DERD, n° 76.

Mrabet R, Lahlou S, Yves L B et Odile D (2005) Estimation de la stabilité structurale des sols semi-arides marocains. Influence des techniques culturales simplifiées, pp 405-413.

Mrabet R (2014) Bases scientifiques des systèmes de semis direct : impacts sur l'environnement. Atelier « Perspectives de développement des pratiques d'adaptation au changement climatique au niveau de la région Tadla Azilal » Béni Mellal, 13 Mars 2014.

Naudin C, Corre-Hellou G, Pineau S, Jeuffroy M H (2010) The effect of various dynamics of N availability on winter pea-wheat intercrops: crop growth, N partitioning and symbiotic N<sub>2</sub> fixation. *Field Crops Research* 119: 2-11.

Nedjimi B et Homida M (2006) Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. *Revue du Chercheur*, 4 :13-19.

Nedjraoui D (2002) Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation. Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres U.R.B.T., p 239-243.

Nedjraoui D et Bédrani S (2008) La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 8 Numéro 1

Nevo E (1992) Origin, evolution, population genetics and resources for breeding of wild barley, *Hordeum spontaneum*, in the Fertile Crescent. In Shewry, P.R. (ed.). *Barley: genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology*, Oxford, C.A.B. International, The Alden Press, pp. 19–43.

Patil MD, Wani SP and Garg KK (2016) Conservation agriculture for improving water productivity in Vertisols of semi-arid tropics. *Current Science* 110(9) :1730-39.

Pouget M (1980) Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. Paris : ORSTOM, (116), 8-556 p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM ; 116). Th. Sc. Nat. : Aix-Marseille 3 : 1979/07/12, ISBN 2-7099-0564-7

Pousset J (2004) Associations de céréales et de légumineuses : quelques éléments importants pour réussir. *Bio Normandie*, n° 75(3) : 8-10.

Pousset J (2008) *Agriculture naturelle : Répondre aux nouveaux défis*. Agridecisions, Paris.

Rahal-Bouziane H (2015) *L'orge en Algérie : passé, présent, et l'importance pour la sécurité alimentaire, face aux nouveaux défis*. Institut National de la Recherche Agronomique, Alger.

Rapilly F, Lemaire J M et Cassini R (1971) *Les principales maladies cryptogamiques des céréales*. Eds. I.N.R.A, Paris.

Rasmusson D.C. 1985. Ideotype research and plant breeding. *Plant Science*, 87 : 395-397.

Razafindramanana NC, Douzet JM et Albrecht A (2017) Effet des systèmes de culture en semis direct pour contrôler les pertes en carbone, azote et phosphore totaux par érosion hydrique sur les Hautes-Terres de Madagascar. *Afrique Science* 13(3) : 341-353.

Rieu C (2001) Les enjeux économiques de la simplification du travail du sol, Du labour au semis direct : enjeux Agronomiques, Conférence-débat INRA –ITCF, Salon International du Machinisme Agricole, février, p : 21-22.

Rochat O (2005) Caractéristiques de la luzerne, journée d'information « Culture et utilisation de la luzerne ». Association pour le développement de la culture fourragère, Domaine de Changins, 1260 Nyon.

Roger-Estrade J, Labreuche J et Boizard H (2014) Importance du travail du sol : typologie des modes de mise en œuvre et effets sur le rendement des cultures. in Faut-il travailler le sol ? Acquis et innovations pour une agriculture durable. Labreuche J, Laurent F, Roger-Estrade J coord., ed. Quae, pp : 11-25.

Saber N et Mrabet R (2002) Impact of no-tillage and crop sequence on selected soil quality attributes of a vertic calcixeroll soil in Morocco. *Agronomie* 22:451-459.

Salifou M (1992) Relation entre les critères de stress hydrique et l'évapotranspiration relative sur Sorgho grain. Thèse agronomie approfondie, INRA-ENSA, Montpellier.

Savory A (1986) A Solution to Desertification : and Associated Threats to Wildlife and Man. Transactions of the 51st North American Wildlife & Natural Resources Conference, Reno, 116-124.

Savory A (2013) How to fight desertification and reverse climate change. Retrieved from: [http://www.ted.com/talks/allan\\_savory\\_how\\_to\\_green\\_the\\_world\\_s\\_deserts\\_and\\_reverse\\_climate\\_change](http://www.ted.com/talks/allan_savory_how_to_green_the_world_s_deserts_and_reverse_climate_change)

Savory Institute (2015) What is Holistic Planned Grazing. <https://savory.global/wp-content/uploads/2017/02/about-holistic-planned-grazing.pdf>.

Séguy L et Bouzinac S (1999) Quelles recherches thématiques pour aborder la modélisation du fonctionnement comparé entre des systèmes de culture avec travail mécanique du sol et des systèmes en semis direct sur couverture mortes ou vivantes. In : Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture. Actes de l'atelier international, Antsirabe, Madagascar, 23-28 Mars 1998. CIRAD, collection Colloques, Montpellier, pp : 495-502.

Séguy L, Bouzinac S et Maronezzi A C (2001) Un dossier du semis direct : systèmes de culture et dynamique de la matière organique. Document obtenu sur le site Cirad du réseau <http://agroecologie.cirad.fr>.

Seguy L, Husson O, Charpentier H, Bouzinac S, Michellon R, Chabanne A, Boulakia S, Tivet F, Naudin K, Enjalric F, Ramaroson I et Rakotondramanana (2009) Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente. Manuel pratique du semis direct à Madagascar Volume I, CIRAD.

Sebillotte M (1974) Agronomie et agriculture. Essai d'analyse des tâches de l'agronome. Cahiers de l'ORSTOM, série biologie, n° 3 : 3-25.

Si Bennasseur A (2005) Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture d'orge (*Hordeum vulgare*). Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat.

Simon B (2014) Les racines des plantes : Anatomie et fonctionnement, Mémoire N3.

Soltner D (1992) Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles, Sainte Gemmes sur Loire.

Soltner D (1998) Les Techniques Culturelles Simplifiées, Pourquoi ?. Guide d'agriculture intégrée. Collection Sciences et Techniques Agricoles, Sainte Gemmes sur Loire.

Stengel P, Douglas J T, Guerif J, Goss M J, Monnier G et Cannell R Q (1984) Factors influencing the variation of some properties of soils in relation to their suitability for direct drilling. *Soil & Tillage Research*, 4, 35-53.

Teague WR, Apfelbaum S, Lal R, Kreuter UP, Rowntree J, Davies CA, Conser R, Rasmussen M, Hatfeld J, Wang T, Wang F, and Byck P (2016) The role of ruminants in reducing agriculture's carbon footprint in North America. *Journal of Soil and Water Conservation* 71(2):156-164. <https://doi.org/10.2489/jswc.71.2.156>

Tebrügge F et Düring R A (1999) Reducing tillage intensity -- a review of results from a long-term study in Germany. *Soil and Tillage Research* 53:15-28.

Turlin J P (2017) Le semis direct sous couvert permanent de trèfle blanc. *Agronomie*, P : 40 - 41.

Vian J (2009) Comparaison de différentes techniques de travail du sol en agriculture biologique : effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes du sol et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat, l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), Paris.

Yalcin H, Cakir E et Aykas E (2005) Tillage parameters and economic analysis of direct seeding, minimum and conventional tillage in wheat. *Journal of Agronomy*, pp : 329-332.

Zaghouane O, Abdellaoui Z et Houassine D (2006) Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes ? *Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69*.pp 183-187.

Zaghouane O, Amrani R, Bousaadi M, Amrani M (2012) La production de semences de la luzerne : du system traditionnel à l'intensification. Institut technique des grandes cultures. Alger. (en Arabe)

Zanin V (1998) A new nutritional idea for man: luzerne leaf concentrate. APEF, Association pour la promotion des extraits foliaires en nutrition Retrieved from: <http://www.nutrition-luzerne.org/anglais/pdf/EtudeZaninenglish.pdf>.

Zoubiri S (2009) Influence des différents itinéraires techniques sur la conservation de l'eau dans le sol. Mémoire d'ingénieur. ENSA. El Harrach. Alger.

# **Annexes**

Annexe n° 01 : les valeurs détaillées de la matière organique

MO H1 (0 à 10 cm)						
		P1	P2		P3	
	répétition	2,01		Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	2,01	1,9	2,49	2,03	2,508
	2	2,01	2,58		2,7	
	3	2,01	3,1		2,9	
	4	2,01	2,32		2,45	
	5	2,01	2,55		2,46	
SCV+ h	1	2,01	2,33	2,158	2,05	2,23
	2	2,01	1,94		2,2	
	3	2,01	2,2		2,12	
	4	2,01	1,8		2,1	
	5	2,01	2,52		2,68	
SD	1	2,01	1,16	1,802	1,4	1,984
	2	2,01	2,4		2,38	
	3	2,01	1,8		2,2	
	4	2,01	2,3		2,24	
	5	2,01	1,35		1,7	
TC	1	2,01	1,26	1,2144	1,05	1,35
	2	2,01	0,77		1,1	
	3	2,01	0,19		0,9	
	4	2,01	2,3		2,1	
	5	2,01	1,552		1,6	
SCV + R	1	2,01	2,29	2,122	2,2	2,16
	2	2,01	1,75		1,8	
	3	2,01	1,95		2	
	4	2,01	2,3		2,4	
	5	2,01	2,32		2,4	
SCV	1	2,01	1,8	2,202	1,9	2,3824
	2	2,01	2,12		2,24	
	3	2,01	2,44		2,98	
	4	2,01	2,1		2,78	
	5	2,01	2,55		2,012	

Annexe n° 02 : les valeurs détaillées de la matière organique H2

MO H2 (25 à 30 cm)						
		P1	P2		P3	
	répétition			Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	1,04	0,58	1,074	0,75	0,8196
	2	1,04	1,74		1,05	
	3	1,04	0,85		0,95	
	4	1,04	1,35		0,87	
	5	1,04	0,85		0,478	
SCV+ h	1	1,04	0,54	0,83	0,65	0,762
	2	1,04	0,96		1,03	
	3	1,04	0,87		0,84	
	4	1,04	1,35		0,54	
	5	1,04	0,43		0,75	
SD	1	1,04	1	0,884	0,89	0,908
	2	1,04	0,52		0,59	
	3	1,04	0,95		0,78	
	4	1,04	0,85		1,31	
	5	1,04	1,1		0,97	
TC	1	1,04	1,74	1,372	1,34	1,214
	2	1,04	1,35		1,09	
	3	1,04	1,4		0,98	
	4	1,04	0,77		1,4	
	5	1,04	1,6		1,26	
SCV + R	1	1,04	1,35	0,996	1,04	0,826
	2	1,04	0,85		0,58	
	3	1,04	0,39		0,77	
	4	1,04	1,35		0,95	
	5	1,04	1,04		0,79	
SCV	1	1,04	1,09	0,876	0,63	0,77
	2	1,04	0,87		0,78	
	3	1,04	1,04		1,09	
	4	1,04	0,76		0,58	
	5	1,04	0,62		0,77	

Annexe n° 03 : les valeurs détaillées de l'azote H1

AZOTE H1 (0 à 10 cm)						
		P1	p2		P3	
	répétition			Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	0,206	0,19	0,228	0,15	0,215
	2	0,206	0,26		0,25	
	3	0,206	0,22		0,24	
	4	0,206	0,23			
	5	0,206	0,24		0,22	
SCV+ h	1	0,206	0,2	0,236	0,25	0,238
	2	0,206	0,25		0,27	
	3	0,206	0,23		0,23	
	4	0,206	0,25		0,2	
	5	0,206	0,25		0,24	
SD	1	0,206	0,19	0,204	0,22	0,195
	2	0,206	0,21			
	3	0,206	0,19		0,15	
	4	0,206	0,24		0,21	
	5	0,206	0,19		0,2	
Tc	1	0,206	0,19	0,172	0,16	0,162
	2	0,206	0,15		0,2	
	3	0,206	0,1		0,14	
	4	0,206	0,26		0,2	
	5	0,206	0,16		0,11	
SCV + R	1	0,206	0,21	0,232	0,22	0,226
	2	0,206	0,22		0,25	
	3	0,206	0,22		0,22	
	4	0,206	0,27		0,2	
	5	0,206	0,24		0,24	
SCV	1	0,206	0,18	0,226	0,21	0,232
	2	0,206	0,21		0,23	
	3	0,206	0,26		0,25	
	4	0,206	0,22		0,25	
	5	0,206	0,26		0,22	

Annexe n° 04 : les valeurs détaillées de l'AZOTE H2

AZOTE H2 (25 à 30 cm)						
		P1	P2		P3	
	Répétition			Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	0,15	0,10214286	0,146714286	0,11	0,13
	2	0,15	0,195		0,16	
	3	0,15	0,15785714		0,14	
	4	0,15	0,14857143		0,15	
	5	0,15	0,13		0,09	
SCV+ h	1	0,15	0,14857143	0,120714286	0,16	0,14375
	2	0,15	0,13		0,12	
	3	0,15	0,08357143		0,14	
	4	0,15	0,15785714			
	5	0,15	0,08357143		0,16	
SD	1	0,15	0,16714286	0,135571429	0,12	0,12257143
	2	0,15	0,03714286		0,08	
	3	0,15	0,16714286		0,13	
	4	0,15	0,13		0,16	
	5	0,15	0,17642857		0,12	
TC	1	0,15	0,22	0,19	0,15	0,176
	2	0,15	0,2		0,13	
	3	0,15	0,22		0,23	
	4	0,15	0,12		0,18	
	5	0,15	0,19		0,19	
SCV + R	1	0,15	0,18571429	0,139285714	0,16	0,12071429
	2	0,15	0,17642857		0,17	
	3	0,15	0,065		0,09	
	4	0,15	0,18571429		0,10	
	5	0,15	0,08357143		0,08	
SCV	1	0,15	0,09285714	0,137428571	0,14	0,12767857
	2	0,15	0,10214286		0,12	
	3	0,15	0,20428571		0,15	
	4	0,15	0,04642857		0,10	
	5	0,15	0,24142857		-	

Annexe n° 05 les valeurs détaillées de la porosité

porosité %						
porosité		P1	p2		P3	
	répétition			Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	20,02	16,7811624	19,9088502	20,03	19,44
	2		10,6374898		18,67	
	3		31,3025703		17,31	
	4		23,4833506		17,99	
	5		17,3396781		23,2	
SCV+ h	1	20,02	10,0789741	19,8892775	20,23	20,088
	2		18,1		18,9	
	3		18,31		21,19	
	4		25,7174134		17,25	
	5		27,24		22,87	
SD	1	20,02	17,3	17,1346194	16,65	17,7684513
	2		20,1322565		20,1322565	
	3		10,6374898		13,77	
	4		14,12		16,86	
	5		23,4833506		21,43	
TC	1	20,02	32,5	27,3054046	26,63	23,1391214
	2		29,6270232		20,1322565	
	3		28,8		24,32	
	4		19,2		21,13	
	5		26,4		23,4833506	
SCV + R	1	20,02	22,39	19,5757932	21,41	19,1928262
	2		18,4567094		15,664131	
	3		19,8		20	
	4		17,1		18,21	
	5		20,1322565		20,68	
SCV	1	20,02	18,4567094	18,8770707	19,98	19,29
	2		15,664131		19,76	
	3		20		18,33	
	4		23,4833506		17,1	
	5		16,7811624		21,28	

Annexe n° 06 les valeurs détaillées de la Densité apparente

Densité apparente						
		P1	P2		P3	
	répétition			Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	1,43964	1,49793908	1,4416407	1,43946	1,45008
	2		1,60852518		1,46394	
	3		1,23655373		1,48842	
	4		1,37729969		1,47618	
	5		1,48788579		1,3824	
SCV+ h	1	1,43964	1,61857847	1,441993	1,43586	1,438416
	2		1,4742		1,4598	
	3		1,47042		1,41858	
	4		1,33708656		1,4895	
	5		1,30968		1,38834	
SD	1	1,43964	1,4886	1,49157685	1,5003	1,48016788
	2		1,43761938		1,43761938	
	3		1,60852518		1,55214	
	4		1,54584		1,49652	
	5		1,37729969		1,41426	
TC	1	1,43964	1,215	1,30850272	1,32066	1,38349581
	2		1,26671358		1,43761938	
	3		1,2816		1,36224	
	4		1,4544		1,41966	
	5		1,3248		1,37729969	
SCV + R	1	1,43964	1,39698	1,44763572	1,41462	1,45452913
	2		1,46777923		1,51804564	
	3		1,4436		1,44	
	4		1,4922		1,47222	
	5		1,43761938		1,42776	
SCV	1	1,43964	1,46777923	1,46021273	1,44036	1,45278
	2		1,51804564		1,44432	
	3		1,44		1,47006	
	4		1,37729969		1,4922	
	5		1,49793908		1,41696	

Annexe n° 07 les valeurs détaillées de l'Humidité H1 (0 à 25)

Humidité H1 (0 à 25)									
Traitement		P1 15/11/2018		P2 01/01/2019		P3 05/03/2019		P4 01/05/2019	
	Répétition	Moyenne			Moyenne		Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	13,6363636	16,0064	15,57377	15,66009	15,2	18,32	15,2	16,854
	2	19		16,1		19,5		17,2	
	3	16,8		16,66667		21,9		20,37	
	4	16,0583942		15,06		19,3		16,6	
	5	14,5374449		14,9		15,7		14,9	
SCV+ h	1	10,7784431	16,1988	15,2381	15,90308	16,2	19,32	17,3	17,2
	2	20,1117318		18,77729		20,2		16,667	
	3	17,7777778		17,2		19,8		16,035	
	4	17,6470588		14,5		17,8		20,7	
	5	14,6788991		13,8		15,4		15,3	
SD	1	17,1171171	18,0403	14,9	18,2	16	20,32	19,1	18,302
	2	21,0191083		22,3		22,1		14,883	
	3	15,3846154		20,3		23		22,115	
	4	19,7452229		16,2		19,1		18,3	
	5	16,9354839		17,3		16,5		17,11	
TC	1	11,4130435	14,4612	13,1	15,204	14,5	21,32	14,2	15,629
	2	17,8343949		19,02		19,9		16,8	
	3	16,2162162		16,7		17,1		16,946	
	4	17,6470588		15,3		16,2		16,4	
	5	9,1954023		11,9		15,2		13,8	
SCV + R	1	11,43	16,436	16,27907	16,72128	16,5	22,32	15	16,426
	2	16,6666667		18,46847		19,82		18,467	
	3	19,7183099		19,15888		19,159		14,014	
	4	14,8		15,4		16,8		19,048	
	5	19,5652174		14,3		16,5		15,6	
SCV	1	13,4751773	15,8744	15,47619	16,1024	15,476	23,32	15,4	17,099
	2	16,3522013		18,18182		20,5		17,485	
	3	17,21		17,354		21,8		20,2	
	4	14,5		15,2		17,48		16,109	
	5	17,8343949		14,3		16		16,3	

## Annexe n° 08 les valeurs détaillées de l'Humidité H2 (25 à 40)

Humidité H2 (25 à 40)									
traitement	répétition	P1 15/11/2018		P2 01/01/2019		P3 05/03/2019		P4 01/05/2019	
			Moyenne		Moyenne		Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	10,7383	11,844678	11,21	11,3878875	10,76	12,39631	10,64	12,012
	2	13,3721		11,55		13,4116		12,5	
	3	11,413		12,1328		13,6		14,32	
	4	11,2		11,2		13,09		11,12	
	5	12,5		10,8467		11,12		11,48	
SCV+ h	1	10,6557	11,786891	11,11	11,452	12,07	12,462	13,5	12,614
	2	14,4578		14,09		13,2		11,5	
	3	9,58904		11,5		14,5		12,6	
	4	12,5		10,06		11,67		13,8	
	5	11,7318		10,5		10,87		11,67	
SD	1	10,4651	12,727531	11,2	12,496	11,1189	13,39978	13,67	13,004
	2	11,1111		14,3		14,76		11,4	
	3	14,0351		14,12		16,6		15,5	
	4	15,2263		10,82		12,98		13,12	
	5	12,8		12,04		11,54		11,33	
TC	1	9,375	10,298115	9,13312	10,8272223	10,18	11,31288	11,1	11,296
	2	9,4		12,1		12,76		11,5	
	3	10,8108		11,643		11,6544		12,33	
	4	13,3333		11,26		10,54		12,12	
	5	8,57143		10		11,43		9,43	
SCV + R	1	15,3846	13,19818	13,43	12,2166	11,9277	13,09	11,19934	12,87
	2	14,7059		10,023		14,1141		13,94373	
	3	11,4286		13,8		15,0352		11,79072	
	4	12,5		12,26		12,3244		15,42219	
	5	11,9718		11,57		12,0486		11,99401	
SCV	1	11,8881	11,995567	11,66	12,0776589	11,3411	12,89	11,56939	12,97
	2	12,426		14,05		13,8374		12,68496	
	3	12,2		12,63		15,4112		16,10414	
	4	11,7318		11,5163		12,65		11,74044	
	5	11,7318		10,532		11,2102		12,75108	

## Annexe n° 09 les valeurs détaillées de l'Indice d'instabilité

Indice d'instabilité						
		P1	P2		P3	
	répétition			Moyenne		Moyenne
SCV + P	1	2,34587156	2,09	2,14408675	1,87	2,1461948
	2		2,15		2,64	
	3		1,9		2,12	
	4		2,1		2,19	
	5		2,47		1,9	
SCV+ h	1	2,34587156	2,3	2,10888369	2,23	2,09175785
	2		2,03		2,1	
	3		1,63		1,88	
	4		2,41		1,76	
	5		2,15		2,48	
SD	1	2,34587156	1,7	1,93956044	2,09	1,972
	2		2,3		1,79	
	3		1,6		1,9	
	4		2,19		2,1	
	5		1,9		1,98	
Tc	1	2,34587156	2,78	2,95769588	2,35	2,776
	2		3,4		3,11	
	3		3,40		2,67	
	4		1,9		2,33	
	5		3,3		3,42	
SCV + R	1	2,34587156	2,1	2,10432791	2,12	1,91059341
	2		1,8		2,03	
	3		2,41		1,47	
	4		2,2		1,85	
	5		2,00		2,08	
SCV	1	2,34587156	1,9	2,0251794	2,24	2,0734
	2		2,1		1,97	
	3		2		2,077	
	4		1,63		1,84	
	5		2,48		2,24	

Annexe n° 10 : les valeurs détaillées de Nombre plant/m<sup>2</sup>

	Nombre de plant /m <sup>2</sup>					
Traitement Répétition	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
1	204	198	187	223	235	197
2	189	205	181	219	242	192
3	212	181	191	231	232	205
4	201	195	187	222	254	187
5	197	207	169	211	237	211
Moyenne	200,6	197,2	183	221,2	240	198,4

Annexe n° 11 les valeurs détaillées de Nombre talles /m<sup>2</sup>

	Nombre de talles/m <sup>2</sup>					
Traitement Répétition	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
1	326	383	385	292	359	236
2	403	428	401	256	354	222
3	439	423	417	378	394	312
4	454	412	423	397	384	333
5	313	332	407	332	374	248
Moyenne	387	395,6	406,6	331	373	227

Annexe n° 12 les valeurs détaillées de Rendement QX/ HA

	Rendement QX/ HA					
Traitement Répétition	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
1	38,93	43,37	47,24	35,45	39,98	30,35
2	42,31	45,47	45,63	37,20	43,37	32,43
3	49,34	45,90	52,34	47,08	52,27	36,77
4	50,91	48,66	50,25	51,49	49,05	41,65
5	34,58	38,60	50,35	39,87	43,82	34,00
Moyenne	43,21	44,40	49,16	42,22	45,70	35,04

Annexe N°13. Les valeurs détaillées des longueurs des tiges

Traitement	SCV		SV+H		SD		SCV+P		TC		SCV+R	
Parcelle	Répétition	Moyenne parcelle		Moyenne parcelle		Moyenne parcelle		Moyenne parcelle		Moyenne parcelle		Moyenne parcelle
1	77	79	91	82,8	95	97,8	63	65,4	85	84,6	68	66,2
	83		79		104		65		86		65	
	79		82		102		64		84		69	
	75		84		99		71		82		67	
	81		78		89		64		86		62	
2	89	86,2	88	87,6	88	89,6	70	68	89	86,8	71	69,6
	87		84		92		67		90		68	
	83		87		87		68		87		67	
	85		88		93		68		83		70	
	87		91		88		67		85		72	
3	92	87,6	89	89,4	105	103,2	84	84,2	95	100,2	81	78
	87		83		107		87		102		80	
	86		100		100		85		100		76	
	87		89		106		82		105		77	
	86		86		98		83		99		76	
4	89	89,2	99	94	106	103,4	90	91	103	97,6	85	86,2
	87		102		106		95		101		89	
	89		89		103		92		94		86	
	93		92		105		89		97		87	
	88		88		97		89		93		84	
5	86	86	75	75,6	97	103,6	69	71,8	91	88,6	71	70,6
	86		78		108		75		89		69	
	85		81		104		72		86		68	
	89		73		106		73		88		72	
	84		71		103		70		89		73	

Annexe n° 14 les valeurs détaillées des poids de mille grains PMG

Traitement	SCV	SCV+H	SD	SCV+P	TC	SCV+R
1	48,7	48,12	54,743	47,20	53,37	47,17
2	48,8	49,44	56,24	48,49	54,8	48,46
3	52,01	49,39	56,18	48,449	54,78	48,41
4	51	50,62	57,587	49,65	56,14	49,62
5	49,6	48,73	55,43	47,80	54,04	47,7
Moyenne	50,022	49,26	56,0	48,3	54,6	48,2

Annexe n° 15 les valeurs détaillées de la production de luzerne pour une reprise

Traitement Répétition	SCV			SCV+P		
	en g/m2	kg/ ha	botte/ha	en g/m2	kg/ ha	botte/ha
1	593	5930	148,25	524	5240	131
2	519	5190	129,75	528	5280	132
3	509	5090	127,25	545	5450	136,25
Moyenne	540	5400	135	532	5320	133

Annexe n° 16 : les valeurs détaillées de la quantité de résidus de luzerne pour une reprise

Traitement Répétition	SCV		SCV+P	
	en g/m2	kg/ ha	en g/m2	kg/ ha
1	115	1150	56	560
2	138	1380	48	480
3	102	1020	68	680
moyenne	118	1180	57	570

Annexe n° 17 : les valeurs détaillées concernant la faculté germinative.

Numéro de boîte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne
Nombre de grains germés	9	7	9	9	7	8	10	9	8	10	8,6

Annexe n° 17 les valeurs statistique concernant la MO H1 (0 à 10)

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.94236	Les donnes ne suivent pas une loi normale
	p-value =	0.006913	
Kruskal-Wallis rank sum test (MO H1 by treatment)	Kruskal-Wallis chi-squared =	23.386	Il y'a un effet très hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.0002848	

Annexe n° 18 les valeurs statistique concernant la MO H2 (25 à 30)

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.95992,	Les donnes ne suivent pas une loi normale
	p-value =	0.04664	
Kruskal-Wallis rank sum test (MO H2 by treatment)	Kruskal-Wallis chi-squared =	14.004,	Il y'a un effet significatif
	df =	5	
	p-value =	0.01559	

Annexe n° 19 les valeurs statistique concernant L'azote total N H1 (0 à 10)

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.92819,	Le jeu des donnes ne suit une loi normale
	p-value =	0.001665	
Kruskal-Wallis rank sum test (Azote N H1 by treatment)	Kruskal-Wallis chi-squared =	21.318,	Il y'a un effet très hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.0007053	

Annexe n° 20 les valeurs statistique concernant L'azote total N H2 (25 à 30)

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.99057	Le jeu des donnees ne suit une loi normale
	p-value =	0.9251	
Anova test ( Azote H2 by traitement)	Sq	0.022022	Il n'y'a pas un effet significatif
	df =	5	
	F Value	2.3233	
	Pr(>F)	0.05726	

Annexe en° 21 les valeurs statistiques concernant la porosité (P %)

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.95956	Les donnees ne suivent pas une loi normale
	p-value =	0.04477	
Kruskal-Wallis rank sum test (Porosité by treatment)	Kruskal-Wallis chi-squared =	15.193	Il y'a un effet hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.009567	

Annexe n° 22 les valeurs statistique concernant L'indice d'instabilité.

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.86883,	Les donnees ne suivent pas une loi normale
	p-value =	0.00001148+L28	
Kruskal-Wallis rank sum test ( Indice.d.instabilité by traitement)	Kruskal-Wallis chi-squared =	18.533,	Il y'a un effet hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.002348	

Annexe n° 23 les valeurs statistique concernant L'Humidité du sol Pour H1 (0 à 25 cm).

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.98281,	Les donnees suivent une loi normale
	p-value =	0.1297	
Anova tests (Humidité H1 by traitement)	Sq	15.193	Il y'a un effet significatif
	df =	5	
	F Value	2.9893	
	Pr (>F)	0.01496	

Annexe n° 24 les valeurs statistique concernant L'Humidité du sol Pour H2 (25 à 40 cm).

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.97338,	Les donnees ne suivent pas une loi normale
	p-value =	0.01753	
Kruskal-Wallis rank sum test ( Humidité H2 by traitement)	Kruskal-Wallis chi-squared =	19.188,	Il y'a un effet hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.001773	

Annexe n° 25 les valeurs statistique concernant le rendement (Qx / Ha).

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.95317,	Le jeu des donnees ne suit une loi normale
	p-value =	0.2054	
Anova test ( Rendement by traitement)	Sum Sq	553.4	Il y'a un effet hautement significatif
	df =	5	
	F Value	4.186	
	Pr(>F)	0.00707	

Annexe n° 26 les valeurs statistique concernant le nombre de plants par m<sup>2</sup>.

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.96832,	Le jeu des donnees ne suit une loi normale
	p-value =	0.4944	
Anova test (Nombre.plant.m2 ~ traitement)	Sum Sq	10386	Il y'a un effet très hautement significatif
	df =	5	
	F Value	26.35	
	Pr(>F)	0.00000000517	

Annexe n° 27 les valeurs statistique concernant le Coefficient de tallage K<sub>t</sub>.

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.9373,	Le jeu des donnees ne suit une loi normale
	p-value =	0.07693	
Anova test (K <sub>t</sub> by traitement)	Sum Sq	2.886	Il y'a un effet très hautement significatif
	df =	5	
	F Value	10.31	
	Pr (>F)	0.0000228	

Annexe n° 28 les valeurs statistique concernant les longueurs des tiges.

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.96752,	Les donnes ne suivent pas une loi normale
	p-value =	0.001287	
Kruskal-Wallis rank sum test (longueurs des tiges by traitement)	Kruskal-Wallis chi-squared =	82.722	Il y'a un effet hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.001287	

Annexe n° 29 les valeurs statistique concernant le poids de milles grains PMG.

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.35212,	Les donnes ne suivent pas une loi normale
	p-value =	1.991e <sup>-10</sup>	
Kruskal-Wallis rank sum test ( PMG by traitement)	Kruskal-Wallis chi-squared =	23.659,	Il y'a un effet très hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.0002524	

Annexe n° 30 les valeurs statistique concernant le bénéfice net (Da/ Ha).

Shapiro-Wilk normality test	W =	0.97338	Les donnes ne suivent pas une loi normale
	p-value =	0.02965	
Kruskal-Wallis rank sum test ( bénéfice net by traitement)	Kruskal-Wallis chi-squared =	26.719	Il y'a un effet très hautement significatif
	df =	5	
	p-value =	0.00006471	

Annexe n° 31 : les valeurs détaillées des variations mensuelles des précipitations (mm)

précipitations (mm)														
	MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	cumul année
année	2011	4	4	30,6	57	21,6	13,6	14,1	5,6	19,4	51,8	25,8	12	259,5
	2012	0	1,6	31,3	15,7	3,2	2,6	2,1	1	5,8	35,7	22,4	7,5	128,9
	2013	19,1	1,8	6,5	34,1	8,6	0	1,7	5,5	5,9	5,9	16,6	23,3	129
	2014	4,5	1,5	17,4	0	18,1	19,5	0	4,4	14,1	2,7	6,6	3,4	92,2
	2015	7,2	17,5	10,1	7,5	1,4	14,7	18,52	22,6	33	0,9	0	5	138,42
	2016	9,5	5,8	6	37,1	12,1	2,9	15,2	1,4	2,6	10,3	38	3	143,9
	2017	23,6	0,6	1	4	29	20,7	0,2	1	2	16	3	3	104,1
	2018	10	16	20	32	43	11	0	16	9	23	20	6	206
	2019	19	2	10	4	2	0,3	14	12	37	2	14		116,3
Moyenne	10,767	5,6444	14,767	21,267	15,444	9,4778	7,3133	7,7222	14,311	16,478	16,267	10,533	149,99	

Annexe n° 32 : les valeurs détaillées des variations mensuelles des températures moyennes

T° C MOY													
	MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
année	2011	9,3	9,9	13,4	19	22,1	26,8	32	31,9	27,7	19,2	14,2	10,4
	2012	8,8	7,7	14,3	17,5	24,8	32	34,4	34,1	26,7	21,3	14,9	10,5
	2013	10,8	9,4	15,2	19	21,9	27,4	32,6	30	26,8	23,9	14	9,1
	2014	10,7	12,6	13,4	20,3	32,2	27,7	31,9	32,7	28,6	22,4	15,5	10
	2015	9	9,6	14,3	20,6	27,8	32,2	31,4	26,1	20	14,4	8,8	
	2016	11	12,3	14,4	19,8	23,7	29,3	32,2	31	26,1	22,2	10,7	
	2017	7,9	12,1	8,4	19	18,4	30,3	33	32,8	25,8	19,4	12,3	9,2
	2018	5,1	8,9	14,5	17,9	21	27,7	34,7	29,4	27,05	19,1	13,6	10,3
	2019	8,9	9,6	14	18,2	22,2	30,8	33,7	32,6	25,6	21	14,1	
Moyenne	9,0556	10,233	13,544	19,033	23,789	29,356	32,878	31,178	26,039	20,322	13,122	9,9167	

Annexe n° 33 : les valeurs détaillées des variations mensuelles de l'humidité relative en (%)

Humidité relative H%													
	MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
année	2011	66,1	62,7	60,9	59,2	51,3	43,8	35,5	34,6	44,8	59,4	72,2	75,2
	2012	67,3	62,5	57,3	55,9	42,4	35	28,2	29,7	44,5	56,6	76,6	74,7
	2013	63,6	62,9	57,3	49,8	50,3	38,5	33,9	39,2	51	52,5	65,7	76,5
	2014	73,1	63,5	60	43,3	44,7	41,6	31,3	31,6	42,9	44,3	61,4	68,1
	2015	63,4	63,7	50,8	39,8	35,5	29,8	40,7	51,9	62,1	66,1	70,4	
	2016	63,2	56,6	48,8	49,3	42,6	36,6	29,9	34,6	45,5	47,2	78,2	
	2017	68	58	45	43	37	35	26	30	40	55	60	73
	2018	67	64	60	63	57	40	27	44	47	67	74	75
	2019	67	60	59	60	51	32	30	33	54	54	64	
Moyenne	66,52	61,54	55,46	51,48	45,76	36,92	31,39	36,51	47,98	55,79	69,17	73,75	

Annexe n° 34 : les valeurs détaillées des variations mensuelles de L'insolation en heurs par mois

L'insolation en heures														
	MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	Cumul année
année	2011	173,6	195,6	237,5	272,4	285,3	317,4	342,7	331,9	273,5	281,5	192,3	210,7	3114,4
	2012	226,3	238,1	225,6	253,2	335,2	305	311,6	297,4	248,7	241,5	197	221,9	3101,5
	2013	202,2	181,1	214,1	286,8	324,9	356,2	328,7	331,4	219,3	275	210,4	188,7	3118,8
	2014	181,9	196	227,3	304,5	332,3	318,7	320,7	316,1	225,5	272,5	151,2	183,2	3029,9
	2015	178	146	275,5	304,3	314,6	368,8	272,7	243,1	233,4	230	221,8	183	2971,2
	2016	211,8	198,5	247,8	256,9	314,4	331,4	360	351,3	268,2	255,2	164,4	188	3147,9
Moyenne	195,6	192,6	238	279,7	317,8	332,9	322,7	311,9	244,8	259,3	189,5	195,9	3080,62	

Annexe n° 35 : les valeurs détaillées des variations mensuelles de L'évaporation en mm

Evaporation (mm)													
	MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Année	2011	56,6	73,3	87,9	106	145	202	304	282	190	99,6	63,1	46,9
	2012	57,2	63,6	94,6	116	186	272	328	302	190	125	54,2	56,1
	2013	85	69,8	130	139	161	214	278	227	153	133	71,8	36,7
	2014	65,8	87,3	96,5	163	181	219	278	277	193	154	81,1	59,5
	2015	71,6	71,6	146	195	286	339	316	206	111	82,1	36,9	
	2016	73,3	114	161	172	221	249	345	313	223	169	34,7	
Moyenne	68,3	80	119	148	197	249	308	268	177	127	57	49,8	

Annexe n° 36 : les valeurs détaillées des variations mensuelles des vitesses moyennes des vents (m/s)

Vitesses des vents (m/s)													
	MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Année	2011	1,3	4,3	2,3	2,1	2,1	1,2	2,2	1	0,7	0,6	1,6	1,4
	2012	1	2,6	1,3	2,2	1	1	1,2	0,6	1,1	0,6	1,4	1,7
	2013	4,4	4,4	5,1	2,5	2,9	1,3	0,8	0,6	0,5	0,2	3,7	0,7
	2014	2,7	2,7	4,7	3,6	2,4	3	2,8	1,9	1,4	1,3	3	4,3
	2015	3,4	6,5	3,2	2,1	3,1	2,4	2,4	2,2	1,8	1,9	0,2	
	2016	2,5	4,4	4,6	3,2	3,5	2,9	2,7	2	2,1	1,6	1,4	
	2017	3,2	2,7	3	2,6	2,8	2,1	2,6	2	1,7	1,9	3,2	3,7
	2018	3,7	4,9	5,8	4,1	4	3,9	3,3	2,9	2,9	3,7	3,6	2,4
	2019	4,9	3,5	3,3	4,5	3,9	4,1	4	3,8	3,2	3,7	5,5	
Moyenne	3,01	4	3,7	2,99	2,86	2,43	2,44	1,89	1,71	1,72	2,62	2,37	

Annexe n° 37 : les valeurs détaillées des variations mensuelles de nombre des jours des gelés.

jour de gèle														
	MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC	cumul année
Année	2011	7	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	17
	2012	16	11		0	0	0	0	0	0	0	0	6	33
	2013	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	12	20
	2014	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0		8	12
	2015	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	18
	2016	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0		6	9
	2017	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	12
	2018	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	11
	2019	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	13
Moyenne	4,56	4	0,22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6,33	16,111