

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE des SCIENCES AGRONOMIQUES de BORDEAUX  
AQUITAINE

1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

M E M O I R E de fin d'études  
pour l'obtention du titre  
d'Ingénieur de Bordeaux Sciences Agro

ESSAI DE FERTILISATION DE BLE TENDRE BIOLOGIQUE D'HIVER  
AVEC DU COMPOST DE MARC DE RAISIN EN LANGUEDOC-  
ROUSSILLON

Morisset, Sarah

Spécialisation : AgroGER

Etude réalisée à : INRA – UMR MOISA – 2 place Pierre Viala – 34000 Montpellier

- 2 0 1 4 -

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE des SCIENCES AGRONOMIQUES de BORDEAUX  
AQUITAINE

1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

M E M O I R E de fin d'études  
pour l'obtention du titre  
d'Ingénieur de Bordeaux Sciences Agro

ESSAI DE FERTILISATION DE BLE TENDRE BIOLOGIQUE D'HIVER  
AVEC DU COMPOST DE MARC DE RAISIN EN LANGUEDOC-  
ROUSSILLON

FERTILIZATION TRIALS ON ORGANIC WINTER BREAD WHEAT WITH COMPOSTED GRAPE  
MARC IN LANGUEDOC-ROUSSILLON

Maître de stage : Bruno Taupier-Létage (ITAB)

Spécialisation : AgroGER

Etude réalisée à : INRA – UMR MOISA – 2 place Pierre Viala – 34000 Montpellier

- 2 0 1 4 -

## Préface

Cet essai a été réalisé dans le cadre du projet ILLIAD, mené par l'UMR MOISA du centre INRA de Montpellier. J'ai été accueillie pour ce stage dans l'UE Diascop, au domaine expérimental de Melgueil, près de Montpellier. Cette unité travaille sur des problématiques d'agriculture à bas intrants et biologique, et notamment sur le blé dur, espèce très cultivée dans la région.

Ce stage s'inscrit dans la continuité d'un projet commencé par Marjorie Domergue et qui sera poursuivi à partir de septembre par Maylis Razes.

Il a été co-encadré par plusieurs personnes : Bruno Taupier-Létage, commission « qualité » et Blaise Leclerc, expert « matières organiques » tous deux à l'ITAB ; Bruno Lorentz, technicien en charge du suivi de l'essai à l'INRA ; et enfin Sandrine Costa, chercheuse à l'INRA et initiatrice du projet.

## Remerciements

Je remercie tout particulièrement Bruno T., Blaise et Maylis pour leur disponibilité, leur aide pour les travaux manuels (plus ou moins prévus !) et leurs relectures !

Je remercie également Bruno L. à Mauguio pour tout le temps qu'il a consacré à ce projet, mais aussi Jean-Claude pour ses informations et contacts, Thierry, grâce à qui j'ai pu avoir un ordinateur, et toutes les personnes de l'unité Diascope qui, d'une manière ou d'une autre, ont pu me donner un coup de main.

Pour leur aide je remercie aussi les agriculteurs qui ont pu consacrer du temps à cet essai, Max Haefliger qui a éclairci de nombreux points et Marie Gosme pour les statistiques.

Merci à Anne-Cécile pour sa réactivité lors des moissons.

Et enfin je remercie Stéphane pour la relecture de ce mémoire.

## Sommaire

1	Introduction.....	1
1.1	Contexte.....	1
1.2	Cadre du travail : le projet ILLIAD.....	4
1.3	La région d'étude : le Languedoc-Roussillon.....	4
1.4	Le marc de raisin .....	5
1.4.1	Introduction : la matière première, le marc de raisin .....	5
1.4.2	Utilisation en agriculture du marc de raisin .....	7
1.4.3	Le compostage du marc de raisin.....	7
1.4.4	La valeur agronomique du compost de marc de raisin.....	8
2	Matériel et Méthode de l'expérimentation.....	10
2.1	Parcelles d'essai.....	10
2.1.1	Localisation des essais .....	10
2.1.2	Caractéristiques des parcelles.....	10
2.2	Le dispositif expérimental et sa mise en place .....	12
2.2.1	Dispositif expérimental .....	12
2.2.2	Epannage du compost.....	14
2.3	Fertilisation et variétés utilisées.....	15
2.3.1	Compost .....	15
2.3.2	Engrais.....	16
2.3.3	Variétés.....	17
2.4	La récolte de données .....	18
2.4.1	Suivi de la culture.....	18
2.4.2	Récolte et battage .....	18

2.4.3	Analyse des données .....	19
3	Résultats.....	20
3.1	Bilan global sur le déroulement de la campagne 2013-2014.....	20
3.1.1	Météo pendant la période de culture .....	20
3.1.2	Accidents sur les cultures .....	21
3.2	Hypothèses de travail et résultats attendus .....	22
3.3	Effets du compost sur le sol.....	23
3.4	Effets du compost sur le blé .....	24
3.4.1	Nombre de pieds à la levée.....	24
3.4.2	Pouvoir couvrant .....	26
3.4.3	Date d'épiaison.....	27
3.4.4	Rendement et composantes du rendement .....	27
3.4.5	Azote et taux de protéines .....	31
4	Discussion .....	35
4.1	Justification du protocole 2013-2014 .....	35
4.2	Interprétation des résultats de la campagne 2013-2014.....	36
4.3	Perspectives sur les résultats : commentaires sur l'aspect économique et agronomique .....	38
4.3.1	Etude des coûts.....	38
4.3.2	Utilisation du compost de marc de raisin sur grandes cultures en Languedoc-Roussillon .....	39
4.4	Propositions d'améliorations du protocole pour 2014-2015 .....	40
5	Conclusion .....	42

## Liste des figures

Figure 1 : Taux de matière organique dans les sols agricoles du Languedoc-Roussillon (CA LR, 2011) .....	2
Figure 2 : Un climat méditerranéen en Languedoc-Roussillon (MétéoFrance, 2014)..	4
Figure 3 : Implantation des distilleries en Languedoc-Roussillon (CRALR, 2011).....	6
Figure 4 : Le Languedoc-Roussillon, région productrice d'importants volumes de marc de raisin (IFV, 2013) .....	6
Figure 5 : Valeurs de C/N et de pH de composts de marcs de raisin seuls ou en mélange avec d'autres matières premières constatées dans la littérature (34 valeurs et 28 valeurs respectivement).....	8
Figure 6 : Localisation des parcelles avec essai (jaune : Aude - rouge : Melgueil - bleu : Gard)(Données carte : Google, basado en BCN IGN España) .....	10
Figure 7 : Epannage manuel du compost, m <sup>2</sup> par m <sup>2</sup> (crédit photo : Marjorie Domergue) .....	13
Figure 8 : Plan du dispositif expérimental si 2 modalités (compost et témoin) .....	13
Figure 9 : Plan du dispositif expérimental si 3 modalités (compost, témoin, engrais) .....	14
Figure 10 : Comparaison des teneurs en Elements Traces Métalliques des composts et leurs valeurs limites fixées par la norme sur les amendements NFU 044-051 (LCA, 2012).....	16
Figure 11 : Réserve en eau et précipitations à Mauguio sur la campagne 2013-14....	20
Figure 12 : Reliquat azoté en sortie hiver à différentes profondeurs, avec et sans compost .....	23
Figure 13: Nombre de pieds par m <sup>2</sup> à la levée .....	25
Figure 14 : Note de pouvoir couvrant du blé fin mars.....	26
Figure 15 : Dates d'épiaison de 6 essais selon les modalités .....	27
Figure 16 : Rendement calculé à partir du poids de grains récoltés sur la surface d'échantillonnage .....	28
Figure 17 : Nombre d'épis par m <sup>2</sup> .....	29
Figure 18 : Nombre de grains par épi, obtenu par calcul .....	30
Figure 19 : Poids de Mille Grains selon la parcelle et la modalité.....	30
Figure 20 : Teneur en protéines du grain selon la parcelle et la modalité .....	31

Figure 21 : Azote contenu dans la biomasse aérienne (paille et grains) à la récolte ..	32
Figure 22: Corrélacion entre le rendement et le taux de protéines .....	33
Figure 23 : Effet du site sur le rendement et le taux de protéines .....	33
Figure 24 : Harvest Index (HI) selon la parcelle et la modalité.....	34
Figure 25 : Courbe de régression linéaire permettant de montrer la corrélation entre rendement d'après l'échantillonnage (2m <sup>2</sup> ) et rendement d'après une machine (13m <sup>2</sup> ) ; on définit la courbe telle qu'elle passe par le point (0;0) .....	36
Figure 26 : Gains permis par le compost et coût du compost.....	39

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau des principales données d'analyse de sol (détails dans l'annexe ...)	11
Tableau 2 : Précédent et son devenir sur les parcelles d'essai ; les cultures marquées d'un astérisque sont des légumineuses.....	11
Tableau 3 : Modalités mises en place.....	12
Tableau 4 : Mise en place de l'essai : application du compost et semis .....	14
Tableau 5 : Eléments nutritifs apportés par 30t/ha de compost et comparaison avec les besoins du blé.....	16
Tableau 6 : Composition de l'engrais organique B7-4-2 tel que donné par un distributeur .....	17
Tableau 7 : Variétés semées sur les parcelles d'essai .....	17
Tableau 8 : Récapitulatif des incidents sur les cultures .....	21

## Liste des annexes

Annexe 1 : Orientation technico-économique des exploitations dans le Languedoc-Roussillon en 2010 (Agreste 2012) .....	I
Annexe 2 : Schéma montrant les différents sous-produits d'une distillerie et leurs destinations.....	II
Annexe 3 : Données d'analyses sur composts de marc de raisin trouvées dans la littérature (sont notées en rouge les mesures pour lesquelles l'unité n'est pas précisée, en orange les valeurs obtenues par calcul d'après les données de la publication ; les ratios d.....	III

Annexe 4 : Résultats des analyses de sol.....	VIII
Annexe 5 : Résultats d'analyse des deux composts utilisés .....	X
Annexe 6 : Protocole inspiré d'un protocole d'essai de variétés ITAB, réalisé par Marjorie Domergue .....	XI
Annexe 7 : Echelle utilisée pour la notation du pouvoir couvrant .....	XII
Annexe 8 : Résultats des tests statistiques sur le rendement, le taux de protéines, le PMG et le nombre d'épis .....	XIII
Annexe 9 : Déroulement de l'expérimentation en 2013-14.....	XIV
Annexe 10 : Données météorologique (précipitations et températures moyennes journalières). Les données de Mauguio ont été fournies par le domaine de Melgueil (INRA). Les données de St Chaptès et St Hilaire ont été fournies par le CIRAME.	XV

## Sigles utilisés

AB : Agriculture Biologique

CIVAM : Centre d'Initiatives pour Valoriser L'Agriculture et le Milieu rural

ILLIAD : Initiatives, Locales et Localisées, Innovantes pour une Alimentation Durable

INN : Indice de Nutrition Azotée

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

MO : Matière Organique

MS : Matière Sèche

N-P-K : Azote-Phosphore-Potassium

PMG : Poids de Mille Grains



Les mots suivis d'un astérisque\* dans ce mémoire, la première fois qu'ils apparaissent, sont définis ci-dessous dans le glossaire.

## Glossaire

**Adventices** : on appelle adventice toute plante poussant dans un champ cultivé, sans y avoir été intentionnellement mise par l'agriculteur cette année-là (Morlon, 2011).

**Amendement (organique)** : matières fertilisantes composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale, ou animale et végétale en mélange, destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de matière organique du sol et à l'aménagement de ses propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques (LCA, 2012a).

**Compost** : Le compostage consiste en un traitement biologique en milieu fortement oxygéné de déchets ou matières organiques fermentescibles en milieu fortement oxygéné. Lorsque le traitement porte sur des quantités importantes de matières, il s'accompagne d'un dégagement de chaleur qui peut porter la température à plus de 60° C, ce qui concourt à leur hygiénisation. (MEDDE, 2011)

**Criblage** : passage au « tamis »

**Elements Traces Métalliques** : Certains de ces éléments sont des oligo-éléments essentiels pour la vie des plantes et des animaux pour lesquels l'équilibre entre carence et toxicité doit être trouvé : le Bore, Cuivre, Cobalt, Fer, Manganèse, Nickel, Sélénium, Zinc. Le mercure, le plomb, l'arsenic et le cadmium n'ont pas une fonction métabolique connue à ce jour et sont, de ce fait, considérés comme «non essentiels». (CRALR, 2011)

**Faim d'azote** : nom du phénomène de carence en azote dû à l'immobilisation de l'azote par les microorganismes du sol.

**ISB** : prédécesseur de l'ISMO

**ISMO** : Cet indicateur a pour objectif d'exprimer a priori dans le produit initial le pourcentage de matière organique potentiellement résistante à la dégradation. Ainsi, plus la valeur d'ISMO est élevée, plus le potentiel amendant organique du produit est élevé. (LCA, 2012b)

**Matière organique (taux de) :** Sous ce vocable, l'ensemble des composants des matières organiques d'un sol sont regroupées. Par convention, ce taux est considéré comme de l'humus en intégralité. (CRALR, 2011)

**Minéralisation du carbone et de l'azote à 91 jours :** L'objectif du test est d'estimer le potentiel de minéralisation du Carbone et de l'Azote d'un amendement organique ou d'un support de culture par incubation en conditions contrôlées. De même, le suivi de la minéralisation de l'azote permet d'apprécier le comportement de l'azote organique (immobilisation / fourniture). Il permet d'extrapoler le comportement du produit brut observé au laboratoire à son comportement probable au champ sur les deux premières années suivant son épandage. (LCA, 2010)

**Minéralisation :** Permet de transformer les éléments nutritifs de l'humus en éléments assimilables par les plantes et faune/flore du sol. (CRALR, 2011)

**Rapport C/N :** Rapport Carbone total (organique) /Azote total ou global. Plus le produit sera riche en carbone, plus le produit pourra se transformer en MOS. Il existe un lien étroit entre le carbone et les matières organiques d'un sol: le taux de matières organiques est égal à 1,73 fois la teneur en carbone stable sous nos latitudes. (CRALR, 2011)

**Zone blanche :** zone trop éloignée des distilleries et donc dispensée de l'obligation de livraison des sous-produits vinicoles.

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte

L'Agriculture Biologique (AB) est un mode de production qui se développe de plus en plus en France, encouragé par le gouvernement et la demande croissante des consommateurs (Agence BIO, 2014). Ce mode de production s'appuie sur 4 principes fondamentaux : la santé, l'écologie, l'équité et le principe de précaution (IFOAM, 2014). En Europe, ce mode de production est défini par le règlement CE 889/2008. Cependant les spécificités de l'Agriculture Biologique entraînent des problématiques différentes de celles rencontrées en agriculture conventionnelle.

Sur la culture du blé biologique, la **gestion des adventices\*** et la **fertilisation**, en particulier la fertilisation azotée sont particulièrement problématiques (David, 2004 ; Rolland, Le Campion, et Oury, 2012). Ces facteurs sont abordés en agriculture « conventionnelle » par l'emploi d'herbicides et d'engrais minéraux de synthèse, produits proscrits en AB. L'azote est un facteur crucial sur le blé car il détermine à la fois la quantité et la qualité de la récolte. La qualité du blé tendre dépend en effet en partie de sa teneur en protéines, qui joue sur sa valeur boulangère : une trop faible teneur en protéines peut donc faire baisser le prix de vente de la récolte (Omnès, 2013 ; Taupier-Létage, 2005). La fertilisation en AB se fait aujourd'hui par la rotation, l'apport d'engrais organiques et/ou d'amendement organiques :

- ⇒ La **rotation** peut amener une part non négligeable d'azote au sol. Les **légumineuses** sont utilisées à cette fin ; en effet, cette famille de plantes a la capacité de fixer l'azote de l'air ( $N_2$ ) et d'en restituer une partie au sol. Différentes voies de valorisation existent : l'alimentation humaine, pour les légumineuses à graines comme le soja, les lentilles, les pois chiches ; l'alimentation animale, avec des graines comme les féveroles, pois protéagineux, soja, vesce, ou comme fourrage, avec la luzerne, le sainfoin, la vesce, le mélilot... Cette culture peut aussi être enfouie pour un apport d'azote plus conséquent : on parle alors d'engrais vert ;
- ⇒ Les **engrais organiques** répondent à la norme NF U 042-001. Ils sont fabriqués à partir de différentes matières premières organiques, par exemple des déchets d'abattoir, des matières végétales,... Ils sont riches en éléments nutritifs. Ils présentent l'inconvénient d'être assez chers et pas toujours rentables (Agrobio, 2012). Leur

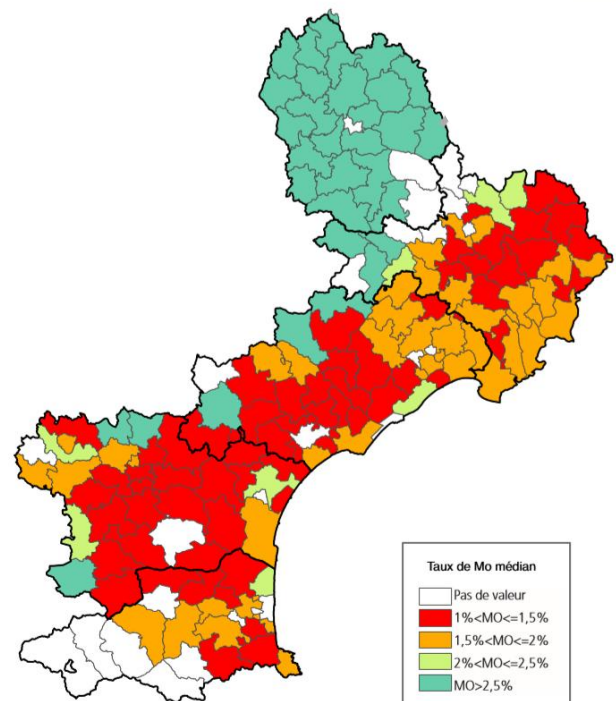
disponibilité est en effet assez faible : en 2012, seuls 63 249 tonnes de coproduits animaux ont été valorisés comme engrais (SIFCO, 2012) ;

⇒ Les **amendements organiques** répondent à la norme NF U 044-051. Ce sont des produits moins riches en éléments nutritifs que les engrais. Par ailleurs, ces amendements sont peu disponibles : la majeure partie des amendements organiques importés par les exploitations bio provient d'élevages conventionnels (Nowak et al., 2013). Ils sont en revanche riches en matière organique et peuvent donc assurer d'autres fonctions vis-à-vis du sol, comme l'amélioration de sa structure et de son activité microbiologique (Guet, 2003).

Dans la région Languedoc-Roussillon, le problème de la fertilisation azotée est couplé à une autre problématique. En effet, les sols agricoles se caractérisent par un très faible taux de matière organique\* (Fig. 1) (CRALR, 2011). Ce faible taux peut s'expliquer d'une part par le climat méditerranéen, qui favorise une minéralisation\* rapide (voir 1.3), et d'autre part par un nombre d'élevages très faible dans la région.

Figure 1 : Taux de matière organique dans les sols agricoles du Languedoc-Roussillon (CA LR, 2011)

Carte de la Matière Organique des sols en Languedoc-Roussillon  
Teneur médiane cantonale sur la période 1990-2004



0 30 60 Kilomètres  
N

Elaboration : CRALR  
Source: BDAT, INRA d'Orléans

Un bilan a été dressé par Marjorie Domergue (INRA) :

- ⇒ Les élevages ne sont pas assez présents dans la région (Annexe 1 : carte d'occupation des sols agricoles) pour pouvoir organiser des échanges entre éleveurs et céréaliers. La plupart de ces élevages sont d'ailleurs extensifs (CRALR, 2011 ; OIER SUAMME et LRE, 2010). En outre, l'échange de matières organiques sur de longues distances est peu viable en règle générale (Asai et al., 2014).
- ⇒ Les autres grandes sources de matière organique dans la région sont les **fumiers de centre équestres** et les **sous-produits des distilleries**.
  - Le **fumier de cheval** est trop pailleux pour être utilisé en grande quantité. Son transport coûte excessivement cher.
  - Les distilleries proposent du **compost de marc de raisin\*** en grande quantité, à prix raisonnable, le coût du transport également.
  - Cependant, le compost de marc de raisin est assez peu connu car il est surtout utilisé par les viticulteurs sur leur vigne, plante pérenne avec des problématiques éloignées de celles du blé. Il y a nécessité d'acquérir des références sur ce produit. Des essais ont donc été mis en place à l'INRA et chez 8 agriculteurs de la région afin de tester l'effet de ce produit sur la culture du blé tendre d'hiver, en conduite biologique.

Mon stage qui fait suite à ce travail se penche donc sur la question :

**Quels sont les avantages et les inconvénients du compost de marc de raisin utilisé comme amendement sur blé tendre d'hiver biologique en Languedoc-Roussillon, d'un point de vue agronomique et économique pour l'agriculteur ?**

Avant de commencer à répondre à cette question, il est nécessaire de resituer ce travail dans un contexte plus large.

## 1.2 Cadre du travail : le projet ILLIAD

Mon stage a été réalisé dans le contexte du projet ILLIAD (Initiatives Locales et Localisées, Innovantes pour une Alimentation Durable). Ce projet veut améliorer la durabilité de quatre filières (riz, abricot/pêche, pomme, blé biologique) en proposant des solutions innovantes aux problèmes d'organisation de ces filières dans le Languedoc-Roussillon. Il est financé à hauteur de 800 000€ par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), sur 4 ans, et a démarré en 2012. Le projet est porté par Sandrine Costa, de l'UMR MOISA (Marchés, Organisations, Institutions et Stratégies d'Acteurs) à l'INRA de Montpellier.

Dans le cadre de la filière blé biologique, l'objet du projet ILLIAD est de proposer une innovation permettant d'améliorer la teneur en matière organique des sols régionaux et d'améliorer les rendements et la teneur en protéine. Comme dit précédemment, il est difficile de mettre en place dans la région un système d'échange de matière organique entre agriculteurs. L'étude s'est donc recentrée sur la recherche d'autres sources de matière organique, dont le marc de raisin à la sortie des distilleries.

## 1.3 La région d'étude : le Languedoc-Roussillon

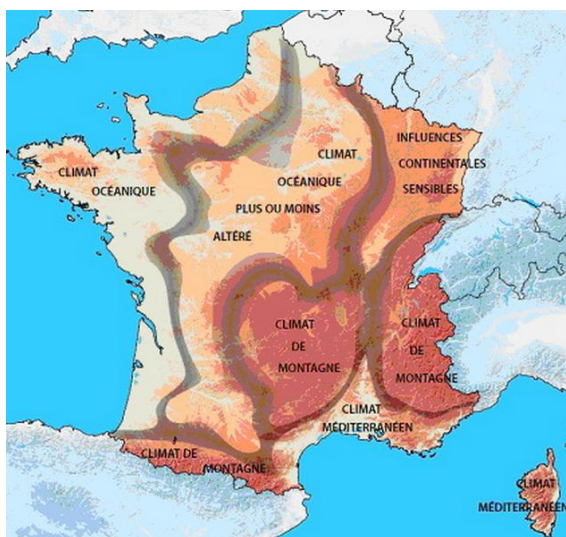


Figure 2 : Un climat méditerranéen en Languedoc-Roussillon (MétéoFrance, 2014)

Le Languedoc-Roussillon est caractérisé par un **climat méditerranéen** (Fig. 2).

Les températures sont parmi les plus chaudes de France métropolitaine, l'ensoleillement est important. Les précipitations sont peu fréquentes mais importantes, et surtout concentrées à l'automne et au printemps (Météo France, [s.d.]).

Ce climat a des conséquences agronomiques: la **minéralisation** est assez imprévisible du fait de l'irrégularité des pluies (Guet, 2003) ; cependant la chaleur tout au long de l'année permettrait aussi une minéralisation que le guide des matières organiques (CRALR, 2011) qualifie de « continue ». Ces facteurs peuvent expliquer le faible taux de matière organique dans la région.

## 1.4 Le marc de raisin

### 1.4.1 Introduction : la matière première, le marc de raisin

#### 1.4.1.1 Qu'est-ce que le marc de raisin ?

Le marc de raisin correspond au **résidu solide** obtenu après séparation du moût (ou jus de raisin), c'est-à-dire aux pellicules (ou peaux), rafles\* et pépins (Dico du Vin, 2013 ; Moldes et al., 2007).

Le marc de raisin est un sous-produit vinicole considéré comme un **déchet** en France. Il doit être livré à une distillerie, comme les autres sous-produits de la vinification. Ce système a été mis en place afin de s'assurer du respect du règlement européen CE n°555/2008, qui interdit le surpressurage des raisins dans une optique de traçabilité de l'alcool (Sénat, 2013). Certaines exceptions cependant : les producteurs de moins de 25hL/an, en « zone blanche »\* ou **certifiés AB** ne sont pas dans l'obligation de livrer ces déchets à la distillerie (IFV, 2013) et peuvent l'éliminer via un plan d'épandage, brut ou après compostage (pour les autres exceptions voir l'arrêté du 17 août 2011).

#### 1.4.1.2 Quelles sont les quantités disponibles ?

Il est souvent fait mention des **volumes importants** de marc de raisin dans les pays producteurs, comme par exemple le Venezuela (Ferrer et al., 2001), la France (Faure et Deschamps, 1990), l'Espagne (Devesa-Rey et al., 2011), l'Australie (Flavel et al., 2005).

En Languedoc-Roussillon les stocks sont particulièrement importants (Fig. 4)(Annexe), avec des distilleries dans les 3 départements les plus producteurs : le Gard, l’Hérault, et l’Aude (Fig. 3).

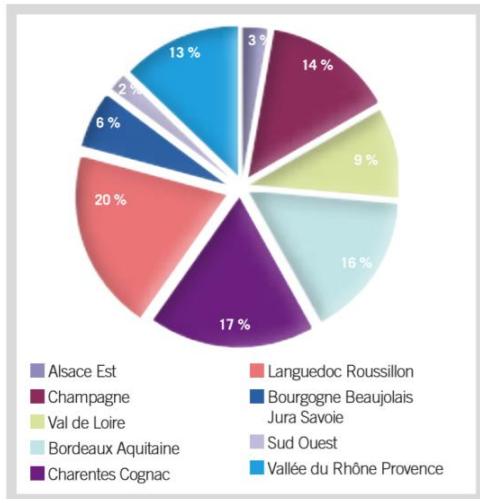
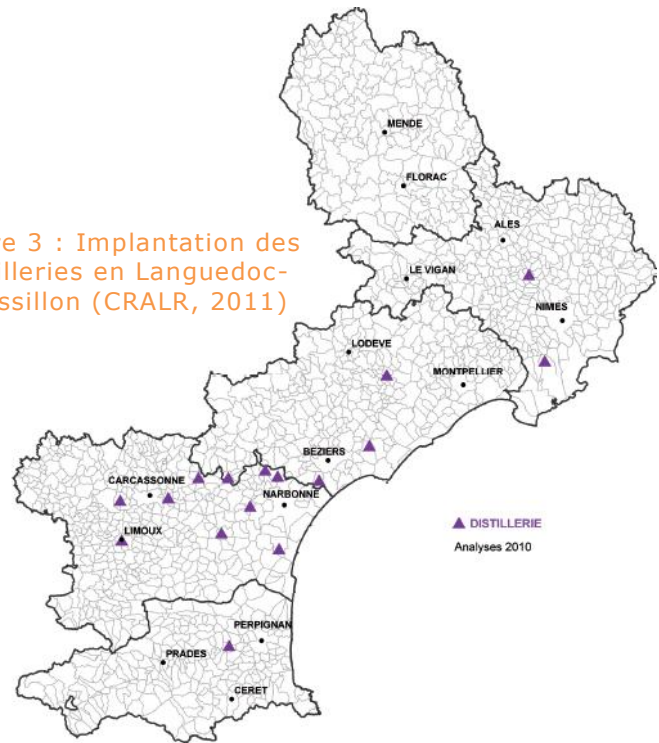


Figure 5 : Répartition des tonnages de marcs de raisins en fonction des régions (campagne 2011)

Figure 4 : Le Languedoc-Roussillon, région productrice d'importants volumes de marc de raisin (IFV, 2013)

Figure 3 : Implantation des distilleries en Languedoc-Roussillon (CRALR, 2011)



L’IFV estime en 2013 à 850 000t le gisement de marc de raisin, dont 20% en Languedoc-Roussillon, soit **170 000 t** de marcs par an. Le Guide des Matières Organiques en 2011 estime à **100 000 t/an** la production de marcs désalcoolisés.

Si on s’intéresse plus particulièrement à la production de marcs compostés, l’ADEME en 2006 estimait que cette production représentait **12 200 t** en 2006 et serait plus faible en 2010 (ADEME et Région Languedoc-Roussillon, 2006). A l’inverse, le Guide des Matières Organiques en Languedoc-Roussillon (CRALR, 2011) annonce une production de **11 800 t** de compost de marc en constante augmentation.

Pour donner un ordre d’idée, 12 000 t de compost correspondrait à un apport de presque 3 t/an/ha sur toutes les cultures de céréales bio en Languedoc-Roussillon, mais il est surtout utilisé sur la vigne aujourd’hui et assez peu en grandes cultures.



#### 1.4.1.3 Que devient le marc de raisin après passage à la distillerie ?

Le **marc de raisin brut** a un statut de déchet. Il doit donc être éliminé via un plan d'épandage ou une transformation. En revanche, les **marcs de raisin désalcoolisés** (après passage à la distillerie) sont considérés comme des sous-produits et sont souvent récupérés par les vignerons (IFV, 2013). La distillerie a plusieurs moyens pour valoriser les différents sous-produits qu'elle génère (Annexe 2 : procédés et sous-produits des distilleries).

Concernant le marc de raisin plus particulièrement, de nombreuses utilisations ont été proposées (Arvanitoyannis, Ladas, et Mavromatis, 2006) dans des domaines comme la santé, la production de bactéries, la dépollution, mais aussi en agriculture comme **amendement**, composté ou non. Mais cette dernière utilisation est peu documentée : les agriculteurs et techniciens n'ont pas de références leur permettant de caractériser l'intérêt agronomique de ce produit. Dans la littérature scientifique, peu d'études ont testé la valeur agronomique sur des plantes.

#### 1.4.2 Utilisation en agriculture du marc de raisin

Dans ses tests de minéralisation, l'IFV a montré que les marcs de raisin bruts induisaient une faim d'azote : ils font baisser la teneur en azote minéral du sol, au moins dans un premier temps. Leur pH est très acide et leur rapport C/N est élevé. L'utilisation de marcs de raisin bruts inhiberait de plus la croissance racinaire (Inbar, 1991 in (Diaz et al., 2002))

#### 1.4.3 Le compostage du marc de raisin

L'aspect le plus étudié du compost de marc de raisin comme amendement est d'abord son compostage. Il a été montré que le marc de raisin est apte au compostage si l'on regarde son rapport C/N\* (Faure et Deschamps, 1990). Certains proposent :

- de co-composter afin d'équilibrer la composition du compost, avec de la vinasse de betterave, des fientes de volaille, du fumier bovin, équin, ovin, des boues d'épuration, des déchets verts (Bustamante et al., 2008 ; Diaz et al., 2002 ; Ferrer et al., 2001 ; Zmora-Nahum, Hadar, et Chen, 2007) ;
- d'ajuster la proportion des rafles, pépins, peaux dans les marcs, d'ajouter des bourbes (Bertran et al., 2004 ; Manios, 2004 ; Moldes et al., 2007) ;
- de vermicomposter (Gómez-Brandón et al., 2011).

Les nombreuses études sur le compostage, co-compostage ou encore vermicompostage du marc de raisin permettent de constater que sa composition peut être très variable (Annexe 3 :

données sur le compost de marc de raisin). Le manque de précision dans les données des articles scientifiques ne permet pas de bonnes comparaisons de ces compositions, mais on peut tout de même comparer les pH et les ratios C/N atteints (Fig.5). Ceux-ci sont très variables notamment à cause de la diversité des matières premières utilisées, qu'elles soient ou non des sous-produits vinicoles.

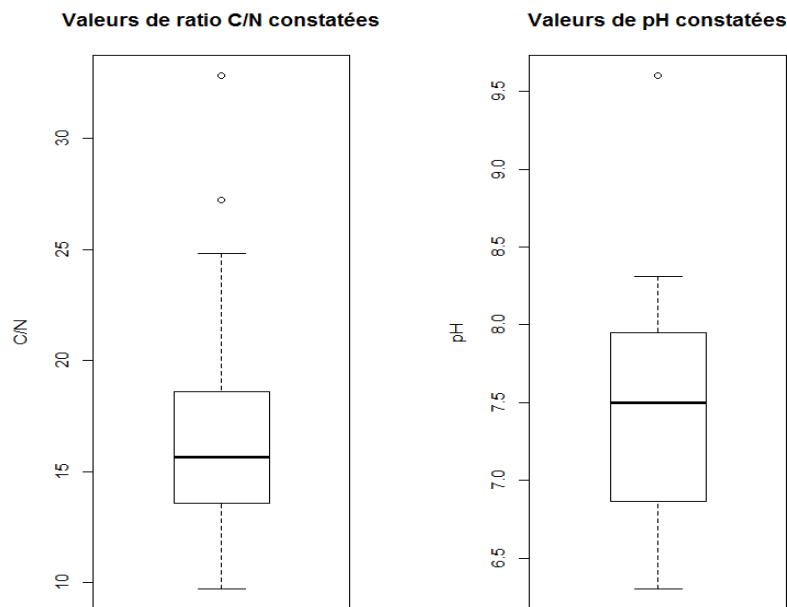


Figure 5 : Valeurs de C/N et de pH de composts de marcs de raisin seuls ou en mélange avec d'autres matières premières constatées dans la littérature (34 valeurs et 28 valeurs respectivement)

#### 1.4.4 La valeur agronomique du compost de marc de raisin

Si le compost de marc de raisin est relativement bien caractérisé au niveau chimique, sa valeur agronomique au champ est en revanche peu testée.

Des tests de germination en pot ont pu montrer que le compost de marc de raisin n'est pas phytotoxique, et favorise même la germination du ray-grass par rapport à un témoin non fertilisé (Moldes et al., 2007). Une expérimentation a également été faite sur des plants de maïs en pot, sur 20 jours, à une dose de 3 000kg/ha (Ferrer et al., 2001). La biomasse des plants était supérieure à une fertilisation minérale N-P-K (azote-potassium-phosphore) (expliquée par un apport d'éléments chimiques supplémentaires). Cependant, les auteurs concluent qu'une supplémentation en phosphore est recommandée. Une étude met en garde contre la forte teneur en potassium, qui pourrait entraîner un blocage du magnésium et donc une carence (CAS, 2012).

Côté azote, des expérimentations montrent une immobilisation de l'azote pendant 30 et 50 jours après l'application, suivie d'une augmentation de l'azote minéral pour des composts avec des C/N de 16 et 21 respectivement (Flavel et al., 2005 ; IFV, 2013).

De façon plus marginale, on s'intéresse au compost de marc de raisin pour ses propriétés phytosanitaires. Il aurait un effet suppressif après son application sur le sol (Diánez et al., 2006). Un projet est d'ailleurs en cours pour l'utilisation de molécules de marc de raisin pour la protection des plantes, le projet Phytomarc (Phytomarc, 2014).

## 2 Matériel et Méthode de l'expérimentation

### 2.1 Parcelles d'essai

#### 2.1.1 Localisation des essais

Les essais ont eu lieu dans la région Languedoc-Roussillon (Fig. 6) sur des parcelles conduites selon le cahier des charges de l'Agriculture Biologique chez :

- 5 agriculteurs dans l'Aude, dans le bassin du Minervois ;
- 3 agriculteurs dans le Gard, dans la zone entre Nîmes et Alès ;
- Et au domaine expérimental de Melgueil (INRA UE Diascope), à côté de Montpellier.

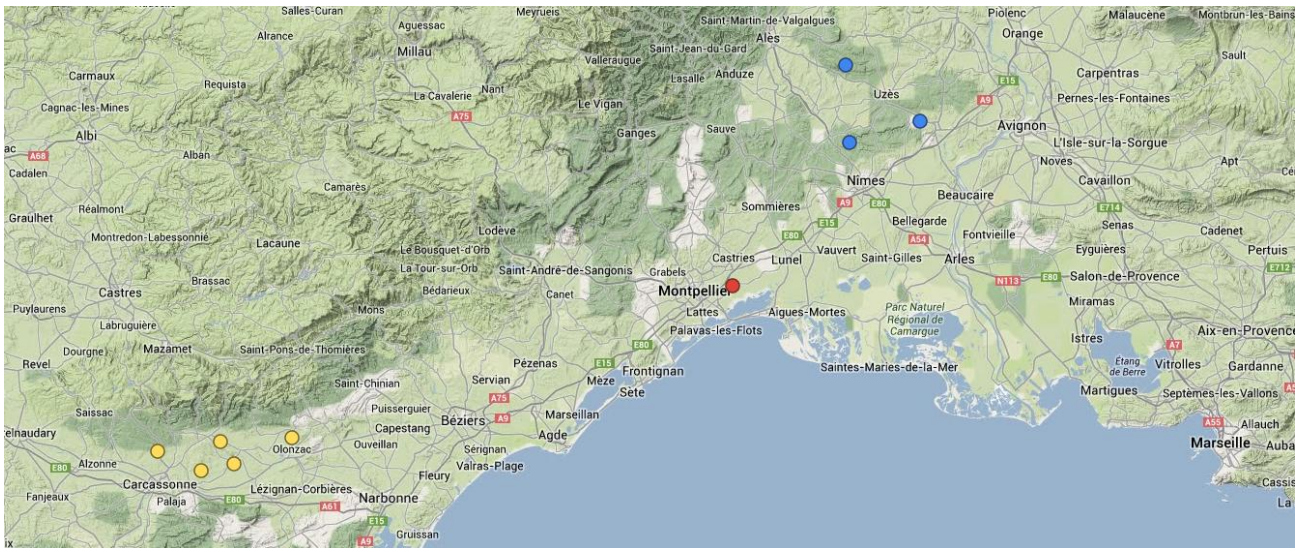


Figure 6 : Localisation des parcelles avec essai (jaune : Aude - rouge : Melgueil - bleu : Gard)(Données carte : Google, basado en BCN IGN España)

#### 2.1.2 Caractéristiques des parcelles

Les parcelles ont été choisies en 2013 de manière à ne pas avoir de sol trop exceptionnel, en évitant les sols trop riches, les sols avec des risques d'engorgement ou trop pentus... Le contact avec les agriculteurs a été fait grâce au CIVAM (Centre d'Initiatives pour Valoriser L'Agriculture et le Milieu rural), partenaire du projet : Max Haeffliger, animateur du CIVAM Bio de l'Aude et Grégoire Bouchez, animateur du CIVAM Bio du Gard.

Les sols ont été analysés pour leur valeur agronomique par SAS Laboratoire (synthèse : Tab. 1, détails : Annexe 4).

Tableau 1 : Tableau des principales données d'analyse de sol (détails dans l'annexe ...)

Donnée	Texture	pHeau	Ca total	P2O5	K2O	CEC Metson	MO	Corg	Ntot	C/N
unité			%	Unité	Unité	meq/100g	%	%	%	
A5	Sable limoneux	8,6	21,6	11	276	6,7	1,3	0,77	0,07	10,2
A3	Limon argilo sableux	8,7	18,9	20	283	9,8	2,2	1,3	0,12	10,8
A2	Sable argilo-limoneux	8,6	13,6	14	276	9,8	1,4	0,8	0,1	8,4
A1	Calcaire ...	8,6	61,2	12	248	20,4	1,8	1,07	0,11	9,9
A4	Arg.limono-sableuse	8,5	16,3	17	313	18	1,9	1,12	0,11	10,2
G2	... calcaire	8,5	30,6	32	268	14,7	2,5	1,44	0,16	8,9
G3	Limon sableux	7,3	0,4	60	113	7,1	1,3	0,74	0,08	9,5
G1	Limon argilo sableux	8,5	19,3	40	254	10,7	2	1,17	0,12	9,7
Melgueil	Limon argilo sableux	8,4	20,8	62	426	18,2	1,7	0,98	0,1	9,9

On constate de manière générale un pH élevé, la plupart du temps autour de 8,5, dû au sous-sol calcaire de la région. Dans certains cas, la teneur en calcaire total est très élevée (jusqu'à 60%). Les teneurs en matière organique varient entre 1,3 et 2,5%, ce qui est au-dessus de la moyenne régionale, qui est de 1%<sup>1</sup> (calculé d'après BDAT, 2013).

Deux exploitations ont un atelier élevage : G3 possède quelques chevaux et A4 possède des moutons. Ces animaux sont élevés en plein air, on peut donc négliger l'apport de fumier sur ces parcelles, trop faible. Sur 3 exploitations, le précédent a été une légumineuse (Tab. 2), pratique courante en Agriculture Biologique : le blé tendre est implanté juste derrière une légumineuse pour profiter de l'enrichissement en azote.

Tableau 2 : Précédent et son devenir sur les parcelles d'essai ; les cultures marquées d'un astérisque sont des légumineuses

Exploitation	Précédent	Devenir du précédent
Melgueil	Blé dur	Pailles enfouies
A1	Orge	
A2	*Féverole	
A3	*Pois chiche	
A4	Friche pâturée	
A5	*Luzerne	Fauchée
G1	Colza	
G2	Blé tendre	
G3	Tournesol	

<sup>1</sup> Ce chiffre est à relativiser, car les parcelles viticoles et arboricoles sont très représentées en Languedoc-Roussillon ; or elles sont aussi connues pour avoir de très faibles taux de matière organique.

La teneur en azote a été mesurée au moment de l'épandage (reliquat entrée hiver, REH), puis en sortie d'hiver (reliquat sortie hiver, RSH). Les reliquats entrée hiver les plus élevés sont obtenus sur les exploitations utilisant de l'engrais organique (A2, A3, G1) et sur une exploitation (A5) n'utilisant pas d'engrais mais qui utilise une technique particulière : la culture « sur luzerne vivante ». La luzerne en place sur la parcelle reste présente durant toute la rotation, ce qui pourrait expliquer le taux d'azote élevé.

Enfin, les conditions climatiques sont assez différentes bien que les essais soient assez groupés géographiquement.

## 2.2 Le dispositif expérimental et sa mise en place

### 2.2.1 Dispositif expérimental

Pour chaque essai, un découpage de la zone d'essai en 8 ou 12 microparcelles de 18m<sup>2</sup> a été réalisé. Le dispositif expérimental comporte 4 répétitions, avec 2 ou 3 modalités testées selon le site (Tab. 3).

Tableau 3 : Modalités mises en place

Modalité « <b>témoin</b> » - 4 répétitions	Aucun apport
Modalité « <b>compost</b> » - 4 répétitions	Apport de l'équivalent de 30t/ha de compost avant semis (dose pour le redressement de la matière organique (CRALR, 2011))
Modalité « <b>engrais</b> » - 4 répétitions facultatives	Apport d'un engrais organique à raison de 800kg/ha en bouchons avant montaison

L'épandage a été réalisé manuellement (Fig.7), m<sup>2</sup> par m<sup>2</sup> pour que l'épandage soit le plus homogène possible. Le compost a été épandu manuellement (3kg/m<sup>2</sup>) puis enfoui au croc ou à la binette, quelques jours après le travail du sol. L'engrais, sous forme de bouchons, a été épandu (80g/m<sup>2</sup>) mais non enfoui.



Figure 7 : Epannage manuel du compost, m<sup>2</sup> par m<sup>2</sup> (crédit photo : Marjorie Domergue)

Le plan du dispositif est différent selon le nombre de modalités retenues (Fig. 8 et 9).

- Sans modalité « engrais », le dispositif est en carré latin (Fig. 8)
- Avec une modalité « engrais », le dispositif est en long, ce qui permet dans la pratique à l'agriculteur d'épandre son engrais en évitant une seule bande de 12m de large (Fig. 9)

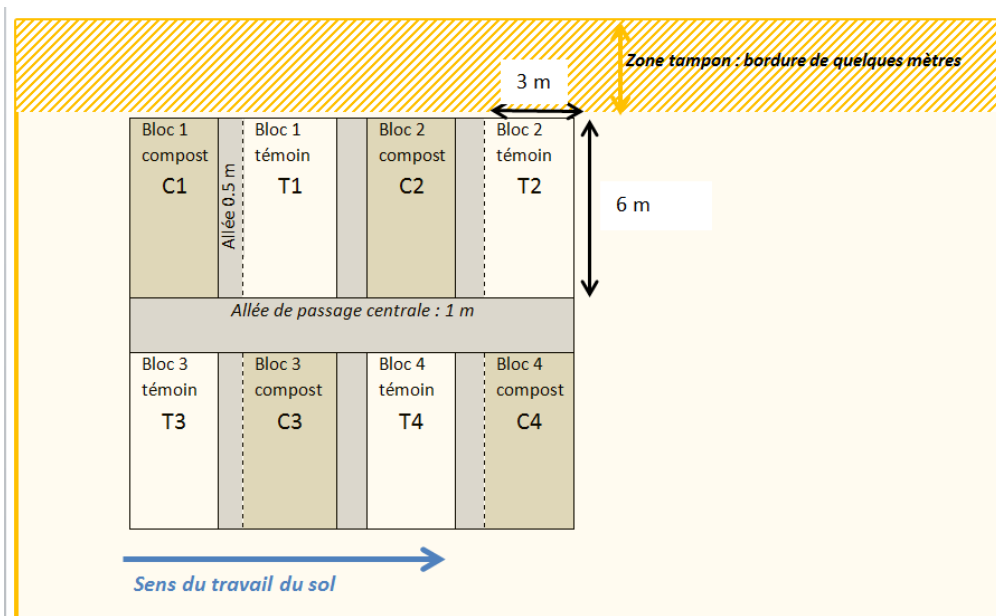


Figure 8 : Plan du dispositif expérimental si 2 modalités (compost et témoin)

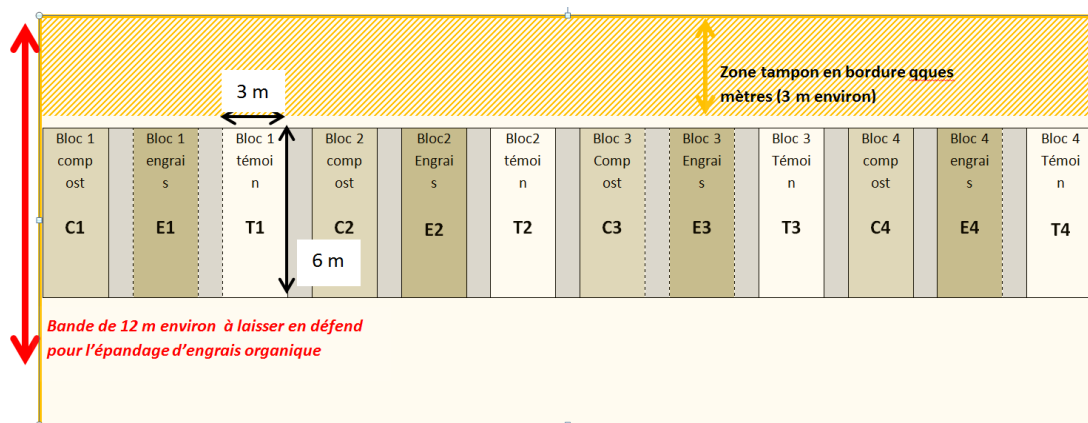


Figure 9 : Plan du dispositif expérimental si 3 modalités (compost, témoin, engrais)

## 2.2.2 Epandage du compost

Le compost a été amené le 26-27 août au bord des parcelles et stocké pendant environ deux mois. Il a ensuite été épandu et enfoui à la main entre le 18 et le 24 octobre (Tab. 4). Le compost provenait soit de la distillerie du Gard, soit de celle de l'Aude. L'épandage s'est fait après que l'agriculteur ait passé son outil de travail du sol, avant le semis.

Tableau 4 : Mise en place de l'essai : application du compost et semis

Exploitation	Provenance du compost	Epandage du compost	Semis
<b>Melgueil</b>	Gard	27/09/2013	18/10/2013
<b>A1</b>	Aude	23/10/2013	09/12/2013
<b>A2</b>	Aude	23/10/2013	
<b>A3</b>	Aude	22/10/2013	
<b>A4</b>	Aude	23/10/2013	Fin octobre
<b>A5</b>	Aude	23/10/2013	
<b>G1</b>	Gard	18/10/2013	Début novembre
<b>G2</b>	Gard	24/10/2013	
<b>G3</b>	Gard	24/10/2013	29/10/2013



## 2.3 Fertilisation et variétés utilisées

### 2.3.1 Compost

Le compost de marc de raisin a été récupéré dans 2 distilleries les 26 et 27 août 2013. L'une des distilleries se trouve à Rieux-Minervois (Aude) et l'autre à Cruviers-Lascours (Gard). Elles font toutes deux partie d'une union de distilleries, GrapSud, qui commercialise sous le nom de « FertiRaisin » leur compost de marc de raisin. Ces composts sont composés de marcs, auxquels sont ajoutés des vinasses concentrées afin d'enrichir le compost en potassium, ce qui est souhaité par les adhérents. Le nombre des retournements n'est pas fixe, mais le criblage\* est identique, avec une maille de 40mm. Le compostage commence lors des vendanges, et le compost obtenu est souvent (et c'est le cas ici) vendu l'été suivant ; le compostage et la maturation durent donc près d'un an.

Au moment d'amener le compost au bord des parcelles, des échantillons ont été prélevés et envoyés pour analyse : diverses mesures pour la valeur agronomique, métaux lourds, ISB\* et minéralisation du carbone et de l'azote à 91 jours\* (Annexe 5 : analyses des deux composts).

Si l'on compare à l'étude bibliographique précédente :

- Les deux composts sont en effet riches en potassium ;
- Les ratios C/N de 6,9 et 7,7 (Gard et Aude respectivement) semblent très bas pour un compost, et plus bas que les C/N recensés dans l'étude bibliographique. Ce ratio n'a pas pu être expliqué, mais est assez surprenant : dans les analyses de routine ce ratio C/N serait plus proche de 10. Le taux d'azote serait assez important également par rapport aux analyses de routine ;
- L'ISB montre que ces composts sont des matières organiques très stables, ce qui était attendu ;
- Les teneurs en Elements Traces Métalliques\* (ETM) correspondent à la réglementation (Fig. 10), mais le compost du Gard présente des teneurs en ETM supérieures à celles de l'Aude ; ceci est lié à la protection phytosanitaire du vignoble.

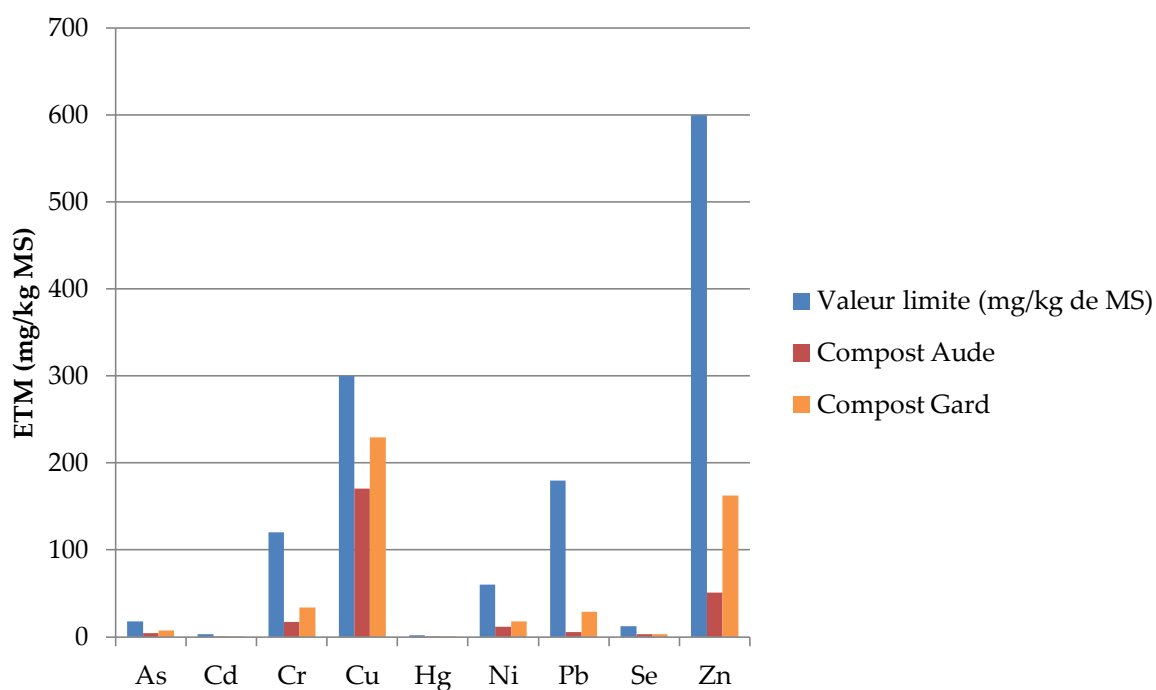


Figure 10 : Comparaison des teneurs en Elements Traces Métalliques des composts et leurs valeurs limites fixées par la norme sur les amendements NFU 044-051 (LCA, 2012a)

- 30t par ha de ces produits apportent beaucoup d'éléments nutritifs, bien qu'essentiellement sous forme organique (Tab. 5).
- L'analyse de minéralisation de l'azote à 91 jours montre que la minéralisation est faible (2% environ à 91 jours) mais toujours positive : le compost ne devrait pas provoquer de phénomène de faim d'azote.

Tableau 5 : Eléments nutritifs apportés par 30t/ha de compost et comparaison avec les besoins du blé

En kg/ha	N	<i>Dont N minéral</i>	P	K
<b>Compost Aude</b>	663	39	183	702
<b>Compost Gard</b>	459	15	441	801
<b>Besoins du blé pour 20qx/ha</b>	60	60	5.5	8.3

### 2.3.2 Engrais

L'engrais utilisé en 2014 a été l'Ormendis B7-4-2 (farines de sang et d'os et fientes de volaille compostées). Les caractéristiques de cet engrais sont données dans le tableau 6. L'apport de 800kg/ha d'engrais apporte bien moins d'éléments nutritifs que le compost.

Tableau 6 : Composition de l'engrais organique B7-4-2 tel que donné par un distributeur

	MS	MO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Préconisation d'emploi
Caractéristiques techniques	90%	70%	7% (dont 6,6% organique)	4%	2%	8.5%	1000-1500kg/ha
Apport pour 800kg/ha			56kg/ha (dont 3.2kg/ha sous forme minérale)	32kg/ha	16kg/ha		

### 2.3.3 Variétés

La variété Nogal a été choisie pour l'essai sur le domaine expérimental, et suggérée aux agriculteurs participant aux essais. Cette variété est adaptée à la conduite biologique grâce à ses nombreuses résistances aux maladies. C'est une variété très précoce, et donc a priori adaptée à la région où les sécheresses estivales ne sont pas rares.

Cependant, la plupart des agriculteurs ont choisi d'autres variétés, pour diverses raisons (habitude, convictions, semences disponibles, demande de l'acheteur...)(Tab. 7).

Tableau 7 : Variétés semées sur les parcelles d'essai

	Aérobic	Nogal	Barbu d'Epiré	Population*, mélange	Khorasan
M		X			
A1			X		
A2		X			
A3					X
A4				X	
A5				X	
G1	X				
G2		X			
G3	X				

Nogal et Aérobic sont des variétés commerciales, tandis que le barbu d'Epirée est une variété dite « ancienne ». Le khorasan est une espèce de blé à part, plus proche du blé dur. Il est

souvent commercialisé sous le nom de Kamut®. Enfin, deux parcelles ont été semées avec des variétés anciennes en mélange, ayant évolué et constituant donc des blés population. On y retrouve par exemple le Barbu du Roussillon, le Rouge de Bordeaux, des blés poulards...

## 2.4 La récolte de données

### 2.4.1 Suivi de la culture

Le protocole de suivi initial s'inspire d'un protocole ITAB (Annexe 6 : protocole) qui vise à évaluer les variétés de blé. Les notations prévues étaient :

- Le comptage du nombre de pieds à la levée, sur 1m<sup>2</sup> ;
- L'estimation du pouvoir couvrant, sur une échelle visuelle de 1 à 5 (Annexe 7 : échelle);
- La notation de la date d'épiaison, qui correspond à la date où 50% des épis sont à moitié sortis de leur gaine (Gate, 1995).
- Une notation des adventices.

### 2.4.2 Récolte et battage

Un bottillon est prélevé dans chaque micro-parcelle à maturité. Les bottillons sont ramenés pour effectuer différentes mesures à poste fixe, comme le Poids de Mille Grains (PMG), le nombre d'épis par m<sup>2</sup> et la teneur en protéines. Dans le cas de l'essai sur la station expérimentale, les micro-parcelles ont ensuite été récoltées avec une moissonneuse-batteuse adaptée ; dans le cas des parcelles agriculteurs, seul le rendement de la parcelle totale est connu.

#### 2.4.2.1 Récolte

On prélève sur l'équivalent de **2 mètres carré dans chaque micro-parcelle**. Une **bordure de 50 cm** tout autour de la micro-parcelle n'est pas prélevée pour éviter l'effet de bordure. Pour ce faire :

- 1) Etablir le nombre de rangs, noté X, sur un mètre (en règle général, cela représente 6 rangs) ; noter plus précisément l'écart inter-rang ;
- 2) Choisir X rangs sur la micro-parcelle : on choisit les plus homogènes, en étant autant que possible représentatif de la parcelle ;

- 3) Couper à ras du sol ou arracher les tiges de blé sur les rangs choisis, et sur un mètre de longueur. Si la parcelle est homogène il est possible de faire des carrés d'un seul tenant.
- 4) Mettre les tiges prélevées (épis tête en bas) dans un sac avec l'identification de l'échantillon sur le sac (nom de la parcelle et de la microparcelle).
- 5) Stocker les bottillons dans un endroit climatisé.

#### 2.4.2.2 *Post-récolte*

- 1) Passer les bottillons à l'étuve s'ils sont encore « verts » afin d'éviter des moisissures par la suite (24 heures à 60°) ;
- 2) Peser le bottillon (poids paille + épis). Couper tous les épis et les compter, les peser. Jeter les pailles.
- 3) Compter le nombre d'épillets sur 10 épis pris au hasard.
- 4) Battre tous les épis, trier le grain, peser le grain trié.
- 5) Compter 250 grains et les peser.
- 6) Mettre de côté environ 200g de chaque échantillon pour l'analyse de la teneur en protéines. Celle-ci est mesurée par infrarouge.

#### 2.4.3 *Analyse des données*

Les données ont été analysées avec Excel 2010 et le logiciel R pour les analyses statistiques (Annexe 8 : scripts R et résultats des tests).

### 3 Résultats

#### 3.1 Bilan global sur le déroulement de la campagne 2013-2014

Le déroulement précis de l'expérimentation 2013-2014 est présenté dans l'Annexe 9.

##### 3.1.1 Météo pendant la période de culture

L'hiver 2013-2014 a été très doux, sans gel. Les cultures ont donc très vite repris dès la sortie de l'hiver. En revanche, les précipitations ont été assez rares, particulièrement dans l'Hérault : il y a certainement eu des périodes de stress hydrique pour le blé. Ces périodes peuvent être estimées avec un calcul de bilan hydrique.

Malheureusement les données des coefficients culturaux sont assez imprécises ; on peut tout de même estimer le début du stress hydrique à Mauguio au mois d'avril (Fig.11).

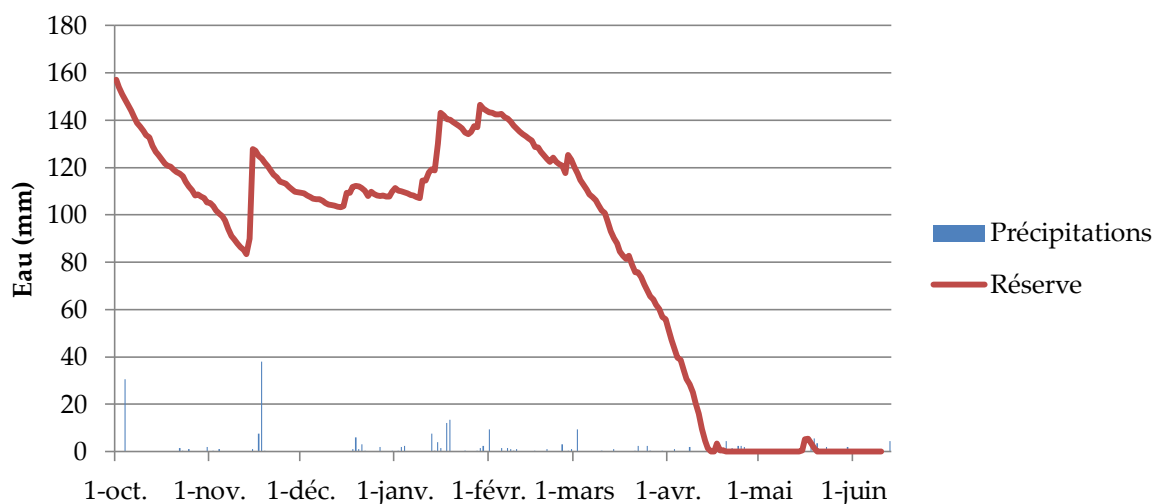


Figure 11 : Réserve en eau et précipitations à Mauguio sur la campagne 2013-14

**Commentaire Fig. 11 :** les hypothèses pour construire la courbe ont été les suivantes : un sol limon argilo-sableux a une réserve utile de 1.75mm/cm (Nebout, 2010) ; la réserve était pleine au 4 octobre ; la profondeur d'enracinement est de 90cm ; les coefficients culturaux sont 0.4 (stade initial), 0.78 (développement), 1.15 (croissance), 0.4 (tardif) d'après la FAO : ici on a considéré que stade initial = levée, développement = tallage, croissance = montaison, tardif = 1 mois avant récolte (FAO Aquastat, 2014) ; la formule utilisée pour le calcul est :  $R_j = R_{j-1} + P - (ETP \times K_c)$

Le blé consomme 400 à 450mm d'eau entre le stade épi 1cm et la maturité du grain (ITCF, 2002). Dans notre cas, il est tombé seulement 128mm entre le 1<sup>er</sup> janvier et la récolte, ce qui n'est pas suffisant, même en prenant en compte les réserves en eau du sol. Les précipitations ont été un peu plus importantes dans l'Aude et le Gard (Annexe 10 : données météo pour

Mauguio et le Gard), mais on peut penser que cette année le stress hydrique a été assez fort sur certains sites et constitue donc un facteur limitant à prendre en compte<sup>2</sup>.

### 3.1.2 Accidents sur les cultures

Un des accidents (Tab. 8) majeurs sur cette campagne 2013-2014 a été la présence d'épis cariés dans les bottillons récoltés. La carie est provoquée par un champignon dont les nombreuses spores se disséminent très facilement lors du battage des épis cariés. Pour une parcelle (A4) les épis étaient trop cariés et nous n'avons pas pu trouver de solution pour récupérer les grains. Une parcelle a été inexploitable à cause de dégâts de sangliers. Les adventices étaient très présents sur certaines parcelles.

Tableau 8 : Récapitulatif des incidents sur les cultures

	Ravageurs	Maladies	Adventices à la récolte	Autres
<b>M</b>	-	-	Très peu	-
<b>A1</b>	-	Carie	Folle-avoine	Déplacement en surface du compost lors du passage du vibroculteur
<b>A2</b>	-	-	Aucune	Engrais sur la totalité de l'essai (Ormendis B9-4-1)
<b>A3</b>	-	Rouille jaune ?	Très diverses, assez présentes sous le couvert	
<b>A4</b>	-	Carie	Folle-avoine plus dense que le blé	Battage non effectué à cause de la carie, <b>aucune donnée sur les grains</b>
<b>A5</b>	-	Carie	Chardons	Micro-parcelles manquantes, déjà moissonnées
<b>G1</b>	-	Rouille brune Carie	Folle-avoine	
<b>G2</b>	Sangliers, criocères	-	-	Champ mangé par des sangliers, <b>aucune donnée de rendement</b>
<b>G3</b>	Criocères	-	Très peu	

<sup>2</sup> Les données météo dans l'Aude n'ont pas pu être obtenues, mais d'après les dires des agriculteurs les précipitations ont été plus importantes qu'à Mauguio, bien qu'assez diverses selon les parcelles, même proches ; dans le Gard, des données météo à moins de 10km ont pu être obtenues mais restent peu fiables car le relief est assez important.

### 3.2 Hypothèses de travail et résultats attendus

- 1) Le compost apporte des **éléments nutritifs** sous forme organique, qui seront disponibles au fur et à mesure de la minéralisation
  - a. les teneurs en azote du sol devraient être supérieures dans les modalités compost.
  - b. il devrait y avoir une augmentation du rendement et/ou de la teneur en protéines et/ou de l'appareil végétatif par rapport au témoin, voire à la modalité engrais.
- 2) Le compost apporte de la **matière organique stable** : cela devrait jouer sur la structure du sol, sa capacité de rétention en eau (Guet, 2003). Les modalités compost devraient être plus résistantes aux épisodes de sécheresse mais aussi aux épisodes trop pluvieux (compaction du sol, hydromorphie). L'élaboration des composantes du rendement à ces moments-là a pu être affectée.



### 3.3 Effets du compost sur le sol

Les reliquats azotés en sortie hiver (Fig. 12) montrent une variabilité parfois importante entre les parcelles. Les résultats de l'essai INRA (M) sont dus à un problème conservation des échantillons (barres hachurées sur le graphique).

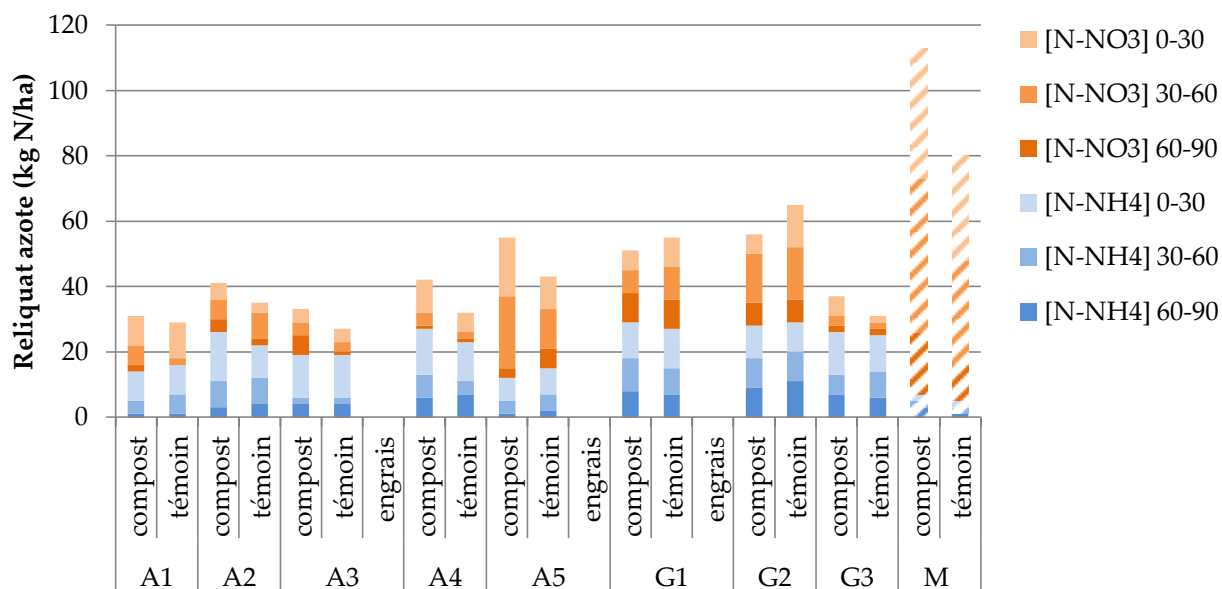


Figure 12 : Reliquat azoté en sortie hiver à différentes profondeurs, avec et sans compost

**Commentaire Fig. 12 :** l'azote nitrique ( $N-NO_3$ , c'est-à-dire la quantité d'azote présente sous forme  $NO_3$  et non la quantité de  $NO_3$ ) est représenté en orange et l'azote ammoniacal ( $N-NH_4$ , quantité d'azote présente sous forme  $NH_4$ ) est en bleu. Le dégradé de couleur représente la profondeur de la mesure : les couleurs claires représentent l'horizon de surface 0-30cm, les couleurs intermédiaires l'horizon 30-60cm et les couleurs foncées l'horizon 60-90cm.

Les valeurs correspondent à un prélèvement à la tarière réalisé les 24 (Aude) et 27 février (Gard et Mauguio) 2014. Chaque valeur correspond à un échantillon constitué de 12 prélèvements, trois dans chaque répétition de l'essai (sauf à Mauguio où il y a eu 4 prélèvements, un dans chaque répétition).

Le prélèvement a été fait dans les modalités compost et témoin seulement car l'engrais n'avait pas encore été épandu.

On remarque en particulier les taux de nitrates sur la parcelle A5. Il s'agit d'une parcelle avec de nombreuses repousses de luzerne, qui peuvent expliquer ce fort taux d'azote. La quantité d'azote est supérieure dans les modalités compost, sauf à deux endroits dans le Gard où c'est l'inverse (G1 et G2). Pour expliquer ce résultat, on peut les comparer avec la

parcelle G3 située dans la même zone géographique et où le compost épandu est le même. L'azote minéral sur G1 a pu être :

- Lessivé : les précipitations n'ont pas été plus importantes sur G1 que sur G3, elles ne peuvent donc pas expliquer ce phénomène ; G3 a d'ailleurs moins d'azote total, peut-être à cause de sa texture (limon sableux) qui a favorisé le drainage ;
- Absorbé par la culture : la texture du sol sur G1 (limon argilo-sableux) n'a peut-être pas permis une aération suffisante pour une bonne minéralisation de l'azote du compost mais a permis une meilleure absorption de l'azote en apportant d'autres éléments nutritifs comme le phosphore et le potassium ;
- Organisé : les micro-organismes ont pu transformer l'azote minéral en azote organique. Ceci a lieu quand la quantité de carbone apportée est trop importante par rapport à la quantité d'azote. Encore une fois, le compost est identique sur G1 et sur G3, le rapport C/N était sans doute correct pour éviter cette faim d'azote.

### 3.4 Effets du compost sur le blé

#### 3.4.1 Nombre de pieds à la levée

Le nombre de pieds à la levée est le même quelle que soit la modalité compost ou témoin. Les différences entre parcelles s'expliquent en partie par le matériel utilisé et les densités de semis choisies qui ne sont pas toutes les mêmes. C'est sur les modalités compost qu'il semble le plus élevé, sauf deux parcelles (A3 et G2) (Fig. 13).

Pour comparer ces valeurs il faudrait réaliser une comparaison de modèles linéaires mixtes qui prendrait en compte les effets parcelle, modalités et blocs, ou encore une analyse de variance (ANOVA), mais les conditions d'application de ces tests ne sont pas remplies : les données ne suivent pas la loi normale, même après transformation (racine carrée, logarithme). J'ai donc choisi d'appliquer un test non paramétrique qui compare deux à deux les valeurs (test de Wilcoxon apparié). On compare donc ici chaque valeur de parcelle avec compost avec son homologue témoin. On ne prend pas en compte dans ce test l'effet de la parcelle, des blocs, ni la modalité engrais. Quand les écart-types tracés sur les graphiques suggèrent qu'il peut y avoir une différence significative entre le compost et le témoin sur une parcelle, une ANOVA (Analyse de Variance) est réalisée à l'échelle de cette parcelle. Seuls les résultats significatifs seront signalés.

D'après ce test, il n'y a pas d'effet significatif du compost (p-value = 0.1184) sur le nombre de pieds à la levée.

Il ne serait pas étonnant que le compost ait un effet sur la levée car il peut favoriser la germination du ray-grass (augmentation du taux de germination) (Moldes et al., 2007).

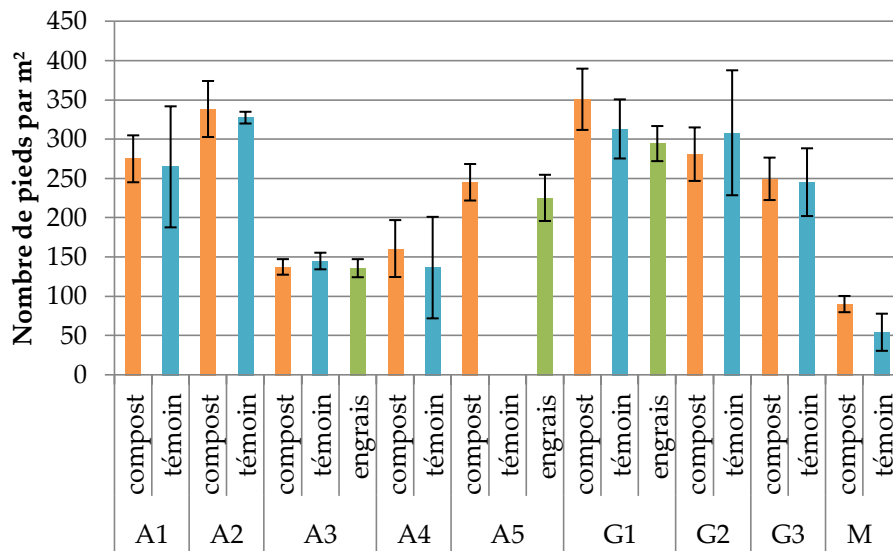


Figure 13: Nombre de pieds par m<sup>2</sup> à la levée

**Commentaire Fig. 13** : sur la parcelle A5 le nombre de pieds/m<sup>2</sup> à la levée n'a pas été mesuré dans la modalité témoin par manque de temps, mais on peut supposer, sauf hétérogénéité de sol, que les valeurs entre modalités engrais et témoin sont proches puisqu' à la date du comptage l'engrais n'avait pas été épandu.

### 3.4.2 Pouvoir couvrant

La mesure du pouvoir couvrant a permis d'évaluer l'importance de l'appareil végétatif du blé à un moment donné. Il a donc seulement une valeur de comparaison entre les modalités, puisque toutes les parcelles n'étaient pas au même stade lors de cette notation.

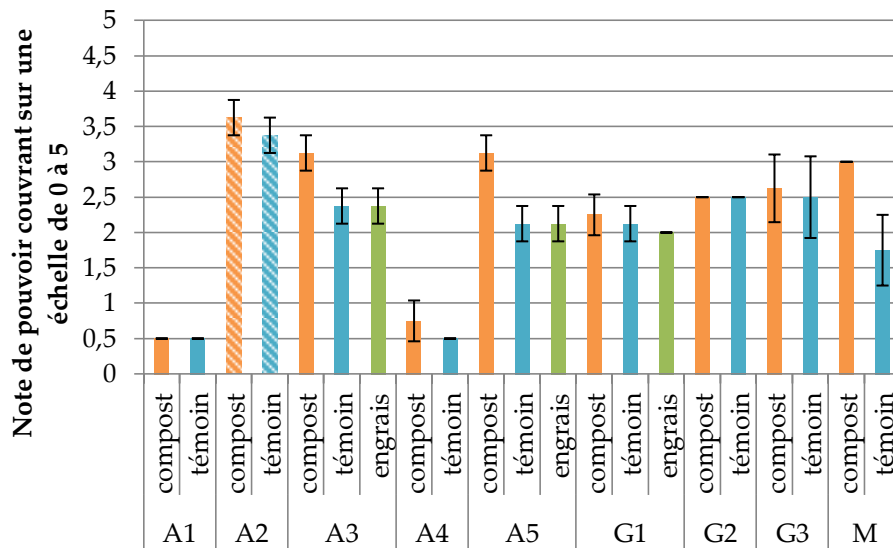


Figure 14 : Note de pouvoir couvrant du blé fin mars

*Commentaire Fig. 14 : Les barres correspondant à A2 seront désormais hachurées pour rappeler qu'il y a eu par erreur un épandage d'engrais organique en sortie hiver.*

Les différences sont marquées sur seulement 3 parcelles (A3, A5, M), où les écarts-types ne se recourent pas (Fig. 14). S'agissant d'une note, il n'y a pas eu d'ANOVA sur ces résultats pour éviter toute erreur d'interprétation. Sur ces parcelles les notes des modalités compost sont toujours supérieures ou égales aux notes des modalités témoin. Le compost a eu un effet visible sur la végétation.

### 3.4.3 Date d'épiaison

L'épiaison a eu lieu au mois d'avril pour 6 essais (Fig. 15). Les 2 autres essais ont épié en mai.



Figure 15 : Dates d'épiaison de 6 essais selon les modalités

**Commentaire Fig. 15 :** Les flèches orange signalent la date d'épiaison moyenne des modalités compost et les flèches bleues celle des modalités témoin. La frise ne représente que le mois d'avril.

Les modalités compost ont parfois épié en avance par rapport à la modalité témoin, mais ce décalage était assez faible : entre 1 et 3 jours seulement, sauf pour l'essai INRA où le décalage est en moyenne de 6 jours.

Dans certains cas, la végétation avec apport de compost semble plus belle à l'œil nu (notes pouvoir couvrant) et le blé est légèrement en avance (dates d'épiaison). Ces informations ne signifient pas nécessairement que le rendement sera plus fort, mais on peut penser que l'effet du compost sur les plants de blé n'est pas neutre.

### 3.4.4 Rendement et composantes du rendement

Les rendements ont été très divers, allant de 0.5 à 45qx/ha selon les parcelles (Fig. 15). Les modalités compost ont été plus productives en moyenne que les modalités engrais ou témoin, sauf dans un cas (G1) où c'est l'inverse. Sur cette parcelle les reliquats azotés en sortie hiver étaient inversés (Fig. 16).

L'effet du compost est plus ou moins marqué selon les parcelles. Sur la parcelle A2 où a été épandu par erreur de l'engrais organique sur tout l'essai, l'effet compost est tout de même visible.

Ici encore, les données ne respectent pas une condition d'application des tests paramétriques : l'homogénéité des variances. On utilise de nouveau un test de Wilcoxon apparié.

D'après ce test statistique, il y a une différence très hautement significative ( $p$ -value=3.05e-05) entre le rendement des modalités compost et témoin. L'effet visuel du compost (voir plus haut) avait donc une signification. D'après le graphique, l'effet de l'engrais semble moins important que l'effet du compost sur le rendement, peut-être parce qu'il a été appliqué bien plus tard, s'est minéralisé assez tard à cause du manque de précipitations après son épandage mais aussi parce qu'il ne possède pas des propriétés d'amendement.

Sur la parcelle G1, les rendements semblent inversés : le rendement du témoin est supérieur à celui de l'engrais, qui est supérieur à celui du compost. Or sur la Figure 12 (voir plus haut) la parcelle G1 était également une exception, car les reliquats azotés étaient plus importants dans la modalité témoin. On peut penser que ces deux résultats surprenants sont liés. La baisse de rendement chez G1 pourrait venir du manque d'azote par rapport au témoin. Malgré tout, les écarts-types se recourent, il n'est donc pas possible de conclure que le compost a eu un effet négatif sur le rendement.

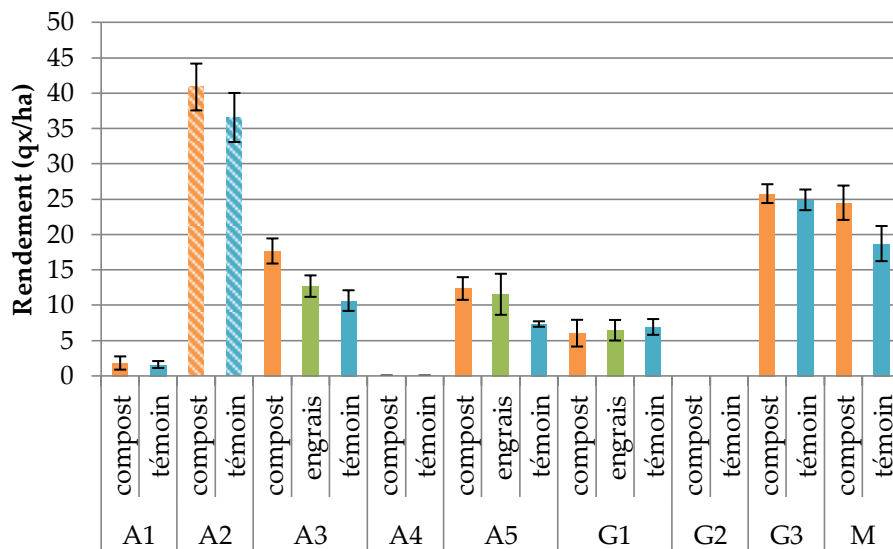


Figure 16 : Rendement calculé à partir du poids de grains récoltés sur la surface d'échantillonnage

Le rendement peut être décomposé en plusieurs composantes (Combe et Picard, 1994), de façon plus ou moins détaillée. Les données disponibles dans cette étude nous permettent de décomposer le rendement en trois composantes :

$$\text{Rendement} = (1) \text{ nombre d'épis/m}^2 * (2) \text{ nombre de grains/épi} * (3) \text{ PMG/1000}$$

Le nombre d'épis/m<sup>2</sup> peut lui-même être décomposé en nombre de pieds/m<sup>2</sup> \* nombre d'épis/pied, cependant le nombre de pieds/m<sup>2</sup> mesuré a certainement évolué car il a été mesuré dès la levée. Il serait donc imprécis de faire des calculs avec ce chiffre.

(1) Si l'on regarde le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (Fig. 17), la distribution ressemble beaucoup au graphique du rendement. La différence de nombre d'épis par m<sup>2</sup> entre les modalités compost et témoin est, comme pour le rendement, très significative (p-value = 0.004083).

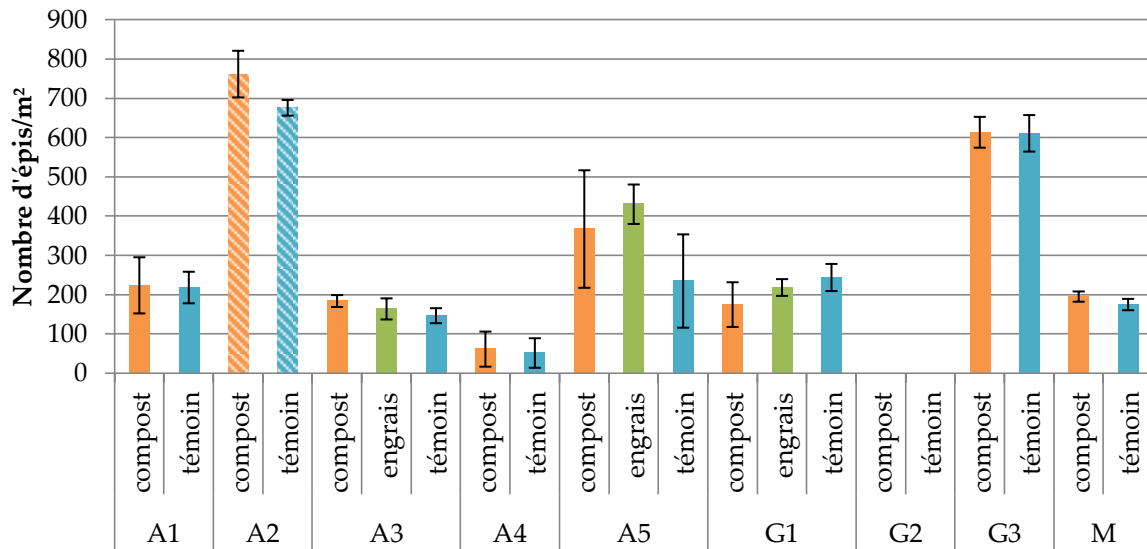


Figure 17 : Nombre d'épis par m<sup>2</sup>

(2) Le nombre de grains par épi (Fig. 18) semble beaucoup varier selon la modalité mais les écart-type sont très grands également. Le test statistique montre qu'il y a une différence très significative (p-value = 0.004689) pour cette composante entre les modalités compost et témoin.

Le nombre de grains par épi s'élabore jusqu'à la floraison (Combe et Picard, 1994) (qui a eu lieu en avril environ), et l'Indice de Nutrition Azotée (INN) à la floraison est lié au nombre de grains (Prieur, 2003). On peut penser qu'au mois d'avril le stress hydrique a commencé à jouer sur le rendement, mais le compost apporté a permis aux modalités compost de mieux résister au début de ce stress hydrique. Le compost a pu aussi fournir directement de l'azote par minéralisation au moment de la floraison.

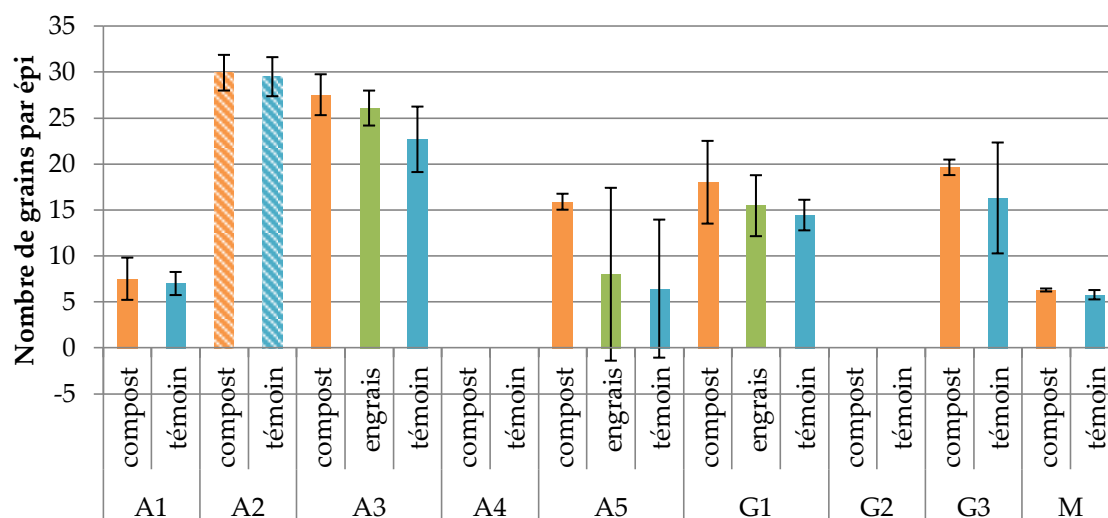


Figure 18 : Nombre de grains par épi, obtenu par calcul

(3) Le PMG (Fig.19) varie très peu selon les modalités. Il semble plus élevé pour les modalités témoin, mais les tests statistiques (Wilcoxon apparié) ne montrent pas de différence significative ( $p$ -value = 0.5459). En revanche, certaines parcelles (A3 et M) semblent avoir une différence marquée. En effectuant une Analyse de Variance parcelle par parcelle, on s'aperçoit que l'effet du compost est très significatif sur le PMG sur A3 et M. La différence est donc moins marquée que sur les deux composantes précédentes, mais le compost a pu jouer sur celle-ci aussi : il aurait augmenté le PMG chez A3 mais l'aurait diminué chez M.

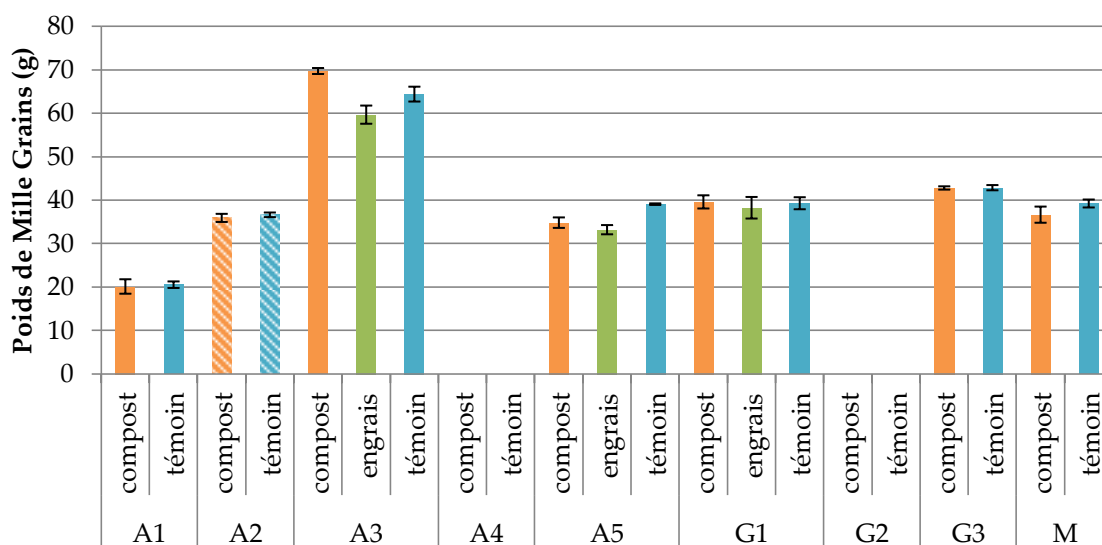


Figure 19 : Poids de Mille Grains selon la parcelle et la modalité



Le compost aurait donc permis une augmentation du rendement surtout grâce à une augmentation du nombre d'épis par m<sup>2</sup> et au nombre de grains par épi. Ces composantes ont été déterminées avant la floraison c'est-à-dire au mois d'avril-mai selon les parcelles. Ces deux composantes sont influencées par la nutrition azotée, contrairement au PMG (Arvalis, 2013). On peut donc supposer que le compost a permis d'augmenter le rendement par un apport d'azote.

Il faut nuancer ces résultats car le PMG a été dans certains cas augmenté dans les modalités compost. Celui-ci n'aurait donc pas qu'un effet azote direct.

### 3.4.5 Azote et taux de protéines

Le taux de protéines (Fig. 20) est très faible : souvent en dessous du seuil de 11%, il ne permettra pas une commercialisation comme blé panifiable, mais plutôt comme alimentation animale. Les températures ont été assez douces entre la levée et le début de la montaison, ce qui a favorisé le développement végétatif mais qui a pu nuire au taux de protéines. L'azote est en effet absorbé par les tiges et est ensuite peu remobilisable vers le grain (Arvalis, 2013). La différence entre les modalités fertilisées ou non est peu visible et la différence n'est pas significative (p-value = 0.9879). Si l'on fait une analyse de variance au cas par cas sur les parcelles où la différence semble marquée (A3 et M), l'effet du compost sur le taux de protéines est significatif. Le compost a donc eu un effet marqué sur certains sites, soit à cause des conditions extérieures comme le sol, le climat, soit car l'essai était plus homogène et donc la différence plus visible.

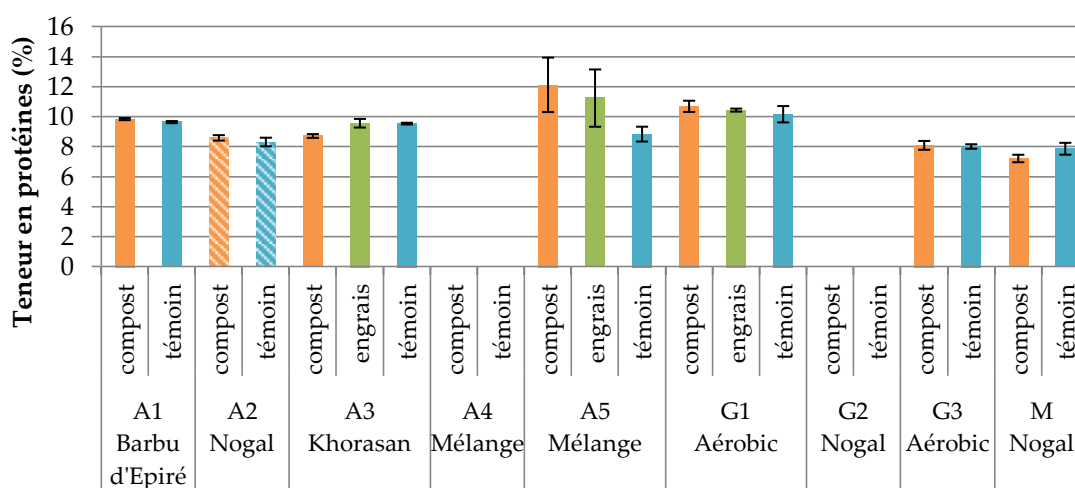


Figure 20 : Teneur en protéines du grain selon la parcelle et la modalité

Il faut cependant remarquer qu'il y a plus de grains dans les modalités compost (en nombre et en poids), donc pour obtenir une même teneur en protéines, le blé a au final consommé plus d'azote dans les modalités compost (Fig. 21). La quantité d'azote prélevée peut être très importante. Tout cet azote ne provient pas de la minéralisation de l'humus du sol : l'horizon 0-30cm permettrait d'obtenir 11 à 33kg d'azote par an (calcul avec la mesure de N total, le K2 (CRALR, 2011) et une hypothèse de densité du sol de 1.4). Certaines données manquent pour établir un bilan azote plus précis et estimer la minéralisation du compost.

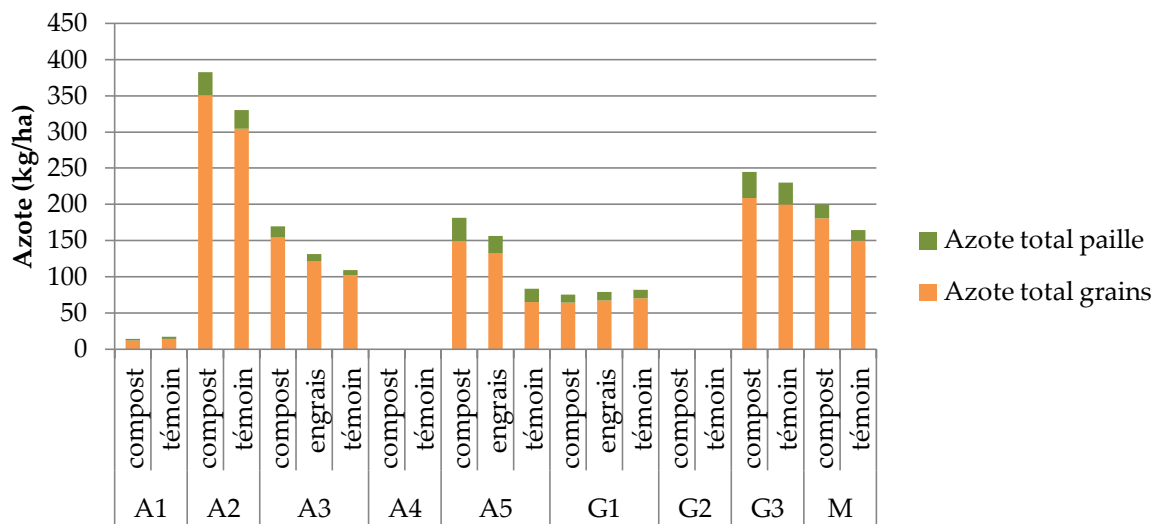


Figure 21 : Azote contenu dans la biomasse aérienne (paille et grains) à la récolte

**Commentaire Fig. 21 :** l'azote total contenu dans les grains a été calculé à partir du rendement et du taux de protéines. Le taux d'azote correspond au taux de protéines/5.7 (Arvalis, 2013). 5.7 est un coefficient classique utilisé en blé tendre. Pour l'azote contenu dans les pailles il est mis à titre indicatif et a été calculé d'après le poids de paille et une valeur standard de teneur en azote des pailles (7kg N/t) (UNIFA, 2009)

Le taux de protéines semble être inversement proportionnel au rendement, même si la corrélation est assez faible (Fig. 22). Ce résultat est assez classique, le taux de protéines résulte souvent d'un compromis avec le rendement : ce phénomène dépend surtout de la variété (Arvalis, 2013). On peut d'ailleurs voir (Fig. 23) que c'est surtout les conditions de chaque parcelle qui ont déterminés ces rapports, puisque les parcelles avec des variétés identiques (Nogal pour M et A2, Aérobic pour G1 et G3) sont assez éloignées.

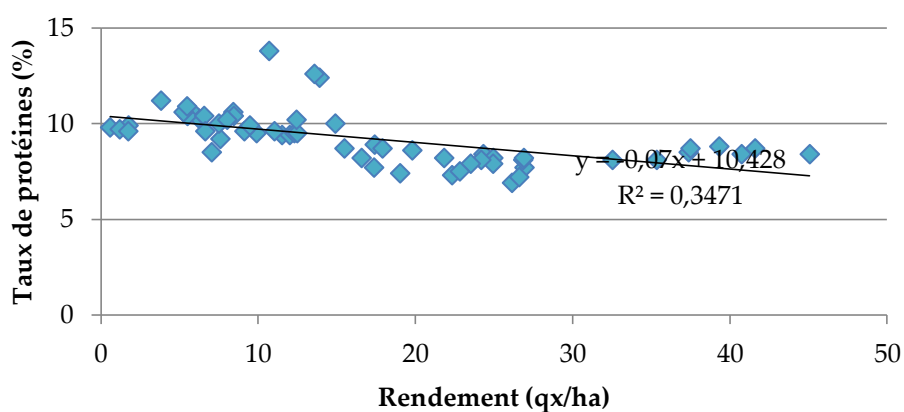


Figure 22: Corrélation entre le rendement et le taux de protéines

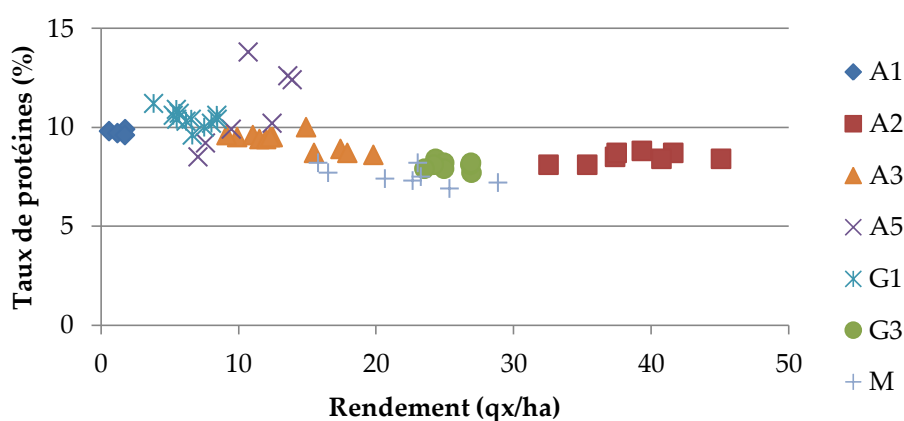


Figure 23 : Effet du site sur le rendement et le taux de protéines

L'index de récolte (Harvest Index) représente le poids des grains sur le poids de la biomasse aérienne totale (Fig. 24). Plus l'index est fort, plus les grains représentaient une partie importante de la plante. On constate d'abord qu'il y a des différences entre les parcelles, qui sont sans doute dues aux variétés utilisées (Peltonen-Sainio et al., 2008). On constate aussi que l'index est plus fort dans les modalités témoin, ce qui voudrait dire que la plante a alloué plus de ressources aux grains dans ces conditions. On sait qu'un excès d'azote en début de culture conduit à une végétation plus abondante et empêche une remobilisation suffisante vers le grain : c'est ce qui a permis d'expliquer la teneur en protéines (Arvalis, 2013). L'index de récolte peut aussi être expliqué de cette manière (Unkovich, Baldock, et Forbes, 2010). Cela suppose que le compost aurait provoqué un « excès » d'azote en début de culture et donc qu'il y a eu une minéralisation assez forte de l'azote dès la sortie de l'hiver.

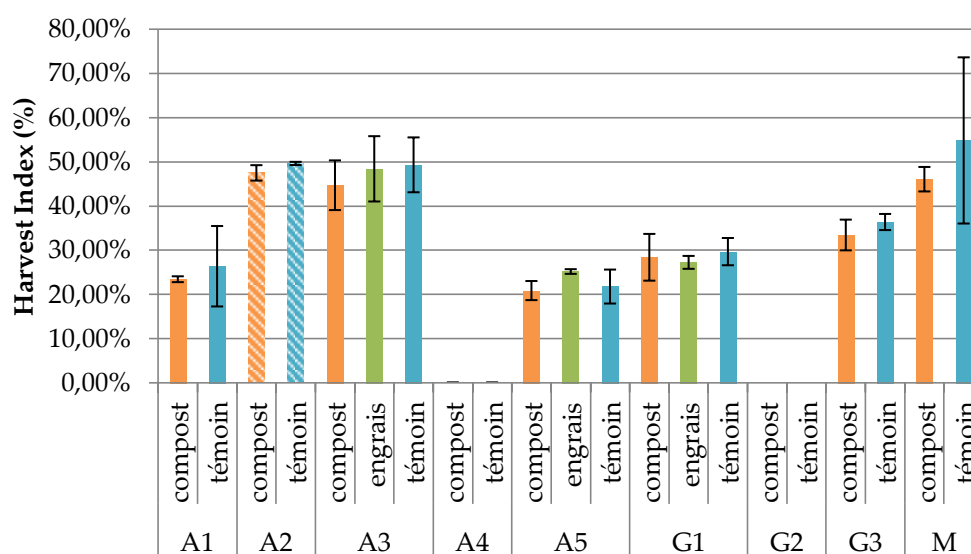


Figure 24 : Harvest Index (HI) selon la parcelle et la modalité

## 4 Discussion

### 4.1 Justification du protocole 2013-2014

Le protocole suivi s'appuyait sur un protocole préétabli par l'ITAB pour les essais variétaux (Annexe 6). Il a permis notamment de mesurer les composantes du rendement (nombre de pieds à la levée, puis récolte de bottillons), ainsi que d'observer les possibles facteurs limitants : maladies, ravageurs, adventices (notation du pouvoir couvrant, notations de densité et biomasse à la récolte), météorologie. Deux visites ont été faites après l'hiver, ce qui a permis d'estimer les dates d'atteinte des différents stades physiologiques.

Certaines mesures ont malheureusement manqué de précision pour des raisons pratiques :

- Le **comptage du nombre de pieds à la levée** constitue une composante du rendement dans la mesure où à partir du stade 2-3 feuilles le nombre de plantes est établi, sauf accident ultérieur (Gate, 1995). Le comptage du nombre de pieds à la levée s'est fait un peu tôt (27 décembre) : il aurait été préférable de le faire en sortie d'hiver (par exemple en même temps que les prélèvements de sol) pour être sûr d'avoir un nombre de pieds stable.
- Le **pouvoir couvrant** permet d'estimer indirectement les problèmes d'adventices, facteur limitant du rendement en AB (Fontaine et al., 2009). Il a été estimé à la même date pour toutes les parcelles, et donc pas nécessairement au même stade pour tous les essais, il a donc perdu un peu de sa signification ;
- Enfin, la **date d'épiaison** permet de situer un minimum le développement des cultures dans le temps. Les **stades phénologiques** auraient pu être déterminés plus précisément soit en effectuant plus de visites des essais, soit en impliquant davantage les agriculteurs (par exemple en leur donnant une fiche décrivant les stades clés à repérer).

Une notation adventices avait été prévue, mais son intérêt était limité puisqu'il aurait fallu réaliser les observations ou le prélèvement de biomasse en cours de culture alors qu'il y a eu très peu de visites, et donc pas de visite au même stade pour toutes les parcelles.

Le protocole d'échantillonnage a pu être testé au domaine de Melgueil où l'on disposait d'une petite moissonneuse batteuse. On obtient une très bonne corrélation ( $R^2=0.91$ )(Fig. 25) entre le rendement calculé d'après notre échantillonnage sur 2m<sup>2</sup> et le rendement obtenu grâce à la moissonneuse batteuse. De plus, on obtient une pente de coefficient 0.94 soit presque 1, ce qui

veut dire que le rendement estimé reste assez fidèle au rendement réel. Malgré cette bonne corrélation, il semble qu'on surestime le rendement de  $0.7qx$  en moyenne, soit 8%. Cette surestimation est d'autant plus forte que le rendement réel est faible, sans doute parce que l'on a tendance à choisir les plus belles zones en voulant choisir les plus homogènes.

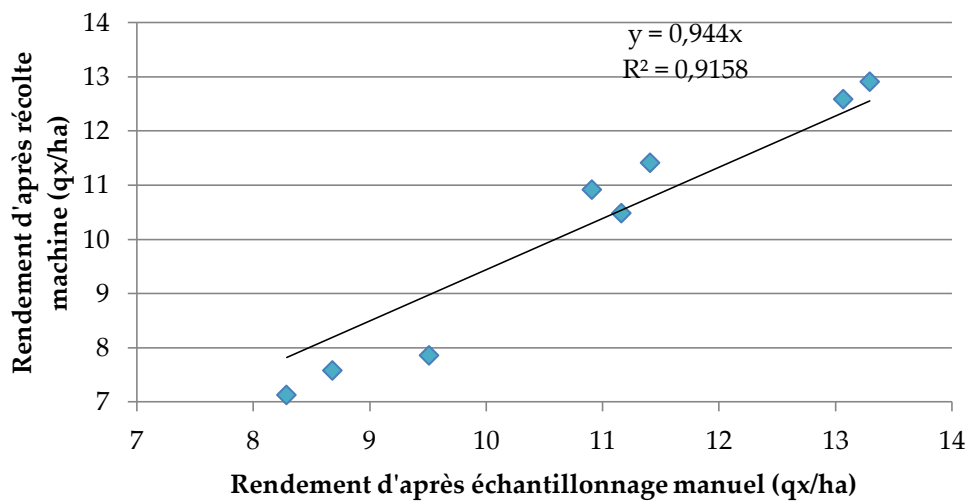


Figure 25 : Courbe de régression linéaire permettant de montrer la corrélation entre rendement d'après l'échantillonnage ( $2m^2$ ) et rendement d'après une machine ( $13m^2$ ) ; on définit la courbe telle qu'elle passe par le point (0;0)

## 4.2 Interprétation des résultats de la campagne 2013-2014

Le rendement a été statistiquement plus élevé en cas d'apport de compost. Le rendement dans les modalités engrais n'a pas semblé plus élevé. Cependant les conditions expérimentales étaient très favorables à cette différence puisqu'aucune des parcelles étudiées n'avait reçu d'amendement organique depuis plusieurs années, et que la dose apportée correspondait à une dose très forte, à apporter tous les 3 ans (CRALR, 2011). L'effet humus serait d'ailleurs d'autant plus visible que les conditions sont peu favorables (Guet, 2003), ce qui a été le cas cette année. Cependant, il y a eu une différence de rendement sur une parcelle (A2) où le précédent était une féverole, précédent connu pour laisser un reliquat azoté important, et où il y a eu un épandage d'engrais organique sur l'essai. Même dans des conditions aussi favorables à la nutrition du blé, le compost a permis d'augmenter le rendement. L'analyse des résultats sur les composantes du rendement montre que le compost a permis d'améliorer des composantes influencées par la nutrition azotée (le nombre d'épis/ $m^2$  et le nombre de grains/épi). L'azote du compost semble avoir été utilisé par le blé.

Concernant les deux autres éléments nutritifs majeurs, le potassium et le phosphore, le blé est peu exigeant, sauf s'il est semé derrière un précédent blé (ITCF, 2002). L'apport massif de P et K par le compost n'a sans doute pas eu trop d'impact cette année (sauf peut-être pour l'essai de Mauguio M avec précédent blé dur).

Les essais de l'année 2014 n'ont pas permis de dire avec certitude ce qui, dans le compost, détermine son effet sur le rendement. Il serait très intéressant de le savoir dans la mesure où cela permettrait d'évaluer la qualité du compost de marc d'après les analyses chimiques. Si c'est l'effet matière organique qui prime, on pourrait par exemple négliger la quantité d'azote contenue dans le compost. Comme la composition du compost peut être très variable (les composts utilisés cette année avaient entre 15.3 et 22.1kg d'azote par tonne) cela pourrait donner aux agriculteurs des clés pour déterminer s'ils achètent ou non du compost.

Des suggestions pour remédier à cette problématique sont proposées dans la partie 4.4. Elles pourront être menées durant la campagne 2014-2015 selon le budget disponible.

Malgré la diversité des situations (différentes variétés, itinéraires techniques, précédents, sols, climats) il y a eu un gain de rendement sur 6 parcelles (sur 7 récoltées). Les résultats tirés de cette étude peuvent être applicables à une grande variété de situations dans la région. Les sols de l'étude ont tout de même été choisis spécialement pour leur taux de matière organique assez faible et l'absence d'hydromorphie qui peut gêner la minéralisation du compost. Des sols déjà riches en matière organique ou avec des conditions particulières, comme des zones susceptibles d'être engorgées une partie de l'année, peu propices à la minéralisation, pourraient donc ne pas bénéficier autant d'un apport de compost.

## 4.3 Perspectives sur les résultats : commentaires sur l'aspect économique et agronomique

### 4.3.1 Etude des coûts

On a montré que le compost permettrait d'augmenter légèrement le rendement. De plus enrichit a priori le sol en matière organique sur le long terme. Il a malgré tout un coût et il faut que son application reste rentable pour que l'utilisation du compost de marc soit viable en grandes cultures. Voici les hypothèses retenues pour calculer la marge permise par le compost :

- **Compost de marc de raisin**: d'après Grap'Sud, 25€/t livrée, 16€/t à venir chercher à la distillerie ; il faut également prendre en compte le coût de la benne si l'agriculteur vient s'approvisionner lui-même, le coût de l'épandeur à compost, et enfin le coût de la main d'œuvre pour ces opérations de transport et d'épandage.
- **Engrais** (Ormendis B7-4-2) : d'après un agriculteur, 270€/t. Il faut également du matériel et du temps pour épandre, mais les volumes sont plus réduits que pour un épandage de compost (entre 500 et 1500kg pour l'engrais contre 10 à 30t pour le compost).
- **Blé** (hypothèses d'après les années précédentes, en vendant à des coopératives) : d'après Max Haefliger, entre 320 et 350€/t si la teneur en protéines est supérieure à 10.5%, avec un supplément de 10€/t par tranche de 0.5% de protéines supplémentaire ; si le taux de protéines est inférieur, environ 280€/t. On ne prend pas en compte la vente directe à des meuniers, boulangers, ou même particuliers qui permet peut-être de mieux valoriser le blé.



Le gain de rendement ne semble pas être rentable, même en prenant des hypothèses hautes pour le prix de vente et des hypothèses basses pour les coûts (Fig. 26).

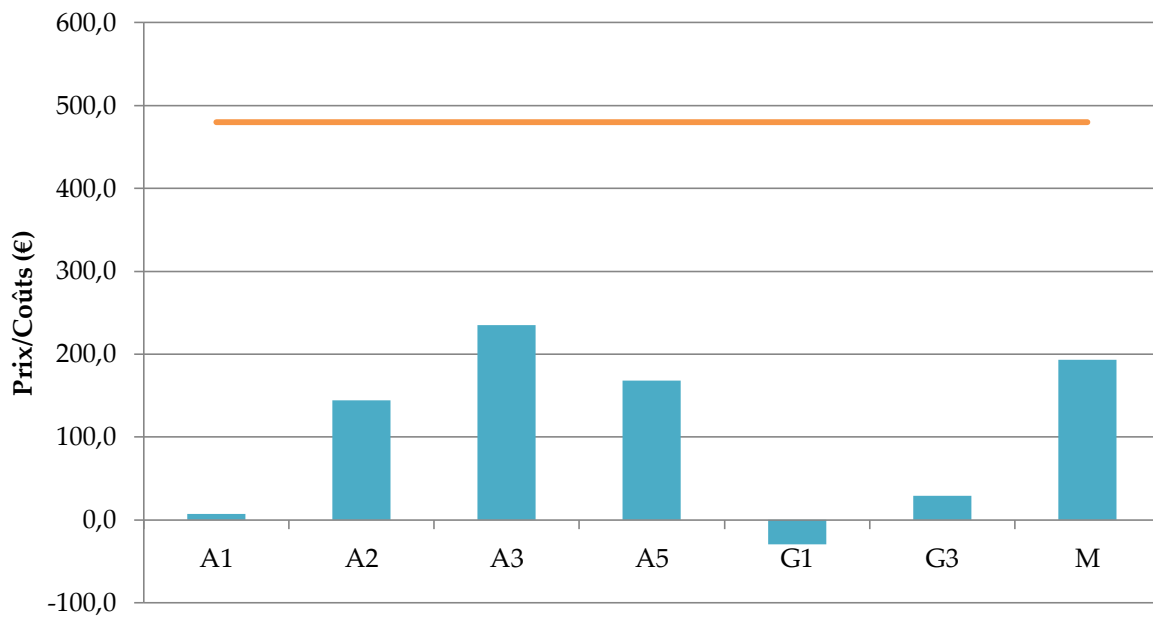


Figure 26 : Gains permis par le compost et coût du compost

**Commentaire Fig. 26 :** Les barres représentent le gain permis par le compost, calculé d'après le gain de rendement par rapport au témoin et pour un prix de vente assez fort de 350€/t, ce qui supposerait que le taux de protéines soit suffisant, ce qui n'est pas le cas, sauf pour A5. La barre orange représente le coût de 30t de compost si l'agriculteur vient s'approvisionner directement à la distillerie.

#### 4.3.2 Utilisation du compost de marc de raisin sur grandes cultures en Languedoc-Roussillon

Le compost semble permettre un gain de rendement, même s'il ne semble pas rentable d'après les premiers résultats. Il serait donc peut-être intéressant de l'utiliser sur grandes cultures, car il s'agit d'un intrant local ; en viticulture bio il est d'ailleurs possible de composter son marc soi-même et de l'utiliser directement, ce qui pourrait intéresser les agriculteurs possédant des vignes.

En revanche à la distillerie son coût est assez élevé et la qualité du produit peut être très variable dans le temps. Ce compost est d'ailleurs déjà utilisé sur les parcelles de vigne, il pourrait donc y avoir une concurrence pour le compost entre vignes et

grandes cultures. Comme il s'agit de gros volumes, le transport peut aussi être problématique si la parcelle est loin de la distillerie. Enfin l'utilisation du compost de marc conventionnel sur des parcelles bio pourrait poser problème à cause des résidus de pesticides retrouvés dans le compost (une recherche de ces molécules dans les grains récoltés est prévue).

#### 4.4 Propositions d'améliorations du protocole pour 2014-2015

L'analyse des résultats pour la campagne 2013-2014 a soulevé quelques questions auxquelles le protocole n'a pas permis de répondre. On peut penser à plusieurs solutions pour résoudre ces problèmes :

- 1) L'étude étant centrée sur le blé, il était prévu de semer deux années consécutives du blé. Cela générerait des problèmes de maladies, notamment avec la carie constatée cette année, d'adventices, sans compter que cela est peu représentatif des pratiques réelles : par exemple, le témoin s'appauvrit en azote en l'absence de légumineuses. Le blé étant d'ailleurs plus exigeant en P et K quand il est semé derrière un blé, les modalités compost seraient vraiment avantageées par ce type de rotation. Il a donc été choisi de semer de l'orge, pour rester malgré tout proche du blé.
- 2) Les conditions de stockage du compost pendant deux mois au bord des parcelles n'étaient pas les mêmes, et cela a pu jouer sur l'évolution du compost qui a pu être plus ou moins exposé à la chaleur, à l'humidité... Il est prévu pour la campagne 2014-2015 d'homogénéiser ces conditions de stockage, si possible à l'abri.
- 3) Pour comprendre un peu mieux l'origine du gain de rendement, on peut penser à des analyses complémentaires sur le sol, comme une mesure de stabilité des agrégats, une analyse complète du sol après 1 ou 2 années d'application du compost...

Certaines informations ne sont pas disponibles à cause du manque de temps et/ou de budget pour les déplacements. On pourrait en revanche les obtenir au moins sur l'essai situé à l'INRA :

- 4) Pour voir un effet « année » lié à la météo, il faudrait répéter les conditions de l'expérience de 2013-2014 en épandant de nouveau 30t de compost sur des microparcelles n'en ayant jamais reçu. On pourrait alors comparer les résultats 2014 à

ceux de 2015. Cela sera fait dans la pratique au domaine INRA où on dispose de plus de place que chez les agriculteurs.

- 5) On a souligné la différence assez forte qu'il existe entre les deux composts utilisés dans l'expérimentation. Sur un même essai, par exemple à l'INRA où l'essai est plus facile à suivre, il serait possible d'épandre les composts du Gard et de l'Aude pour les comparer. Cela permettrait peut-être d'expliquer certains résultats observés dans l'Aude et le Gard.
- 6) On pourrait prévoir un suivi un peu plus fin des stades. En effet, il serait intéressant de réellement connaître la période où a eu lieu la montaison, puisque c'est là où les besoins en N sont les plus forts.
- 7) Il existe en Agriculture Biologique des engrais « de référence », comme les fientes de volaille, qui constitueraient un deuxième témoin « positif » et permettrait de comparer plus facilement les résultats de ces essais compost à d'autres résultats d'essais d'engrais ou d'amendement en Agriculture Biologique.
- 8) Il pourrait être intéressant de mesurer la teneur en azote des feuilles pour obtenir l'INN, notamment à la floraison puisqu'on a vu qu'elle était liée au nombre de grains.
- 9) Enfin, certaines mesures permettraient de réaliser un bilan azoté, comme par exemple la mesure du reliquat post-récolte, ce qui permettrait d'estimer la part d'azote minéralisée du compost.

## 5 Conclusion

Les résultats de cette première année d'expérimentation du compost de marc de raisin sur blé tendre biologiques montrent qu'on peut avoir un gain de rendement grâce à un apport de compost, mais pas de manière systématique. Il y a eu gain de rendement grâce au compost dans des situations très diverses au niveau des sols, précédents culturels, climats, techniques culturales... On peut donc penser que le compost aurait un effet bénéfique dans une majorité de situations en Languedoc-Roussillon. Cependant, le compost ne permet pas d'augmenter significativement le taux de protéines qui est problématique en AB. Une augmentation du taux de protéines permettrait aux agriculteurs de mieux valoriser leurs récoltes.

Il n'a pas été possible de conclure sur la cause de l'effet positif du compost : d'une part le compost contient de grandes quantités d'éléments nutritifs (N-P-K) dont une partie est sous forme minérale ; d'autre part il s'agit d'une matière organique assez stable, avec un ISB élevé, et qui peut donc enrichir le sol en humus. Les gains de rendement de blé pourraient donc venir de l'apport d'éléments nutritifs, ou d'humus, ou encore de ces deux apports combinés.

Le rapport coût/gain n'est pas intéressant pour l'agriculteur sur cette première année, mais on peut supposer qu'il y aura à long terme des effets de cet apport, car il permet de relever le taux de matière organique dans des sols assez pauvres. Le gain de rendement dépend aussi d'autres facteurs, l'apport de compost n'est donc peut-être pas rentable dans tous les lieux. Il est donc nécessaire de poursuivre l'étude une deuxième année pour voir l'effet à moyen terme et dans l'idéal sur plusieurs années pour l'effet à long terme. Si l'effet agronomique et économique se révèle au final intéressant, il n'est pas sûr que les volumes disponibles soient suffisants car il y aura une concurrence pour l'utilisation entre la vigne et les grandes cultures.

## Bibliographie

ADEME, Région Languedoc-Roussillon (2006). *Evaluation des gisements et des débouchés des composts en Languedoc-Roussillon : bilan 2006-prospective 2010* [En ligne]. 2006. Disponible sur : < [http://www.ademe.fr/languedoc-roussillon/docs/cahier\\_D%C3%A9bouch%C3%A9s\\_Compost\\_LR\\_web.pdf](http://www.ademe.fr/languedoc-roussillon/docs/cahier_D%C3%A9bouch%C3%A9s_Compost_LR_web.pdf) >

Agence BIO. (2014). Disponible sur : < <http://www.agencebio.org/> > (consulté le 4 avril 2014)

Agrobio (2012). « La fertilisation azotée : un des grands enjeux de l'Agriculture Biologique ». *Aux. Bio.* novembre 2012. n°20, p. 16- 18.

Arvalis (2013). *Teneur en protéines des blés : relever le double défi agronomique et économique* [En ligne]. [s.l.] : [s.n.], 2013. Disponible sur : < [http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/\\_plugins/WMS\\_BO\\_Gallery/page/getElementStream.html?id=23905&prop=file](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr/_plugins/WMS_BO_Gallery/page/getElementStream.html?id=23905&prop=file) >

Arvanitoyannis I. S., Ladas D., Mavromatis A. (2014) « Potential uses and applications of treated wine waste: a review ». *Int. J. Food Sci. Technol.* mai 2006. Vol. 41, n°5, p. 475- 487.

Asai M., Langer V., Frederiksen P., Jacobsen B. H. (2014) « Livestock farmer perceptions of successful collaborative arrangements for manure exchange: A study in Denmark ». *Agric. Syst.* avril 2014.

BDAT (2013). *Données de carbone organique par canton récupérées en Languedoc-Roussillon entre 2005 et 2009* [En ligne]. 27 mars 2013. Disponible sur : < [bdat.gissol.fr/](http://bdat.gissol.fr/) > (consulté le 16 juin 2014)

Bertran E., Sort X., Soliva M., Trillas I. (2004) « Composting winery waste: sludges and grape stalks ». *Bioresour. Technol.* novembre 2004. Vol. 95, n°2, p. 203- 208.

Bustamante M. A., Paredes C., Marhuenda-Egea F. C., Pérez-Espinosa A., Bernal M. P., Moral R. (2008) « Co-composting of distillery wastes with animal manures: Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability ». *Chemosphere.* juin 2008. Vol. 72, n°4, p. 551- 557.

CAS. (2012) « Compost de marc de raisin ». *Matières Org. Fiche N°16.* septembre 2012.

Combe L., Picard D. (1994) *Elaboration du rendement des principales cultures annuelles.* Paris : Institut national de la recherche agronomique, 1994. ISBN : 2738005373 9782738005373.

CRALR (2011). *Les produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc-Roussillon - Tome 1* [En ligne]., 2011. Disponible sur : < <http://www.languedocroussillon.chambagri.fr/guide-des-produits-organiques-utilisables-en-lr/tome-1.html> >

David C. (2004) *Le blé en agriculture biologique : diagnostic agronomique et raisonnement de la fertilisation azotée de printemps.* [s.l.] : INA Paris-Grignon, 2004.

Devesa-Rey R., Vecino X., Varela-Alende J. L., Barral M. T., Cruz J. M., Moldes A. B. (2011) « Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling ». *Waste Manag.* novembre 2011. Vol. 31, n°11, p. 2327- 2335.

Diáñez F., Santos M., Boix A., De Cara M., Trillas I., Avilés M., Tello J. C. (2006) « Grape Marc Compost Tea Suppressiveness to Plant Pathogenic Fungi: Role of Siderophores ». *Compost Sci. Util.* janvier 2006. Vol. 14, n°1, p. 48- 53.

Diaz M. ., Madejón E., López F., López R., Cabrera F. (2002) « Optimization of the rate vinasse/grape marc for co-composting process ». *Process Biochem.* mai 2002. Vol. 37, n°10, p. 1143- 1150.

Dico du Vin. (2014) *Marc (de raisin)* [En ligne]. *Dico Vin Dict. Vin.* 2013. Disponible sur : < <http://www.dico-du-vin.com/m/marc-de-raisin/> > (consulté le 30 avril 2014)

FAO Aquastat (2014). *Annexe 1 : coefficients cultureux pour divers stades de croissance* [En ligne]. 2014. Disponible sur : < [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use\\_agr/Annexe1fra.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/Annexe1fra.pdf) > (consulté le 7 août 2014)

Faure D., Deschamps A. M. (1990) « Physico-chemical and microbiological aspects in composting of grape pulps ». *Biol. Wastes* janvier 1990. Vol. 34, n°3, p. 251- 258.

Ferrer J., Páez G., Mármol Z., Ramones E., Chandler C., Marín M., Ferrer A. (2001) « Agronomic use of biotechnologically processed grape wastes ». *Bioresour. Technol.* janvier 2001. Vol. 76, n°1, p. 39- 44.

Flavel T. C., Murphy D. V., Lalor B. M., Fillery I. R. P. (2005) « Gross N mineralization rates after application of composted grape marc to soil ». *Soil Biol. Biochem.* juillet 2005. Vol. 37, n°7, p. 1397- 1400.

Fontaine L., Bernicot M.-H., Rolland B., Poiret L. (2009) « Des variétés rustiques concurrentes des adventices pour l'agriculture durable, en particulier l'agriculture biologique ». *Innov. Agron.* 2009. Vol. 4, p. 115- 124.

Gate P. (1995) *Écophysiologie du blé*. Paris : Lavoisier-Technique et documentation, 1995. ISBN : 2743000465 9782743000462.

Gómez-Brandón M., Lazcano C., Lores M., Domínguez J. (2011) « Short-term stabilization of grape marc through earthworms ». *J. Hazard. Mater.* mars 2011. Vol. 187, n°1-3, p. 291- 295.

Guet G. (2003) *Mémento d'agriculture biologique: guide pratique à usage professionnel*. Paris : Éd. Agridécisions, 2003. ISBN : 2912199123 9782912199126.

IFOAM. (2014) *Principles of organic agriculture* 2014.

IFV (2013). « Marcs de raisins, lies de vin et bourbes : Quelle gestion des sous-produits vinicoles ? » *Cah. Itinér.* novembre 2013. n°25.

ITCF (2002). *Blé tendre : Marchés, débouchés, techniques culturales, récolte et conservation*. Editions Arvalis, 2002.

LCA (2012). *WikiLCA : NF U 44-051* [En ligne]. 18 janvier 2012a. Disponible sur : < [http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/NF\\_U\\_44-051](http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/NF_U_44-051) > (consulté le 27 août 2014)

LCA (2012). *WikiLCA : ISB/CBM devient ISMO* [En ligne]. mai 2012b. Disponible sur : < [http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/NF\\_U\\_44-051](http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/NF_U_44-051) > (consulté le 27 août 2014)

LCA (2012). *WikiLCA : la cinétique carbone azote* [En ligne]. 16 août 2010. Disponible sur : < [http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/NF\\_U\\_44-051](http://wiki.laboratoirelca.com/index.php/NF_U_44-051) > (consulté le 27 août 2014)

Manios T. (2004) « The composting potential of different organic solid wastes: experience from the island of Crete ». *Environ. Int.* février 2004. Vol. 29, n°8, p. 1079- 1089.

MEDDE (2011). *Compostage de déchets non dangereux* [En ligne]. 17 janvier 2011. Disponible sur : < <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Definition,13041.html> > (consulté le 28 août 2014)

Météo France (2014). *Le climat en métropole* [En ligne]. Disponible sur : < <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climat-en-france/le-climat-en-metropole> > (consulté le 28 mars 2014)

Moldes A. B., Vázquez M., Domínguez J. M., Díaz-Fierros F., Barral M. T. (2007) « Evaluation of mesophilic biodegraded grape marc as soil fertilizer ». *Appl. Biochem. Biotechnol.* avril 2007. Vol. 141, n°1, p. 27- 36.

Morlon P. (2011) *Adventice - Les Mots de l'Agronomie* [En ligne]. juillet 2011. Disponible sur : < <http://mots-agronomie.inra.fr/mots-agronomie.fr/index.php/Adventice> > (consulté le 27 août 2014)

Nebout J.-P. (2010) « Evaluer la réserve en eau utile des sols forestiers à la tarière hydraulique ». *For. Entrep.* janvier 2010. n°196.

Nowak B., Nesme T., David C., Pellerin S. (2013) « To what extent does organic farming rely on nutrient inflows from conventional farming? » *Environ. Res. Lett.* 1 décembre 2013. Vol. 8, n°4, p. 044045.

OIER SUAMME, LRE (2010). *Etat des lieux de l'élevage en Languedoc-Roussillon 2009-2010* [En ligne]. 2010. Disponible sur : < [http://www.languedocroussillon.chambagri.fr/fileadmin/Pub/CRALR/Internet\\_CRALR/OIER/PASTORALISME\\_ELEVAGE/PROJET\\_PROFESSIONNEL/11\\_f%C3%A9vrier\\_2010/Etat\\_des\\_lieux\\_%C3%A9levage\\_LR\\_\\_2009.pdf](http://www.languedocroussillon.chambagri.fr/fileadmin/Pub/CRALR/Internet_CRALR/OIER/PASTORALISME_ELEVAGE/PROJET_PROFESSIONNEL/11_f%C3%A9vrier_2010/Etat_des_lieux_%C3%A9levage_LR__2009.pdf) >

Omnès G. (2013) « La teneur en protéines, critère fondamental pour le débouché meunier du blé. » *Réussir Gd. Cult.* [En ligne]. 23 octobre 2013. Disponible sur : < <http://www.reussir-grandes-cultures.com/actualites/la-teneur-en-proteines-critere-fondamental-pour-le-debouche-meunier-du-ble:J6YR5WI7.html> >

Peltonen-Sainio P., Muurinen S., Rajala A., Jauhiainen L. (2008) « Variation in harvest index of modern spring barley, oat and wheat cultivars adapted to northern growing conditions ». *J. Agric. Sci.* février 2008. Vol. 146, n°01.

Phytomarc (2014). *Fiche projet Phytomarc* [En ligne]. 2014. Disponible sur : < <http://competitivite.gouv.fr/projets-en-cours-fui-investissements-d-avenir/fiche-projet-r-d->

aide-355/phytomarc-149.html?cHash=95bada54541d59c8e6cdf3a9c17d9439 > (consulté le 5 mai 2014)

Rolland B., Le Campion A., Oury F.-X. (2012) « Pourquoi sélectionner de nouvelles variétés de blé tendre adaptées à l'agriculture biologique ? » *Courr. Environ. INRA*. décembre 2012. n°62.

Sénat (2013). *Principe de l'obligation de livraison des sous-produits de la vinification en distillerie* [En ligne]. 24 octobre 2013. Disponible sur : < <http://www.senat.fr/questions/base/2013/qSEQ131008392.html> > (consulté le 4 octobre 2014)

SIFCO (2012). *Rapport d'activité 2012* [En ligne]. 2012. Disponible sur : < [sifco.fr](http://sifco.fr) >

Taupier-Létage B. (2005) « La qualité des blés panifiables en agriculture biologique ». *Alter Agri*. mai/juin 2005. n°71, p. 10- 14.

UNIFA (2009). *Exporter les pailles : conséquences pour la fertilisation* [En ligne]. 2009. Disponible sur : < [http://www.unifa.fr/fichiers/ferti-pratiques/ferti-pratique\\_14.pdf](http://www.unifa.fr/fichiers/ferti-pratiques/ferti-pratique_14.pdf) >

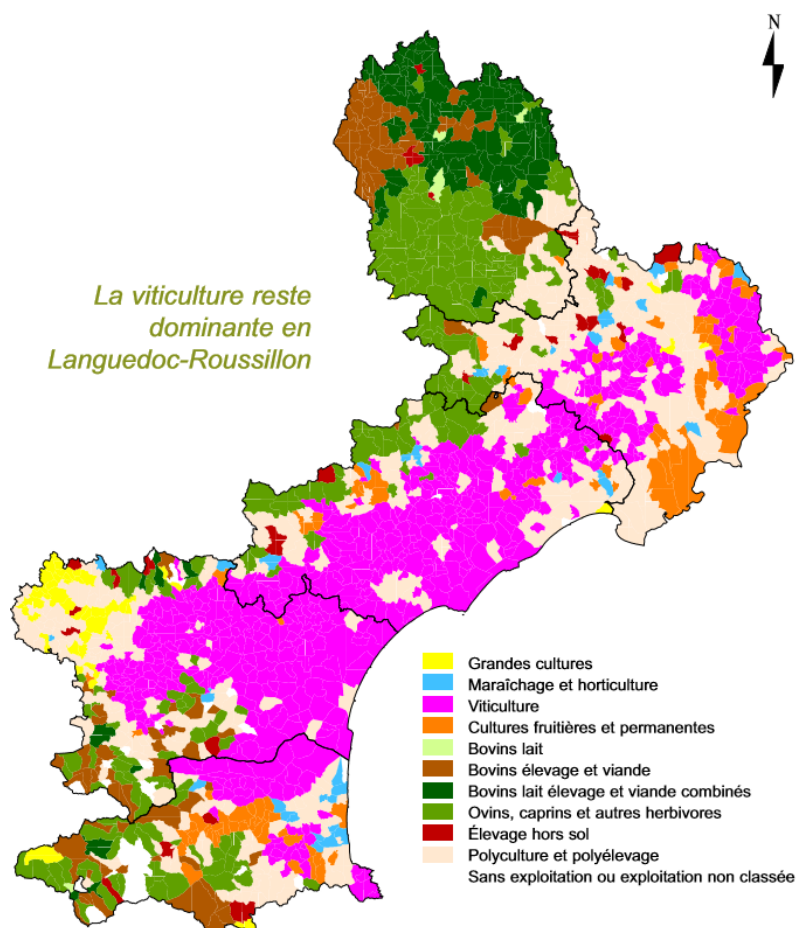
Unkovich M., Baldock J., Forbes M. (2010) « Variability in Harvest Index of Grain Crops and Potential Significance for Carbon Accounting ». In : *Adv. Agron*. Elsevier, 2010. p. 173- 219.

Zmora-Nahum S., Hadar Y., Chen Y. (2007) « Physico-chemical properties of commercial composts varying in their source materials and country of origin ». *Soil Biol. Biochem.* juin 2007. Vol. 39, n°6, p. 1263- 1276.

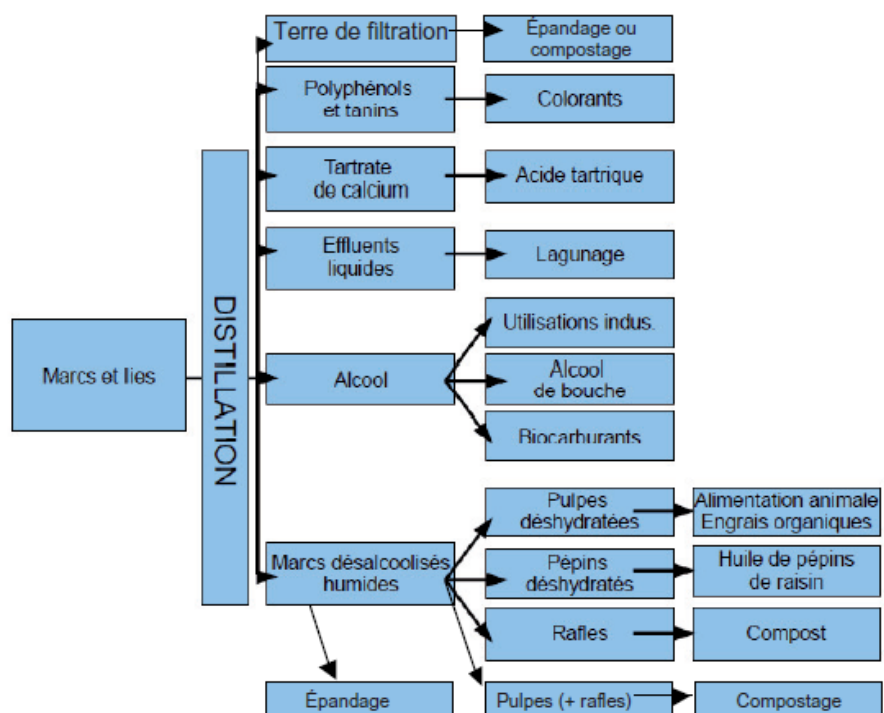


# ANNEXES

Annexe 1 : Orientation technico-économique des exploitations dans le Languedoc-Roussillon en 2010 (Agreste 2012)



Annexe 2 : Schéma montrant les différents sous-produits d'une distillerie et leurs destinations



Annexe 3 : Données d'analyses sur composts de marc de raisin trouvées dans la littérature (sont notées en rouge les mesures pour lesquelles l'unité ou la méthode de mesure n'est pas précisée, en orange les valeurs obtenues par calcul d'après les données de la publication ; les ratios de matières premières entrantes sont donnés dans le même ordre que les matières premières)

Référence	Matières premières entrantes	Ratio	Temps de maturation (jours)	Commentaires	Région/Source de matière première	MO	M	N	N	N	No	N	N-	N-	P	P	K	K	C	C	C/	Ca	Mg	pH	humidité
						% sur MB	% sur MS	g/kg MB	% MB	g/k MB	g/k MS	g/kg MS	mg/kg	mg/ kg	g/kg MB	g/k MS	g/kg MB	g/k MS	(% MB )	% MS		g/kg MS	g/kg MS		%
(ADEME et Région Languedoc-Roussillon, 2006)	Marc	100%	-	Moyenne sur les composts de la région LR	France - LR	32				15					9		22								
(Flavel et al., 2005)	Marc	100%	142	compostage à 15°C, piles de 6m*5m	Australie				2,7									42,6	15,8					50	
(Gómez-Brandón et al., 2011)	Marc	100%	15 jours	sans vers	Espagne - Galicie							0,08	0,13								10,3				
(Gómez-Brandón et al., 2011)	Marc	100%	15 jours	avec vers	Espagne - Galicie							0,08	0,19								9,7				
(Bertran)	Raffles	50%	115	2,5m	Espagne			10,1				22						54	11				7	54	

et al., 2004)	bourbes	50%	(été)	diamètre, 1,5m de haut							5	4			5		
	Rafles broyées, bourbes	66%, 33%	115 (été)	2,5m diamètre, 1,5m de haut	Espagne	11,7	22				56, 9	11, 9			7, 9	47	
	Rafles, bourbes	50%, 50%	80 (hiver)	2,5m diamètre, 1,5m de haut	Espagne	8,6	21,4				45, 1	9,7			7	60	
	Rafles broyées, bourbes	50%, 50%	80 (hiver)	2,5m diamètre, 1,5m de haut	Espagne	7,4	19,5				44, 1	10, 4			7, 9	62	
	Rafles broyées, bourbes	66%, 33%	80 (hiver)	2,5m diamètre, 1,5m de haut	Espagne	7,8	22,9	1,36	4	4,42	13	59, 2	11, 9	143	3	8, 3	66
(Bustam ante et al., 2009)	Rafles, marcs, distillés, vinasse, boue d'épurati on	63%, 25%, 12%, 0,8% 29%*	*les boues ont été ajoutées pour représe nter 29% de la masse du compos t après 17 jours	méthode Rutgers (aération forcée)	Espagne	79 ,2	23,7	184	58	4, 84	46	17, 7	30	5,35	7, 14		
	Rafles, marcs,	63%, 25%,	*les boues	méthode Rutgers	Espagne	84 ,3	23,8	87	40	5, 2	27	18, 8	24	5,45	7, 01		

	marcs distillés, boue d'épuration	12% puis 29%*	ont été ajoutées pour représenter 29% de la masse du compost après 17 jours	(aération forcée)															
	Marc distillés, fumier bovin	70%, 30%	environ 200	méthode Rutgers (aération forcée)	Espagne	82	5,2	28,9	94	57	0,9684	5,38	3,42	19	15,5	32	5,25	7,38	82
	Marc distillés, fientes de volaille	70%, 30%	environ 200	méthode Rutgers (aération forcée)	Espagne	73,9	10,7	41	186	50	2,50821	9,61	5,22	20	10,5	64	5,14	8,14	73,9
<b>(Karaca, 2004)</b>	Marc	100%			Turquie	84,15		24						47	19,5			6,5	
<b>(Manios, 2004)</b>	Peau des raisins pressés	100%	environ 365		Crète - Grèce			25,2						46,8	18,56			7,7	
<b>(Moldes et al., 2007)</b>	Peau des raisins pressés	100%	60	dans réacteurs de laboratoire	Espagne - Ourense	89,6	31	0	11,2	0,42	5,223			52,7	16,7		0,193	8,2	73,3
	Pépins écrasés	100%	60	dans réacteurs de laboratoire	Espagne - Ourense	93,8	20	18,9	385	0,617	4,424			54,4	27,2		0,212	8	26,6
	Marc (peau,	58%, 42%	60	dans réacteurs	Espagne -	91,7	38	21	44,8	0,567	4,548			53,2	14		0,188	7,5	72,7

	pépins)			de	Ourense												
				laboratoire													
	Marcs	13,5%	60	dans	Espagne	90	37		98	17	0,335	2,586	52,	14,	0,053	7,	73,5
	(peau,	,		réacteurs	-	,2							3	1		5	
	pépins,	50,3%		de	Ourense												
	raffes)	,		laboratoire													
		36,2%															
<b>(IFV,</b>	Marcs	100%				27,	8,1				1,52816	6,55817	21	5,432	0,723	7,	68,5
<b>2013)</b>						2					9014	4098		442	573	7	
	Marcs,	50%,				29,	9,9				0,96056	10,7919	15	4,574	1,266		63,5
	fumier	50%				1					338	3206		688	253		
	Marcs,	50%,				51,	17,9				1,21161	12,3692	14	31,02	1,748	9,	23,6
	déchets	50%				1					9718	1444		21	635	6	
	verts																
	broyés																
<b>(Zmora-</b>	Ecorce					76,	27				63,6m		42,	15,		6,	
<b>Nahum,</b>	d'arbre,					6					g/L		2	6		83	
<b>Hadar,</b>	marcs,																
<b>et Chen,</b>	résidus																
<b>2007)</b>	de café,																
	fumier																
	ovin																
	Marcs,																
	fientes de																
	dinde,																
	fumier de																
	cheval																
	(en																
	granules)																
	Marcs,																
	déchets																
	verts																
	Marcs,																
	fientes de																

	dinde, fumier de cheval												
<b>(Ferrer et al., 2001)</b>	Marcs	100%	25			2,14			0,	1,	37,	17,	
									28	89	72	62	
	Marcs, fientes de volaille	90%, 10%	25			2,17			0,	1,	29,	13,	
									68	76	45	57	
<b>(Diaz et al., 2002)</b>	Marcs	100%	83	69		11,7	23,6	3,1	3,	13	32,	7,	
				,5					41	,8	8	6	
	Marcs, vinsasse	90%, 10%	83	63		16,8	16,3	5,2	5,	15	21,	7,	
				,5					2	,8	9	9	
	Marcs, vinsasse	80%, 20%	83	66		16,3	39,2	4,0	4,	18	22,	8,	
				,7				2	3	,8	7	11	
	Marcs, vinsasse	60%, 40%	83	66		14,9	97,4	5,0	4,	27	24,	8,	
				,6				4	11	,9	8	31	
<b>(Baran et al., 2001)</b>	Marcs	100%		77,	2,5				0,14		14,	6,	
				7							5	9	
	Marcs, tourbe	75%, 25%		65,	2,15				0,07		14,	6,	
				6							8	3	
	Marcs, tourbe	50%, 50%		57,	1,76				0,05		15,	6,	
				4							7	4	
	Marcs, tourbe	25%, 75%		60,	1,53				0,03		18,	6,	
				3							6	8	
	Marcs, tourbe, perlite	50%, 25%, 25%		44,	1,34				0,04		16,	6,	
				6							4	4	
	Marcs, tourbe, perlite	25%, 50%, 25%		39,	1,16				0,02		16,	6,	
				2							7	8	



#### Annexe 4 : Résultats des analyses de sol

Donnée	unité	A1	A2	A3	A4	A5	G1	G2	G3	M
<b>Nom sol</b>		Calcaire ...	Sable argilo-limoneux	Limon argilo sableux	Arg.limono-sableuse	Sable limoneux	Limon argilo sableux	... calcaire	Limon sableux	Limon argilo sableux
<b>Argile</b>	%	12,9	22,4	22,1	34,7	12,3	14,3	25	10,1	25,1
<b>Limons fins</b>	%	12,1	16,7	22,7	12,6	10,8	12,8	14,9	9,5	14,9
<b>Limons grossiers</b>	%	10,5	16,6	17,3	13,9	17,7	30,3	23,1	35,6	19,4
<b>Sables fins</b>	%	0,7	20,1	12,8	8,9	31,1	14,3	3,4	34,9	12,5
<b>Sables grossiers</b>	%	0,7	9,3	4	11,6	5,2	6,9	0,5	8,3	5,6
<b>pH eau</b>	Sans unité	8,6	8,6	8,7	8,5	8,6	8,5	8,5	7,3	8,4
<b>pH KCl</b>	Sans unité	8,1	7,7	7,9	7,7	7,8	7,7	7,8	6,4	7,6
<b>CaCO3</b>	%	61,2	13,6	18,9	16,3	21,6	19,3	30,6	0,4	20,8
<b>CaO</b>	mg/kg	15161	11299	11078	14447	11384	11258	14315	2787	15056
<b>P2O5</b>	Unité	12	14	20	17	11	40	32	60	62
<b>K2O</b>	Unité	248	276	283	313	276	254	268	113	426
<b>MgO</b>	Unité	814	322	537	558	189	131	182	140	205
<b>Zn</b>	Unité	1	1,4	2,5	<1	<1	1,6	1,2	<1	1,8
<b>Mn</b>	Unité	4,9	8,6	14,9	4,9	13,1	10,4	7,2	35	6,5
<b>Cu</b>	Unité	5	4,4	19,1	17,9	0,5	6,5	1,4	3,6	28,4

<b>B</b>	Unité	0,22	0,24	0,56	0,31	0,28	0,32	0,11	0,13	0,26
<b>Donnée</b>	unité	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>G3</b>	<b>M</b>
<b>CEC</b>	meq/100g	20,4	9,8	9,8	18	6,7	10,7	14,7	7,1	18,2
<b>Ca échangeable</b>	% CEC	264,9	411,8	404,1	286,8	606,8	377,2	347,6	139,8	295,6
<b>K échangeable</b>	% CEC	2,6	6	6,2	3,7	8,8	5,1	3,9	3,4	5
<b>Mg échangeable</b>	% CEC	19,9	16,4	27,4	15,5	14,1	6,1	6,2	9,8	5,6
<b>Matiere organique</b>	%	1,8	1,4	2,2	1,9	1,3	2	2,5	1,3	1,7
<b>C organique</b>	%	1,07	0,8	1,3	1,12	0,77	1,17	1,44	0,74	0,98
<b>N Total</b>	%	0,11	0,1	0,12	0,11	0,07	0,12	0,16	0,08	0,1
<b>Rapport C/N</b>	Sans unité	9,9	8,4	10,8	10,2	10,2	9,7	8,9	9,5	9,9
<b>Na2O</b>	Unité						15	22	16	
<b>Na échangeable</b>	Unité						0,6	0,6	1	
<b>Fe</b>	Unité						17,1	15,9	110,6	
<b>N-NO3_R</b>	mg/100g	0,2	1,66	0,7	0,09	1,25	1,25	0,08	0	0,28
<b>N-NO4_R</b>	mg/100g	0,15	0,18	0,16	0,1	0,37	0,23	0,31	0,18	0,08

Annexe 5 : Résultats d'analyse des deux composts utilisés

Mesure	unité	Aude	Gard
<b>Matière Sèche</b>	% brut	58,6	76,2
<b>Matière Organique</b>	% brut	33,89	21,06
<b>Matière minérale</b>	% brut	24,7	55,1
<b>pH</b>		9,6	10
<b>C organique/N total</b>	Dumas	7,7	6,9
<b>Matière Organique</b>	% sec	57,8	27,6
<b>Azote total</b>	% brut	2,21	1,53
<b>Phosphore sur brut</b>	P2O5 % sur brut	0,61	1,47
<b>Potasse sur brut</b>	K2O % brut	2,34	2,67
<b>N + P2O5 + K2O</b>	% brut	5,17	5,67
<b>Arsenic</b>	mg/kg MB	<4,4	7,2
<b>Cadmium</b>	mg/kg MB	<0,2	0,3
<b>Chrome</b>	mg/kg MB	17,3	34
<b>Cuivre</b>	mg/kg MB	170,8	229,7
<b>Mercure</b>	mg/kg MB	0,02	0,03
<b>Nickel</b>	mg/kg MB	11,8	17,8
<b>Plomb</b>	mg/kg MB	<5,5	29
<b>Sélénium</b>	mg/kg MB	<3,3	<3,1
<b>Zinc</b>	mg/kg MB	50,8	162,6
<b>Carbone organique</b>	% MS	28,91	13,82
<b>N total</b>	%MS	3,78	2,01
<b>ISB</b>		76	0,7
<b>Teneur en Carbone résiduel</b>	% MO	73,76	25,05
<b>ISMO</b>	% MO	94	?
<b>Azote organique</b>	g/kg MB	20,8	14,7
<b>Azote nitrique</b>	g/kg MB	0,02	0,01
<b>Azote ammoniacal</b>	g/kg MB	1,3	0,5
<b>Azote minéral</b>	g/kg MB	1,3	0,5
<b>Azote Dumas</b>	g/kg MB	20,8	14,8
<b>% Norg minéralisé à 91 jours</b>		2,47	1,85

Annexe 6 : Protocole inspiré d'un protocole d'essai de variétés ITAB, réalisé par Marjorie Domergue

Période	Stade phénologique	Observation ou mesure	Par agriculteur	Par Ingénieur chargé du suivi	Commentaires
Novembre/ début décembre	Levée	<b>Comptage Nombre de pieds levés/m<sup>2</sup></b>		X	Avant tallage, avant 1 <sup>er</sup> hersage : comptage 1 placette par parcelle - tous les blocs
Sortie hiver Février		Comptage Nombre de pieds /m <sup>2</sup>		X	A faire après hersage Refaire la densité si des dégâts ont été constatés.
		Prélèvements pour analyse de sol sortie hiver		X	Prélèvement pour analyse de reliquat azoté sur les 3 horizons
Printemps Mars - Avril	Fin tallage à Stade 1 ou 2 nœuds	Pouvoir couvrant		X	Notation visuelle (estimation du % de sol non recouvert).
Début mai	Epiaison	<b>Date d'épiaison (50% des épis à moitié dégainés)</b>	X		<i>observer la présence de maladies ou adventices.</i>
Mai	Fin gonflement à fin floraison	<b>Maladies</b> (type de maladie, importance)	X		Il est indispensable d'indiquer clairement dans le dossier si l'absence de données signifie absence de maladie ou pas de notation.
Juin	Fin floraison à maturité	Verse	X		<i>Verse ou pas verse</i>
Juin	Récolte et post- récolte	<b>Nombre d'épis / m<sup>2</sup> **</b>		X	Pour chaque modalité
		<b>Rendement</b>		X	Pour chaque modalités (fertilisée, témoin non fertilisé).
		<b>Mesure de PMG et humidité</b>		X	Un échantillon moyen par modalité (regroupement des bandes).
		<b>Nombre moyen de grains par épi</b>		X	Pour chaque modalité
		<b>% de protéines</b>		X	Un échantillon moyen par modalité (regroupement des bandes). Le premier indicateur de qualité est la teneur en protéines, il est indispensable de l'avoir.

## Notation pouvoir couvrant



Note 0 : quasiment pas de végétation



Note 1 : grande majorité de sol nu visible



Note 2 : pousses plus grandes, mais encore une majorité de sol nu



Note 3 : végétation assez développée, le couvert prend le pas sur le sol nu



Note 4 : quasiment plus de sol nu visible

Note 5 : pas de sol nu visible

Annexe 8 : Résultats des tests statistiques sur le rendement, le taux de protéines, le PMG et le nombre d'épis

```
> wilcox.test(rendement_compost, rendement_temoin, paired=TRUE)
```

Wilcoxon signed rank test

data: rendement\_compost and rendement\_temoin

V = 420, p-value = 3.05e-05

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

```
> wilcox.test(prot_compost, prot_temoin, paired=TRUE)
```

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: prot\_compost and prot\_temoin

V = 137, p-value = 0.9879

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Warning messages:

1: In wilcox.test.default(prot\_compost, prot\_temoin, paired = TRUE) :

cannot compute exact p-value with ties

2: In wilcox.test.default(prot\_compost, prot\_temoin, paired = TRUE) :

cannot compute exact p-value with zeroes

```
> wilcox.test(PMG_compost, PMG_temoin, paired=TRUE)
```

Wilcoxon signed rank test

data: PMG\_compost and PMG\_temoin

V = 88, p-value = 0.5459

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

```
> wilcox.test(nb_epis_compost, nb_epis_temoin, paired=TRUE)
```

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: nb\_epis\_compost and nb\_epis\_temoin

V = 569, p-value = 0.004083

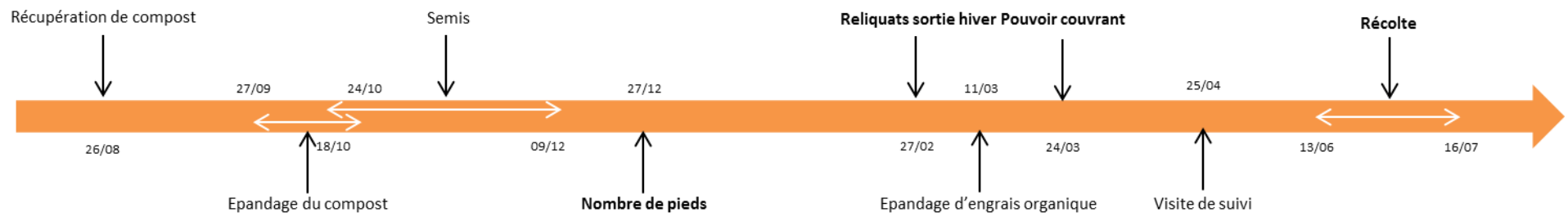
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Warning message:

In wilcox.test.default(nb\_epis\_compost, nb\_epis\_temoin, paired = TRUE) :

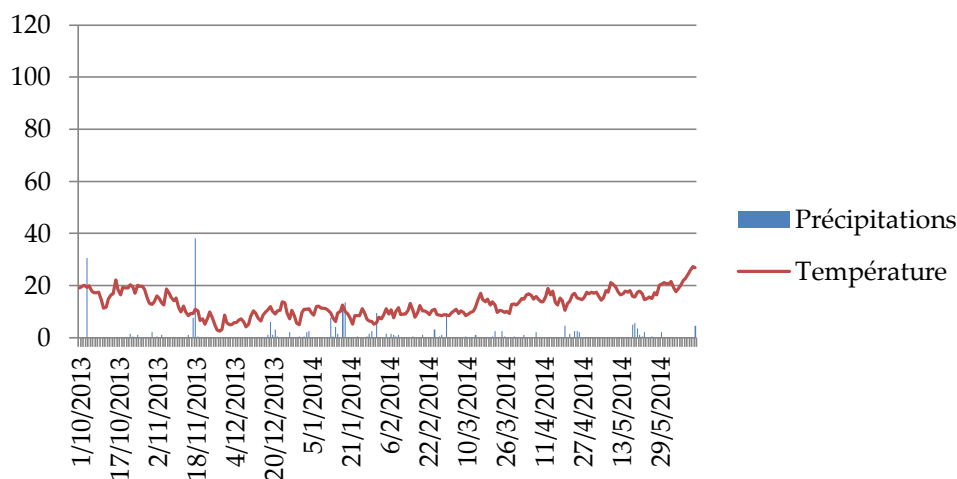
cannot compute exact p-value with ties

Annexe 9 : Déroulement de l'expérimentation en 2013-14

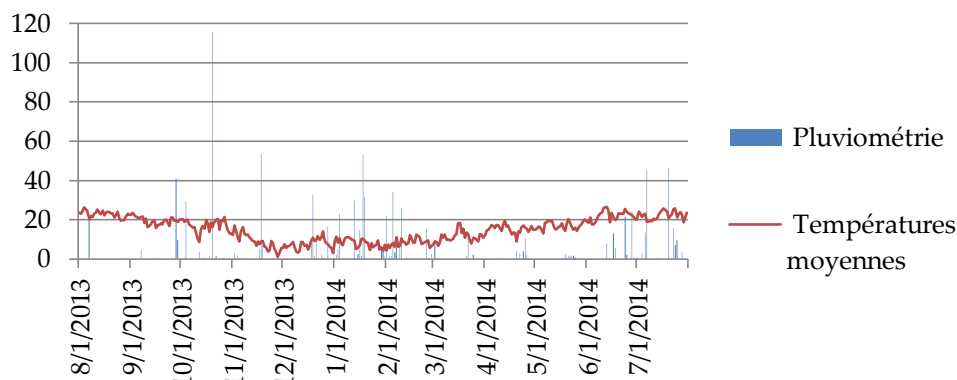


Annexe 10 : Données météorologique (précipitations et températures moyennes journalières). Les données de Mauguio ont été fournies par le domaine de Melgueil (INRA). Les données de St Chaptès et St Hilaire ont été fournies par le CIRAME.

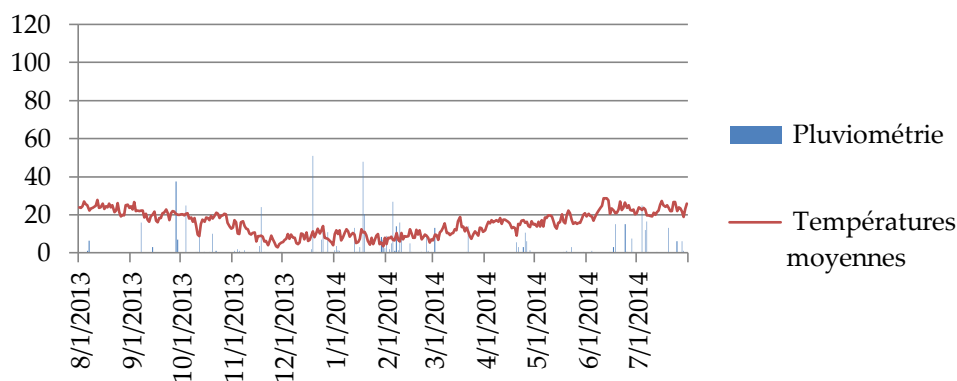
### Mauguio (station INRA)(données INRA)



### Saint Chaptès (à moins de 10km de G3)(données CIRAME)



### Saint Hilaire d'Ozilhan (à moins de 10km de G1)(données CIRAME)





## **Résumé**

La fertilisation est une des grandes problématiques de la culture du blé tendre en Agriculture Biologique. En Languedoc-Roussillon, ce problème est accentué par le manque de matière organique. Ce manque est dû au faible nombre d'animaux d'élevage à l'échelle locale, ainsi qu'au climat, peu propice à l'accumulation de matière organique dans les sols. Le programme ILLIAD, « Initiatives Locales et Localisées pour une Agriculture Durable », s'est donc, entre autres, intéressé à l'utilisation du marc de raisin, déchet disponible en grande quantité dans la région. Comme on dispose de peu de références sur cette matière première, un réseau d'essai ont été mis en place chez des agriculteurs biologiques pour déterminer les caractéristiques agronomiques du marc de raisin composté. Cette première campagne a donné des résultats intéressants puisque le compost a permis un gain de rendement et dans certains cas un gain de teneur en protéines. Il semblerait que ce soit l'azote contenu en grande quantité dans le compost qui s'est minéralisé et a été absorbé par le blé. Malgré tout, l'application de compost n'aurait pas été rentable pour l'agriculteur. Les effets d'un amendement organique s'étalant sur plusieurs années, l'expérimentation se poursuivra sur les mêmes parcelles à la campagne suivante.

Mots-clés : blé tendre ; compost ; marc de raisin ; fertilisation ; amendement

## **Abstract**

Fertilization is one of the major issues in organic bread wheat cultures. In Languedoc-Roussillon, the problem is emphasized by a lack of organic matter. This lack is due to few livestock at local scale and to climate, which is not favourable to organic matter accumulation in soils. The ILLIAD programm, that is « sustainable, local or localized, innovative food chains », took an interest in grape marc, among other things. Grape marc is available in great quantities in the region. As little reference on grape marc is available, a trial network was conducted in farmers fields to evaluate agronomic characteristics of composted grape marc. This years's trials have shown interesting results since compost permitted an increase in grain yield, and in some places there was an increase in protein content. It seems likely that the nitrogen that was present in great quantities in the compost got mineralized and absorbed by wheat. All the same using compost would not have been profitable to the farmer. As effects of amendments are spread over several years, trials will go on next year, on the same fields.

Key-Words : bread wheat ; compost ; grape marc ; fertilization ; amendment