

***TOURNESOL SEMENCE :  
ESSAI DESSICCATION  
CHIMIQUE***

2010-2011

---

ACTIONS SPECIFIQUES DU GNIS PROGRAMME 2010-2011

<b>1</b>	<b>OBJECTIF DE L'ETUDE</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LOCALISATION</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PRODUITS TESTES</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>MODALITES</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>DISPOSITIF EXPERIMENTAL</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>MODALITES D'APPLICATION DES TRAITEMENTS</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>OBSERVATIONS ET MESURES EN COURS DE CULTURE</b> .....	<b>8</b>
7.1	<i>DESCRIPTIF DE L'ETAT VEGETATIF</i> .....	8
7.2	<i>SUIVI DE LA TENEUR EN EAU</i> .....	9
7.3	<i>RECOLTE</i> .....	10
7.4	<i>FACULTE GERMINATIVE - PMG</i> .....	10
<b>8</b>	<b>RESULTATS</b> .....	<b>10</b>
8.1	<i>COURBES DE DESSICCATION</i> .....	10
8.2	<i>FACULTE GERMINATIVE</i> .....	12
8.3	<i>POIDS MILLE GRAINS</i> .....	13
<b>9</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	<b>14</b>
	<b>ANNEXE 1 : RESULTATS BRUTS</b> .....	<b>15</b>
	<b>ANNEXE 2 : ANALYSE STATISTIQUE</b> .....	<b>16</b>
I.1	ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE ET DE LA MODALITE SUR LA FACULTE DE GERMINATION FG .....	16
1.1.i	<i>Représentation des données</i> .....	16
1.1.ii	<i>Modèle statistique</i> .....	16
1.1.iii	<i>Test statistique</i> .....	17
1.1.iv	<i>Qualité de l'ajustement et validation du modèle</i> .....	18
1.1.v	<i>Comparaison des effets moyens obtenus</i> .....	20
1.1.vi	<i>Conclusion</i> .....	21
I.2	ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE ET DE LA MODALITE SUR LE POIDS DE 1000 GRAINS PMG .....	21
1.2.i	<i>Représentation des données</i> .....	21
1.2.ii	<i>Modèle statistique</i> .....	22
1.2.iii	<i>Test statistique</i> .....	23
1.2.iv	<i>Qualité de l'ajustement et validation du modèle</i> .....	24
1.2.v	<i>Comparaison des effets moyens obtenus</i> .....	25
1.2.vi	<i>Conclusion</i> .....	26
I.3	ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE, DE LA MODALITE ET DU BLOC SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE TRAITEMENT ET 3 JOURS APRES TRAITEMENT.....	26
1.3.i	<i>Représentation des données</i> .....	27
1.3.ii	<i>Modèle statistique</i> .....	27
1.3.iii	<i>Test statistique</i> .....	29
1.3.iv	<i>Qualité de l'ajustement et validation du modèle</i> .....	29
1.3.v	<i>Comparaison des effets moyens obtenus</i> .....	31
1.3.vi	<i>Conclusion</i> .....	32
I.4	ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE, DE LA MODALITE ET DU BLOC SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE TRAITEMENT ET 6 JOURS APRES TRAITEMENT.....	32

1.4.i	Représentation des données .....	33
1.4.ii	Modèle statistique.....	33
1.4.iii	Test statistique .....	35
1.4.iv	Qualité de l'ajustement et validation du modèle .....	35
1.4.v	Comparaison des effets moyens obtenus.....	37
1.4.vi	Conclusion .....	38
<b>I.5</b>	<b>ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE, DE LA MODALITE ET DU BLOC SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE TRAITEMENT ET 9 JOURS APRES</b>	
<b>TRAITEMENT</b>	.....	<b>38</b>
1.5.i	Représentation des données .....	39
1.5.ii	Modèle statistique.....	39
1.5.iii	Test statistique .....	41
1.5.iv	Qualité de l'ajustement et validation du modèle .....	42
1.5.v	Comparaison des effets moyens obtenus.....	44
1.5.vi	Conclusion .....	45

## 1 OBJECTIF DE L'ETUDE

La défoliation du tournesol semences est utilisée dans de nombreux cas :

- Lors de cultures trop tardives, pour accélérer la maturité de la culture.
- Dans les terrains favorables au développement végétatif entraînant un retard de maturité et une importante masse foliaire à passer dans la machine.
- Pour homogénéiser la récolte lorsque les sols sont différents dans une même parcelle.
- Pour faciliter la récolte précoce.
- Pour améliorer la vitesse de récolte.
- Pour augmenter le rendement en limitant les pertes dues à l'égrenage des capitules.
- Pour limiter le développement des maladies, principalement le Sclérotinia.
- Pour récolter plus rapidement et donc sécuriser la production.
- Pour limiter le temps de séchage car la récolte comporte moins d'impuretés.
- Afin d'obtenir un gain de place non négligeable dans les structures de réception des graines.
- Pour faciliter le triage de la récolte.

Le diquat est également très utilisé pour la défoliation de la pomme de terre. C'est un herbicide exclusivement foliaire : il n'a pas d'activité sur les plantes par le sol.

Il agit très rapidement : les plantes traitées montrent des symptômes de dessèchement en l'espace de 24 heures puis elles se nécrosent et meurent. Sous l'effet combiné du diquat et de la lumière, il y a action sur la photosynthèse par endommagement des membranes des chloroplastes qui va produire un flétrissement et la mort des feuilles sans toucher aux tissus lignifiés. L'effet phytotoxique du diquat est directement dépendant de la lumière. En effet, une forte luminosité accélère la réaction de la plante et donne un effet rapide. Inversement, lorsque l'obscurité ou un très fort déficit hydrique réduit ou inhibe la photosynthèse, l'activité du produit est retardée.

Les Agriculteurs Multiplicateurs de Semences Oléagineuses regroupés au sein de l'ANAMSO et l'interprofession attirent l'attention sur l'absence de molécule de remplacement. Le contexte économique favorable au développement de la filière agro carburant nécessite l'obtention de semence de qualité irréprochable, et le DIQUAT concoure à cet objectif.

Rappelons que le diquat a obtenu un renouvellement d'homologation en France jusqu'en 2020 mais la directive 2010//77/UE parue au Journal Officiel de l'Union Européenne reporte au 31 décembre 2015 la date d'expiration de l'inscription de 31 substances actives à l'annexe I de la directive 91/414/CEE. Le diquat fait parti de cette liste.

## 2 LOCALISATION

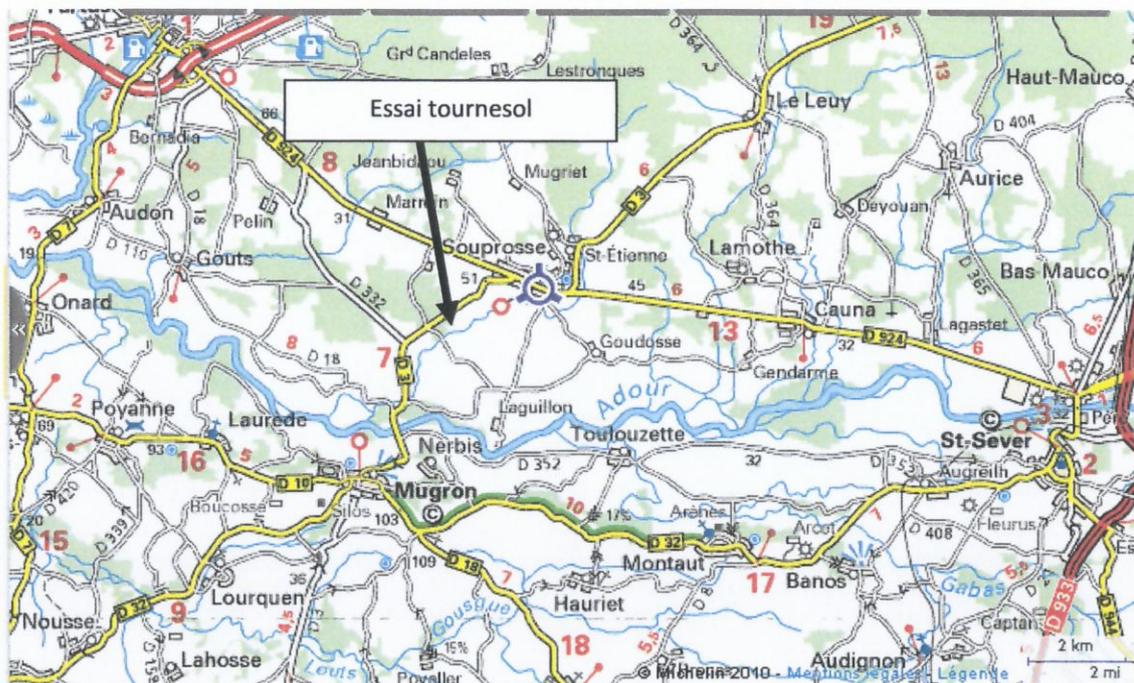
Cet essai s'inscrit dans la continuité de l'action engagée en 2009-2010 : évaluer l'efficacité de solutions de remplacement au diquat.

Les résultats obtenus permettront d'accroître l'acquisition de références en vue d'un éventuel dossier d'homologation.

Lors du comité de pilotage en mars 2010, les établissements ont émis le souhait de voir les essais dessiccants implantés dans le sud-ouest.

Pour le tournesol, nous avons collaboré avec Maisadour Semences. Ces derniers nous ont mis en relation avec un agriculteur coutumier de la mise en place d'expérimentations.

L'essai était située sur une parcelle expérimentale chez M. DUBOURG – 40250 SOUPROSSE.



### 3 PRODUITS TESTES

Le tableau suivant liste toutes les matières actives utilisées seules ou en association dans ce programme expérimental.

Nom commercial	Matière active	Concentration matière active	Famille	Commercialisé par
Réglone 2	Diquat	200 g/l	Défanant/herbicide	Syngenta Agro
Basta F1	Glufosinate-ammonium	150 g/l	Défanant/herbicide	Bayer CropScience
Spotlight plus	Carfentrazone-ethyle	60 g/l	Défanant	Belchim Crop Protection
Silwett L-77	Composé organosiliconé	830 g/l	Adjuvant	Agrydine
LI 144	Lécithine	50 %	Adjuvant	Agrydine
VVH 86081	Acide pelargonique	83 %	Herbicide	Vitivista

## 4 MODALITES

Les mêmes modalités que l'année précédente ont été reconduites dans le but de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus en 2009.

De plus, nous avons introduit une nouvelle matière active : l'acide pelargonique (herbicide d'origine naturelle utilisé pour les Parcs, Jardins et Trottoirs). Il a été testé seul et associé à un adjuvant.

La consultation des firmes phytosanitaires, pour la faisabilité des mélanges ainsi que pour leur conseil sur les doses d'emploi des adjuvants, nous a amenés à choisir les modalités suivantes :

- T0 : témoin non traité
- T : Réglone 2 3l/ha
- T1 : Spot light 1 l/ha + Basta 2.5 l/ha
- T2 : Spot light 1 l/ha + Silwet 0.1%
- T3 : Spot light 1l /ha + LI 144 0,1 %
- T4: VVH 86081 12 l/ha
- T5: VVH 86081 8 l/ha + Silwet 0,1 %

## 5 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La décision de mener un essai dessiccant sur tournesol ayant été prise en amont du semis, il nous a été possible de configurer l'essai selon nos besoins.

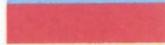
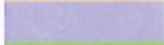
Le semis a été réalisé le 20/05/2010 dans de bonnes conditions. La préparation du sol était correcte et les graines ont été déposées dans un sol frais. Maisadour avait mis à notre disposition son semoir expérimental ainsi que son personnel.



Photo 1 - Semoir expérimental Maisadour

Dispositif factoriel à 3 blocs  
 Nombre de lignées : 3  
 Nombre de micro-parcelles : 63  
 Taille de la micro-parcelle : 21,60 m<sup>2</sup>

Mâle						
SY1	MAIS	SY2	MAIS	MAIS	SY1	SY2
MAIS	SY2	SY2	MAIS	SY1	SY2	SY1
MAIS	SY2	SY1	MAIS	SY1	SY1	SY2
Mâle						
MAIS	SY1	MAIS	SY1	SY1	SY2	MAIS
MAIS	SY2	SY2	SY1	SY1	SY2	SY1
MAIS	SY2	SY1	SY2	MAIS	MAIS	SY2
Mâle						
SY1	SY2	MAIS	SY1	SY1	MAIS	SY2
SY2	SY1	MAIS	MAIS	SY2	SY1	SY2
MAIS	MAIS	SY1	SY1	MAIS	SY2	SY2
Mâle						

	Témoin non-traité		Spotlight 1 l + LI 144 0,1 %
	Réglone 3 l/ha		Acide pelargonique 12 l/ha
	Spotlight 1 l + Basta 2,5 l		Acide pelargonique 8 l/ha + Silwet 0,1 %
	Spotlight 1 l + Silwet 0,1 %		

## 6 MODALITES D'APPLICATION DES TRAITEMENTS

La méthode utilisée l'année précédente ayant apporté satisfaction, nous avons décidé de la reconduire cette année.

Pour évaluer la date du traitement, 5 capitules par parcelle sont prélevés. Les rangs externes sont exclus des prélèvements afin de limiter les effets de bordures. Une fois les capitules prélevés, ils sont égrenés manuellement, les graines sont nettoyées à l'aide d'un séparateur à air et sont passées à l'humidimètre.

Le traitement a lieu lorsque l'humidité des graines avoisine les 35 %.

L'application des produits est réalisée par une entreprise extérieure agréée BPE (Prestagro) le 31/08/2010.

Les conditions de traitement sont les suivantes :

MATERIEL		
Matériel d'application	Rampe 3 m déportée	
Pression	2	Bars
Type de buse	Teejet 80015 VS	
Ecartement entre buses	25	Cm
Vitesse/débit = calibrage	46,96	Cc/s
Volume d'application	300	L/ha

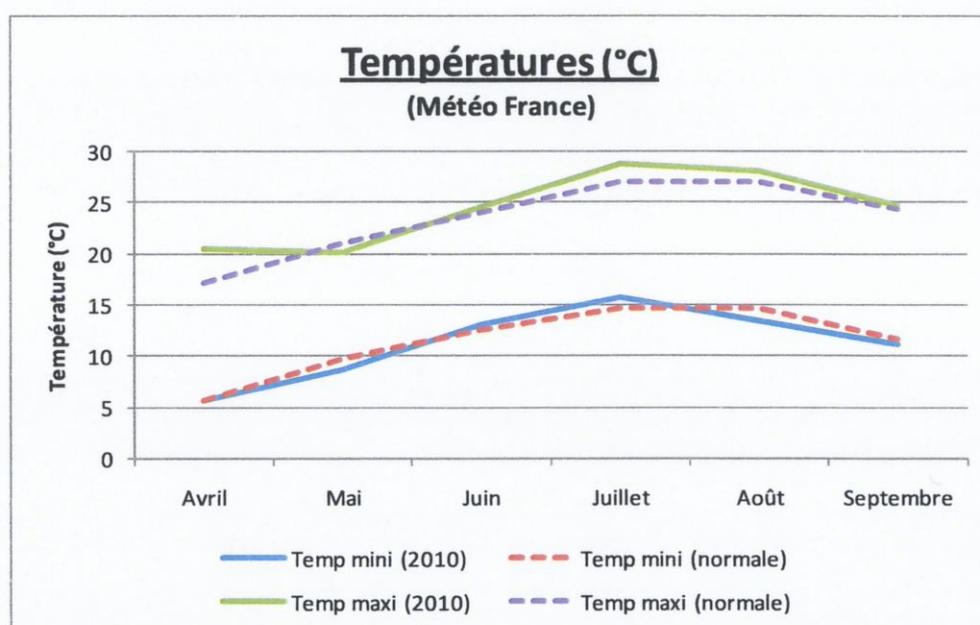
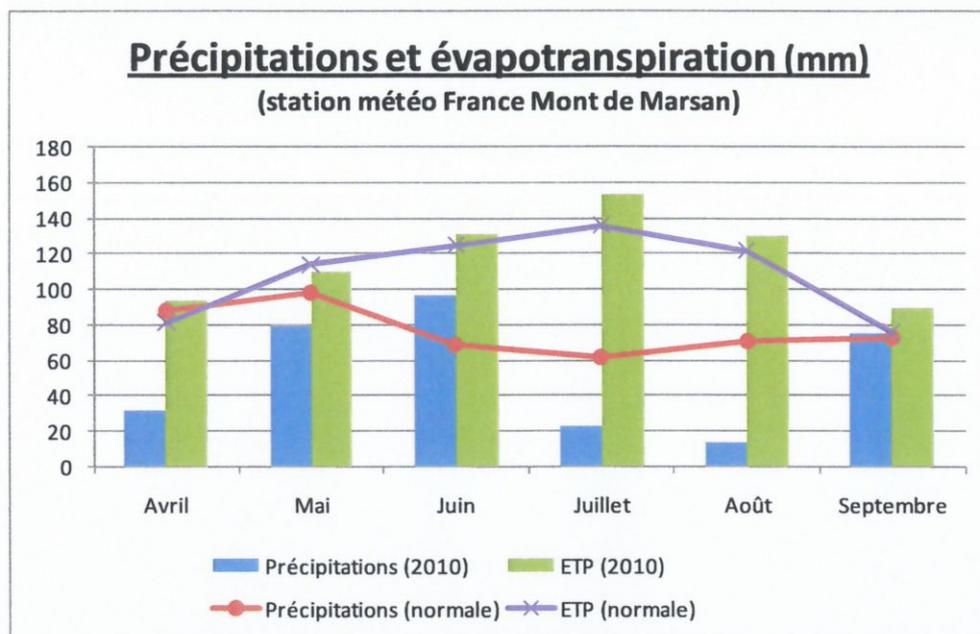
APPLICATION		
Température de l'air	15,5	°C
Humidité de l'air	62	%
Vitesse du vent	2	Km/h
Température du sol	16,1	°C
Humidité du sol	Moyenne	
Couverture nuageuse	0	%
Volume d'application	300	l/ha

## 7 OBSERVATIONS ET MESURES EN COURS DE CULTURE

### 7.1 DESCRIPTIF DE L'ETAT VEGETATIF

La parcelle était très peu enherbée, elle a bénéficié d'un binage en cours de végétation et d'une épuration manuelle. L'essai était homogène. Une lignée était plus tardive et présentait un fort développement végétatif. La culture n'a pas souffert du manque d'eau et présentait un bon état sanitaire.





La parcelle expérimentale a bénéficié d'une pluviométrie favorable en début de cycle. Comparés à la normale, juillet et août ont été déficitaires en pluviométrie (40 à 50 mm). Le mois de juillet a été particulièrement chaud puisque la température moyenne était supérieure de 1,5 °C.

Au vu des conditions climatiques et dans l'optique de conduire l'essai dans les meilleures conditions afin de ne pas introduire de biais pour l'expression du potentiel de chaque modalité, une irrigation a été faite sur la culture.

## 7.2 SUIVI DE LA TENEUR EN EAU

7 à 8 capitules sont prélevés par micro-parcelle (sur les rangs internes). Les graines sont récoltées à l'aide d'une égreneuse manuelle. Les échantillons sont ensuite nettoyés au Damas, pesés et placés en étuve à 103°C pendant 19 h. Une deuxième pesée est réalisée en sortie d'étuve afin de déterminer la teneur en eau.

Quatre prélèvements de suivi de teneur en eau ont été effectués aux dates suivantes :

- J-1 = 30/08/2010
- J+3 = 02/09/2010
- J+6 = 06/09/2010
- J+14 = 13/09/2010

Un fort épisode pluvieux (60 mm) nous a contraints à allonger le délai entre le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> prélèvement.

Maïsadour a mis à notre disposition son laboratoire pour réaliser les 4 séries de teneur en eau.

### 7.3 RECOLTE

La récolte se fait manuellement le 13/09/2010. Un sous-échantillon est prélevé pour détermination de la Faculté Germinative et du Poids de Mille Grains. Une seconde Faculté Germinative est effectuée 6 mois plus tard afin de s'assurer que les produits n'altèrent pas la qualité de la semence à long terme.

### 7.4 FACULTE GERMINATIVE - PMG

Comme l'année précédente, les mesures du Poids de Mille Grains et de la Faculté Germinative ont été confiées à LABOSEM. Pour l'analyse de ces composantes, l'échantillon est composé des parcelles présentant des modalités identiques : traitement et lignée.

La méthode utilisée pour la FG est la suivante :

- effectif : 4 répétitions de 100 semences
- substrat : buvards plats
- KNO3 dans l'eau d'imbibition : 2 g de KNO3 par litre d'eau - 18 ml de solution par boîte de 100 semences.
- Lumière horizontale 15 h/24h
- Enceinte de germination : sèche
- Température : 20°C
- Durée du test : 7 jours

## 8 RESULTATS

### 8.1 COURBES DE DESSICCATION

Les résultats bruts sont disponibles en annexe 1.

Ci-dessous, vous trouverez le codage utilisé dans les différents graphiques et tableaux.

- T : témoin non traité
- R : Réglone 2 3l/ha
- B : Spot light 1 l/ha + Basta 2.5 l/ha
- S : Spot light 1 l/ha + Silwet 0.1%
- L : Spot light 1l /ha + LI 144 0,1 %
- AP: VVH 86081 12 l/ha
- APS: VVH 86081 8 l/ha + Silwet 0,1 %

D'un point de vue dessèchement végétatif, le Réglone a la plus forte efficacité. Au bout de 3 jours, la plante commence fortement à brunir (voir photo ci-dessous), l'association Spotlight+Basta arrivant en 2<sup>nd</sup>e position. L'acide pelargonique seul ou associé possède une action dessiccante légèrement inférieure à celle des autres modalités mais il a une action limitée sur le dessèchement de la plante.

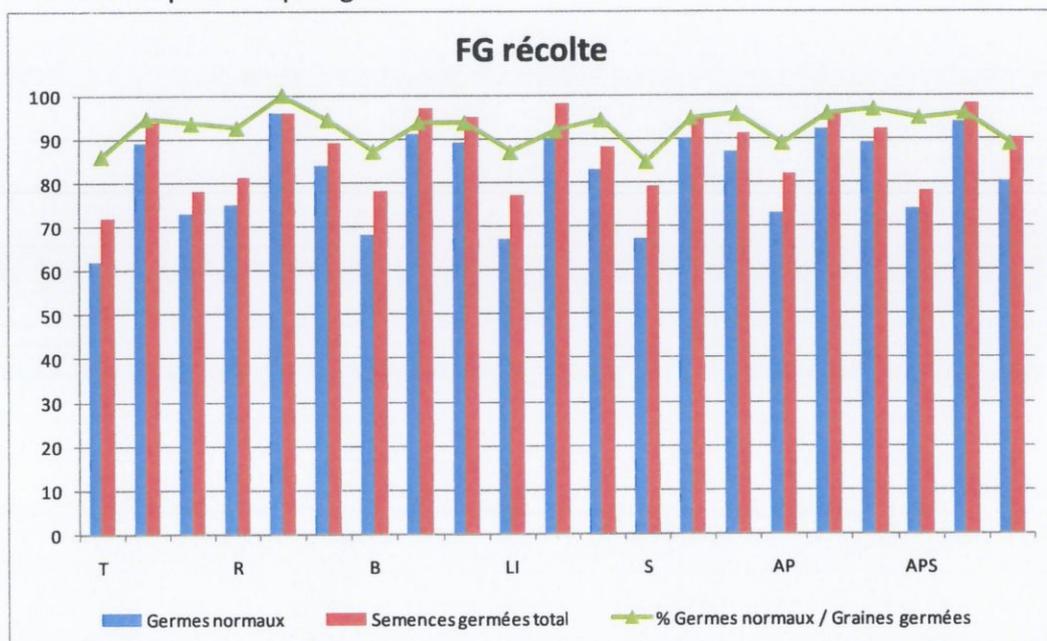


Photo 2 - Mise en évidence du dessèchement rapide de la modalité Réglone

L'analyse statistique, réalisée par la Junior Entreprise de SupAgro Montpellier, met en évidence un effet global des modalités sur le perte en eau des graines. Les modalités Réglone et Spotlight+Basta ont des effets dessiccants significativement supérieurs au témoin au bout de 9 jours (cf. Annexe 2).

## 8.2 FACULTE GERMINATIVE

Le graphique suivant nous indique les valeurs de Faculté Germinative dès la récolte. Les résultats sont donnés pour chaque modalité et pour chaque lignée.

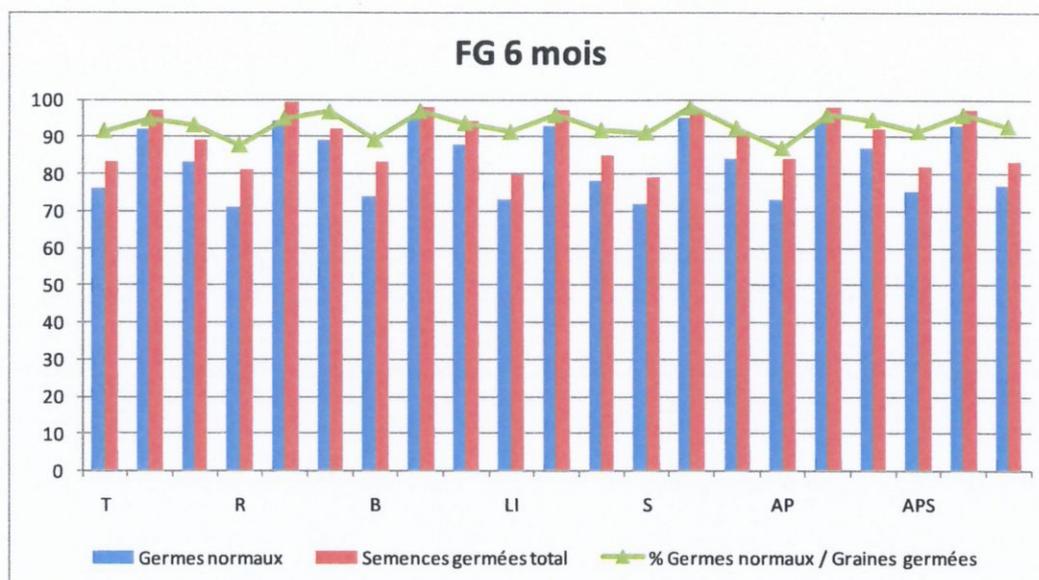


Les facultés germinatives obtenues sont peu élevées. En effet, seulement 12 échantillons sur 21 sont supérieurs au taux minimum exigé en production de semence. La proportion de germes normaux par-rapport au total de graines germées est correct, on obtient des taux variant de 85 à 100 %.

Quelque soit la modalité, la lignée 1 présente toujours la faculté germinative la plus basse.

L'analyse statistique montre que la variabilité observée est principalement due à la lignée, les différents traitements ne représentant que 10 % de cette variabilité.

Une 2<sup>ème</sup> faculté germinative a été réalisée 6 mois après la récolte afin d'observer l'action des modalités sur la qualité des semences à long terme.



Globalement, la faculté germinative n'est pas altérée au bout de 6 mois. Les taux sont sensiblement les mêmes, ils varient de 79 à 99 %. Cependant, 5 modalités présentent une faculté germinative plus faible au bout de 6 mois. Ce phénomène est principalement observé sur les modalités Spotlight + LI 144 (- 1 et - 3,4 %) et acide pelargonique + Silwet (-1 et - 7,8 %).

A l'inverse, la faculté germinative du témoin est plus élevée au bout de 6 mois (+14,1 et +15,3 %).

La proportion de germes normaux varie de 86 à 98 %, elle est quasiment identique à celle obtenue lors de la 1<sup>ère</sup> analyse.

### 8.3 POIDS MILLE GRAINS

Le tableau ci-dessous représente le Poids de Mille Grains par modalité et par lignée.

Lignée	T	R	B	L	S	AP	APS
1	47,7	41,8	47,6	43,5	46	44,4	45,4
2	56,9	58,4	55,1	57,3	58,2	56,3	56,3
3	55,6	49,4	52,1	50,2	52,8	49,2	51,9

La lignée 1 possède un PMG plus faible que les deux autres. L'analyse statistique révèle que la variabilité observée est principalement due à la lignée, les modalités ne représentant que 5,6 %. Il n'y a pas de différence entre les modalités.

## 9 DISCUSSION

De part l'analyse statistique, il s'avère que l'essai est valide et qu'il met en évidence un effet global des modalités.

Les différents traitements testés n'altèrent pas la qualité de la semence que ce soit à court ou à long terme.

Il est également montré que l'association Spotlight + Basta possède un comportement similaire au Réglone. Cela confirme les résultats obtenus en 2009.

Une appréciation visuelle de l'action desséchante des modalités a permis de distinguer 4 niveaux d'efficacité :

- Réglone
- Spotlight + Basta et Spotlight + Silwet
- Spotlight + Li 144 et VVH 86081 + Silwet
- VVH 86081

Suite au comité de pilotage du 17 mars 2011, il a été retenu de surveiller l'apparition de nouvelles matières actives susceptibles de posséder la même efficacité que le diquat.

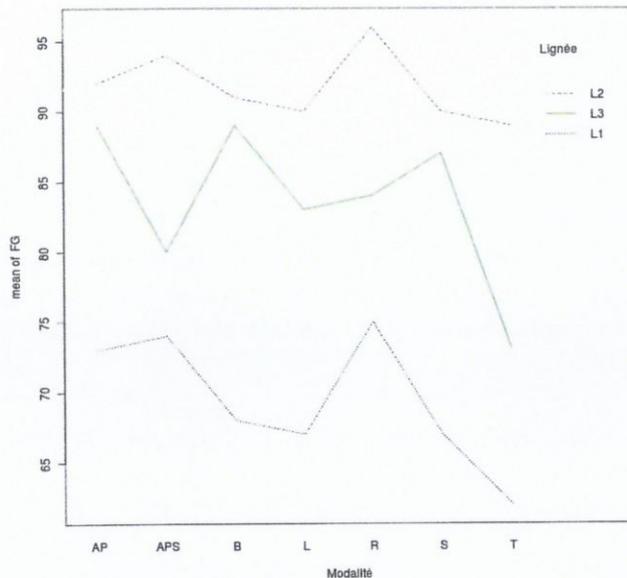
## ANNEXE 1 : RESULTATS BRUTS

Parcelle	Bloc	Lignée	Modalité	P1	P2	P3	P4	PMG	FG
20	1	1	AP	28,17	18,01	15,89	11,89	44,4	73
14	1	1	APS	27,26	23,69	16,37	13,09	45,4	74
1	1	1	B	29,02	25,25	22,21	13,29	47,6	68
19	1	1	L	28,74	25,06	17,55	10,78	43,5	67
6	1	1	R	24,84	18,53	12,04	9,80	41,8	75
12	1	1	S	24,29	21,11	15,90	13,60	46	67
17	1	1	T	22,84	22,97	17,81	12,98	47,7	62
3	1	2	AP	31,18	31,64	15,14	14,45	56,3	92
7	1	2	APS	33,05	28,47	13,16	12,27	56,3	94
21	1	2	B	38,38	29,77	19,46	13,94	55,1	91
10	1	2	L	33,76	27,64	20,66	14,32	57,3	90
9	1	2	R	30,36	29,97	19,24	11,53	58,4	96
16	1	2	S	31,98	28,93	24,69	15,06	58,2	90
13	1	2	T	33,43	30,58	20,75	14,11	56,9	89
11	1	3	AP	41,01	39,02	29,20	14,58	49,2	89
2	1	3	APS	40,03	40,67	29,83	18,24	51,9	80
15	1	3	B	45,30	41,71	29,16	14,07	52,1	89
18	1	3	L	40,21	37,73	27,88	16,22	50,2	83
4	1	3	R	38,74	37,21	28,58	14,53	49,4	84
5	1	3	S	41,51	37,86	27,74	14,66	52,8	87
8	1	3	T	41,89	42,65	38,48	19,97	55,6	73
33	2	1	AP	31,88	27,49	21,77	16,83		
23	2	1	APS	23,13	21,52	11,92	10,97		
35	2	1	B	29,23	30,34	18,46	12,80		
25	2	1	L	28,73	27,84	19,60	14,00		
32	2	1	R	25,25	28,12	17,52	8,79		
38	2	1	S	30,25	25,79	21,88	11,24		
26	2	1	T	28,46	26,36	18,85	15,67		
39	2	2	AP	38,59	36,03	26,24	18,65		
37	2	2	APS	35,77	33,23	24,31	19,71		
30	2	2	B	34,84	34,91	19,92	13,80		
34	2	2	L	43,13	37,84	29,92	22,27		
31	2	2	R	38,21	38,38	20,34	14,32		
42	2	2	S	39,18	38,88	28,02	15,79		
27	2	2	T	36,29	35,80	27,88	18,08		
22	2	3	AP	43,41	38,97	28,96	15,13		
36	2	3	APS	42,44	40,96	32,57	18,17		
40	2	3	B	47,09	42,04	35,62	19,02		
24	2	3	L	42,37	39,20	27,48	14,70		
41	2	3	R	47,82	46,38	39,67	19,84		
29	2	3	S	43,72	42,45	28,25	17,00		
28	2	3	T	46,88	45,01	36,08	21,62		
55	3	1	AP	28,71	26,41	18,52	14,75		
47	3	1	APS	27,36	27,03	16,88	15,20		
59	3	1	B	30,27	22,82	16,50	10,05		
46	3	1	L	28,84	27,91	19,99	12,29		
43	3	1	R	24,16	20,95	14,93	8,60		
60	3	1	S	25,28	27,87	19,49	12,73		
51	3	1	T	29,93	24,98	16,35	12,32		
63	3	2	AP	35,83	32,15	21,30	16,93		
62	3	2	APS	31,91	30,54	22,45	16,64		
44	3	2	B	35,22	31,89	19,43	13,61		
49	3	2	L	35,80	36,15	20,82	15,01		
54	3	2	R	38,36	33,98	25,55	16,48		
50	3	2	S	37,99	33,49	25,08	19,27		
56	3	2	T	34,78	30,84	22,93	18,55		
48	3	3	AP	43,18	40,96	30,06	21,47		
58	3	3	APS	45,51	41,44	37,16	21,49		
45	3	3	B	43,51	40,37	30,32	17,93		

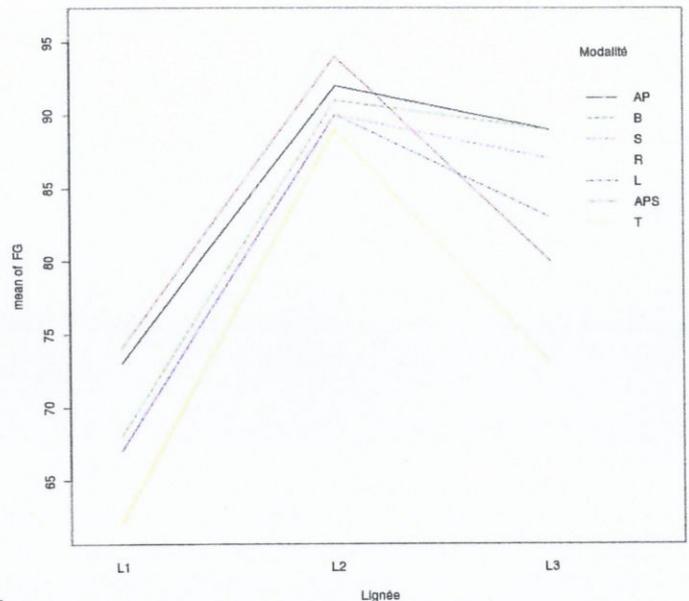
## ANNEXE 2 : ANALYSE STATISTIQUE

### I.1 ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNÉE ET DE LA MODALITÉ SUR LA FACULTE DE GERMINATION FG

#### I.1.1 REPRESENTATION DES DONNÉES



Ce graphique montre que la lignée a un effet sur la FG. Telle que soit la modalité, la FG obtenue avec la lignée 2 est supérieure à celle obtenue avec les lignées 1 et 3.



Ce graphique montre qu'il existe des interactions entre la modalité et la lignée (les courbes se croisent). La modalité R par exemple donne de meilleurs FG que la S pour les lignées 1 et 2 mais pas pour la 3.

NB : mean FG = valeur de FG car pas de répétition

#### I.1.II MODÈLE STATISTIQUE

- ANOVA à 2 facteurs (Lignée et Modalité) sans répétition

$$FG_{i,j,k} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{i,j,k}$$

Avec :

$$\gamma_{i,j,k} \sim N(0, \sigma^2)$$

$k$  la microparcelle,  $\alpha_i$  : effet Bloc  $i$  et  $\beta_j$  : effet Lignée  $j$

$$\sum_i \alpha_i = 0 \text{ et } \sum_j \beta_j = 0$$

- Hypothèses testées :
  - ✓ les effets de modalités sur la FG sont tous nuls
  - ✓ les effets des lignées sur la FG sont tous nuls

- Estimations des coefficients du modèle

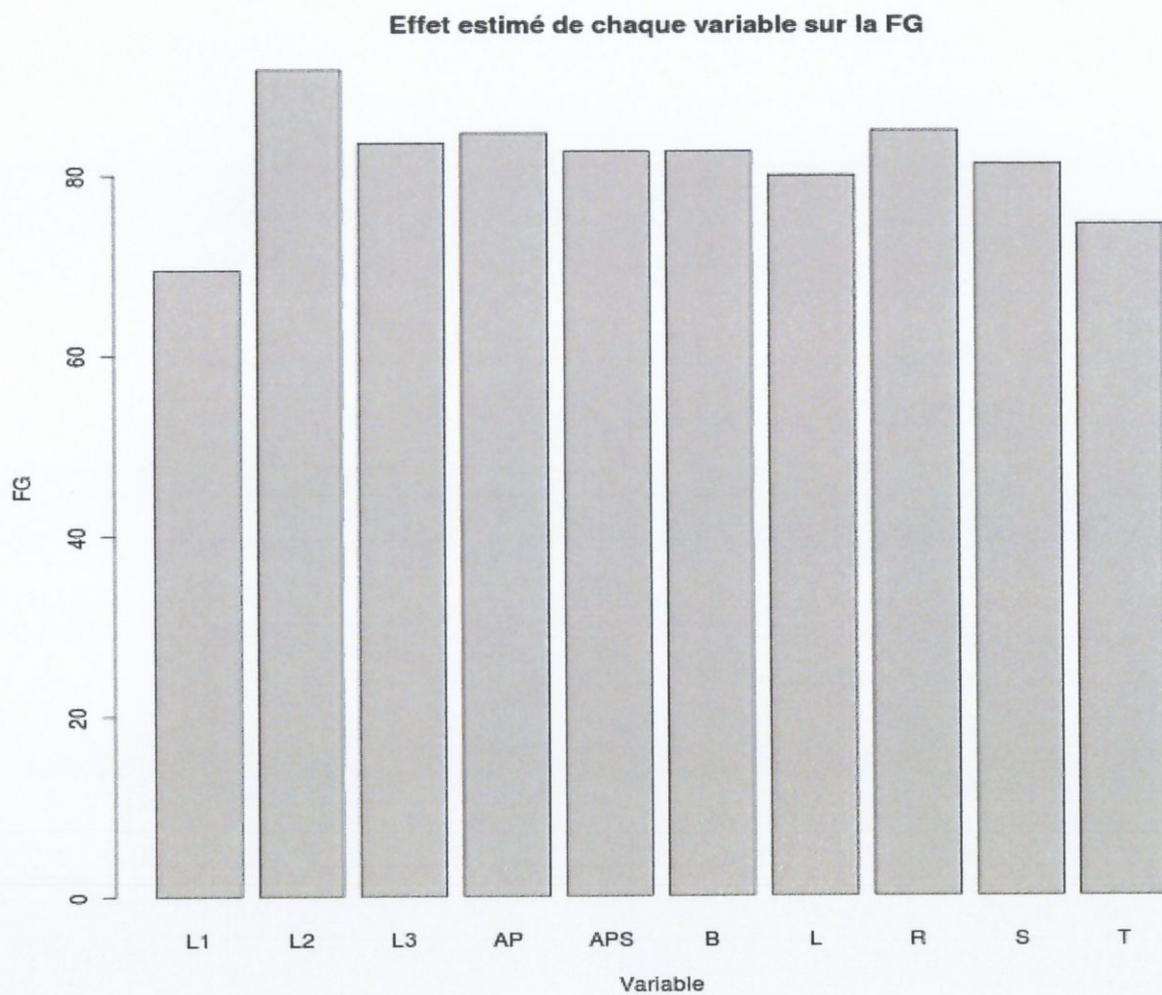
Full coefficients are

(Intercept): 81.57143

Lignée: L1 L2 L3  
 -12.14286 10.14286 2.00000

Modalité: AP APS B L R  
 3.0952381 1.0952381 1.0952381 -1.5714286 3.4285714

Modalité: S T  
 -0.2380952 -6.9047619



### I.1.III TEST STATISTIQUE

Analysis of Variance Table

Response: FG

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Lignée	2	1780.29	890.14	73.6428	1.828e-07 ***
Modalité	6	221.81	36.97	3.0584	0.04701 *
Residuals	12	145.05	12.09		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

L'hypothèse « les effets de modalités sont tous nuls » est **rejetée** pour un taux d'erreur de 5%. Il existe donc au moins une modalité qui a un effet non nul sur la faculté de germination.

L'hypothèse « les effets des lignés sont tous nuls » est **rejetée** pour un taux d'erreur quasi nul (<0,1%). Il existe donc au moins une lignée qui a un effet non nul sur la faculté de germination.

On note également que la lignée explique **82%** de la variabilité observée ( $1780,29 \div (1780,29+221,81+145,05)$ ) et la modalité n'en explique que **10%** ( $221,81 \div (1780,29+221,81+145,05)$ ).

#### I.1.IV QUALITE DE L'AJUSTEMENT ET VALIDATION DU MODELE

- Part de la variabilité expliquée par le modèle

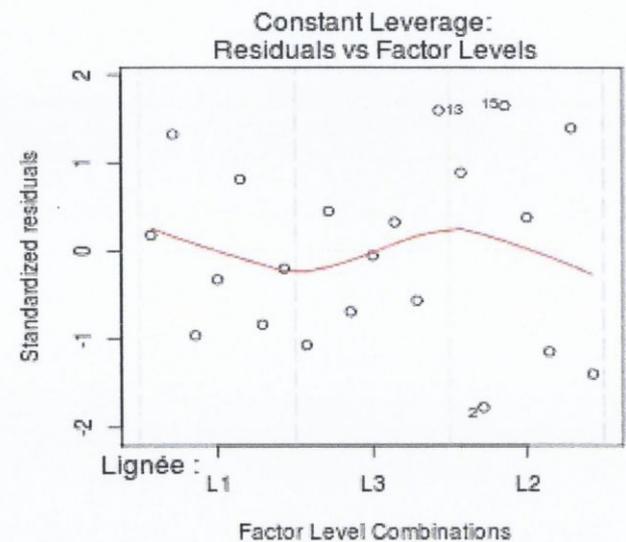
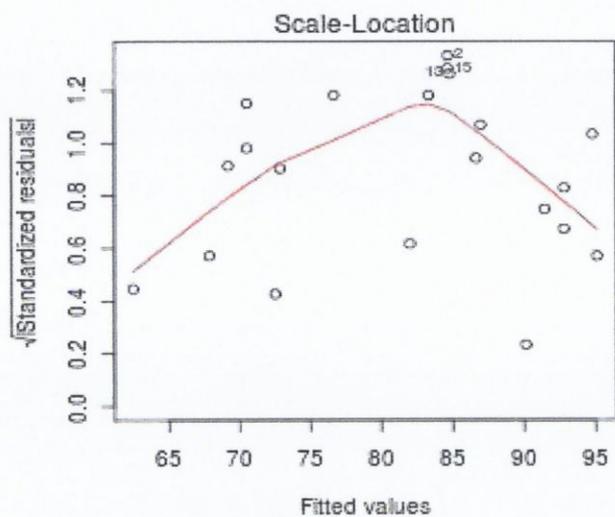
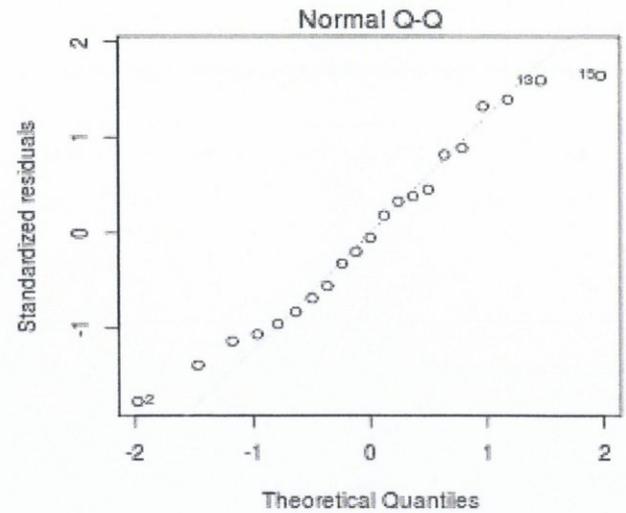
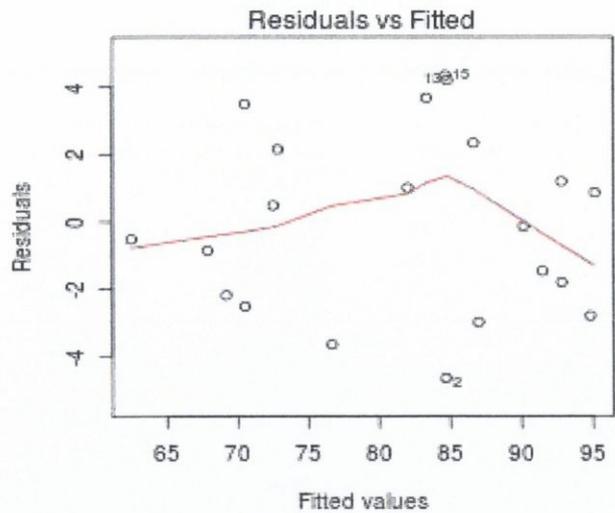
$R^2$  = Part de la variabilité expliquée par le modèle, c'est à dire par les facteurs « modalité » et « lignée »

$$R^2 = (SCE_{Lignée} + SCE_{Modalité}) / SCE_{Totale} = \mathbf{93,2\%}$$

Le modèle explique bien la variabilité observée.

- Normalité de résidus
  - ✓ Méthode graphique : Cf. droite de Henry (graphique en haut à droite)

L'ajustement à la droite est imparfait et la courbe forme des paliers.



✓ Test de normalité des résidus de Shapiro-Wilk :

Shapiro-Wilk normality test

$W = 0.9625$ ,  $p\text{-value} = 0.5679$

L'hypothèse de normalité des résidus est **rejetée** au seuil d'erreur de 5%.

- Validation du modèle :

Residual standard error: 3.477 on 12 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9324, Adjusted R-squared: 0.8874

F-statistic: 20.7 on 8 and 12 DF,  $p\text{-value}: 6.677e-06$

Malgré le fait que les résidus ne suivent pas une loi normale, le modèle est considéré comme **valide** compte tenu du fait qu'il représente bien la variabilité observée et que le  $p\text{-value}$  calculée dans le test de validation du modèle est largement inférieure à 5%.

I.1.V COMPARAISON DES EFFETS MOYENS OBTENUS

Test de Tukey HSD (Honest Significant Differences), comparaison multiple des moyennes :

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = modele)

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	22.285714	17.327854	27.243575	0.0000001***
L3-L1	14.142857	9.184997	19.100717	0.0000173***
L3-L2	-8.142857	-13.100717	-3.184997	0.0023774***

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
APS-AP	-2.0000000	-11.935132	7.93513192	0.9896933
B-AP	-2.0000000	-11.935132	7.93513192	0.9896933
L-AP	-4.6666667	-14.601799	5.26846525	0.6603718
R-AP	0.3333333	-9.601799	10.26846525	0.9999997
S-AP	-3.3333333	-13.268465	6.60179858	0.8910783
T-AP	-10.0000000	-19.935132	-0.06486808	0.0481451*
B-APS	0.0000000	-9.935132	9.93513192	1.0000000
L-APS	-2.6666667	-12.601799	7.26846525	0.9580972
R-APS	2.3333333	-7.601799	12.26846525	0.9777017
S-APS	-1.3333333	-11.268465	8.60179858	0.9988421
T-APS	-8.0000000	-17.935132	1.93513192	0.1497183
L-B	-2.6666667	-12.601799	7.26846525	0.9580972
R-B	2.3333333	-7.601799	12.26846525	0.9777017
S-B	-1.3333333	-11.268465	8.60179858	0.9988421
T-B	-8.0000000	-17.935132	1.93513192	0.1497183
R-L	5.0000000	-4.935132	14.93513192	0.5932678
S-L	1.3333333	-8.601799	11.26846525	0.9988421
T-L	-5.3333333	-15.268465	4.60179858	0.5268139
S-R	-3.6666667	-13.601799	6.26846525	0.8434350
T-R	-10.3333333	-20.268465	-0.39820142	0.0396252*
T-S	-6.6666667	-16.601799	3.26846525	0.2970476

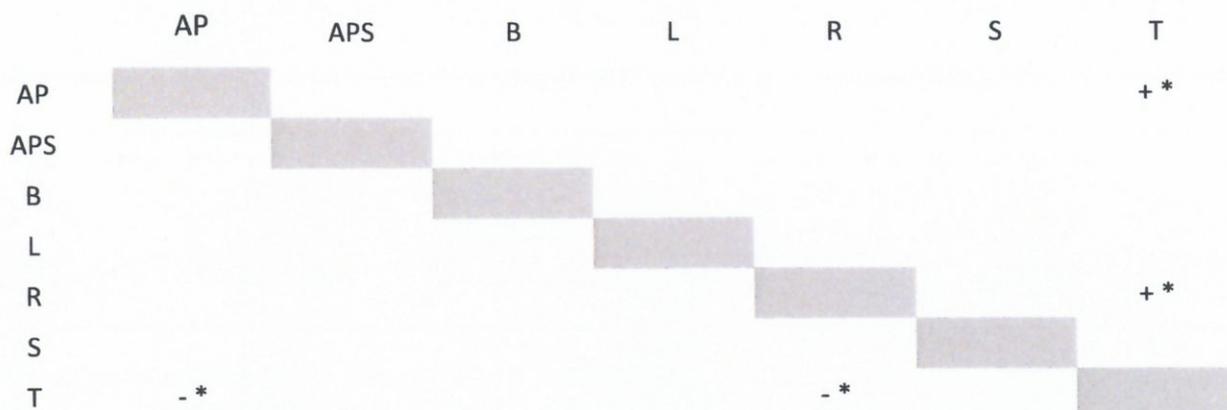


Tableau se lit en ligne : « + » => la modalité de la ligne donne une FG supérieure à la modalité de la colonne. Si case non renseigné, c'est qu'on ne peut pas conclure une différence significative

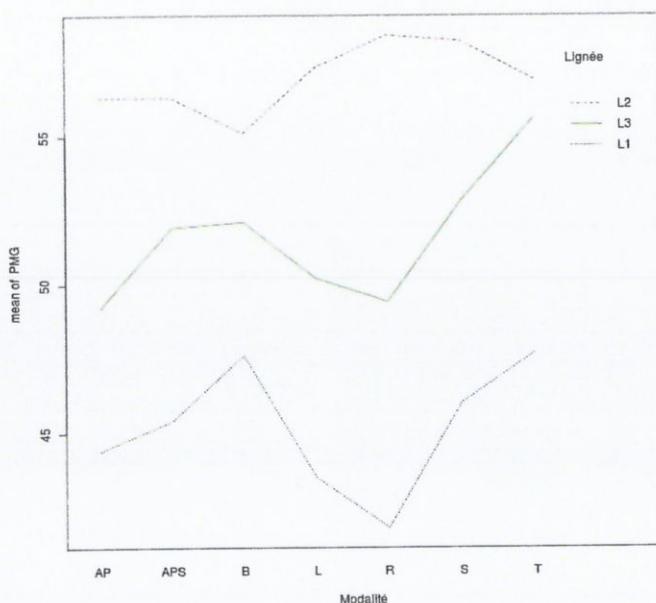
### I.1.VI CONCLUSION

Le modèle a montré que la variabilité observée est principalement due à la lignée, la modalité ne représentant que 10% de cette variabilité. La FG observée est donc **avant tout déterminée par la génétique**.

Toutefois, le test a montré que **la modalité a une influence** et les comparaisons des moyennes des effets des modalités ont mis en évidence que les **modalités AP et R** ont un effet significativement plus important que la modalité témoin T.

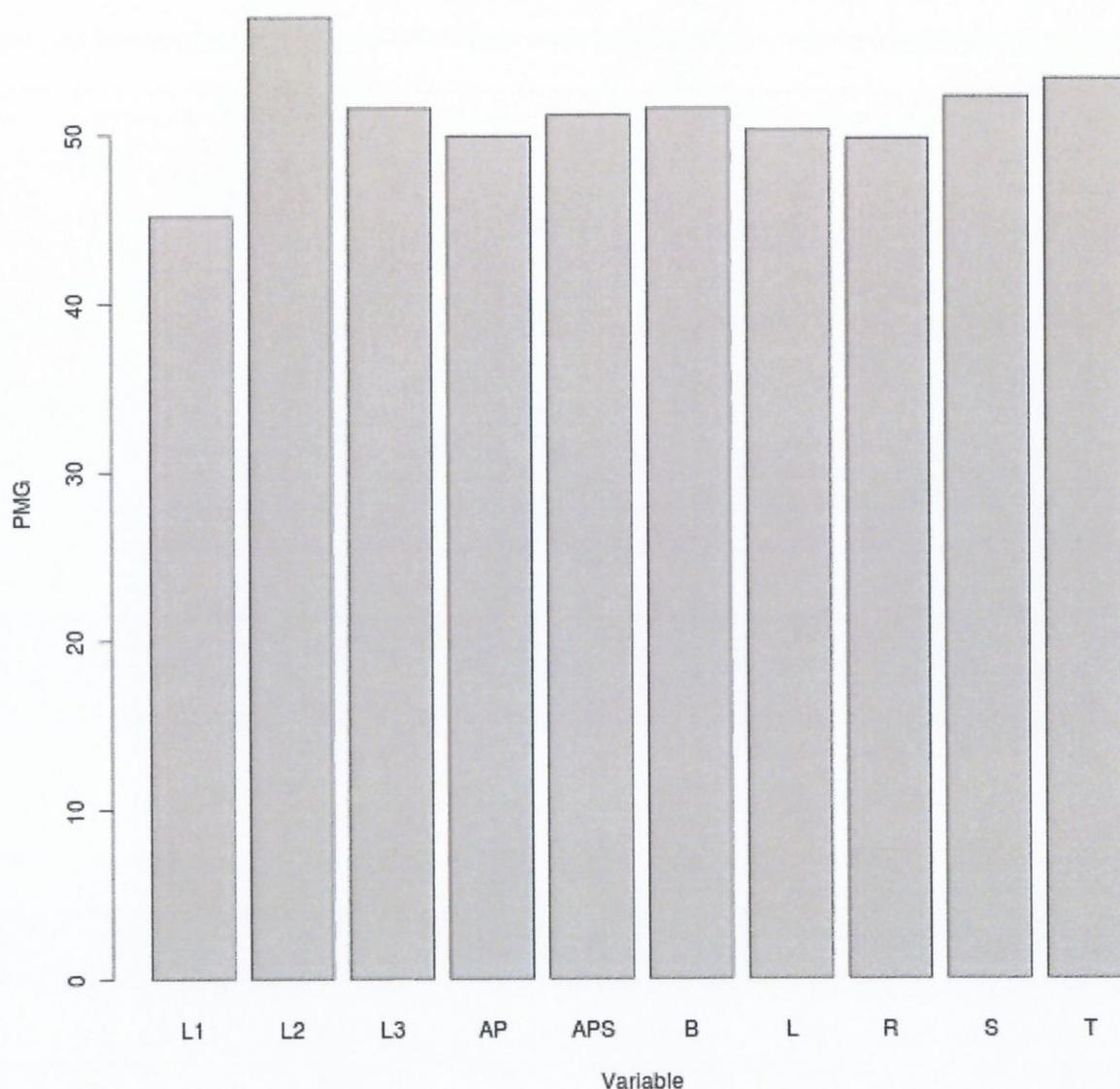
## I.2 ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE ET DE LA MODALITE SUR LE POIDS DE 1000 GRAINS PMG

### I.2.1 REPRÉSENTATION DES DONNÉES





### Effet estimé de chaque variable sur le PMG



### I.2.III TEST STATISTIQUE

#### Analysis of Variance Table

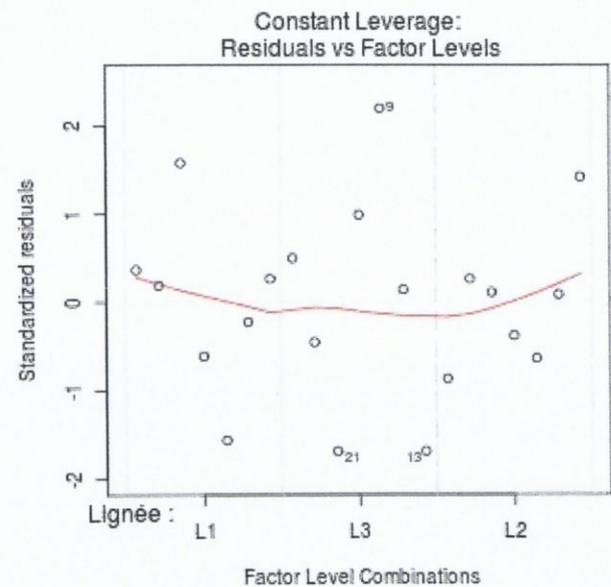
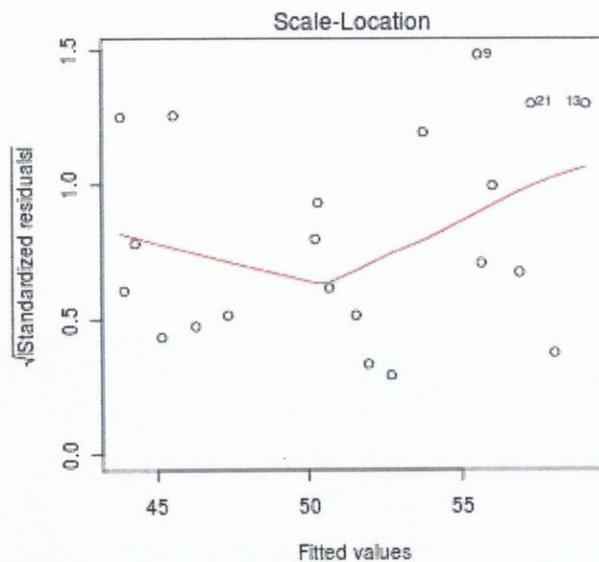
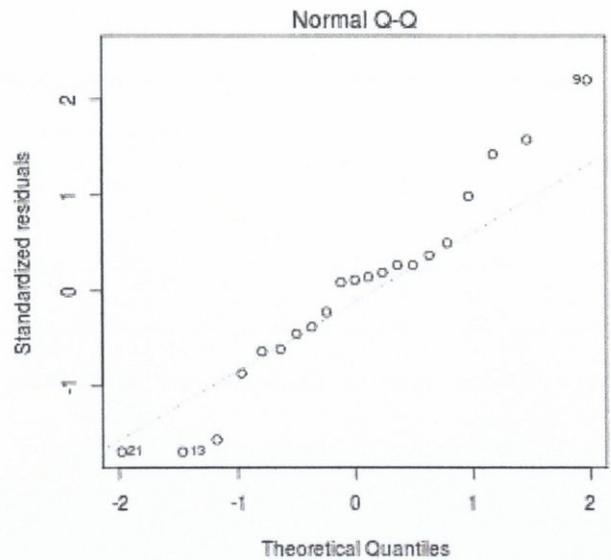
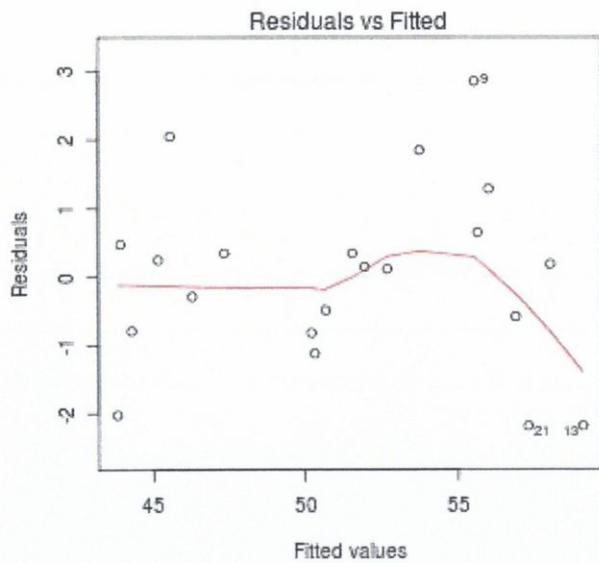
Response: PMG

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Lignée	2	482.80	241.399	82.2727	9.862e-08 ***
Modalité	6	30.96	5.161	1.7589	0.1907
Residuals	12	35.21	2.934		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

L'hypothèse « les effets des lignés sur le PMG sont tous nuls » est **rejetée** pour un taux d'erreur considéré comme nul. Il existe donc au moins une lignée qui a un effet non nul sur la faculté de



germination.

L'hypothèse « les effets des modalités sur le PMG sont tous nuls » est **conservée** si l'on se donne une taux d'erreur inférieur à 19%.

On note également que la lignée explique **87,9%** de la variabilité observée ( $482,80 \div (482,80 + 30,96 + 35,21)$ ) et la modalité n'en explique que **5,6%** ( $30,96 \div (482,80 + 30,96 + 35,21)$ ).

#### 1.2.IV QUALITE DE L'AJUSTEMENT ET VALIDATION DU MODELE

- Part de la variabilité expliquée par le modèle

$R^2$  = Part de la variabilité expliquée par le modèle, c'est à dire par les facteurs « modalité » et « lignée »

$$R^2 = (SCE_{Lignée} + SCE_{Modalité}) / SCE_{Totale} = \mathbf{93,6\%}$$

Le modèle explique bien la variabilité observée.

- Normalité de résidus :

✓ Méthode graphique :

Cf. droite de Henry (graphique en haut à droite).

L'ajustement des résidus à la droite de Henry est correct pour les valeurs médianes et moyen pour les quantiles inférieurs et supérieurs.

✓ Test de normalité de Shapiro-Wilk :

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9623, p-value = 0.5642

L'hypothèse de normalité des résidus est **rejetée** au seuil d'erreur de 5%.

• Validation du modèle :

Residual standard error: 1.713 on 12 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.9359, Adjusted R-squared: 0.8931

F-statistic: 21.89 on 8 and 12 DF, p-value: 4.936e-06

Malgré le fait que les résidus ne suivent pas une loi normale, le modèle est considéré comme **valide** compte tenu du fait qu'il représente bien la variabilité observée et que le p-value calculée est largement inférieure à 5%.

## 1.2.V COMPARAISON DES EFFETS MOYENS OBTENUS

Test de Tukey HSD (Honest Significant Differences), comparaison multiple des moyennes :

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	11.728571	9.285877	14.171265	0.0000001***
L3-L1	6.400000	3.957306	8.842694	0.0000401***
L3-L2	-5.328571	-7.771265	-2.885877	0.0002243***

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
APS-AP	1.2333333	-3.661618	6.128285	0.9687676
B-AP	1.6333333	-3.261618	6.528285	0.8934205
L-AP	0.3666667	-4.528285	5.261618	0.9999596
R-AP	-0.1000000	-4.994952	4.794952	1.0000000
S-AP	2.3666667	-2.528285	7.261618	0.6328680
T-AP	3.4333333	-1.461618	8.328285	0.2563678
B-APS	0.4000000	-4.494952	5.294952	0.9999328
L-APS	-0.8666667	-5.761618	4.028285	0.9947333

R-APS	-1.3333333	-6.228285	3.561618	0.9551891
S-APS	1.1333333	-3.761618	6.028285	0.9792006
T-APS	2.2000000	-2.694952	7.094952	0.7003376
L-B	-1.2666667	-6.161618	3.628285	0.9646071
R-B	-1.7333333	-6.628285	3.161618	0.8657565
S-B	0.7333333	-4.161618	5.628285	0.9978678
T-B	1.8000000	-3.094952	6.694952	0.8454949
R-L	-0.4666667	-5.361618	4.428285	0.9998353
S-L	2.0000000	-2.894952	6.894952	0.7771470
T-L	3.0666667	-1.828285	7.961618	0.3647566
S-R	2.4666667	-2.428285	7.361618	0.5919559
T-R	3.5333333	-1.361618	8.428285	0.2315287
T-S	1.0666667	-3.828285	5.961618	0.9845928

Au seuil d'erreur de 5%, **on ne peut pas conclure** quant à une différence significative d'effets des différentes modalités sur le PMG.

#### I.2.VI CONCLUSION

Comme pour la FG, le modèle a montré que la variabilité observée est principalement due à la lignée, la modalité ne représentant que 5,6% de cette variabilité. Le PMG observé est donc **avant tout déterminée par la génétique**.

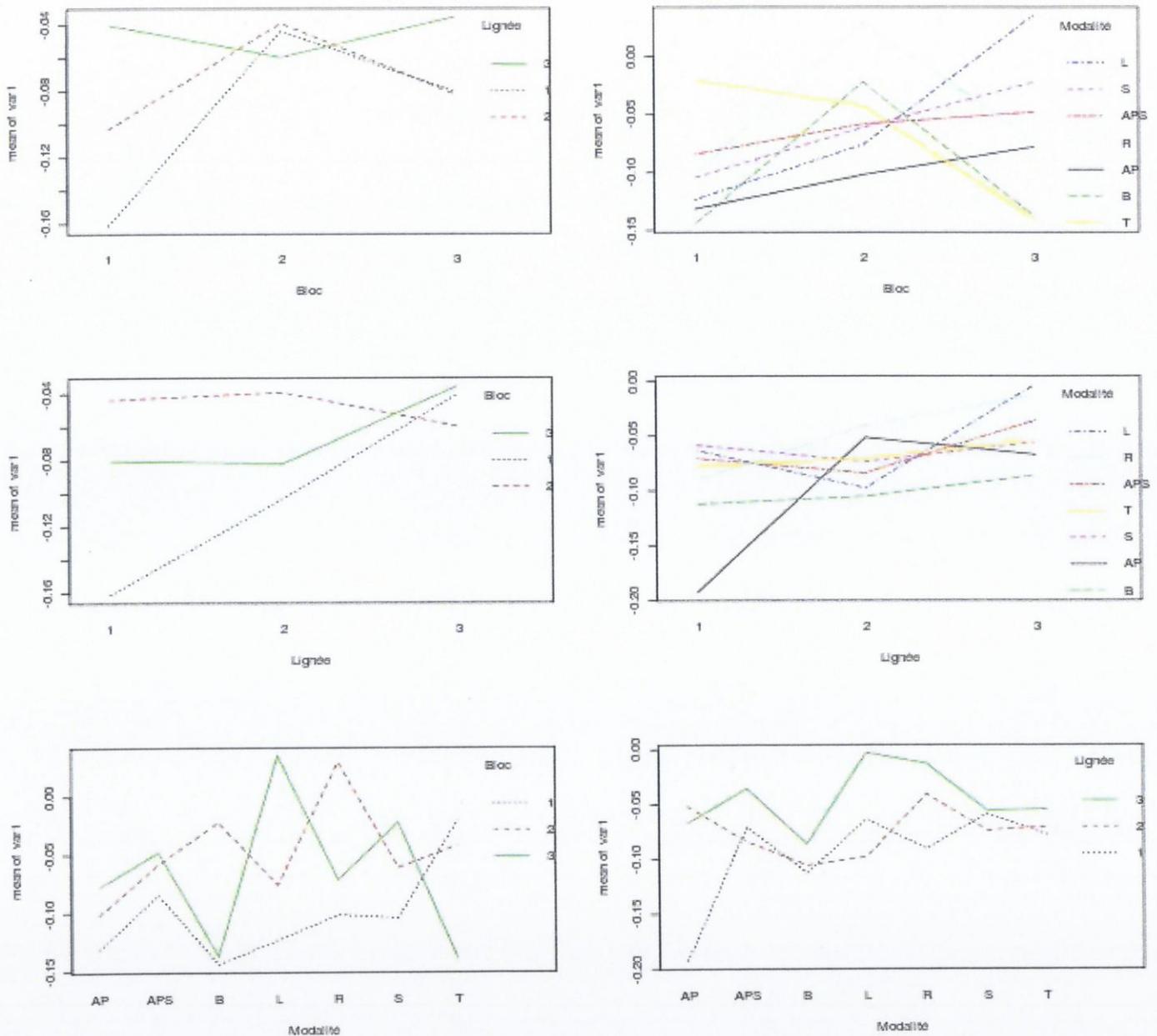
Le **test n'a pas montré que la modalité a un effet significatif sur le PMG**. Les comparaisons des moyennes des effets des modalités **n'ont pas révélé de différence entre les modalités**.

### I.3 ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE, DE LA MODALITE ET DU BLOC SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE TRAITEMENT ET 3 JOURS APRES TRAITEMENT

Une des contraintes à satisfaire pour le nouveau défoliant est d'avoir un effet significatif 3 jours après traitement. Le but de cette partie est de mettre en évidence les modalités qui ont un effet significatif au bout de 3 jours.

Pour cela, on note **var1** le taux de variation de la teneur en eau au moment du traitement et 3 jours plus tard ( $var1 = (P2 - P1) / P1$ ) et on teste si l'effet de la modalité sur **var1** est significatif.

### I.3.1 REPRÉSENTATION DES DONNÉES



Dans tous les graphes, les courbes se croisent, il semble donc y avoir de nombreuses interactions.

### I.3.II MODÈLE STATISTIQUE

- ANOVA à 3 facteurs (Bloc, Lignée et Modalité) sans répétition :

$$varl_{i,j,k,l} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \epsilon_{i,j,k,l}$$

Avec :

$$\epsilon_{i,j,k,l} \sim N(0, \sigma^2)$$

$l$  la microparcelle,  $\alpha_i$  : effet Bloc  $i$ ,  $\beta_j$  : effet Lignée  $j$  et  $\gamma_k$  : effet Modalité  $k$

$$\sum_i \alpha_i = 0, \sum_j \beta_j = 0 \text{ et } \sum_k \gamma_k = 0$$

- Hypothèses testées :
  - ✓ les effets des modalités sont tous nuls
  - ✓ les effets des lignés sont tous nuls
  - ✓ les effets des blocs sont tous nuls
- Estimation des coefficients :

Full coefficients are

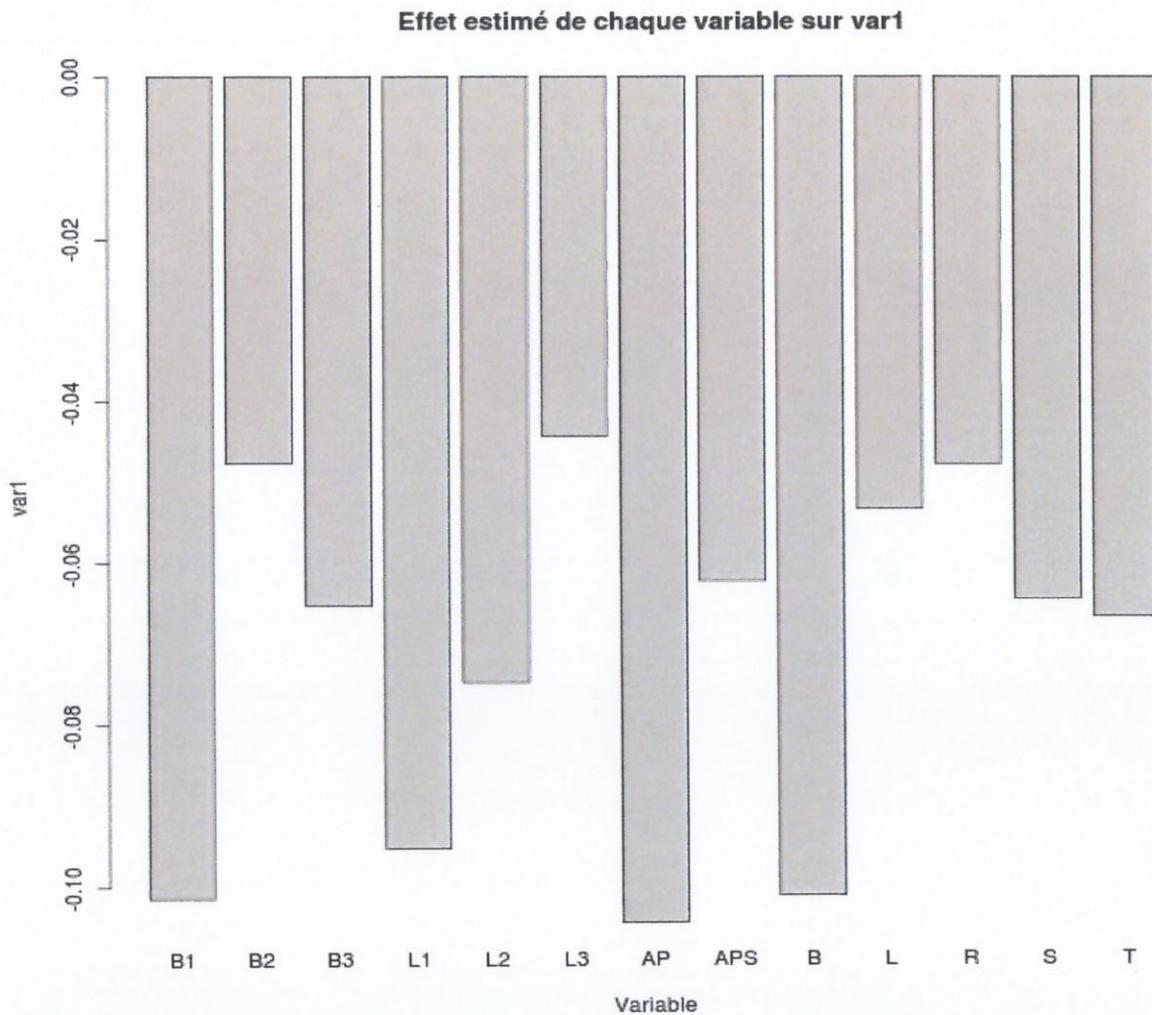
(Intercept): -0.07142857

Bloc:	B1	B2	B3
	-0.030000000	0.023809524	0.006190476

Lignée:	L1	L2	L3
	-0.023809524	-0.003333333	0.027142857

Modalité:	AP	APS	B	L
	-0.033015873	0.009206349	-0.029682540	0.018095238

Modalité:	R	S	T
	0.023650794	0.006984127	0.004761905



### I.3.III TEST STATISTIQUE

#### Analysis of Variance Table

Response: var1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloc	2	0.03161	0.0158048	2.3123	0.1091
Lignée	2	0.02761	0.0138048	2.0197	0.1430
Modalité	6	0.02713	0.0045212	0.6615	0.6809
Residuals	52	0.35543	0.0068351		

Les 3 hypothèses sont **conservées**.

### I.3.IV QUALITE DE L'AJUSTEMENT ET VALIDATION DU MODELE

- Part de la variabilité expliquée par le modèle

$R^2$  = Part de la variabilité expliquée par le modèle, c'est à dire par les facteurs « modalité » et « lignée »

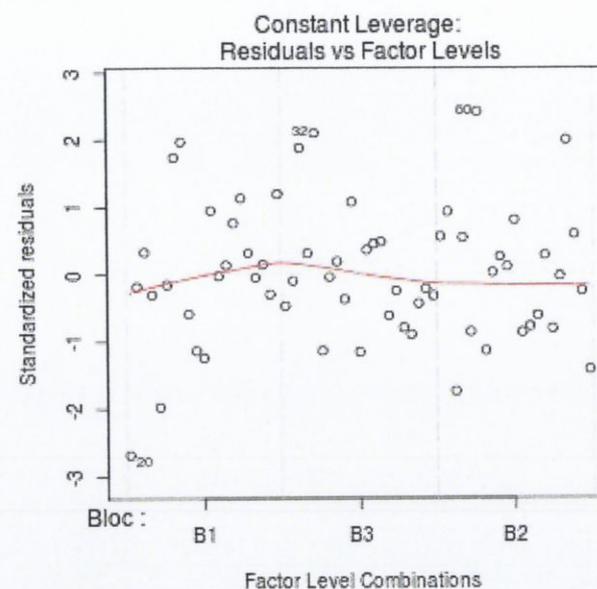
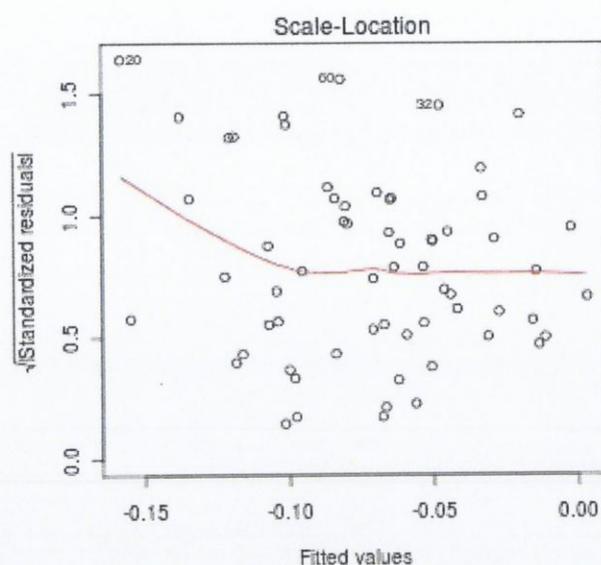
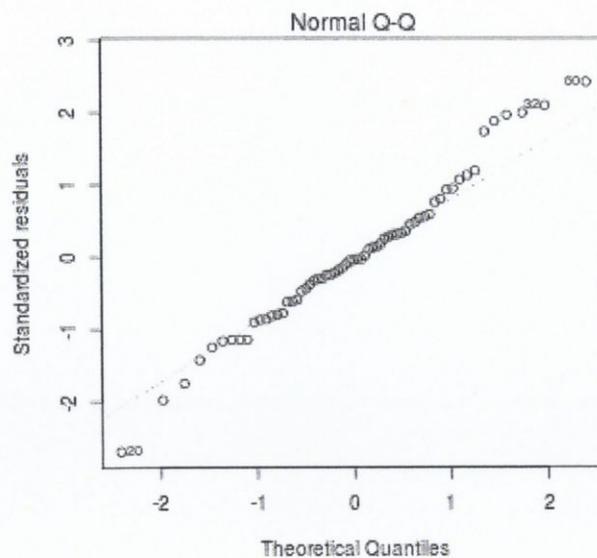
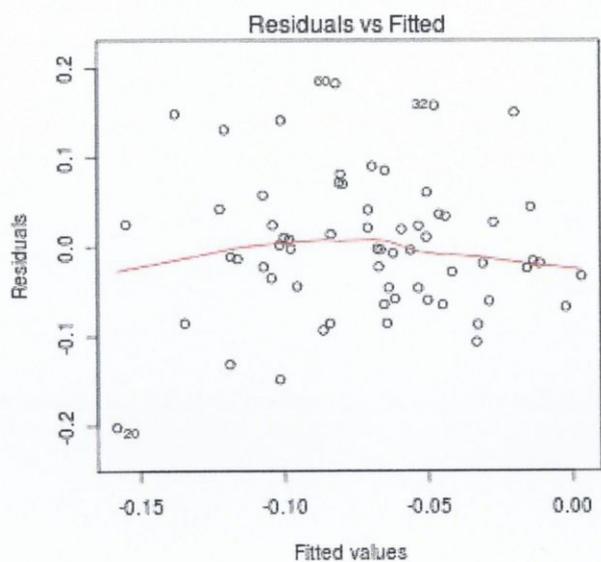
$$R^2 = (SCE_{\text{Bloc}} + SCE_{\text{Lignée}} + SCE_{\text{Modalité}}) / SCE_{\text{Totale}} = 19,6\%$$

Le modèle explique une faible part de la variabilité observée.

- Normalité de résidus :
  - ✓ Méthode graphique :

Cf. droite de Henry (graphique en haut à droite).

L'ajustement des résidus à la droite est moyen.



- ✓ Test de normalité de Shapiro-Wilk :  
Shapiro-Wilk normality test

$W = 0.9826$ ,  $p\text{-value} = 0.5157$

L'hypothèse de normalité des résidus est **rejetée** au seuil d'erreur de 5%.

- Validité du modèle :

Residual standard error: 0.08267 on 52 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1955, Adjusted R-squared: 0.04073

F-statistic: 1.263 on 10 and 52 DF, p-value: 0.2753

La p-value est largement supérieure à un risque d'erreur de 5 %. **Le modèle proposé ne peut pas être validé.**

### I.3.V COMPARAISON DES EFFETS MOYENS OBTENUS

Test de Tukey HSD (Honest Significant Differences), comparaison multiple des moyennes :

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

\$Bloc

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	0.05380952	-0.007745338	0.11536439	0.0978282.
B3-B1	0.03619048	-0.025364386	0.09774534	0.3389559
B3-B2	-0.01761905	-0.079173910	0.04393581	0.7700273

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	0.02047619	-0.04107867	0.08203105	0.7031292
L3-L1	0.05095238	-0.01060248	0.11250724	0.1230465
L3-L2	0.03047619	-0.03107867	0.09203105	0.4617658

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
APS-AP	0.042222222	-0.07729409	0.16173853	0.9302244
B-AP	0.003333333	-0.11618297	0.12284964	1.0000000
L-AP	0.051111111	-0.06840520	0.17062742	0.8435290
R-AP	0.056666667	-0.06284964	0.17618297	0.7698859
S-AP	0.040000000	-0.07951631	0.15951631	0.9455120
T-AP	0.037777778	-0.08173853	0.15729409	0.9583701
B-APS	-0.038888889	-0.15840520	0.08062742	0.9522360
L-APS	0.008888889	-0.11062742	0.12840520	0.9999871
R-APS	0.014444444	-0.10507186	0.13396075	0.9997757
S-APS	-0.002222222	-0.12173853	0.11729409	1.0000000
T-APS	-0.004444444	-0.12396075	0.11507186	0.9999998
L-B	0.047777778	-0.07173853	0.16729409	0.8808208

R-B 0.053333333 -0.06618297 0.17284964 0.8156784  
S-B 0.036666667 -0.08284964 0.15618297 0.9639354  
T-B 0.034444444 -0.08507186 0.15396075 0.9734571  
R-L 0.005555556 -0.11396075 0.12507186 0.9999992  
S-L -0.011111111 -0.13062742 0.10840520 0.9999516  
T-L -0.013333333 -0.13284964 0.10618297 0.9998592  
S-R -0.016666667 -0.13618297 0.10284964 0.9994874  
T-R -0.018888889 -0.13840520 0.10062742 0.9989528  
T-S -0.002222222 -0.12173853 0.11729409 1.0000000

Ce test montre que **les effets des modalités ne sont pas significativement différents.**

#### I.3.VI CONCLUSION

Le modèle choisi **ne s'adapte pas aux observations et ne permet pas de tirer de conclusions** quant à un effet des modalités.

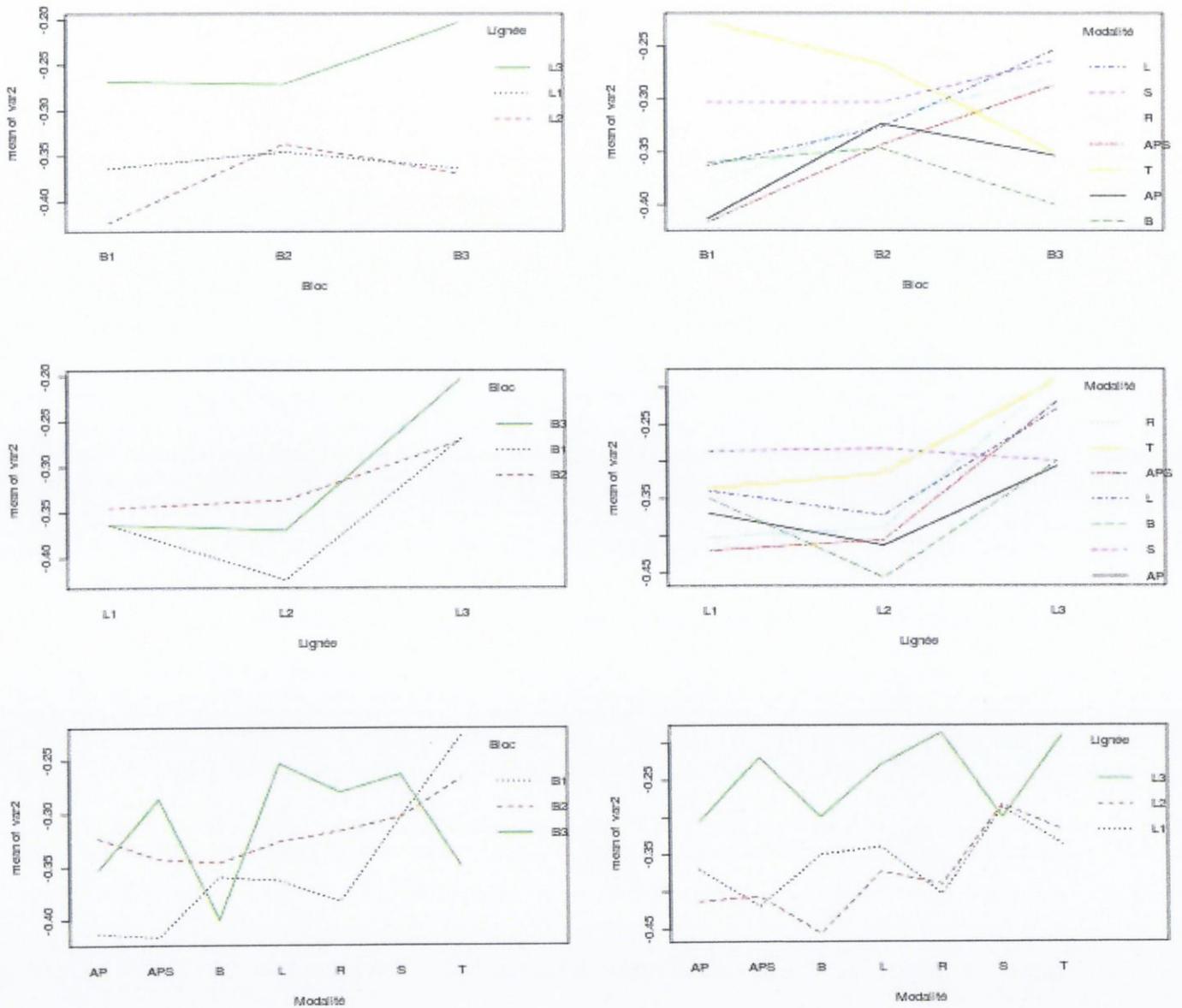
Peut être ce modèle ne s'applique pas car les conditions météorologiques ont un impact important sur les mesures de teneur en eau ?

#### I.4 ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE, DE LA MODALITE ET DU BLOC SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE TRAITEMENT ET 6 JOURS APRES TRAITEMENT

Le point précédent n'a pas pu mettre en évidence d'effet dessicant entre P1 et P2. Nous tentons alors de mettre en évidence les modalités qui ont un effet dessicant significatif entre la mesure P1 et P3.

Pour cela, on note **var2** le taux de variation de la teneur en eau au moment du traitement et 6 jours plus tard ( $var2=(P3-P1)/P1$ ) et on test si l'effet de la modalité sur var2 est significatif.

### 1.4.I REPRÉSENTATION DES DONNÉES



Au vue des données, il semble y avoir de nombreuses interactions : quasiment toutes les courbes se coupent.

### 1.4.II MODÈLE STATISTIQUE

- ANOVA à 3 facteurs (Bloc, Lignée et Modalité) sans répétition :

$$var2_{i,j,k,l} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{i,j,k,l}$$

Avec :

$$\epsilon_{i,j,k,l} \sim N(0, \sigma^2)$$

$l$  la microparcelle,  $\alpha_i$  : effet Bloc  $i$ ,  $\beta_j$  : effet Lignée  $j$  et  $\gamma_k$  : effet Modalité  $k$

$$\sum_i \alpha_i = 0, \sum_j \beta_j = 0 \text{ et } \sum_k \gamma_k = 0$$

- Hypothèses testées :
  - ✓ les effets des modalités sont tous nuls
  - ✓ les effets des lignés sont tous nuls
  - ✓ les effets des blocs sont tous nuls

- Estimation des coefficients :

Full coefficients are

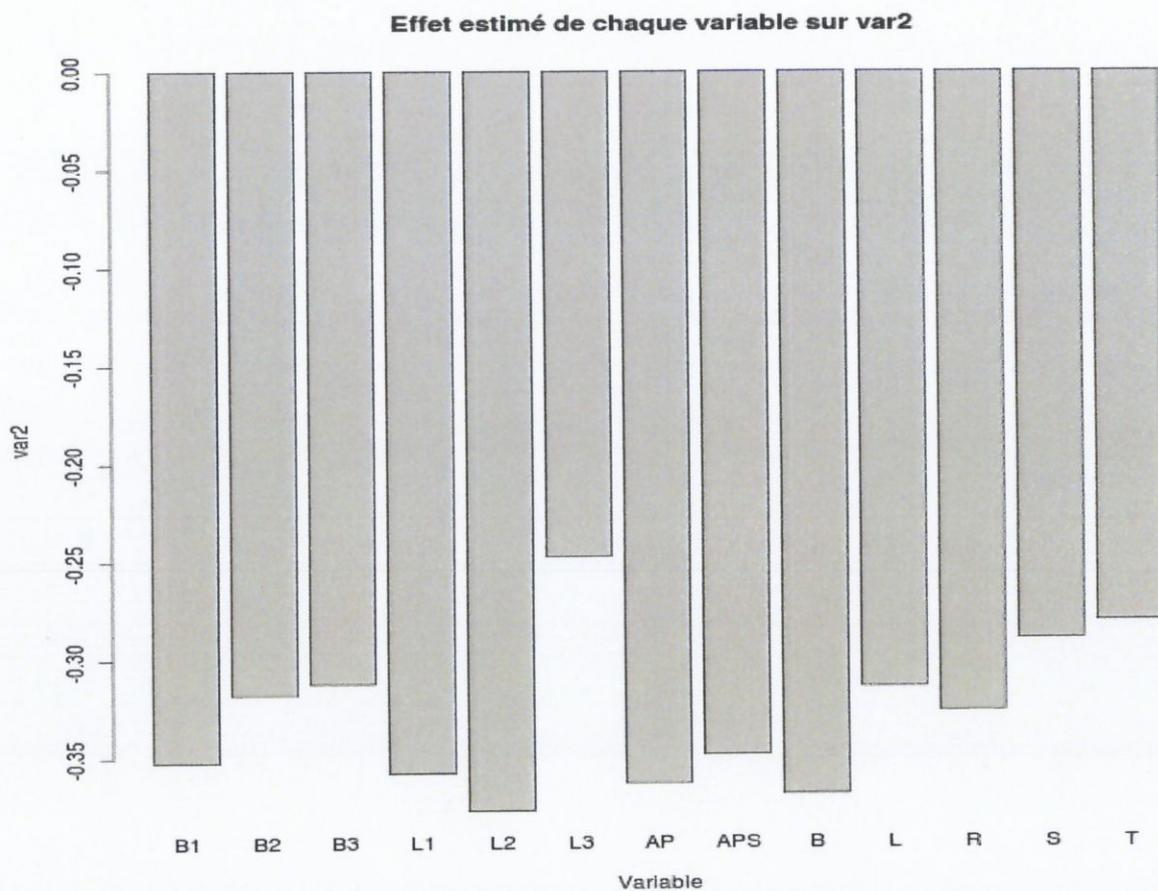
(Intercept): -0.3276190

Bloc:            B1        B2        B3  
                  -0.02476190 0.00952381 0.01523810

Lignée:        L1        L2        L3  
                  -0.03047619 -0.04952381 0.08000000

Modalité:        AP        APS        B        L  
                  -0.035714286 -0.021269841 -0.041269841 0.013174603

Modalité:        R        S        T  
                  0.000952381 0.037619048 0.046507937



#### I.4.III TEST STATISTIQUE

##### Analysis of Variance Table

Response: var2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloc	2	0.01966	0.009829	1.3281	0.2738
Lignée	2	0.20541	0.102705	13.8782	1.480e-05 ***
Modalité	6	0.06465	0.010776	1.4561	0.2117
Residuals	52	0.38482	0.007400		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

L'hypothèse « les effets des lignés sur var2 sont tous nuls » est **rejetée** pour un très faible taux d'erreur : 0,1%. Il existe donc au moins une lignée qui a un effet non nul sur la faculté de germination.

L'hypothèse « les effets des modalités sur var2 sont tous nuls » est **conservée** si l'on se donne une taux d'erreur inférieur à 21%.

L'hypothèse « les effets des blocs sur var2 sont tous nuls » est **conservée**.

On note également que la lignée explique **30,5%** de la variabilité observée ( $0,20541 \div (0,20541 + 0,01966 + 0,06465 + 0,38482)$ ), la modalité en explique **9,6%** ( $0,06465 \div (0,20541 + 0,01966 + 0,06465 + 0,38482)$ ) et le bloc **2,9%** ( $0,01966 \div (0,20541 + 0,01966 + 0,06465 + 0,38482)$ ).

#### I.4.IV QUALITE DE L'AJUSTEMENT ET VALIDATION DU MODELE

- Part de la variabilité expliquée par le modèle

$R^2$  = Part de la variabilité expliquée par le modèle, c'est à dire par les facteurs « modalité » et « lignée »

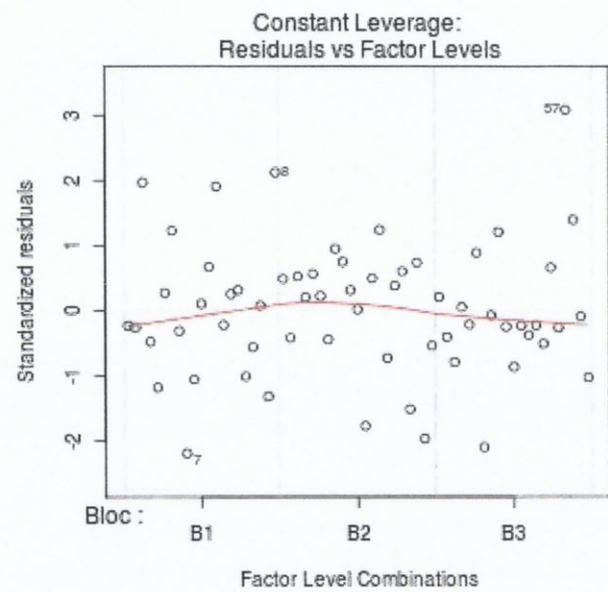
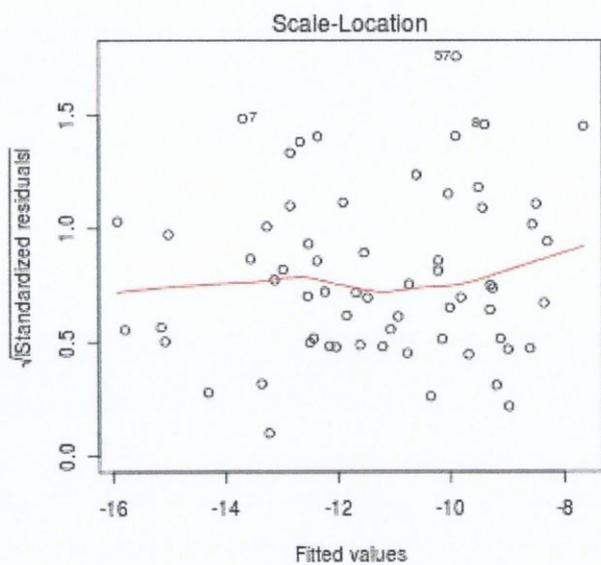
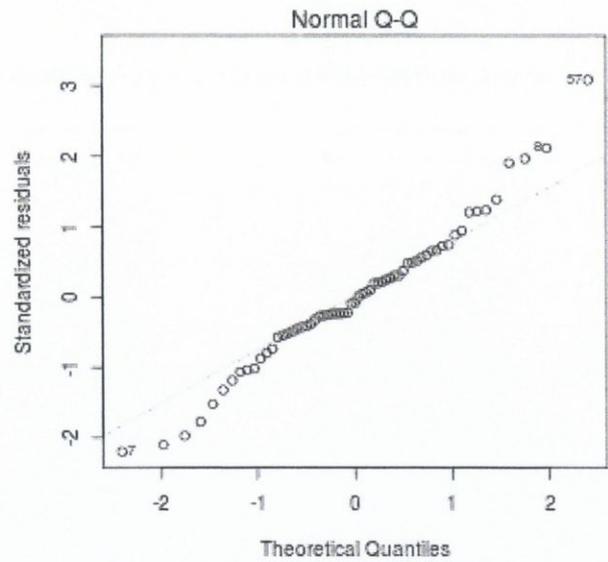
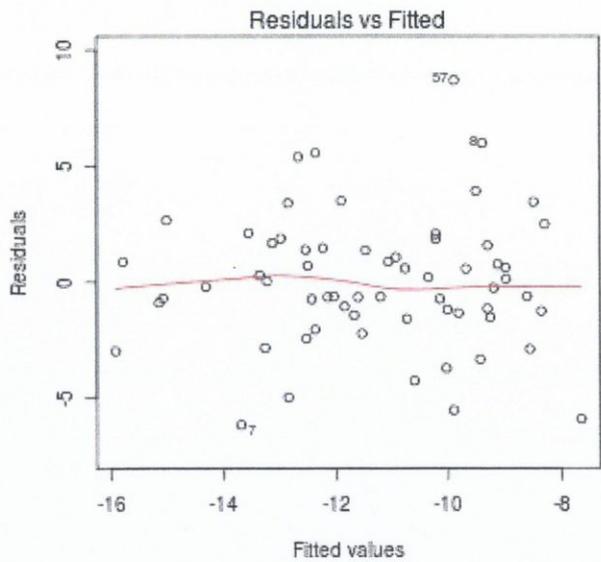
$$R^2 = (SCE_{Bloc} + SCE_{Lignée} + SCE_{Modalité}) / SCE_{Totale} = 43,0\%$$

Le modèle explique une part faible mais non négligeable de la variabilité observée.

- Normalité de résidus :
  - ✓ Méthode graphique :

Cf. droite de Henry (graphique en haut à droite).

L'ajustement des résidus à la droite est moyen.



✓ Test de normalité de Shapiro-Wilk:

Shapiro-Wilk normality test

$W = 0.989$ ,  $p\text{-value} = 0.8462$

L'hypothèse de normalité des résidus est **rejetée** au seuil d'erreur de 5% ce qui confirme le mauvais ajustement graphique des résidus.

- Validité du modèle :

Residual standard error: 0.08603 on 52 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4295, Adjusted R-squared: 0.3198

F-statistic: 3.915 on 10 and 52 DF,  $p\text{-value}: 0.0005263$

La p-value est largement inférieure à 5 %.

Malgré une non-normalité des résidus et un ajustement au modèle moyen, **le test valide le modèle proposé.**

I.4.V COMPARAISON DES EFFETS MOYENS OBTENUS

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

\$Bloc

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	0.034285714	-0.02976415	0.09833558	0.4063344
B3-B1	0.040000000	-0.02404986	0.10404986	0.2961496
B3-B2	0.005714286	-0.05833558	0.06976415	0.9747955

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	-0.01904762	-0.08309748	0.04500224	0.7543049
L3-L1	0.11047619	0.04642633	0.17452605	0.0003456***
L3-L2	0.12952381	0.06547395	0.19357367	0.0000309***

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
APS-AP	0.014444444	-0.10991621	0.1388051	0.9998220
B-AP	-0.005555556	-0.12991621	0.1188051	0.9999994
L-AP	0.048888889	-0.07547177	0.1732495	0.8888631
R-AP	0.036666667	-0.08769399	0.1610273	0.9702925
S-AP	0.073333333	-0.05102733	0.1976940	0.5486498
T-AP	0.082222222	-0.04213844	0.2065829	0.4104017
B-APS	-0.020000000	-0.14436066	0.1043607	0.9988441
L-APS	0.034444444	-0.08991621	0.1588051	0.9782412
R-APS	0.022222222	-0.10213844	0.1465829	0.9979099
S-APS	0.058888889	-0.06547177	0.1832495	0.7709176
T-APS	0.067777778	-0.05658288	0.1921384	0.6375899
L-B	0.054444444	-0.06991621	0.1788051	0.8286158
R-B	0.042222222	-0.08213844	0.1665829	0.9417780
S-B	0.078888889	-0.04547177	0.2032495	0.4608629
T-B	0.087777778	-0.03658288	0.2121384	0.3321239

R-L	-0.012222222	-0.13658288	0.1121384	0.9999330
S-L	0.024444444	-0.09991621	0.1488051	0.9964556
T-L	0.033333333	-0.09102733	0.1576940	0.9815720
S-R	0.036666667	-0.08769399	0.1610273	0.9702925
T-R	0.045555556	-0.07880510	0.1699162	0.9179921
T-S	0.008888889	-0.11547177	0.1332495	0.9999898

Ce test montre que **les effets des modalités ne sont pas significativement différents.**

#### I.4.VI CONCLUSION

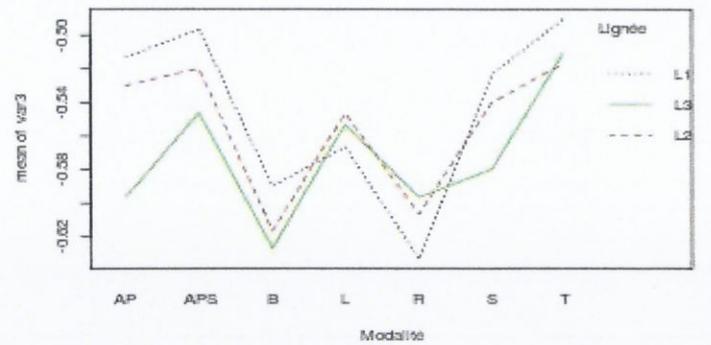
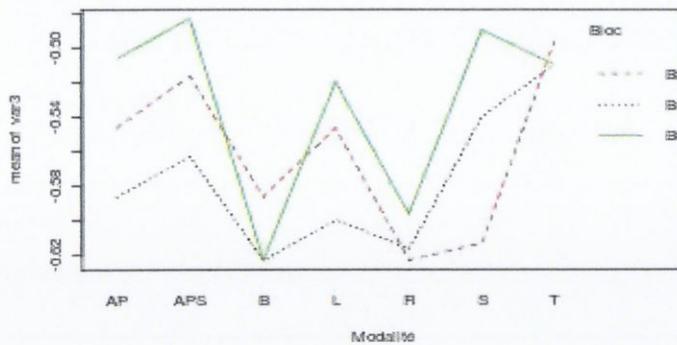
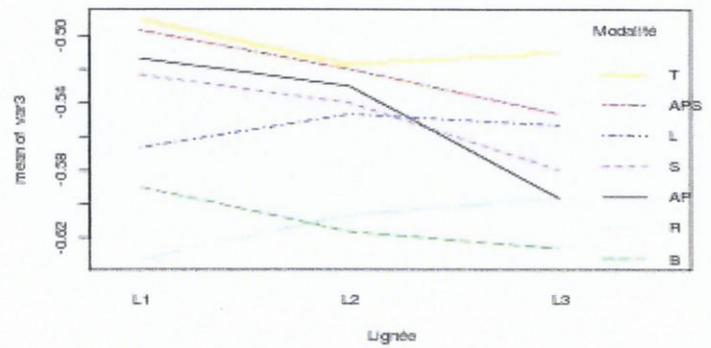
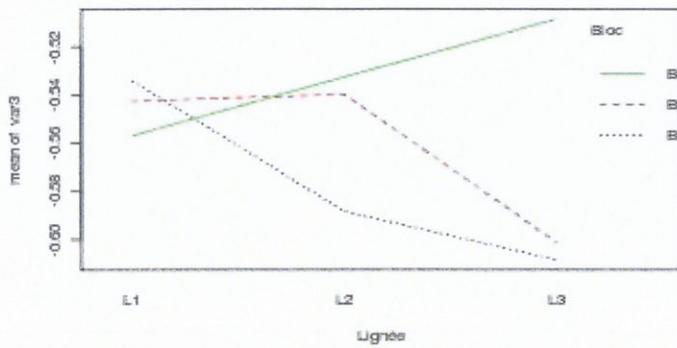
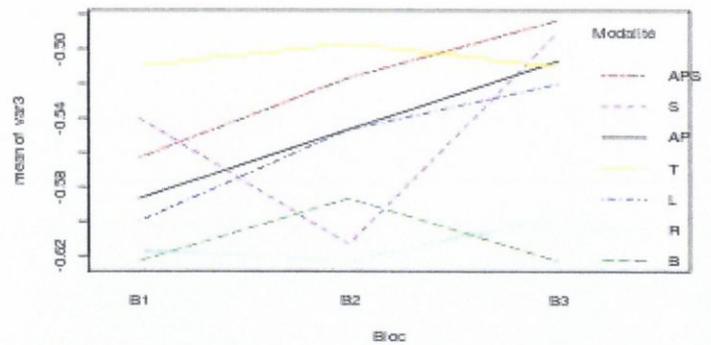
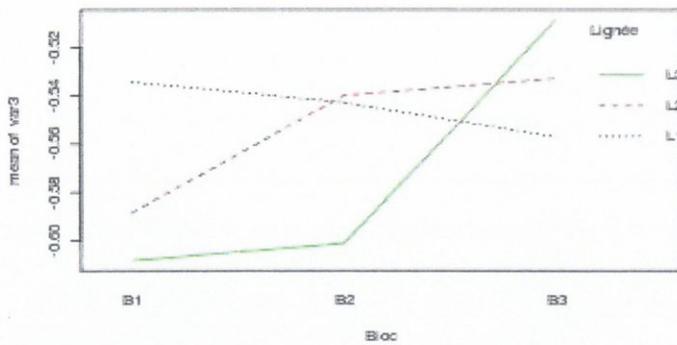
Le modèle est valide mais **ne permet pas de mettre en évidence des différences d'effets entre modalités.**

### I.5 ÉTUDE DE L'EFFET DE LA LIGNEE, DE LA MODALITE ET DU BLOC SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE TRAITEMENT ET 9 JOURS APRES TRAITEMENT

Le point précédent n'a pas pu mettre en évidence d'effet dessicant entre P1 et P3. Nous tentons alors de mettre en évidence les modalités qui ont un effet dessicant significatif entre la mesure P1 et P4.

Pour cela, on note **var3** le taux de variation de la teneur en eau au moment du traitement et 9 jours plus tard ( $D3=P4-P1$ )/P1) et on test si l'effet de la modalité sur var3 est significatif.

### 1.5.1 REPRÉSENTATION DES DONNÉES



Au vue des données, il semble avoir de nombreuses interactions.

### 1.5.II MODÈLE STATISTIQUE

- ANOVA à 3 facteurs (Bloc, Lignée et Modalité) sans répétition :

$$var3_{i,j,k,l} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{i,j,k,l}$$

Avec :

$$\epsilon_{i,j,k,l} \sim N(0, \sigma^2)$$

$l$  la microparcelle,  $\alpha_i$  : effet Bloc  $i$ ,  $\beta_j$  : effet Lignée  $j$  et  $\gamma_k$  : effet Modalité  $k$

$$\sum_i \alpha_i = 0, \sum_j \beta_j = 0 \text{ et } \sum_k \gamma_k = 0$$

- Hypothèses testées :
  - ✓ les effets des modalités sont tous nuls
  - ✓ les effets des lignés sont tous nuls
  - ✓ les effets des blocs sont tous nuls
- Estimation des coefficients :

Full coefficients are

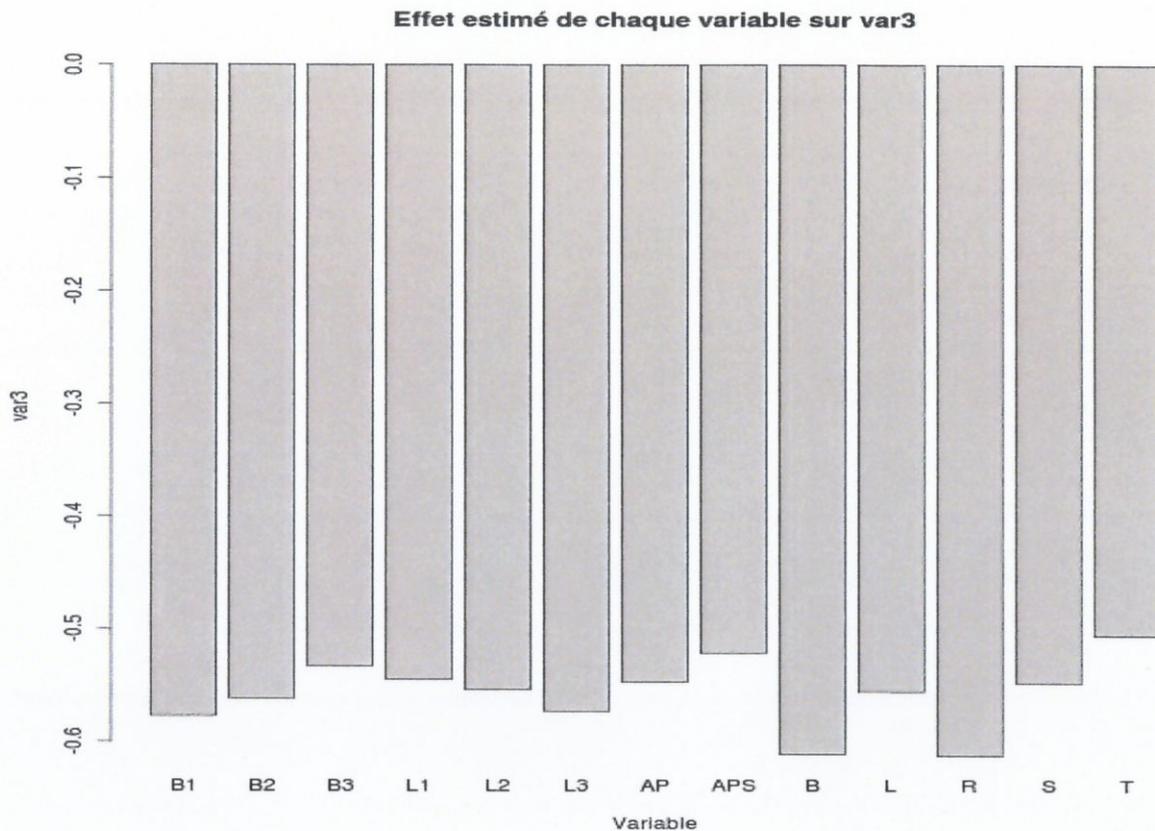
(Intercept): -0.5571429

Bloc:            B1        B2        B3  
                   -0.020000000 -0.004285714 0.024285714

Lignée:            L1        L2        L3  
                   0.012380952 0.003333333 -0.015714286

Modalité:            AP        APS        B        L  
                   0.010476190 0.036031746 -0.053968254 0.001587302

Modalité:            R        S        T  
                   -0.055079365 0.009365079 0.051587302



### I.5.III TEST STATISTIQUE

#### Analysis of Variance Table

Response: var3

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloc	2	0.021171	0.0105857	3.1869	0.0494779 *
Lignée	2	0.008638	0.0043190	1.3003	0.2811639
Modalité	6	0.090952	0.0151587	4.5637	0.0008651 ***
Residuals	52	0.172724	0.0033216		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

L'hypothèse « les effets des lignés sur var3 sont tous nuls » est **conservée**.

L'hypothèse « les effets des modalités sur var3 sont tous nuls » est **rejetée** pour un très faible taux d'erreurs : 0,1%.

L'hypothèse « les effets des blocs sur var3 sont tous nuls » est **rejetée** pour un taux d'erreurs de 5%.

On note également que la modalité explique **30,0%** de la variabilité observée  $(0,090952 \div (0,021171 + 0,008638 + 0,090952 + 0,172724))$ , le bloc en explique **7,2%**  $(0,021171 \div (0,021171 + 0,008638 + 0,090952 + 0,172724))$  et la lignée **2,9%**  $(0,008638 \div (0,021171 + 0,008638 + 0,090952 + 0,172724))$ .

#### I.5.IV QUALITE DE L'AJUSTEMENT ET VALIDATION DU MODELE

- Part de la variabilité expliquée par le modèle

$R^2$  = Part de la variabilité expliquée par le modèle, c'est à dire par les facteurs « modalité » et « lignée »

$$R^2 = (SCE_{Bloc} + SCE_{Lignée} + SCE_{Modalité}) / SCE_{Totale} = 41,2\%$$

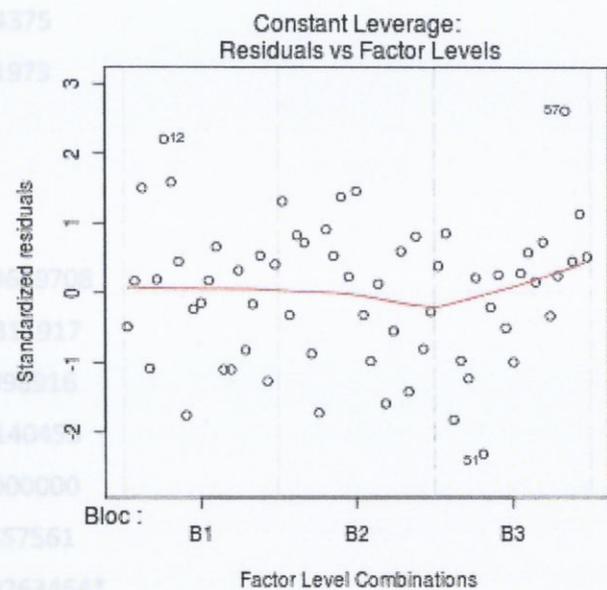
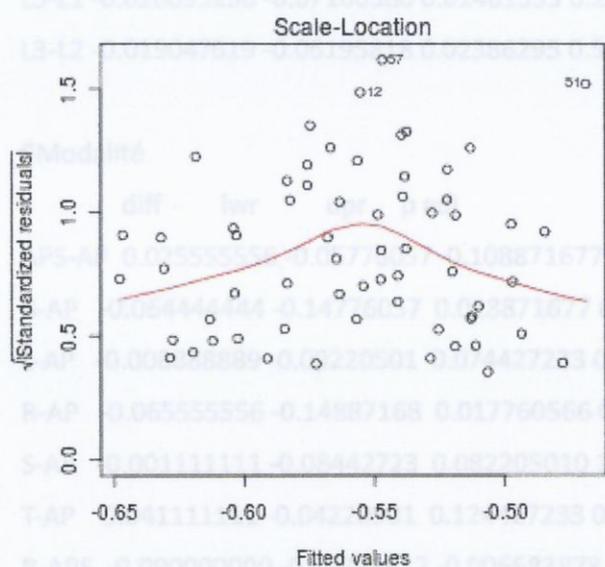
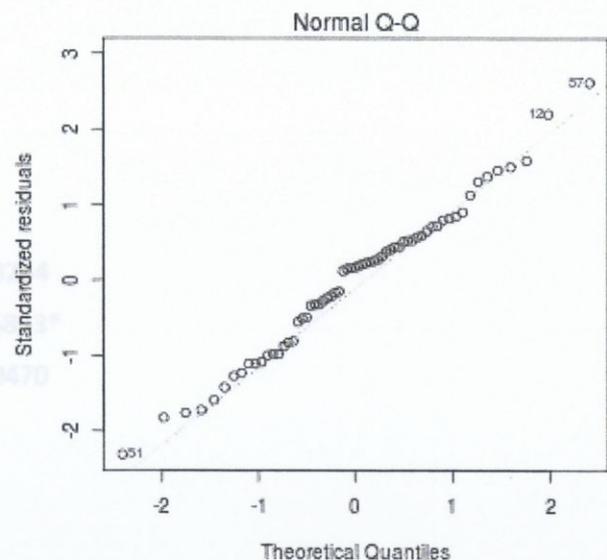
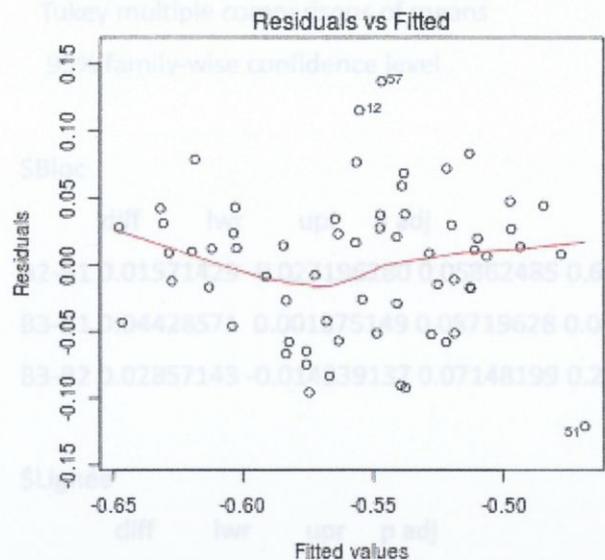
Le modèle rend compte d'une bonne partie de la variabilité observée.

- Normalité de résidus :

✓ Méthode graphique :

Cf. droite de Henry (graphique en haut à droite).

L'ajustement des résidus à la droite est mauvais.



✓ Test de normalité de Shapiro-Wilk:

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9874, p-value = 0.7671

L'hypothèse de normalité des résidus est **rejetée** au seuil d'erreur de 5% ce qui confirme le mauvais ajustement graphique des résidus.

• Validité du modèle :

Residual standard error: 0.05763 on 52 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4115, Adjusted R-squared: 0.2983

F-statistic: 3.636 on 10 and 52 DF, p-value: 0.001012

La p-value est inférieure à 5 %. **Le test valide le modèle proposé** et ce, malgré la non normalité des résidus.

T-R 0.106666667 0.02335055 0.189982788 0.0044919\*\*

T-S 0.042222222 -0.04109390 0.125538344 0.7112062

	AP	APS	B	L	R	S	T
AP							
APS			- *		- *		
B		+ *					+ **
L							
R		+ *					+ **
S							
T			- **		- **		

Tableau se lit en ligne : « + » => la modalité de la ligne donne une FG supérieure à la modalité de la colonne. Si case non renseigné, c'est qu'on ne peut pas conclure une différence significative

Le test de Tukey HSD montre que **les modalités R et B ont des effets dessiccants au bout de 9 jours significativement supérieurs à ceux des modalités T et APS.**

#### I.5.VI CONCLUSION

Le modèle est **valide**. Il met en évidence un **effet global des modalités**. En outre, le test de Tukey HSD montre que **les modalités R et B ont des effets dessiccants au bout de 9 jours significativement supérieurs à ceux des modalités T et APS.**