

COLZA SEMENCE : ESSAI DESSICCATION CHIMIQUE

2010-2011

ACTIONS SPECIFIQUES DU GNIS PROGRAMME 2010-2011

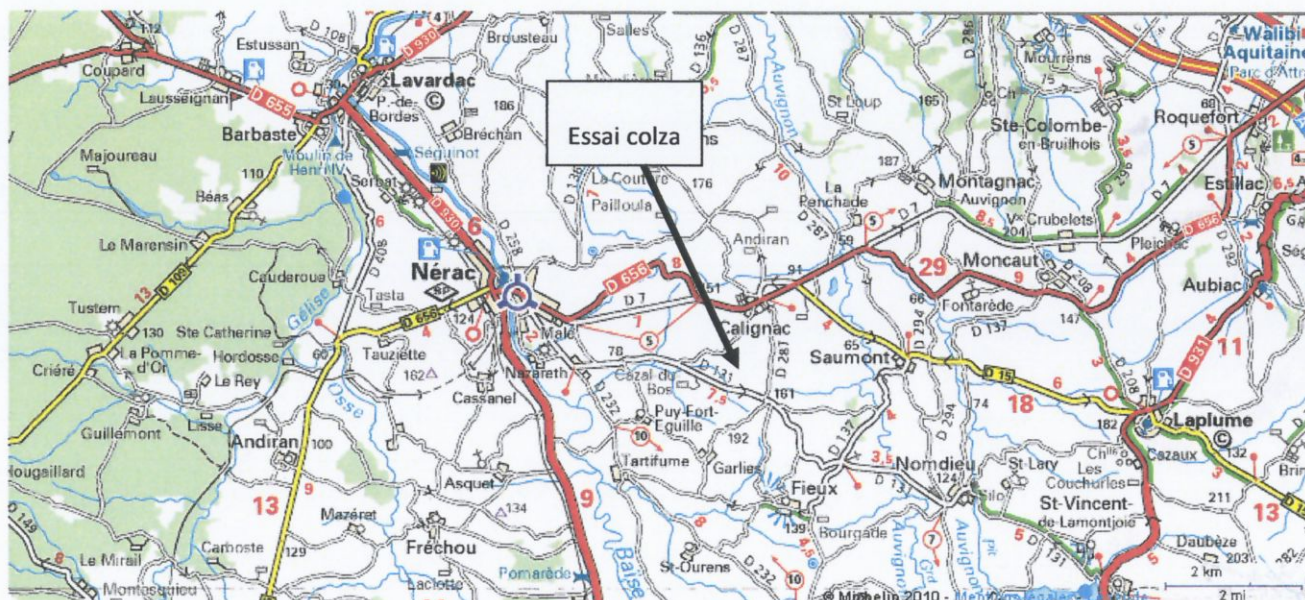
SOMMAIRE

I.2	Étude de l'effet du bloc, de la lignée et de la modalité sur le poids de 1000 grains PMG	23
1.2.1	Représentation des données	23
1.2.2	Modèle statistique	23
1.2.3	Test statistique	25
1.2.4	Qualité de l'ajustement et validation du modèle	25
1.2.5	Comparaison des effets moyens obtenus	25
I	PROBLEMATIQUE	4
II	OBJECTIF DE L'ETUDE	4
III	LOCALISATION	5
IV	PRODUITS TESTES	5
V	MODALITES	6
VI	DISPOSITIF EXPERIMENTAL	6
VII	MODALITES D'APPLICATION DES TRAITEMENTS	7
VIII	OBSERVATIONS ET MESURE EN COURS DE CULTURE	8
8.1	Descriptif de l'état végétatif	8
8.2	Suivi de la teneur en eau	9
8.3	Récolte	10
8.4	Poids Mille Grains	10
8.5	Faculté germinative	10
IX	résultats	10
9.1	Courbes de dessiccation	10
9.2	FACULTE GERMINATIVE	13
9.3	POIDS DE MILLE GRAINS	14
X	Discussion	15
1.4.4	Qualité de l'ajustement et validation du modèle	27
1.4.5	Comparaison des effets moyens obtenus	27
Annexe 1	Méthode de prélèvement	16
Annexe 2	Résultats bruts	17
Annexe 3	Analyse statistique	18
I.1	I.1 Étude de l'effet du bloc, de la lignée et de la modalité sur la faculté de germination FG	18
I.1.i	Représentation des données	18
I.1.ii	Modèle statistique	18
I.1.iii	Test statistique	20
I.1.iv	Qualité de l'ajustement et validation du modèle	20
I.1.v	Comparaison des effets moyens obtenus	22

III - LOCALISATION

Lors du comité de pilotage de mars 2010, il a été convenu, en partenariat avec les représentants des établissements semenciers de reconduire un essai dessiccant colza afin d'augmenter les références acquises en 2009 dans l'optique d'un éventuel dépôt de dossier d'homologation.

L'essai était situé sur la plateforme expérimentale de Syngenta à Nérac – 47600.



IV - PRODUITS TESTES

Le tableau suivant liste les matières actives testées seules ou en association.

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	Agyrdine
LI 144	Lécithine	50 %	Adjuvant	Agyrdine
VVH 86081	Acide pelargonique	83 %	Herbicide origine naturel non-sélectif	Vitivista

V – MODALITES

Afin de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus en 2009, il a été décidé de conserver le même programme expérimental auquel nous avons ajouté une nouvelle matière active : l'acide pelargonique. Ce produit est un herbicide naturel utilisé pour l'entretien des parcs, jardins et trottoirs.

La configuration de la plate-forme expérimentale mise à notre disposition n'a pas permis de multiplier les modalités.

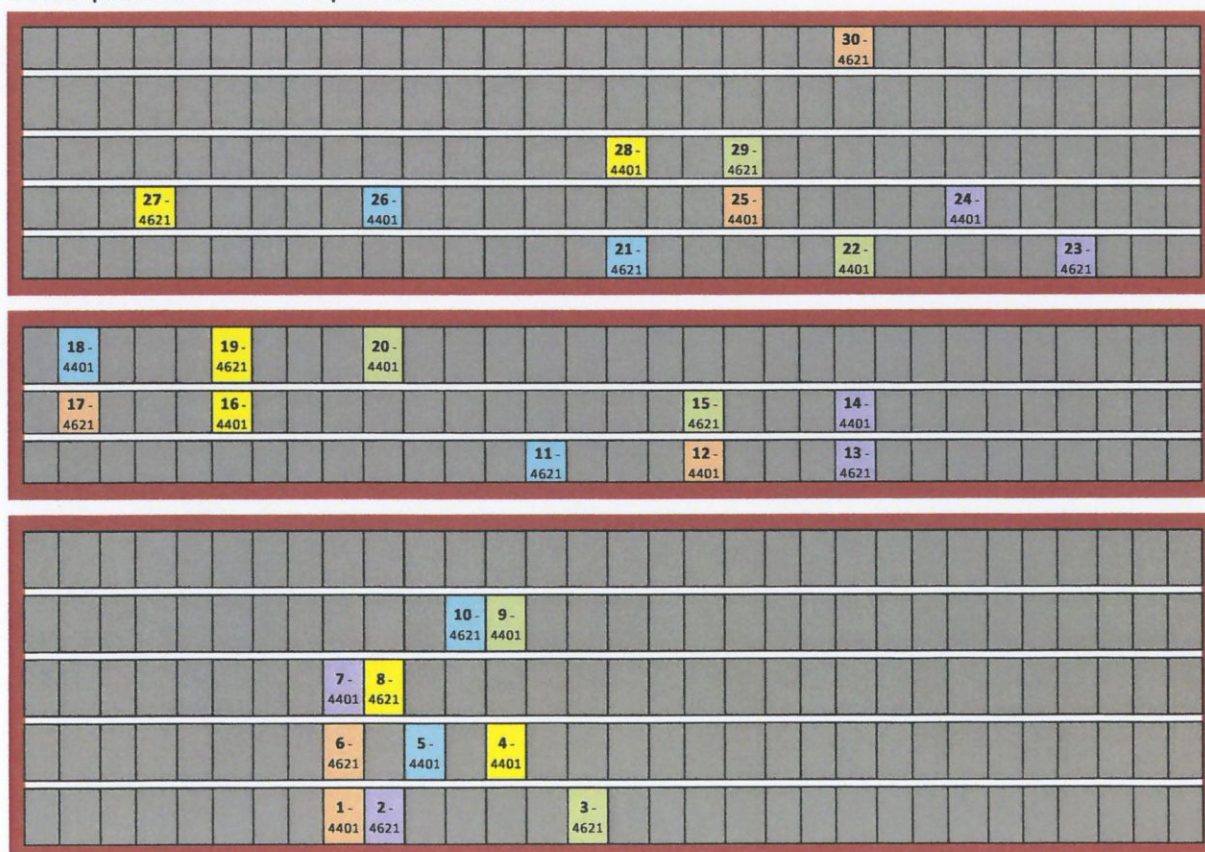
Les modalités comparées sont les suivantes :

- ❖ 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 12l/ha

VI - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La décision d'implanter un essai dessiccant colza ayant été prise en aval du semis, le dispositif expérimental a été adossé à 3 essais différents présents sur la plate-forme. Afin de ne pas introduire de biais, nous avons sélectionné des parcelles présentant toutes la même configuration (traitement, dose d'azote, etc).

L'essai présentait donc l'implantation suivante :



- Réglone 3l/ha
- Spotlight 1 l/ha + Basta 2,5 l/ha
- Spotlight 1 l/ha + Silwet 0,1 %
- Spotlight 1 l/ha + LI 144 0,1 %
- VVH 86081 12 l/ha

Dispositif factoriel à 3 blocs
 Nombre de lignées : 2
 Nombre de micro-parcelles : 30
 Taille de la micro-parcelle : 2,40x8 m soit 4 rangs (e=0,60 m)
 Densité de semis : 5 graines au mètre linéaire

VII - MODALITES D'APPLICATION DES TRAITEMENTS

Pour positionner le traitement, 3 ramifications par parcelle (100 siliques minimum) sont prélevées au niveau 3 sur 5 plantes consécutives (cf. Annexe 1). La méthode de prélèvement est celle approuvée par la SNES. Les rangs externes sont exclus des prélèvements afin de limiter les effets de bordures. Une fois les siliques égrenées, les graines sont mélangées et passées à l'humidimètre (le même à chaque mesure). Le traitement est réalisé lorsque l'humidité avoisine les 35 %.

Les traitements sont effectués par une entreprise extérieure agréée BPE (Prestagro) le 24 juin 2010.
 Les conditions de traitement sont les suivantes :

MATERIEL		
Matériel d'application	Rampe Pulvexper	
Pression	3	Bars
Type de buse	Teejet XRC 80015 VS	
Ecartement entre buses	33	Cm
Vitesse/débit = calibrage	46,89	Cc/s
Largeur pulv. / hauteur	198 / 33	Cm
Volume d'application	300	L/ha
APPLICATION		
Date	24/06/2010	
Humidité de l'air	33	%
Vitesse du vent	0	Km/h
Rosée	Non	
Température du sol	30,1	°C
Humidité du sol	Moyenne	
Couverture nuageuse	0	%

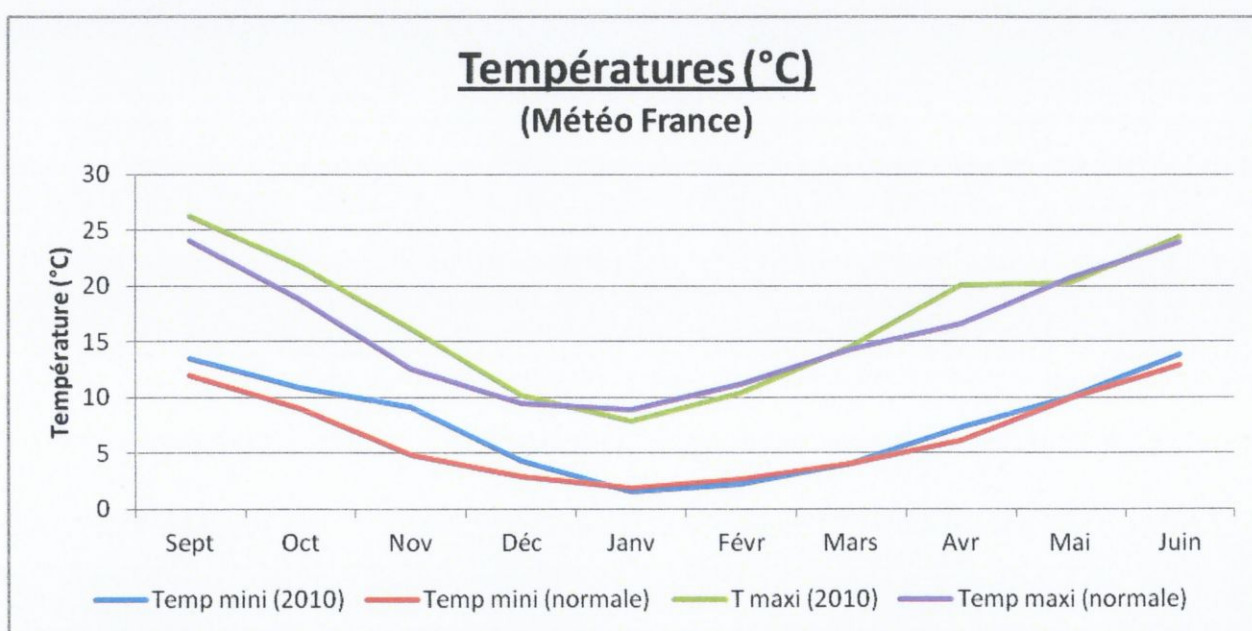
8.1 - DESCRIPTIF DE L'ETAT VEGETATIF

Les colzas étaient relativement bien fournis en siliques. Par contre, ces dernières n'avaient pas un fort remplissage.

L'état sanitaire était passable, la parcelle a subi une forte pression oïdium suite à un mauvais positionnement du traitement.

Quatre jours après le traitement, on pouvait observer 3 gradients de dessèchement des plantes :

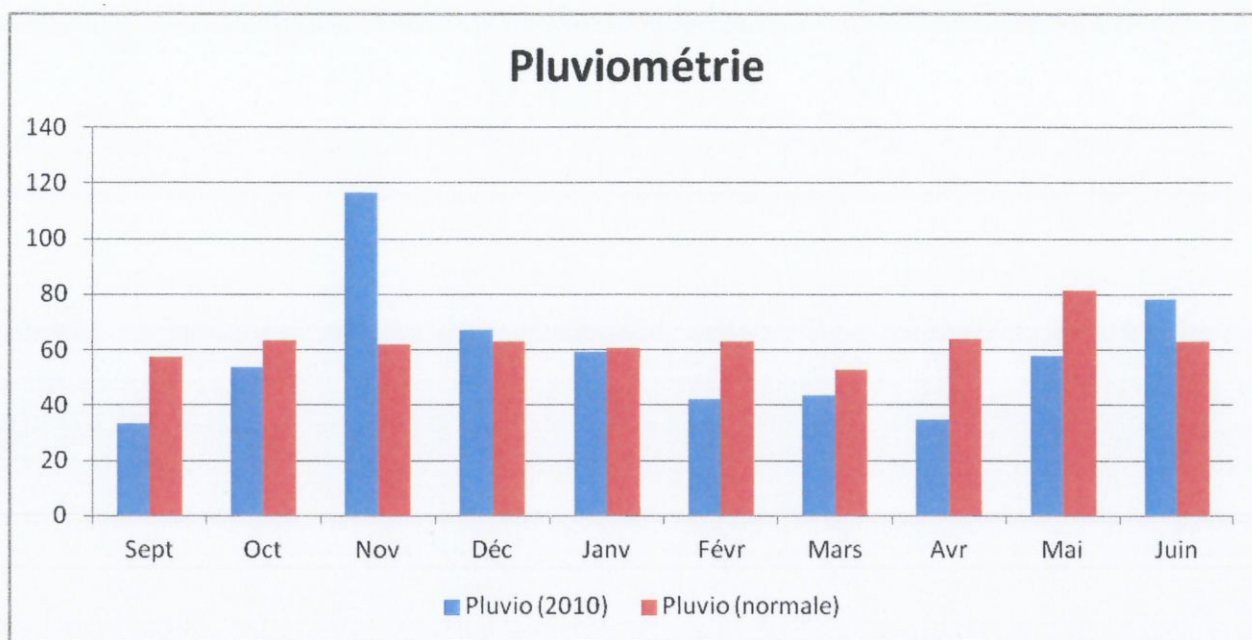
- Réglone et Spotlight+Basta
- Spotlight+LI 144 et Spotlight+Silwet
- VVH 86081



Les températures minimales sont sensiblement identiques à la normale avec des périodes plus douces de septembre à décembre et en fin de cycle (avril, mai, juin). Sur la période hivernale, il y a eu 37 jours avec des minimales inférieures à 0 °C (-5,63 °C au plus bas).

Pour les températures maximales, on observe la même tendance (de 1 à 4 °C en plus selon les mois).

Sur le cycle de la plante, les températures moyennes sont supérieures à la normale sauf pour les mois de janvier et février.



Hormis les mois de décembre, janvier et juin, on observe une pluviométrie plus faible de 9 à 29 mm selon les mois comparée à la normale. Cependant, avec un mois de novembre très pluvieux, le cumul des précipitations est sensiblement identique à la normale.

8.2 - SUIVI DE LA TENEUR EN EAU

N'ayant rencontré aucune difficulté pour les prélèvements et leur acheminement vers le laboratoire avec la méthode utilisée en 2009, nous avons décidé de conserver le même mode opératoire pour l'expérimentation de 2010.

La méthode de prélèvement est la même que celle utilisée pour le suivi de l'humidité pour positionner le traitement (cf. § VII).

Une fois les plantes prélevées, les siliques sont détachées, ensachées et entreposées dans une glacière puis envoyées chez LABOSEM par transporteur.

LABOSEM a réalisé l'écoassage manuel des siliques et les mesures de teneur en eau (17 h à 103°C sans broyage en étuves Heraeus sur graines entières) selon une technique mise au point l'année précédente.

Quatre mesures ont été faites aux dates suivantes :

- J = 24/06/10
- J + 4 = 28/06/10
- J + 6 = 30/06/10
- J + 14 = 08/07/10

Le premier prélèvement devait être acheminé par Chronopost chez LABOSEM. Malheureusement, le colis a été égaré ; malgré de nombreuses relances, Chronopost a finalement pris la peine de rechercher le colis 1 semaine après l'envoi. Le premier prélèvement n'a donc pu être analysé.

De ce fait, nous n'avons pas la teneur en eau au moment du traitement.

Afin de ne pas subir un autre incident de ce type, nous avons fait appel à un transporteur basé à Agen.

Le délai entre le 3^{ème} et le 4^{ème} prélèvement a été allongé suite à un épisode orageux.

8.3 - RECOLTE

La récolte s'est faite le 08/07/2010 avec la moissonneuse-batteuse de Syngenta.

8.4 - POIDS MILLE GRAINS

Le comptage a été réalisé par LABOSEM de la manière suivante (mode opératoire identique à 2009) : méthode compteur à grain sur un effectif de 2500 graines environ. Lorsque la taille de l'échantillon est insuffisante, le comptage au compteur est effectué sur le nombre de semences pures disponibles.

8.5 - FACULTE GERMINATIVE

Comme l'année précédente, l'analyse a été confiée à LABOSEM. La méthode utilisée 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

IX – RESULTATS

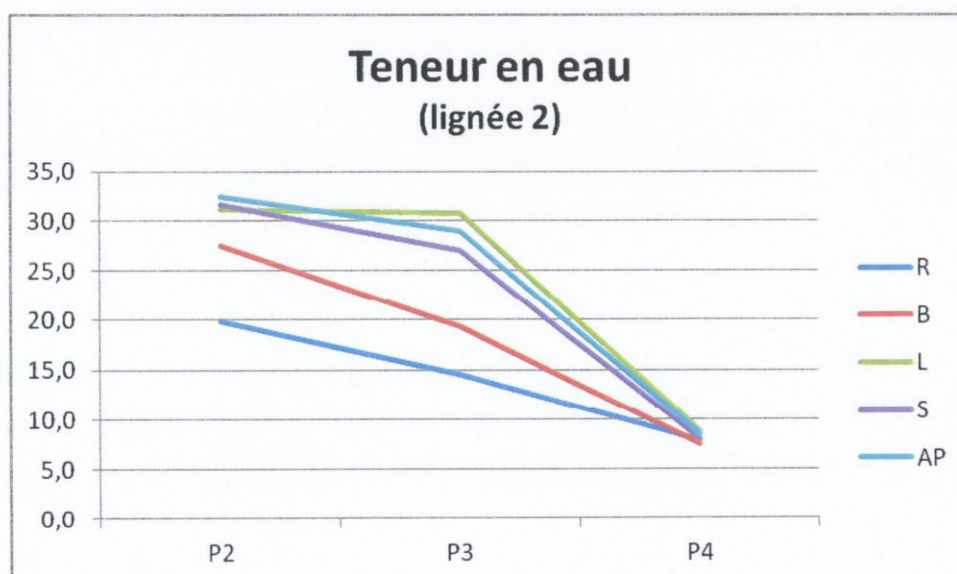
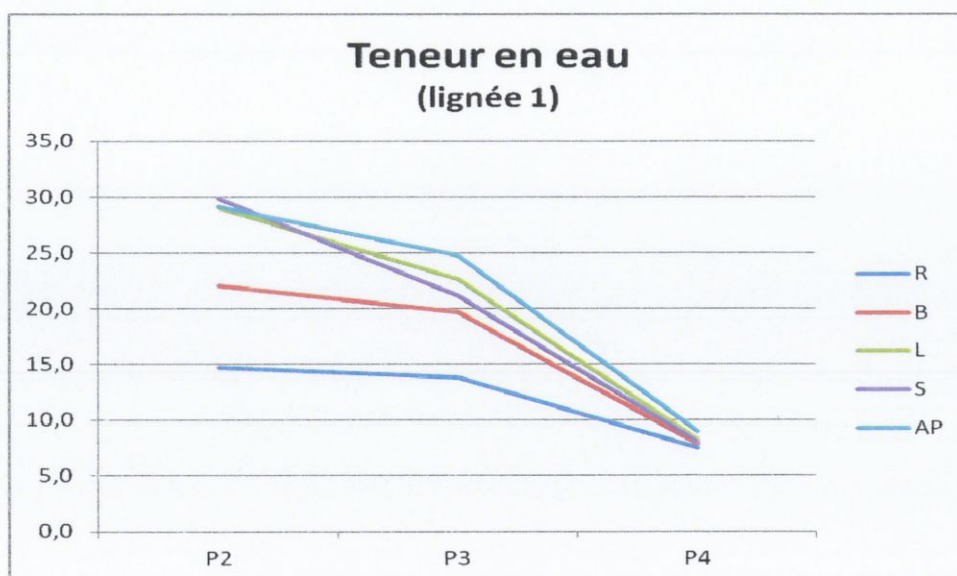
Vous trouverez en Annexe 2 tous les résultats bruts (Teneur en eau, Faculté Germinative, Poids Mille Grains). Pour ces trois variables, nous avons confié la réalisation de l'analyse statistique à la Junior Entreprise de Montpellier SupAgro.

9.1 COURBES DE DESSICCATION

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

- 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

Les graphiques suivants indiquent la teneur en eau moyenne pour chaque modalité.



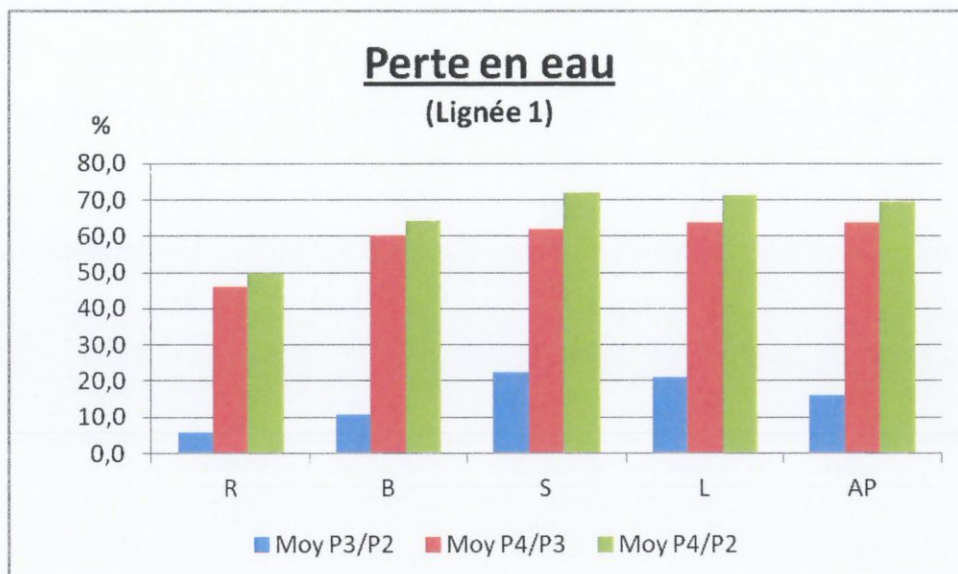
Dans un 1^{er} temps, il est à noter que la teneur en eau de la modalité Réglone est déjà basse lors du 2^{ème} prélèvement. Quatre jours se sont écoulés entre le 1^{er} et le 2^{ème}, prélèvement, l'action du Réglone est donc beaucoup plus rapide que les autres modalités.

La perte en eau la plus importante s'est faite entre le 3^{ème} et le 4^{ème} prélèvement soit plus de 6 jours après le traitement.

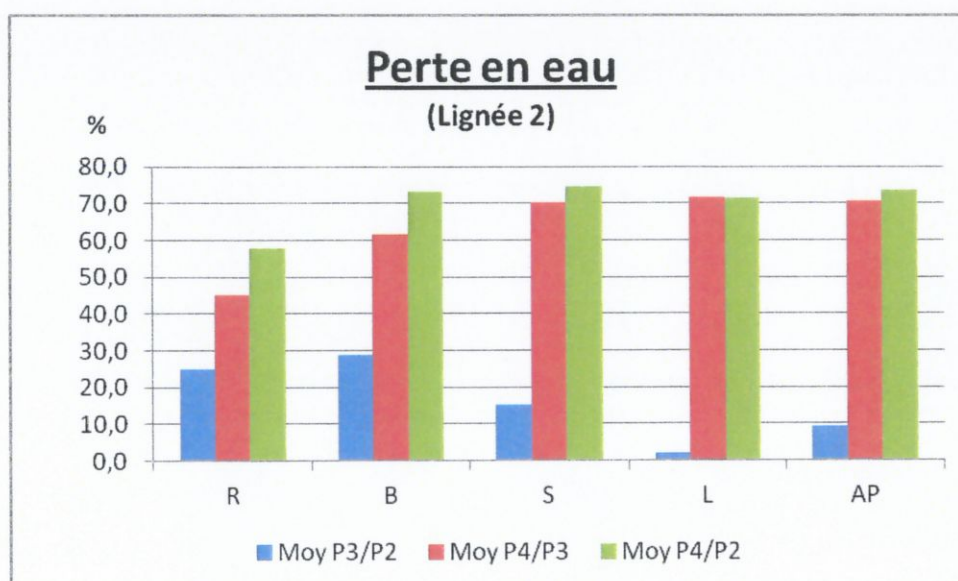
Les modalités Réglone et Spotlight+Basta ont une action plus rapide. L'acide pelargonique, testé pour la 1^{ère} fois, se comporte de la même manière que le Spotlight couplé aux adjuvants.

Au final, les teneurs en eau sont identiques pour toutes les modalités.

Les graphiques suivants représentent le pourcentage de perte en eau entre les différents prélèvements.



Pour la lignée 1, ce sont les modalités Spotlight associé aux adjuvants ainsi que l'acide pelargonique qui ont perdu le plus d'eau et ce, pour toutes les comparaisons effectuées entre les divers prélèvements. Cela montre bien l'action dessiccante plus rapide de Réglone et de Spotlight+Basta.

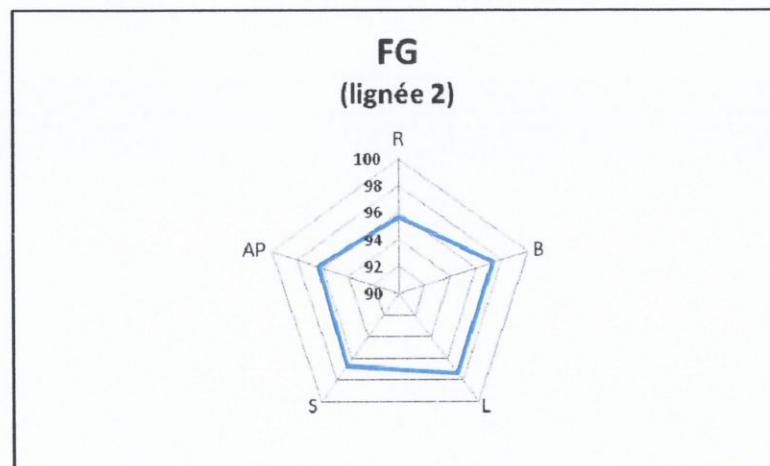
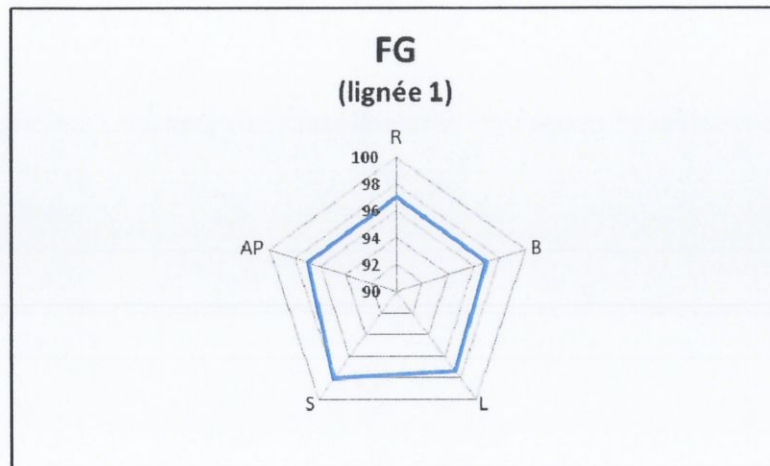


Du côté de la lignée 2, l'action dessiccante a été moins rapide. En effet, pour les modalités Réglone et Spotlight+Basta, la perte en eau entre le 2^{ème} et le 3^{ème} prélèvement est plus forte que la lignée 1. Les autres modalités ont agi plus de 6 jours après le traitement.

De l'analyse statistique (cf. Annexe 3), il ressort qu'entre le 2^{ème} et le 4^{ème} prélèvement, le modèle est valide et qu'il met en évidence un fort effet « modalité », « lignée » et « bloc ».

9.2 FACULTE GERMINATIVE

Ci-dessous, vous trouverez les valeurs moyennes de faculté germinative pour chaque lignée et chaque modalité.

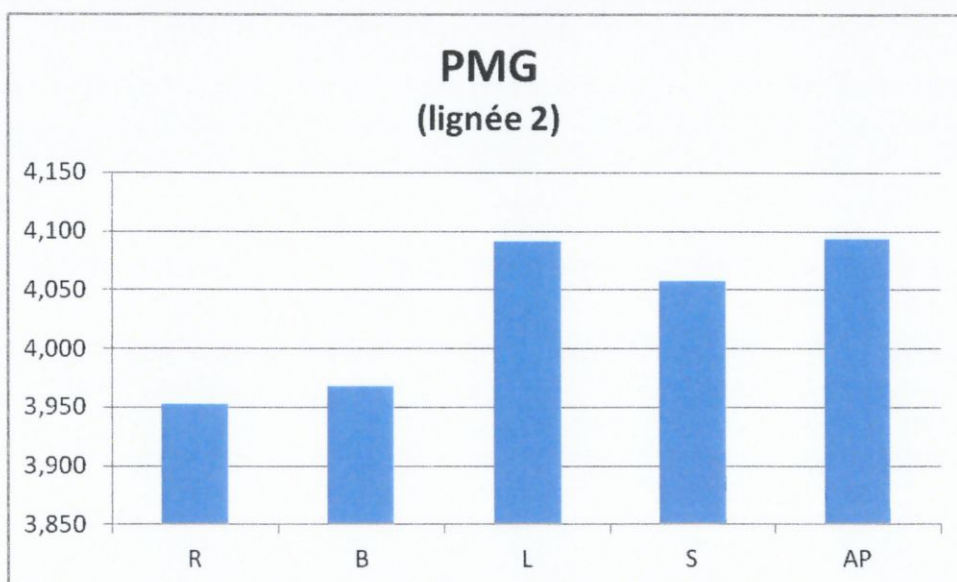
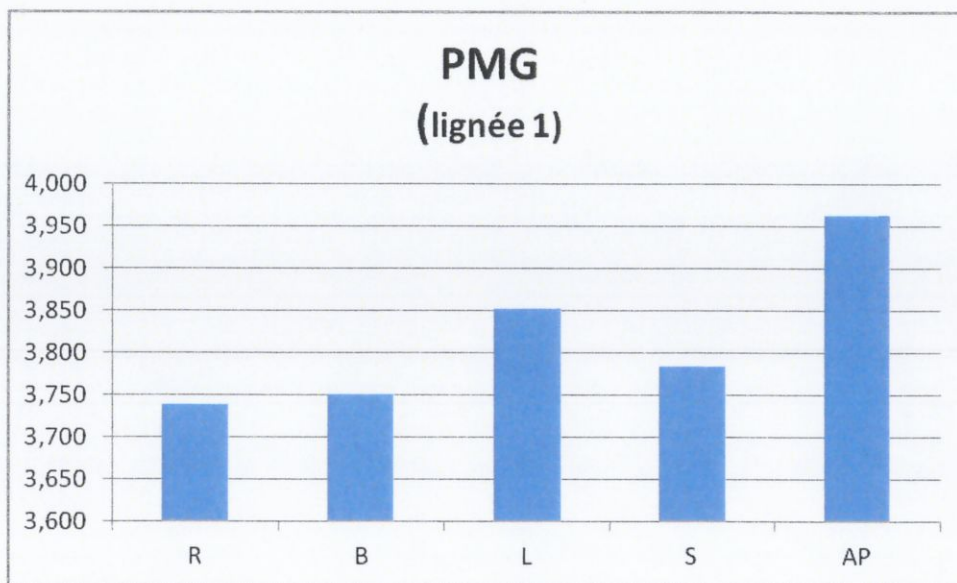


Globalement, la faculté germinative est correcte puisque le taux oscille entre 97,6 et 98 % pour la lignée 1 et entre 95,6 et 97,3 % pour la lignée 2 (N. B. : taux minimum pour la certification = 85 %).

Les résultats obtenus ne permettent pas de tirer de conclusions quant à un effet des modalités.

9.3 POIDS DE MILLE GRAINS

Les histogrammes suivants représentent le Poids de Mille Grains moyen détaillé par lignée puis par modalité.



Globalement, le PMG est peu élevé. La forte attaque d'oïdium en fin de cycle a influé sur cette composante de rendement.

Il ressort de l'analyse statistique que l'effet des modalités est peu important a contrario des effets blocs et lignées.

X - DISCUSSION

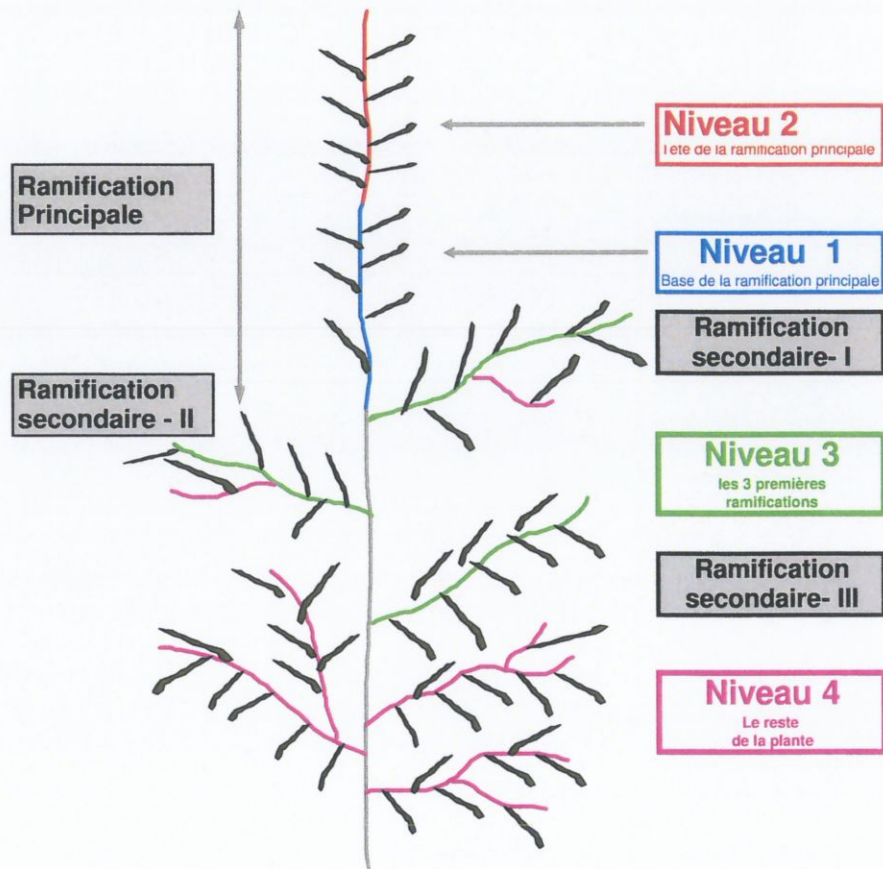
Suite à la pression oïdium en fin de cycle, un biais est constaté dans l'expression des résultats. De plus, l'absence de teneur en eau au moment du traitement ne nous permet pas de comparer significativement les modalités entre elles.

Cependant, l'analyse statistique conforte l'effet modalité. Visuellement, ce sont les modalités Réglone et Spotlight+Basta qui ont eu un effet de dessèchement le plus rapide.

Il est également important de souligner le fort impact du dispositif expérimental car l'analyse statistique fait également ressortir un effet bloc important.

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.

CODIFICATION DE L'ARCHITECTURE D'UNE PLANTE DE COLZA



Source SNES Angers

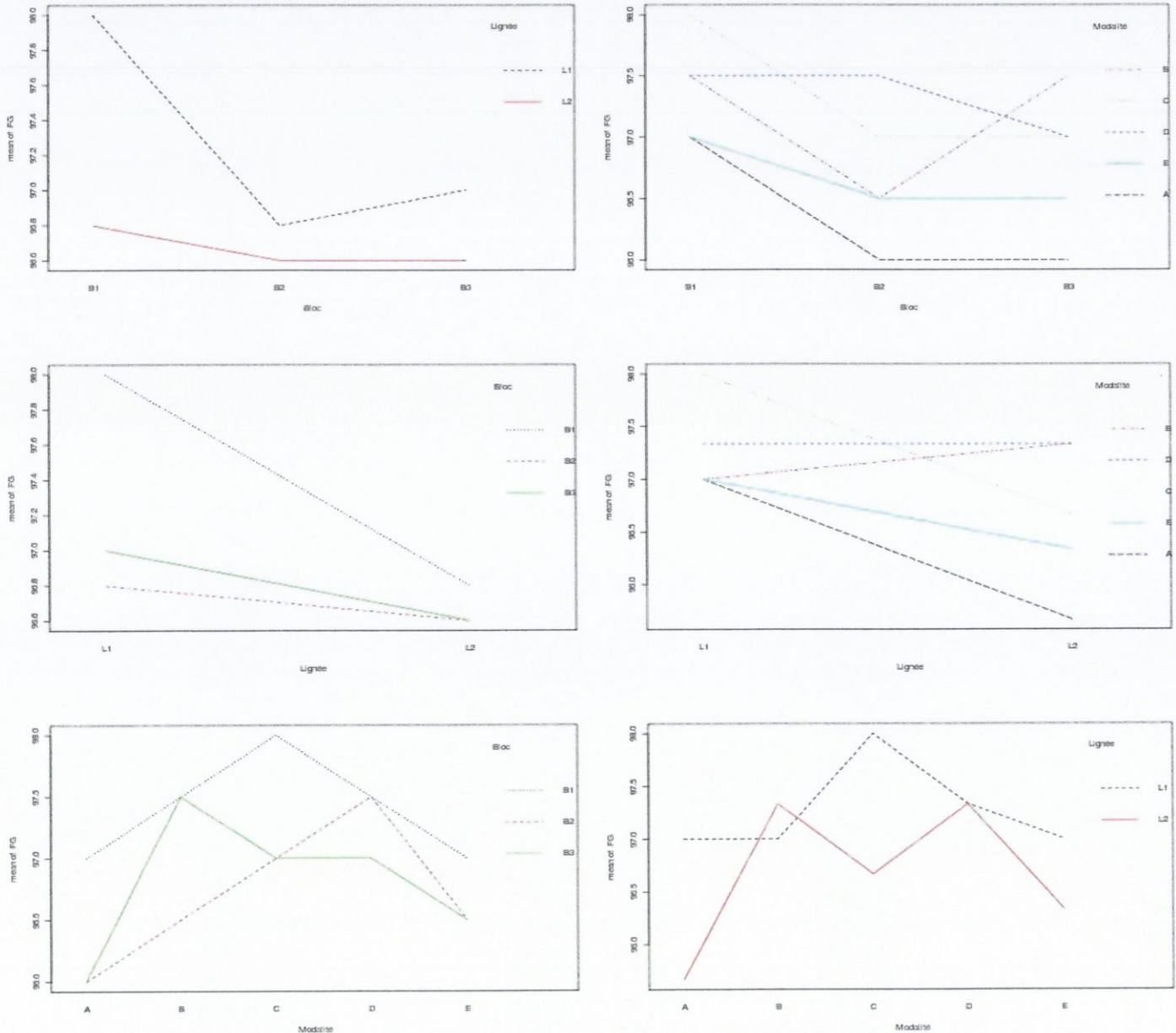
ANNEXE 2 – RESULTATS BRUTS

N° parcelle	Bloc	Lignée	Modalité	TE P2	TE P3	TE P4	PMG (mg)	FG (%)
1	I	1	L	25,8	15,5	8,2	3,841	98
2	I	2	AP	26,4	29,5	8,1	4,012	96
3	I	2	S	28,4	16,5	6,6	3,969	98
4	I	1	R	13,1	14,6	6,5	3,743	98
5	I	1	B	18,2	14,3	6,8	3,743	98
6	I	2	L	24,7	22,0	8,1	4,060	97
7	I	1	AP	26,4	15,1	8,2	3,937	98
8	I	2	R	25,1	16,3	7,4	4,168	96
9	I	1	S	19,8	22,9	6,9	3,768	98
10	I	2	B	24,7	22,8	6,4	3,984	97
11	II	2	B	30,8	21,0	7,8	3,794	97
12	II	1	L	25,8	28,2	8,2	3,609	98
13	II	2	AP	36,8	34,4	8,5	3,932	96
14	II	1	AP	31,7	27,7	8,4	3,847	97
15	II	2	S	29,0	31,0	8,2	4,043	96
16	II	1	R	16,8	14,9	8,1	3,685	95
17	II	2	L	34,2	34,2	8,9	3,976	97
18	II	1	B	21,9	23,4	8,6	3,650	96
19	II	2	R	14,6	13,5	8,2	3,957	97
20	II	1	S	37,3	19,6	8,9	3,709	98
21	III	2	B	27,2	14,3	8,1	4,126	98
22	III	1	S	32,6	20,9	8,2	3,874	98
23	III	2	AP	33,8	22,9	8,9	4,337	97
24	III	1	AP	29,2	31,2	10,1	4,106	96
25	III	1	L	35,5	24,1	8,3	4,105	96
26	III	1	B	26,1	21,2	7,9	3,859	97
27	III	2	R	19,9	13,6	8,0	3,733	94
28	III	1	R	14,3	11,8	7,7	3,788	98
29	III	2	S	37,4	33,4	9,1	4,160	96
30	III	2	L	34,2	35,9	9,2	4,238	98

ANNEXE 3 – ANALYSE STATISTIQUE

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

I.1.1 REPRÉSENTATION DES DONNÉES



Il ne semble pas avoir de fortes interactions entre la lignée et le bloc. Par contre, il apparaît que les modalités ont des effets différents en fonction de la lignée et du bloc.

I.1.1.II MODÈLE STATISTIQUE

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

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

Avec :

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

l la microparcelle, α_i : effet Bloc i , β_j : effet Lignée j et γ_k : effet Modalité k

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

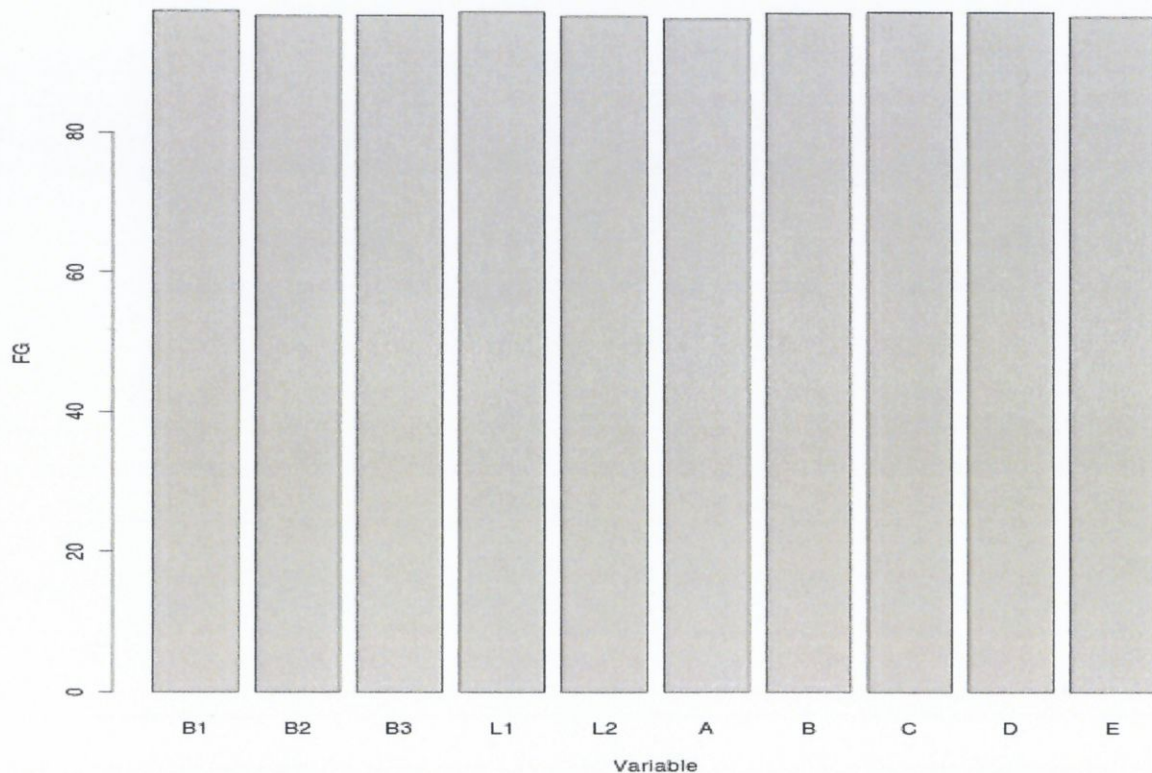
- Hypothèses testées :
 - ✓ les effets des modalités sont tous nuls
 - ✓ les effets des lignés sont tous nuls
 - ✓ les effets des blocs sont tous nuls

- Estimation des coefficients :

Full coefficients are

(Intercept) :	96.96667				
Bloc :	B1	B2	B3		
	0.4333333	-0.2666667	-0.1666667		
Lignée :	L1	L2			
	0.3	-0.3			
Modalité :	A	B	C	D	E
	-0.6333333	0.2000000	0.3666667	0.3666667	-0.3000000

Effet estimé de chaque variable sur la FG



I.1.III TEST STATISTIQUE

Analysis of Variance Table

Response: FG

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloc	2	2.8667	1.4333	1.3953	0.2688
Lignée	1	2.7000	2.7000	2.6283	0.1192
Modalité	4	4.8000	1.2000	1.1681	0.3519
Residuals	22	22.6000	1.0273		

Les 3 hypothèses sont **conservées**.

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 »

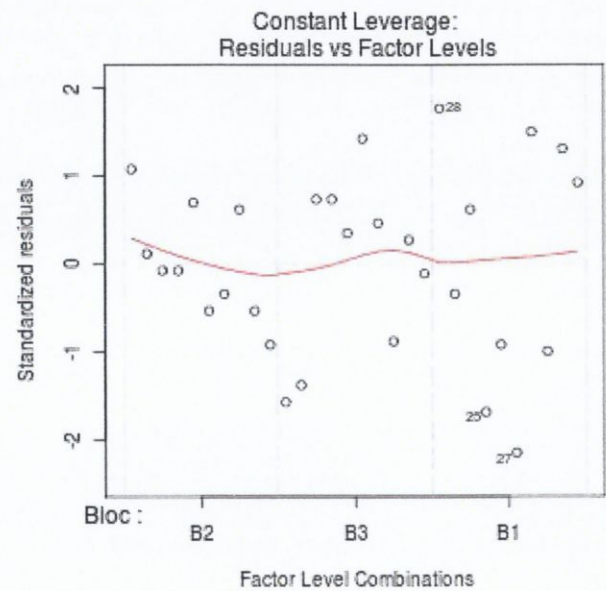
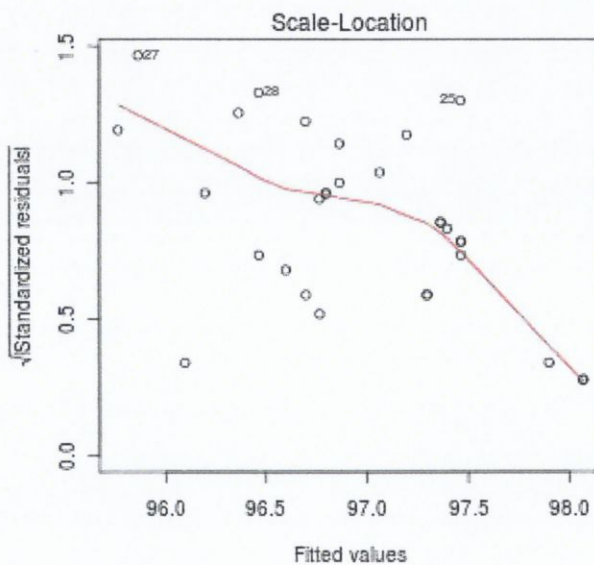
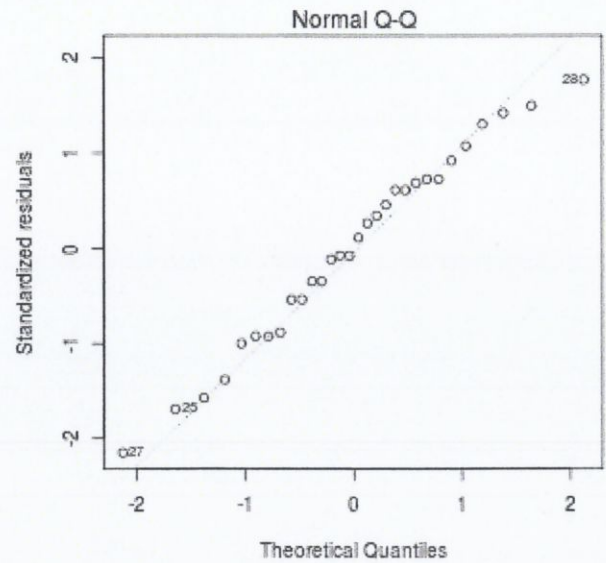
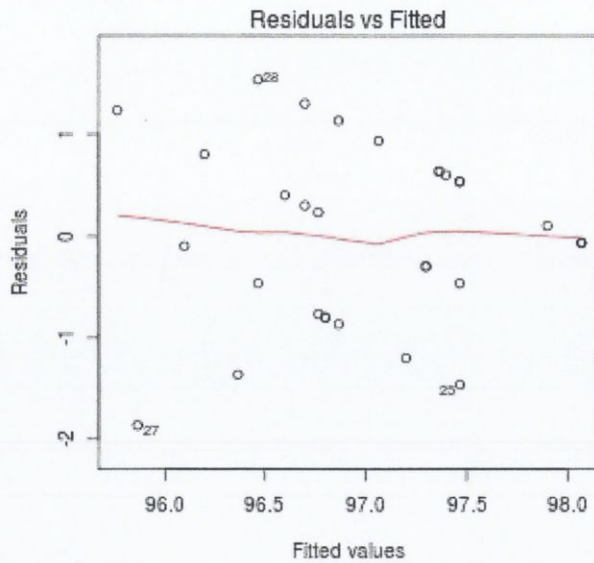
$$R^2 = (SCE_{Bloc} + SCE_{Lignée} + SCE_{Modalité}) / SCE_{Totale} = 31,5\%$$

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 statistique :
Shapiro-Wilk normality test

$W = 0.9783$, $p\text{-value} = 0.7787$

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

- Validité du modèle :

Residual standard error: 1.014 on 22 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3145, Adjusted R-squared: 0.09633

F-statistic: 1.442 on 7 and 22 DF, $p\text{-value}: 0.2392$

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

I.1.V COMPARAISON DES EFFETS MOYENS OBTENUS

Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = fgcolza)

\$Bloc

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	-0.7	-1.838645	0.4386452	0.2904087
B3-B1	-0.6	-1.738645	0.5386452	0.3974305
B3-B2	0.1	-1.038645	1.2386452	0.9735570

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	-0.6	-1.367528	0.1675283	0.1192186

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
B-A	8.333333e-01	-0.9028547	2.569521	0.6194096
C-A	1.000000e+00	-0.7361880	2.736188	0.4491537
D-A	1.000000e+00	-0.7361880	2.736188	0.4491537
E-A	3.333333e-01	-1.4028547	2.069521	0.9781568
C-B	1.666667e-01	-1.5695213	1.902855	0.9984443
D-B	1.666667e-01	-1.5695213	1.902855	0.9984443
E-B	-5.000000e-01	-2.2361880	1.236188	0.9102317
D-C	-1.421085e-14	-1.7361880	1.736188	1.0000000
E-C	-6.666667e-01	-2.4028547	1.069521	0.7843017
E-D	-6.666667e-01	-2.4028547	1.069521	0.7843017

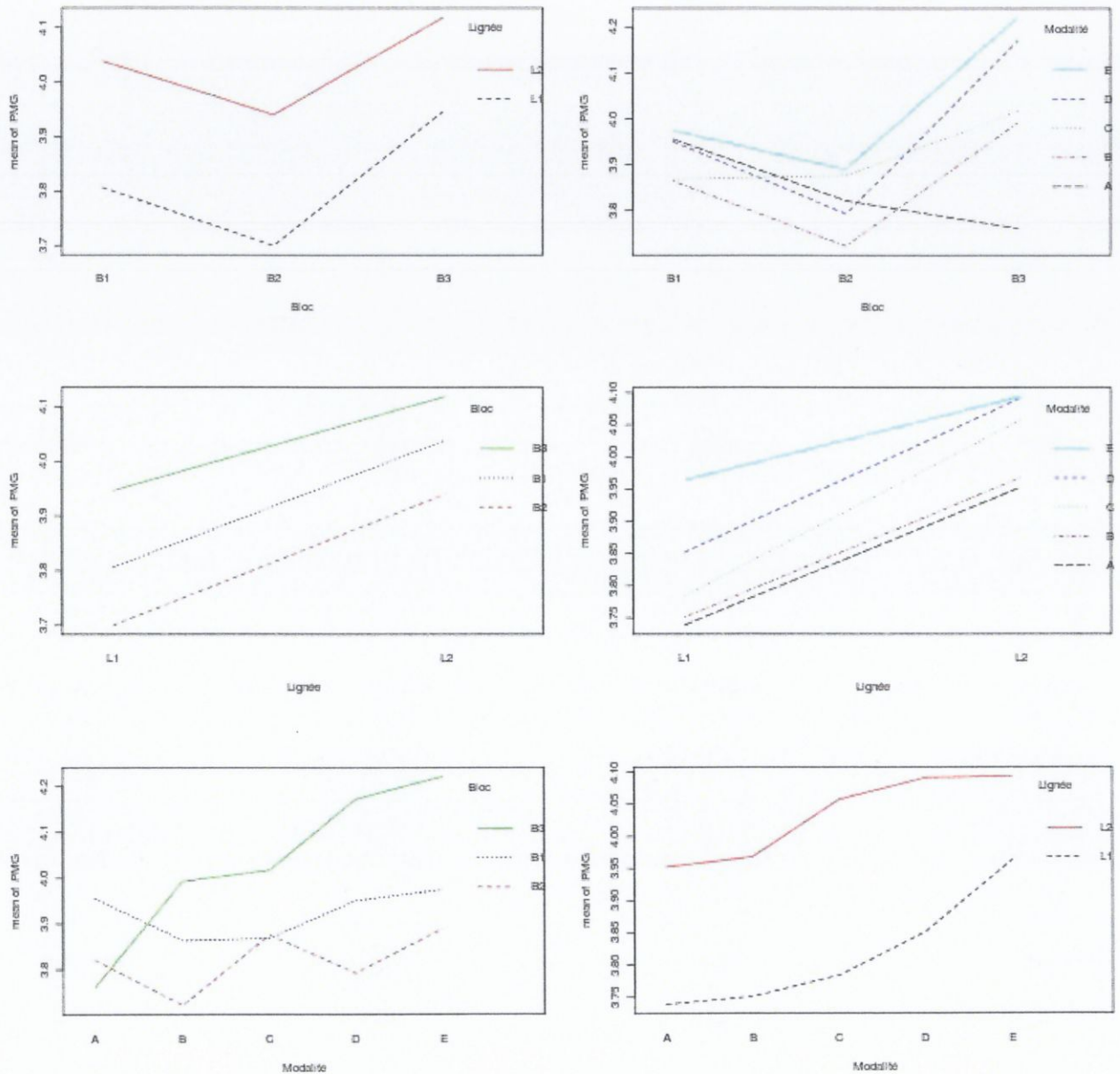
Ce test montre que **les effets des variables ne sont pas significativement différents.**

I.1.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.

1.2 ÉTUDE DE L'EFFET DU BLOC, DE LA LIGNÉE ET DE LA MODALITE SUR LE POIDS DE 1000 GRAINS PMG

1.2.1 REPRÉSENTATION DES DONNÉES



Il ne semble pas y avoir d'interactions bloc/lignée, modalité/lignée et les interactions modalité/bloc semblent faibles.

1.2.II MODÈLE STATISTIQUE

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

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

Avec :

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

l la microparcelle, α_i : effet Bloc i , β_j : effet Lignée j et γ_k : effet Modalité k

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

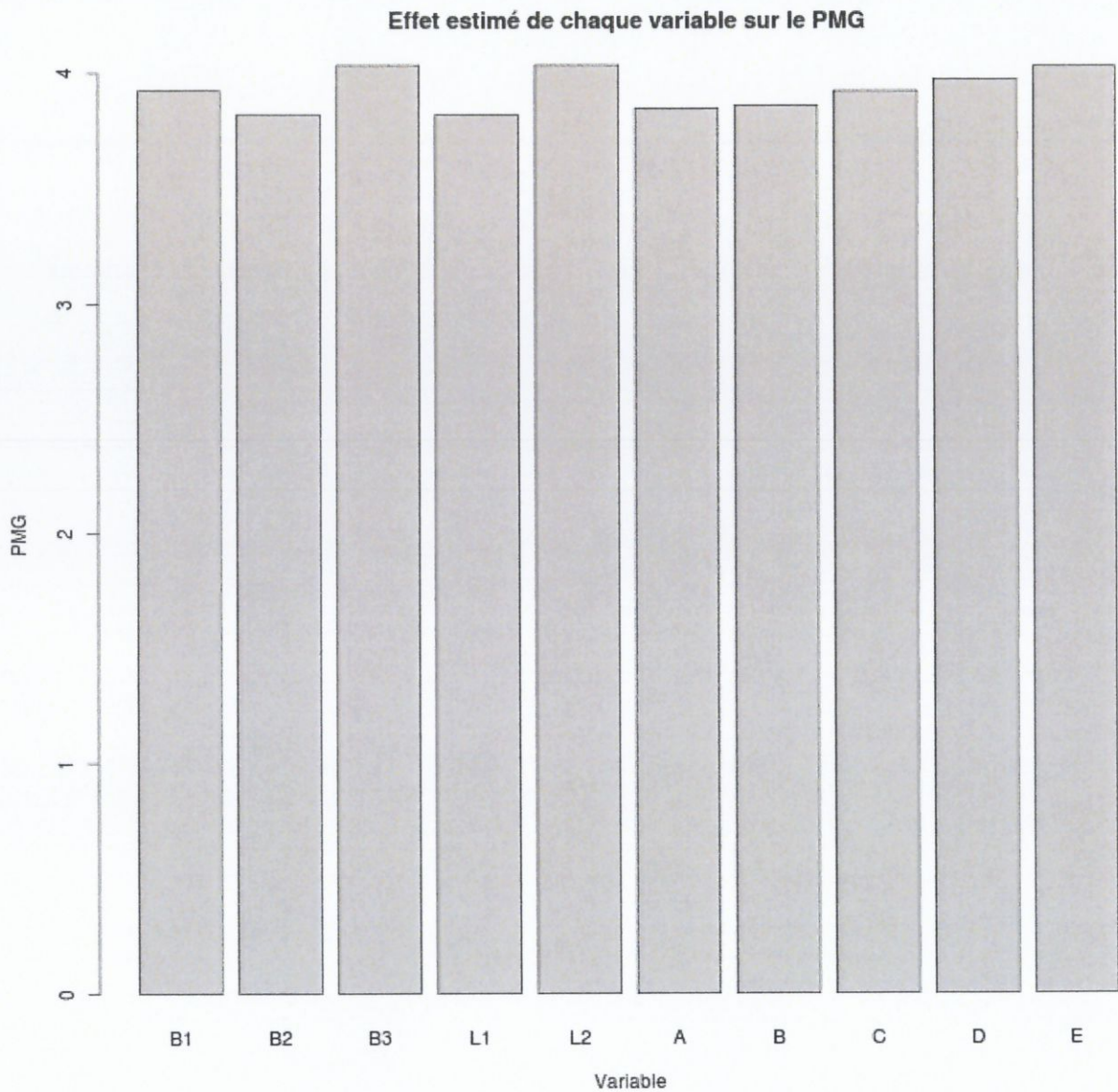
- Hypothèses testées :
 - ✓ les effets des modalités sont tous nuls
 - ✓ les effets des lignés sont tous nuls
 - ✓ les effets des blocs sont tous nuls

- Estimation des coefficients :

Full coefficients are

(Intercept):	3.9251			
Bloc:	B1	B2	B3	
	-0.0026	-0.1049	0.1075	
Lignée:	L1	L2		
	-0.1075	0.1075		
Modalité:	A	B	C	D
	-0.07943333	-0.06576667	-0.00460000	0.04640000

Full coefficients are



I.2.III TEST STATISTIQUE

Analysis of Variance Table

Response: PMG

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Bloc	2	0.22567	0.11284	8.6595	0.001683	**
Lignée	1	0.34669	0.34669	26.6064	3.595e-05	***
Modalité	4	0.14100	0.03525	2.7053	0.056783	.
Residuals	22	0.28667	0.01303			

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

L'hypothèse « les effets bloc sur le PMG sont tous nuls » est **rejetée** avec un taux d'erreur de 0,1%. Il existe donc, très certainement, au moins une lignée qui a un effet non nul sur la PMG.

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

L'hypothèse « les effets des modalités sur le PMG sont tous nuls » est **rejetée** avec un taux d'erreur inférieur de 10%.

On note également que le bloc explique **22,6%** de la variabilité observée ($0,22567 \div (0,22567 + 0,34669 + 0,14100 + 0,28667)$), la lignée en explique **34,7%** ($0,34669 \div (0,22567 + 0,34669 + 0,14100 + 0,28667)$) et la modalité en explique **14,1%** ($0,14100 \div (0,22567 + 0,34669 + 0,14100 + 0,28667)$).

I.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 »

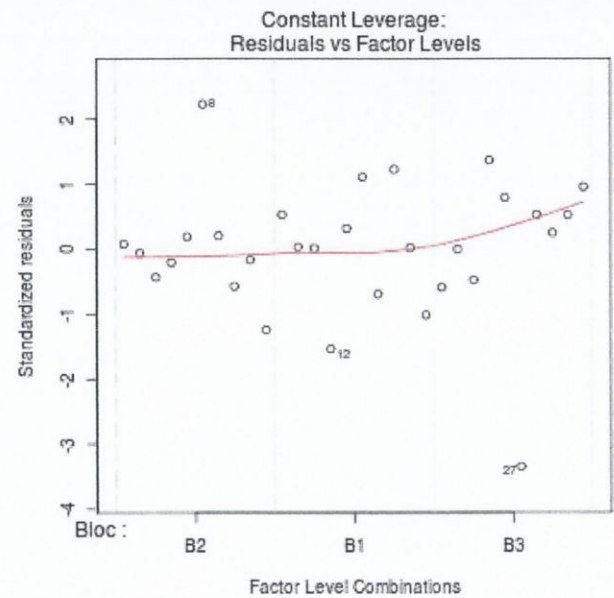
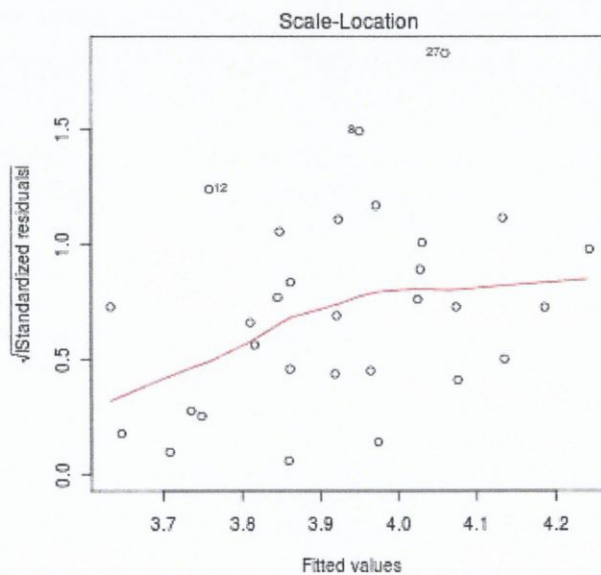
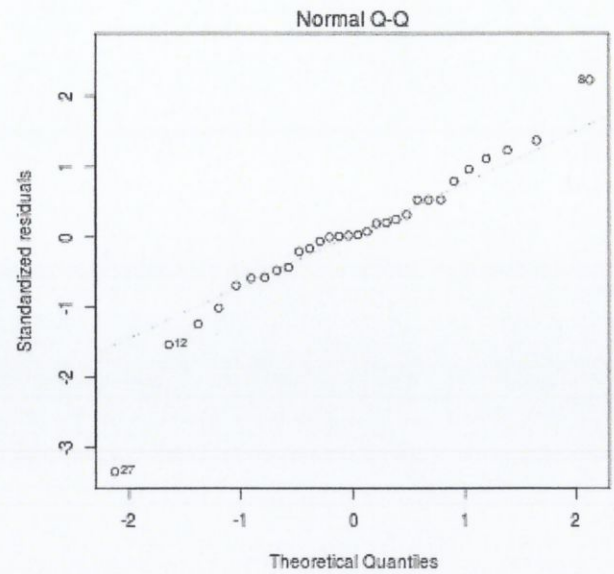
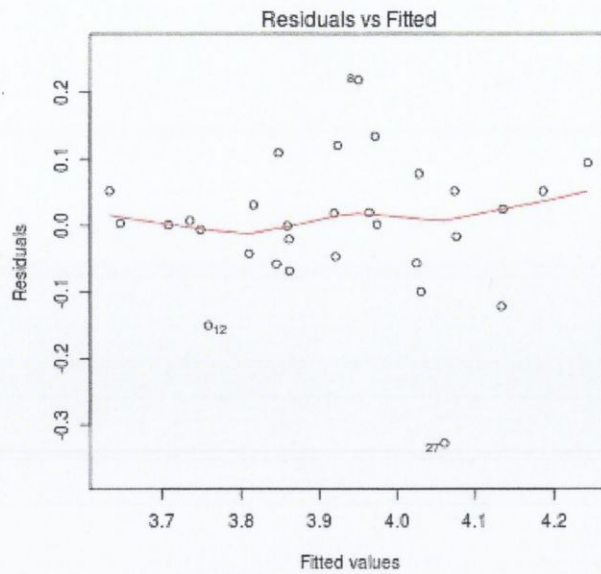
$$R^2 = (SCE_{\text{Bloc}} + SCE_{\text{Lignée}} + SCE_{\text{Modalité}}) / SCE_{\text{Totale}} = \mathbf{71,3\%}$$

Le modèle explique correctement 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 statistique :
Shapiro-Wilk normality test

$W = 0.9338$, $p\text{-value} = 0.06194$

L'hypothèse de normalité des résidus est conservée au seuil d'erreur de 7%.

- Validité du modèle :

Residual standard error: 0.1142 on 22 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7133, Adjusted R-squared: 0.6221

F-statistic: 7.821 on 7 and 22 DF, $p\text{-value}: 8.74e-05$

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

I.2.V COMPARAISON DES EFFETS MOYENS OBTENUS

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

\$Bloc

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	-0.1023	-0.23053952	0.02593952	0.1348378
B3-B1	0.1101	-0.01813952	0.23833952	0.1014630
B3-B2	0.2124	0.08416048	0.34063952	0.0011406***

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	0.215	0.1285574	0.3014426	3.6e-05 ***

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
B-A	0.01366667	-0.18187091	0.2092042	0.9995536
C-A	0.07483333	-0.12070424	0.2703709	0.7863014
D-A	0.12583333	-0.06970424	0.3213709	0.3418339
E-A	0.18283333	-0.01270424	0.3783709	0.0743722
C-B	0.06116667	-0.13437091	0.2567042	0.8829238
D-B	0.11216667	-0.08337091	0.3077042	0.4531242
E-B	0.16916667	-0.02637091	0.3647042	0.1118230
D-C	0.05100000	-0.14453757	0.2465376	0.9354692
E-C	0.10800000	-0.08753757	0.3035376	0.4898490
E-D	0.05700000	-0.13853757	0.2525376	0.9066072

Le test de Tukey montre qu'au seuil d'erreur de 10%, seule la **modalité E a un effet significativement supérieur au témoin A.**

I.2.VI CONCLUSION

Le modèle choisi est validé. Il met en évidence des « **effets bloc** » importants, des « **effets lignée** » très importants et des « **effets modalité** » peu important.

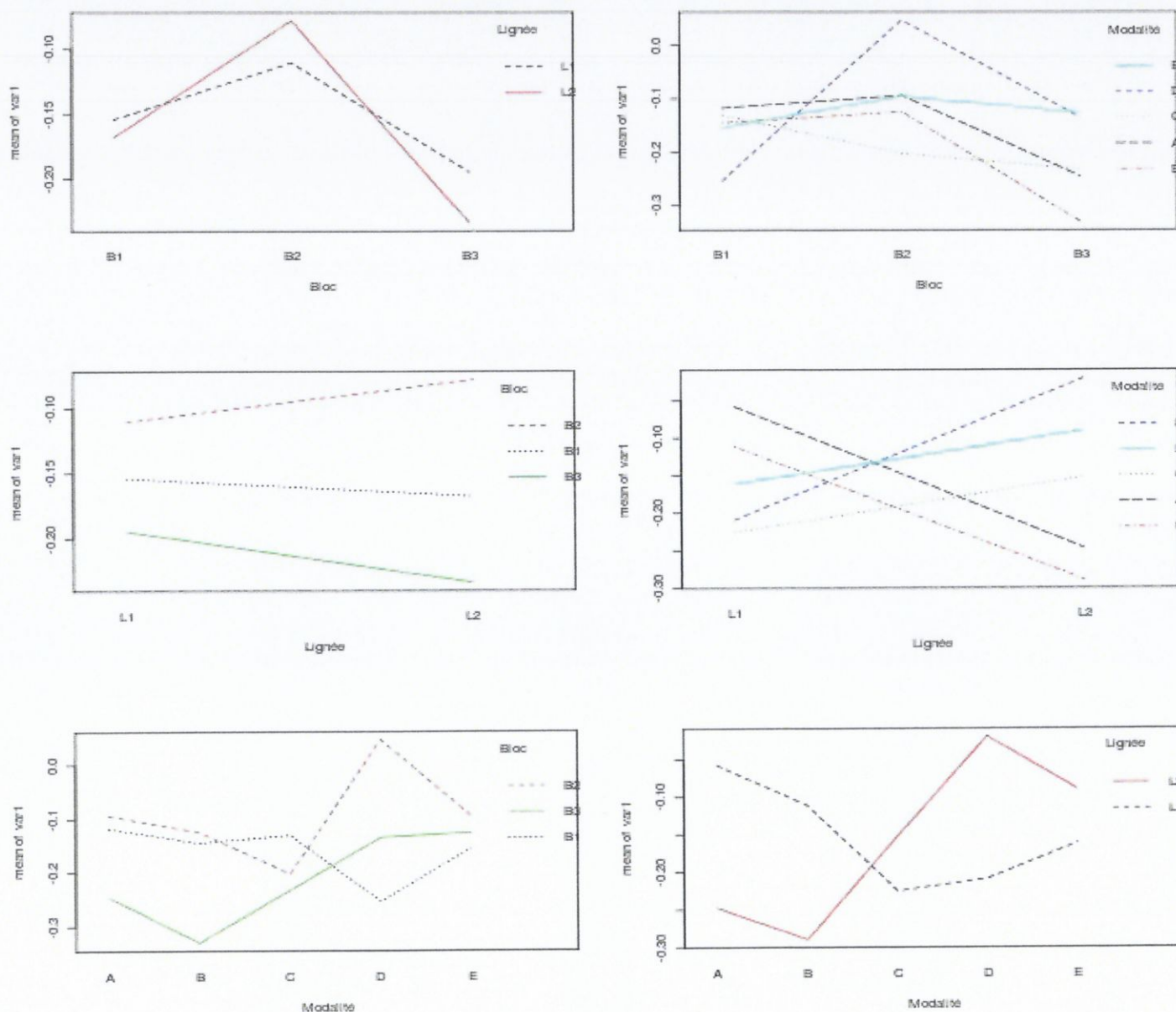
Les test de comparaison des moyennes des effets des modalités ont mis en évidence que seule la **modalités E a un effet significativement plus important que la modalité témoin A.**

I.3 ÉTUDE DE L'EFFET DU BLOC, DE LA LIGNÉE ET DE LA MODALITE SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE 2^{ÈME} ET LE 4^{ÈME} JOUR APRES TRAITEMENT

Le but de cette partie est de mettre en évidence les modalités qui ont un effet dessicant significatif entre la mesure P2 et P3

Pour cela, on note **var1** le taux de variation de la teneur en eau entre le traitement et 3 jours plus tard ($var1=(P3-P2)/P2$) et on test si l'effet de la modalité sur var1 est significatif.

I.3.1 REPRÉSENTATION DES DONNÉES



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

I.3.II MODÈLE STATISTIQUE

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

$$var l_{i,j,k,l} = \sigma_i^2 \sigma_j^2 \sigma_k^2 \sigma_{i,j,k,l}^2$$

Avec :

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

l la microparcelle, σ_i : effet Bloc i , σ_j : effet Lignée j et σ_k : effet Modalité k

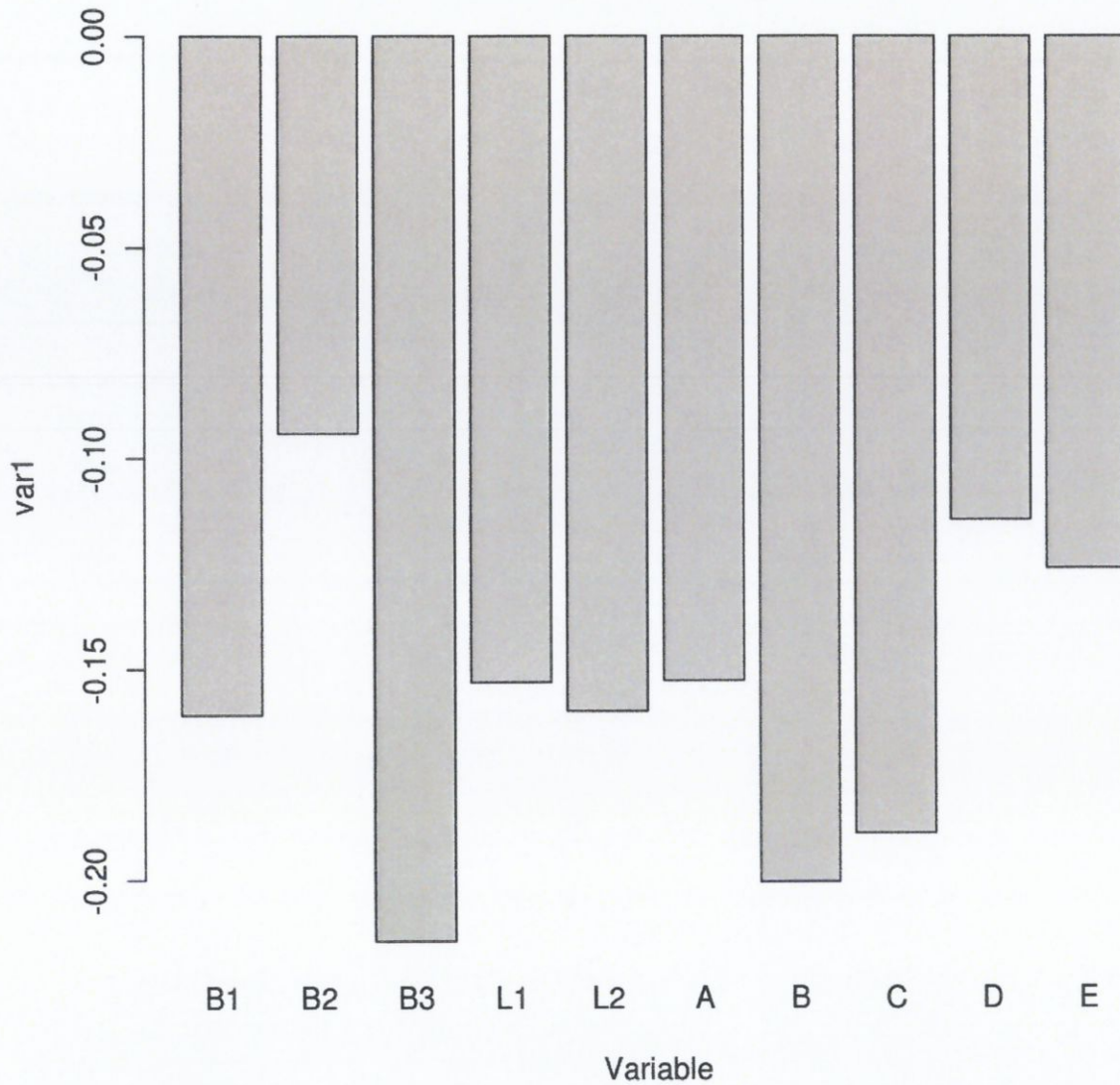
$$\sum_i \sigma_i = 0, \sum_j \sigma_j = 0 \text{ et } \sum_k \sigma_k = 0$$

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

Full coefficients are

(Intercept) :	-0.1565211			
Bloc :		B1	B2	B3
	-0.004368247	0.062314237	-0.057945990	
Lignée :		L1	L2	
	0.003397253	-0.003397253		
Modalité :		A	B	C
	0.003864518	-0.043962489	-0.032455771	0.042032374
Modalité :		E		
	0.030521370			

Effet estimé de chaque variable sur var1



I.3.III TEST STATISTIQUE

Analysis of Variance Table

Response: var1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloc	2	0.07260	0.036299	0.7658	0.4770
Lignée	1	0.00035	0.000346	0.0073	0.9327
Modalité	4	0.03420	0.008549	0.1804	0.9461
Residuals	22	1.04282	0.047401		

Les 3 hypothèses sont **conservées**.

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

- Part de la variabilité expliquée par le modèle

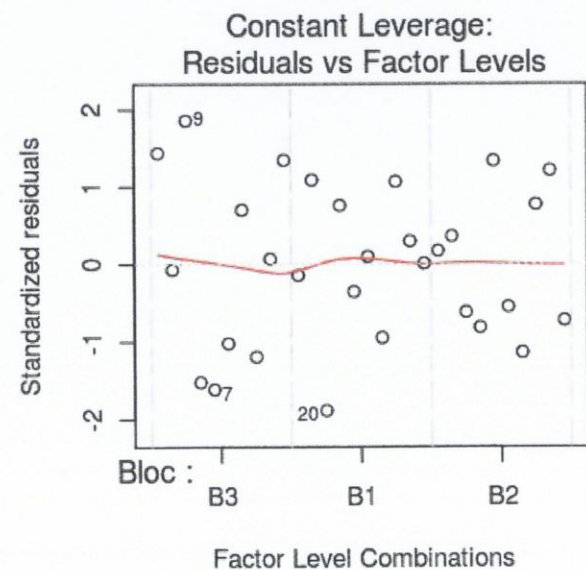
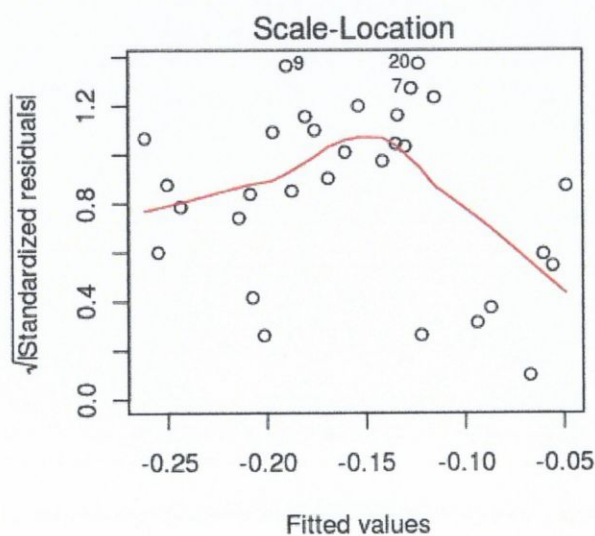
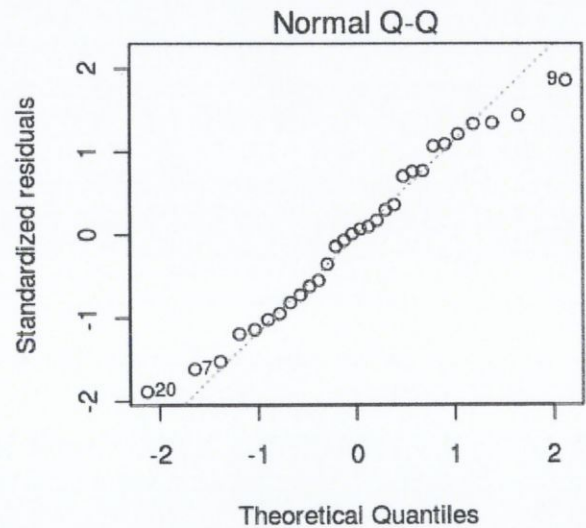
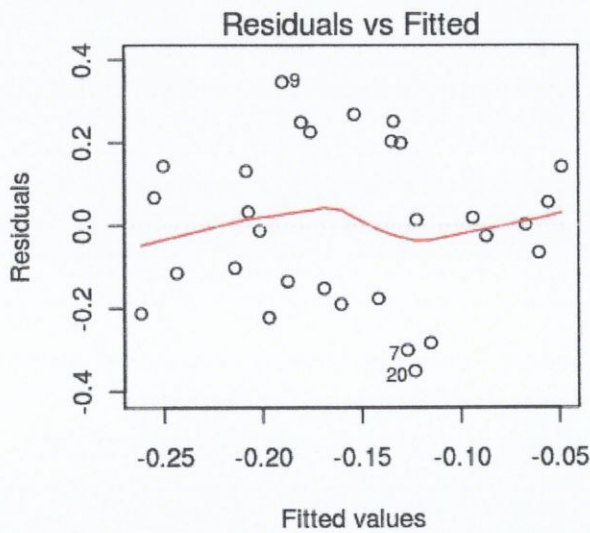
R^2 = Part de la variabilité expliquée par le modèle, c'est à dire par les facteurs « modalité » et « lignée »

$$R^2 = (SCE_{\text{bloc}} + SCE_{\text{Lignée}} + SCE_{\text{Modalité}}) / SCE_{\text{Totale}} = 9,3\%$$

Le modèle explique mal 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 = 0.9724, p-value = 0.6071

Le test de Shapiro-Wilk confirme le mauvais ajustement graphique. L'hypothèse de normalité des résidus est **rejetée** au seuil d'erreur de 5%.

• Validation du modèle :

Residual standard error: 0.2177 on 22 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.09317, Adjusted R-squared: -0.1954

F-statistic: 0.3229 on 7 and 22 DF, p-value: 0.9354

La p-value calculée pour tester la validité du modèle est très élevée. **Le modèle n'est donc pas validé.**

I.3.V COMPARAISON DES EFFETS MOYENS OBTENUS

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = var1colz)

\$Bloc

	diff	lwr	upr	p adj
B2-B1	0.06668248	-0.1779079	0.3112729	0.7746570
B3-B1	-0.05357774	-0.2981682	0.1910127	0.8474073
B3-B2	-0.12026023	-0.3648506	0.1243302	0.4457600

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	-0.006794506	-0.1716659	0.1580769	0.9326638

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
B-A	-0.04782701	-0.4207745	0.3251205	0.9952137
C-A	-0.03632029	-0.4092678	0.3366272	0.9983543
D-A	0.03816786	-0.3347797	0.4111154	0.9980025
E-A	0.02665685	-0.3462907	0.3996044	0.9995123
C-B	0.01150672	-0.3614408	0.3844543	0.9999827
D-B	0.08599486	-0.2869527	0.4589424	0.9578418
E-B	0.07448386	-0.2984637	0.4474314	0.9747798
D-C	0.07448814	-0.2984594	0.4474357	0.9747746
E-C	0.06297714	-0.3099704	0.4359247	0.9864088
E-D	-0.01151100	-0.3844585	0.3614365	0.9999827

Aucun effet moyen n'est significativement différent d'un autre.

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.

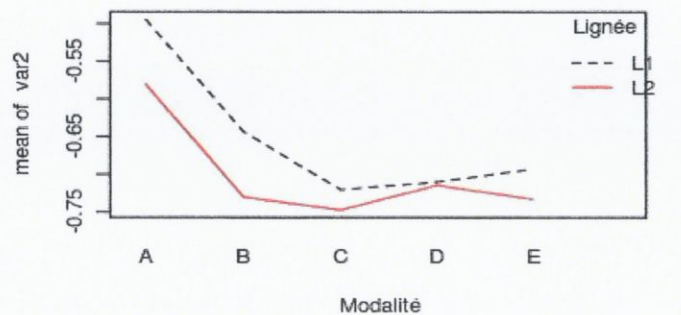
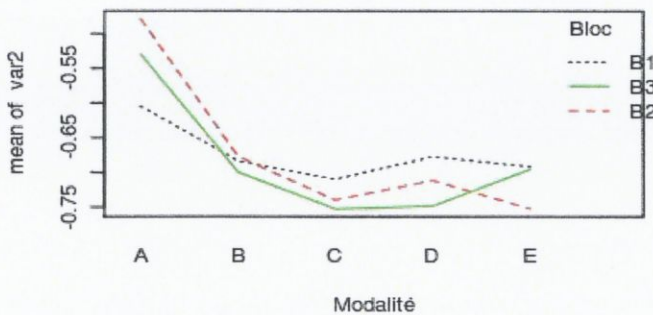
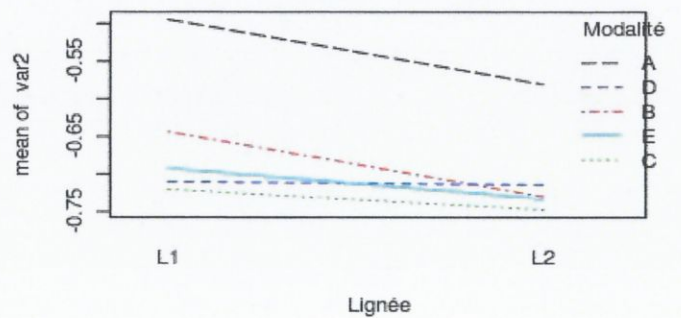
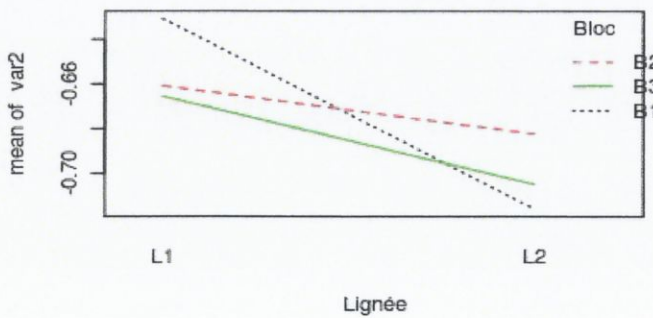
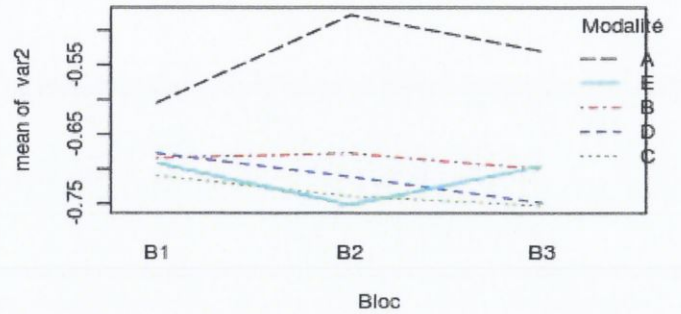
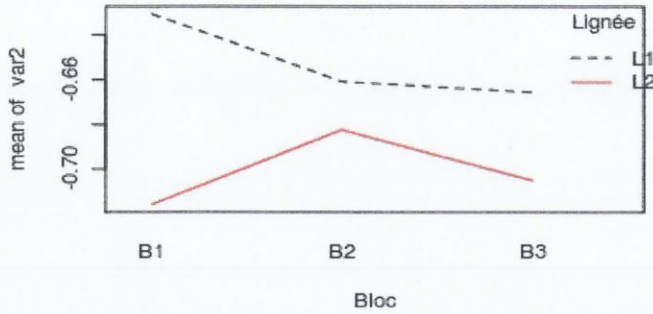
Peut être ce modèle ne s'applique pas car les conditions météorologiques ont un impact important sur les mesures de teneur en eau ?

I.4 ÉTUDE DE L'EFFET DU BLOC, DE LA LIGNEE ET DE LA MODALITE SUR L'EFFET DESSICANT ENTRE LE 2^{ÈME} ET LE 6^{ÈME} JOUR APRES TRAITEMENT

Le point précédent n'a pas permis de révéler d'effet dessicant des modalités entre les mesures P2 et P3. Nous tentons alors de mettre en évidence les modalités qui ont un effet dessicant significatif entre la mesure P2 et P4, c'est à dire entre le 2^{ème} et le 6^{ème} jour après traitement.

Pour cela, on note **var2** le taux de variation de la teneur en eau entre le traitement et 4 jours plus tard ($D2=(P4-P2)/P2$) et on test si l'effet de la modalité sur var2 est significatif.

1.4.1 REPRÉSENTATION DES DONNÉES



Au vue des données, les interactions sont modérées.

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, α_i : effet Bloc i , β_j : effet Lignée j et γ_k : effet Modalité k

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

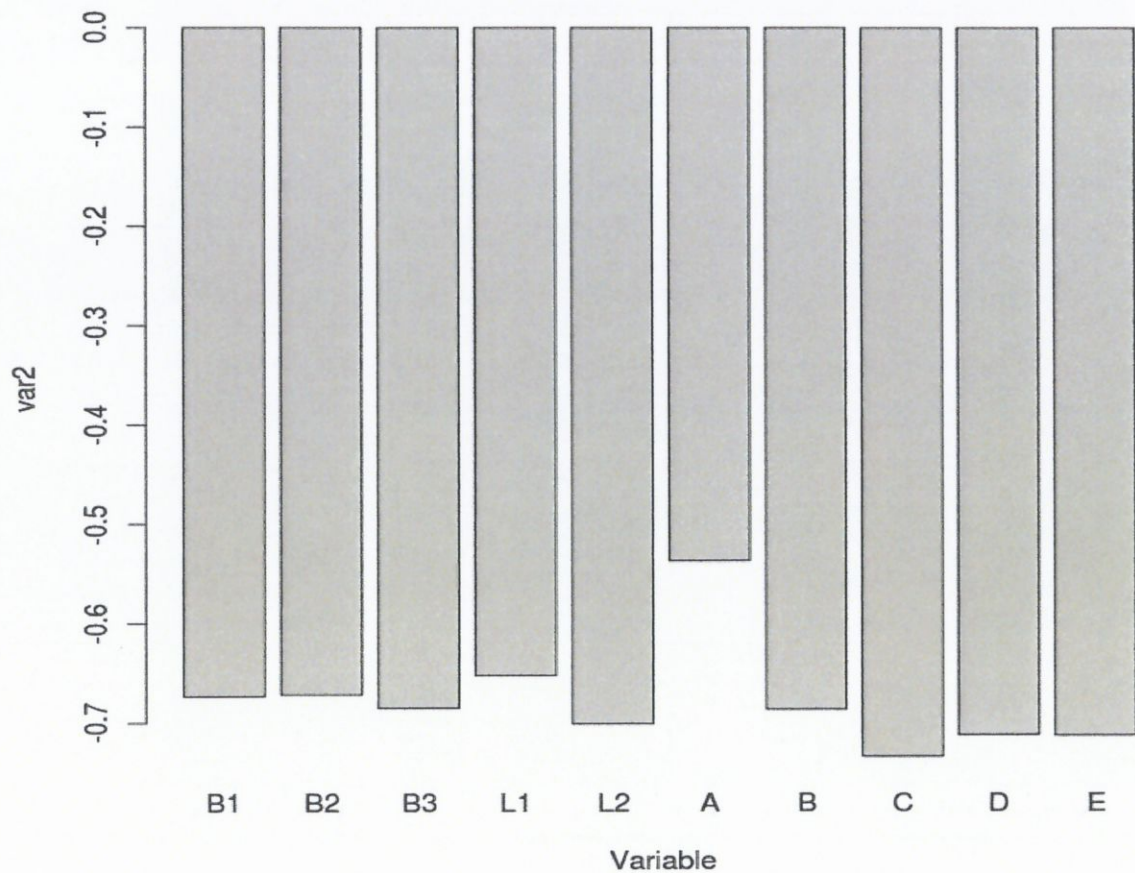
- Hypothèses testées :
 - ✓ les effets de modalités sont tous nuls
 - ✓ les effets des blocs sont tous nuls
 - ✓ les effets des lignés sont tous nuls

- Estimation des coefficients :

Full coefficients are

(Intercept):	-0.6766422			
Bloc:	B1	B2	B3	
	0.003422932	0.005153947	-0.008576879	
Lignée:	L1	L2		
	0.02433262	-0.02433262		
Modalité:	A	B	C	D
	0.13918586	-0.01016574	-0.05717568	-0.03558506
		E		
	-0.03625938			

Effet estimé de chaque variable sur var2



I.4.III TEST STATISTIQUE

Analysis of Variance Table

Response: var2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloc	2	0.001118	0.000559	0.1695	0.84519
Lignée	1	0.017762	0.017762	5.3835	0.03000 *
Modalité	4	0.151957	0.037989	11.5140	3.402e-05 ***
Residuals	22	0.072587	0.003299		

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

L'hypothèse « les effets bloc sur var2 sont tous nuls » est **rejetée** avec un taux d'erreur de 5%.

L'hypothèse « les effets des lignés sur var2 sont tous nuls » est **conservée** pour un taux d'erreur de 5%.

L'hypothèse « les effets des modalités sur var2 sont tous nuls » est **conservée** avec un taux d'erreur très faible : 0,1%.

On note également que le bloc explique **0,5%** de la variabilité observée ($0,001118 \div (0,001118 + 0,017762 + 0,151957 + 0,072587)$), la lignée en explique **7,3%** ($0,017762 \div (0,001118 + 0,017762 + 0,151957 + 0,072587)$) et la modalité en explique **62,4%** ($0,151957 \div (0,001118 + 0,017762 + 0,151957 + 0,072587)$).

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 »

$$R^2 = (SCE_{\text{Bloc}} + SCE_{\text{Lignée}} + SCE_{\text{Modalité}}) / SCE_{\text{Totale}} = 70.2\%$$

Le modèle explique bien la variabilité observée.

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

L'ajustement à la droite est peu satisfaisant (paliers).

Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9678, p-value = 0.4805

Le test de Shapiro-Wilk confirme le mauvais ajustement graphique. L'hypothèse de normalité des résidus est rejetée au seuil d'erreur de 5%.

- Validation du modèle :

Residual standard error: 0.05744 on 22 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3016, Adjusted R-squared: 0.2669

F-statistic: 7.397 on 7 and 22 DF, p-value: 0.000301

La p-value calculée pour tester la validité du modèle est faible (<0,1%). Le modèle est validé et ce, malgré la non-normalité des résidus.

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	0.001731015	-0.06279925	0.06626128	0.9974999
B3-B1	-0.011999811	-0.07653007	0.05253045	0.8872792
B3-B2	-0.013730826	-0.07826109	0.05079944	0.8552997

\$Lignée

	diff	lwr	upr	p adj
L2-L1	-0.04866524	-0.09216325	-0.005167232	0.0299953*

\$Modalité

	diff	lwr	upr	p adj
B-A	-0.1493515987	-0.24774631	-0.05095689	0.0014964**
C-A	-0.1963615368	-0.29475625	-0.09796683	0.0000529***
D-A	-0.1747709141	-0.27316562	-0.07637620	0.0002426***
E-A	-0.1754452423	-0.27383995	-0.07705053	0.0002312***
C-B	-0.0470099381	-0.14540465	0.05138477	0.6233965
D-B	-0.0254193154	-0.12381402	0.07297539	0.9375283
E-B	-0.0260936436	-0.12448835	0.07230107	0.9317369
D-C	0.0215906228	-0.07680409	0.11998533	0.9646226
E-C	0.0209162945	-0.07747842	0.11931100	0.9684128
E-D	-0.0006743283	-0.09906904	0.09772038	1.0000000

Le test de Tukey montre que **les modalités B, C, D et E ont un effet dessicant** significatif par rapport au témoin A.

I.4.VI CONCLUSION

Le modèle choisi **s'adapte aux observations**. Il met en évidence un « **effet-bloc** », un « **effet-lignée** » ainsi qu'un fort « **effet-modalité** ».

Les tests de comparaison des moyennes montrent que **les modalités B, C, D et E ont un effet dessicant** significatif par rapport au témoin A.