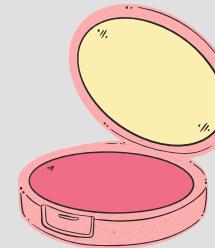




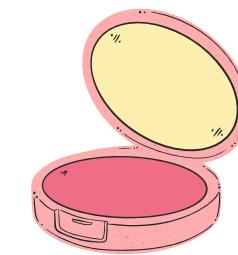
# PLAN D'EXPERIENCES

*Conception d'un blush*



Sarah OUAHAB, Sheïma MEBARKA, Erivan INAN

# PROJET : *Conception d'un blush*



**Objectif :** Obtenir la meilleure opacité

**Facteurs étudiés :**

Facteur	Niveaux
Type d'huile	3 huiles différentes (Jojoba, Coco, Amande)
Proportion de pigment	3g, 5g, 8g
Émulsifiant	3 émulsifiants différents (Olivem, Cire de riz, Candelia)

**Contraintes :**

- Facteurs non contrôlés : température ambiante, humidité
- Plan factoriel complet : 27 essais
- Plan fractionnaire retenu : 9 essais

# PROJET : Conception d'un blush

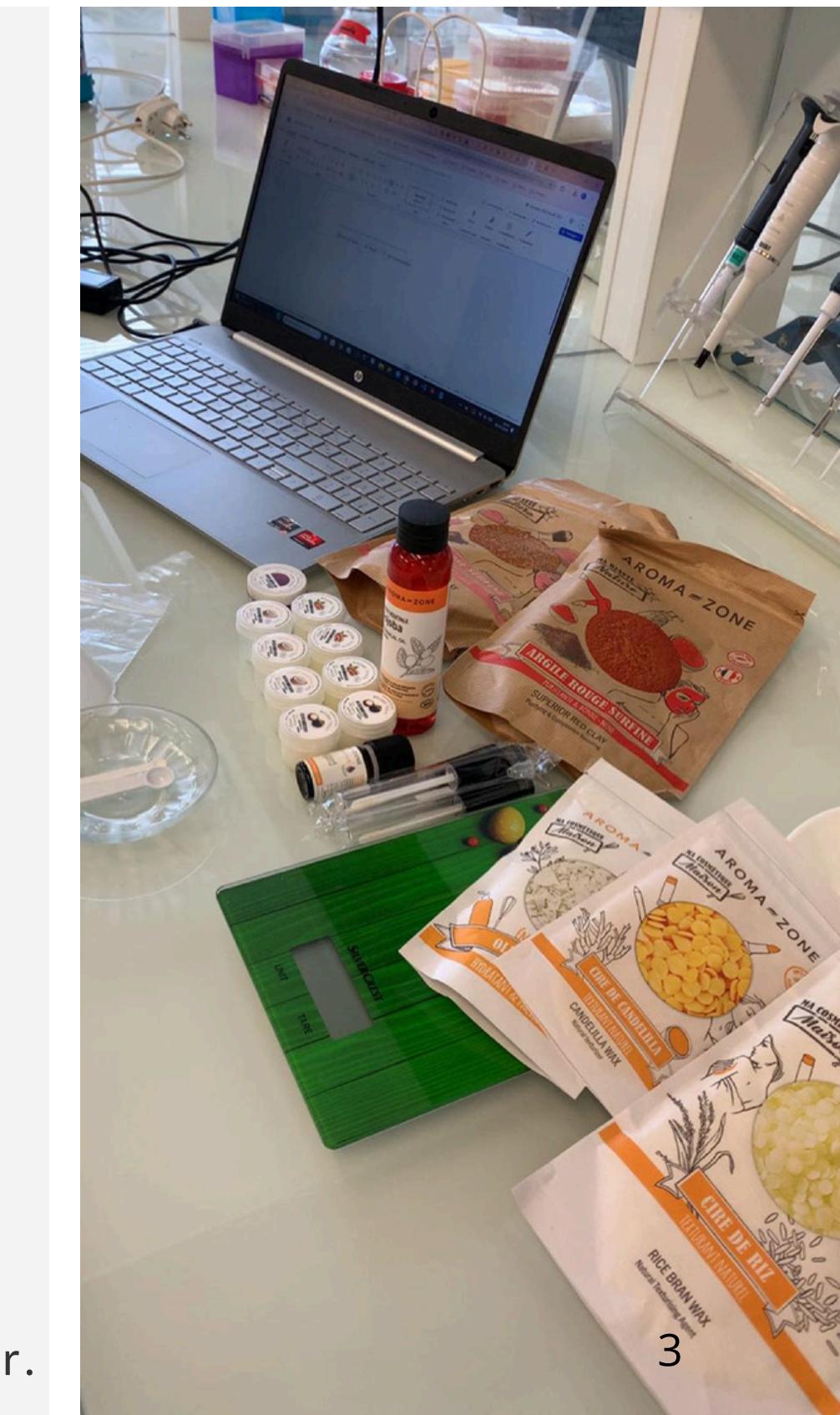


## Ingrédients

- 2 g d'huile végétale de jojoba
- 1,5 g d'émulsifiant :  
(olivem, cire de riz, candelia)
- 2 g de beurre végétal (jojoba, coco, amande)
- 3 g d'argile rouge (colorant naturel)
- 0,5 g d'argile rose
- 0,5 g de mica rose
- 1 goutte de Cosgard (pour la conservation)

## Recette : Pour un blush de 10g

- Faire fondre au bain-marie l'huile de jojoba, l'émulsifiant et le beurre végétal.
- Retirer et ajouter l'argile rose et rouge et le mica rose. Bien mélanger.
- Ajouter enfin 1 goutte de Cosgard pour la conservation.
- Verser dans un pot stérilisé et laisser refroidir.



# PROJET : *Conception d'un blush*



**Objectif :** Obtenir la meilleure opacité

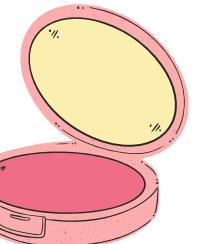
**Facteurs étudiés :**

Facteur	Niveaux
Type d'huile	3 huiles différentes (Jojoba, Coco, Amande)
Proportion de pigment	3g, 5g, 8g
Émulsifiant	3 émulsifiants différents (Olivem, Cire de riz, Candelia)

**Contraintes :**

- Facteurs non contrôlés : température ambiante, humidité
- Plan factoriel complet : 27 essais
- Plan fractionnaire retenu : 9 essais

# MODELE A PRIORI



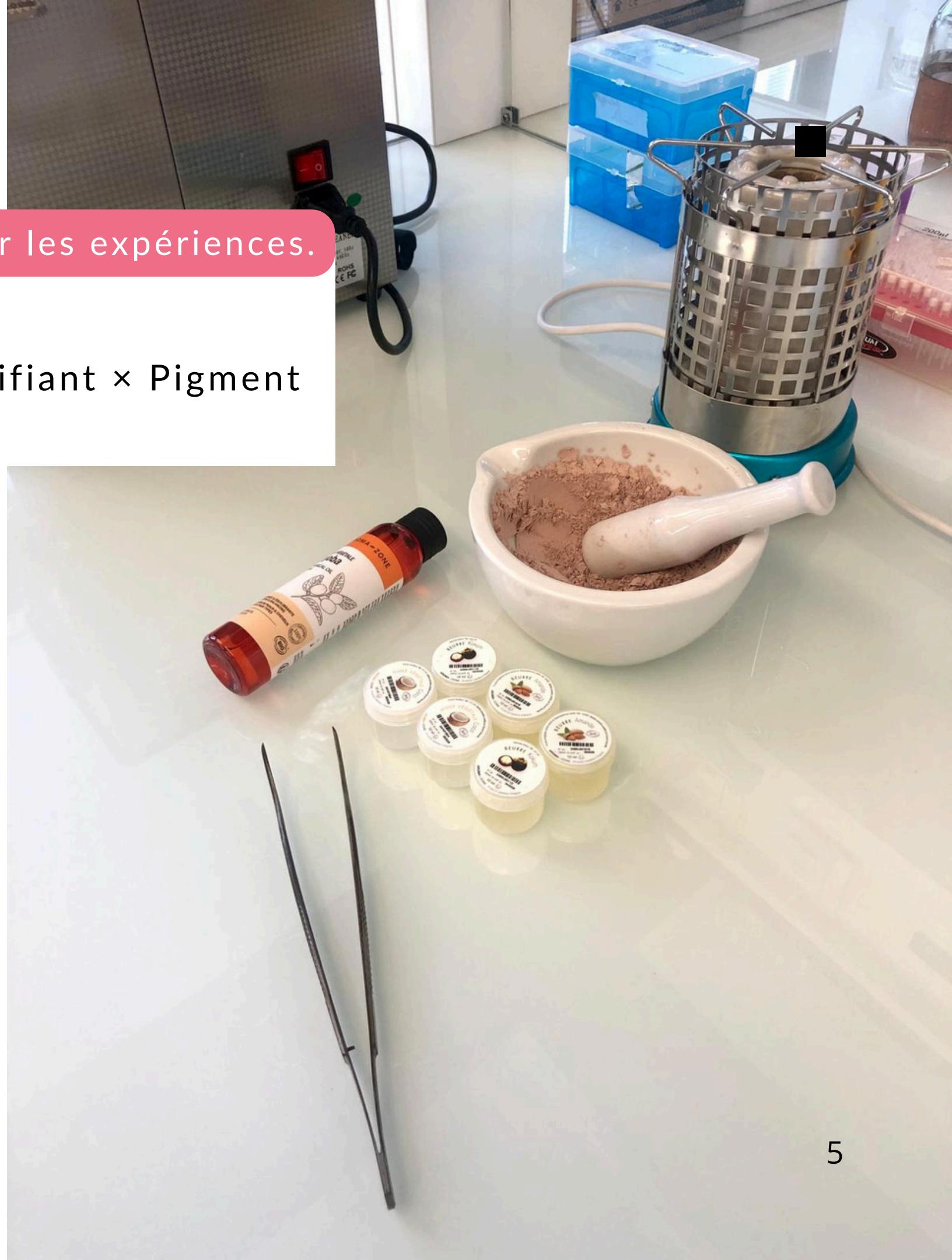
Modèle mathématique établi supposé adéquat avant de réaliser les expériences.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Huile} + \beta_2 \cdot \text{Pigment} + \beta_3 \cdot \text{Emulsifiant} \\ + \beta_4 \cdot \text{Huile} \times \text{Pigment} + \beta_5 \cdot \text{Huile} \times \text{Emulsifiant} + \beta_6 \cdot \text{Emulsifiant} \times \text{Pigment} \\ + \epsilon$$

→ Régression linéaire, en supposant négligeables les interactions de niveau 3

où :

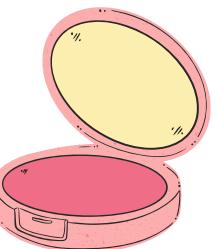
- $Y$  est l'opacité mesurée,
- $\beta_0$  est l'ordonnée à l'origine,
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  les coefficients des effets principaux pour huile, pigment, et émulsifiant,
- $\beta_4, \beta_5, \beta_6$  les coefficients des interactions à deux facteurs entre les variables
- $\epsilon$  est le terme d'erreur.



# ETABLISSEMENT DU PLAN

Factoriel, Fractionnaire

# PLAN ORTHOGONAL



Permet la définition d'un sous-ensemble d'essais sélectionnés de manière à réduire le nombre d'expérimentations nécessaires.

- Plan factoriel de  $3^3$  essais
- Plan fractionnaire de  $3^{k-p}$  essais, avec  $k=3$ ,  $p=1$ , soit 9 essais

Trois niveaux A = Huile, B = Proportion de pigment, C = Émulsifiant

## DESIGN MATRIX

```
# Génération d'un plan orthogonal à 3 niveaux avec 3 facteurs
plan <- oa.design(nlevels = c(3,3,3))

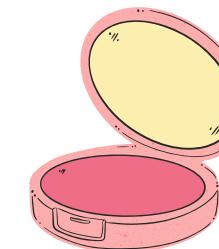
# Convertir en matrice numérique
design_matrix <- apply(plan, 2, function(x) as.numeric(as.character(x)))

design_matrix <- ifelse(design_matrix == 1, -1,
                       ifelse(design_matrix == 2, 0, 1))

# Afficher le résultat
print(design_matrix)
```

	A	B	C
1	0	0	0
2	1	-1	0
3	1	0	-1
4	-1	-1	-1
5	0	-1	1
6	-1	1	0
7	1	1	1
8	0	1	-1
9	-1	0	1

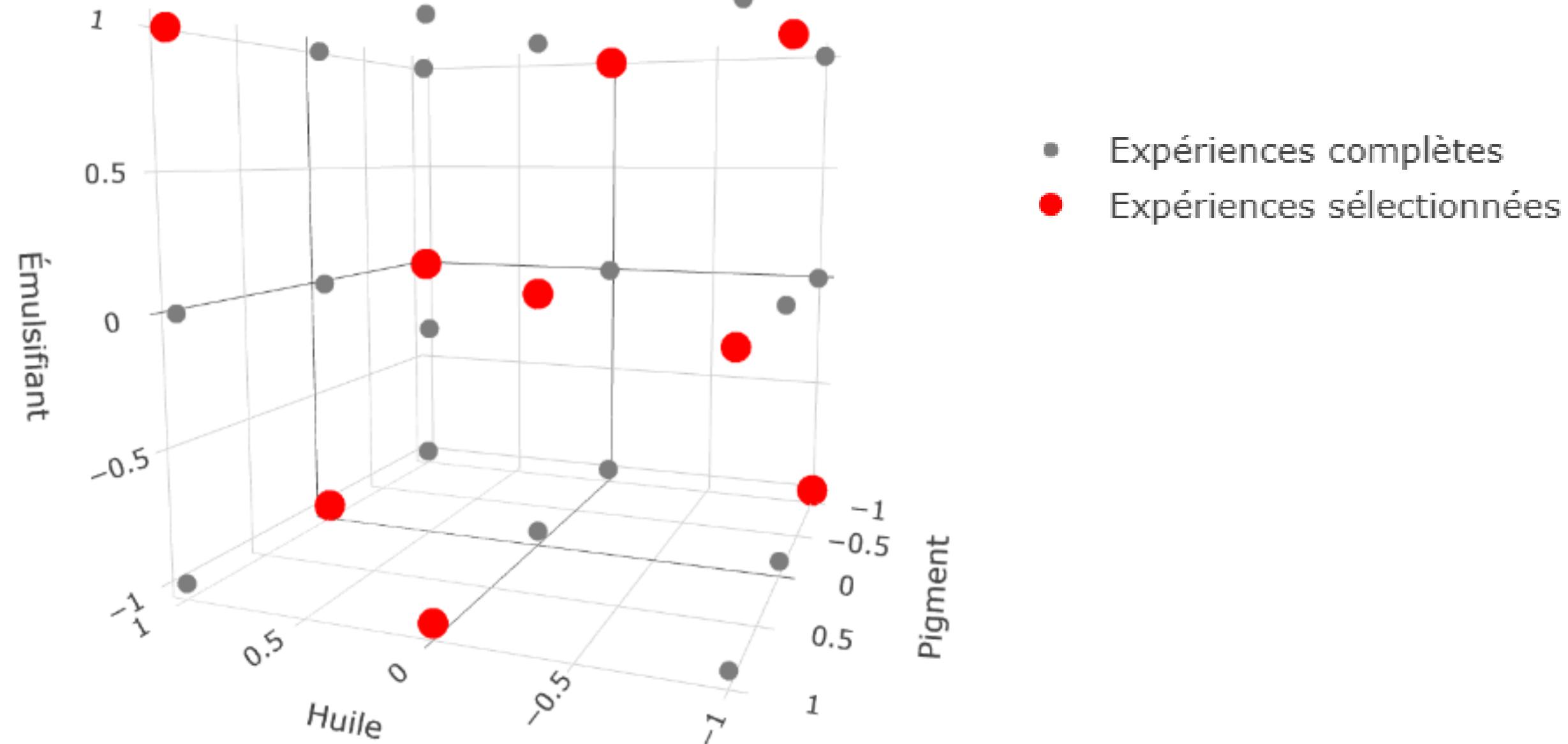
# PLAN ORTHOGONAL



Permet la définition d'un sous-ensemble d'essais sélectionnés de manière à réduire le nombre d'expérimentations nécessaires.

- Plan factoriel de  $3^3$  essais
- Plan fractionnaire de  $3^{k-p}$  essais, avec  $k=3$ ,  $p=1$ , soit 9 essais

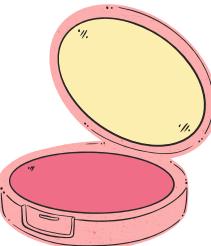
Trois niveaux A = Huile, B = Proportion de pigment, C = Émulsifiant



DESIGN MATRIX

	A	B	C
1	0	0	0
2	1	-1	0
3	1	0	-1
4	-1	-1	-1
5	0	-1	1
6	-1	1	0
7	1	1	1
8	0	1	-1
9	-1	0	1

# PLAN ORTHOGONAL



Permet la définition d'un sous-ensemble d'essais sélectionnés de manière à réduire le nombre d'expérimentations nécessaires.

Trois niveaux **A** = Huile, **B** = Proportion de pigment, **C** = Émulsifiant

## MATRICE DES EFFETS

	(Intercept)	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A:B</i>	<i>A:C</i>	<i>B:C</i>	<i>A:B:C</i>
1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	-1	0	-1	0	0	0
3	1	1	0	-1	0	-1	0	0
4	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
5	1	0	-1	1	0	0	-1	0
6	1	-1	1	0	-1	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	0	1	-1	0	0	-1	0
9	1	-1	0	1	0	-1	0	0



# PLAN ORTHOGONAL



Permet la définition d'un sous-ensemble d'essais sélectionnés de manière à réduire le nombre d'expérimentations nécessaires.

Trois niveaux **A** = Huile, **B** = Proportion de pigment, **C** = Émulsifiant

## MATRICE DES CORRELATIONS

	(Intercept)	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A:B</i>	<i>A:C</i>	<i>B:C</i>	<i>A:B:C</i>
(Intercept)	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>A</i>	NA	1.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.577
<i>B</i>	NA	0.000	1.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.577
<i>C</i>	NA	0.000	0.000	1.000	0.0	0.0	0.0	0.577
<i>A:B</i>	NA	0.000	0.000	0.000	1.0	0.5	0.5	0.000
<i>A:C</i>	NA	0.000	0.000	0.000	0.5	1.0	0.5	0.000
<i>B:C</i>	NA	0.000	0.000	0.000	0.5	0.5	1.0	0.000
<i>A:B:C</i>	NA	0.577	0.577	0.577	0.0	0.0	0.0	1.000

# PLAN ORTHOGONAL



Permet la définition d'un sous-ensemble d'essais sélectionnés de manière à réduire le nombre d'expérimentations nécessaires.

Trois niveaux A = Huile, B = Proportion de pigment, C = Émulsifiant

## VERIFICATION DE L'ALIASING

Entre 2 facteurs, deux à deux :

```
P2.2(plan)
```

```
length2 frequency
```

```
0 3
```

```
attr(,"A2")
```

[1] 0 → effets principaux bien séparés

Entre 3 facteurs :

```
P3.3(plan) # Vérifie l'aliasing entre 3 facteurs
```

```
length3 frequency
```

```
2 1
```

```
attr(,"A3")
```

[1] 2 → non nul, constitue une limite du plan

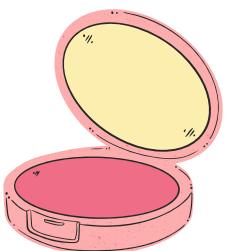


# EXPERIMENTATION

DES NEUFS ESSAIS DE BLUSH



# RESULTATS



Swatches de nos 9 essais de blush

1

2

3

4

5

6

7

8

9



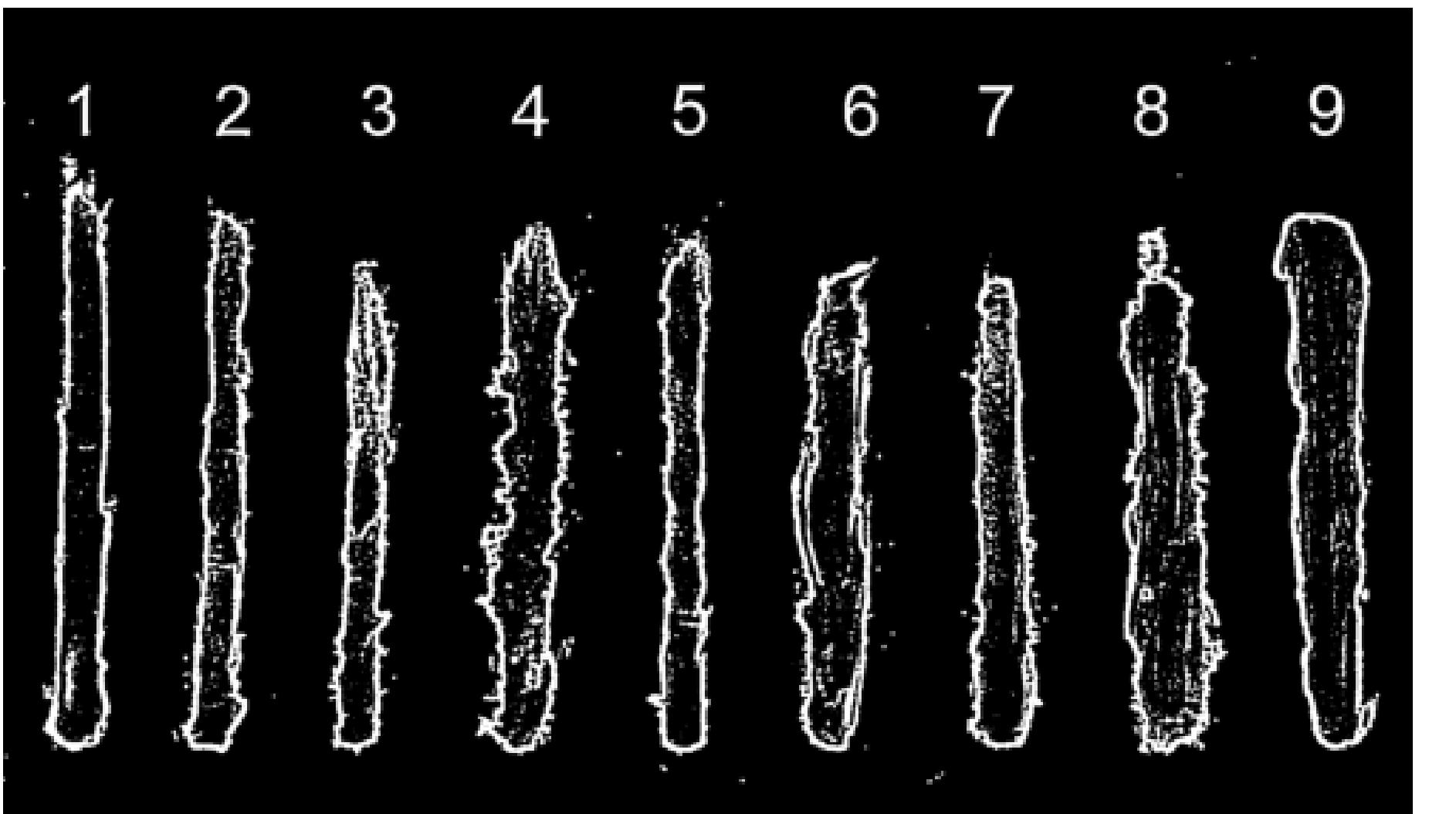
# ANALYSE DES ESSAIS

PAR TRAITEMENT D'IMAGE

# ANALYSE DES ESSAIS

Swatches de nos 9 essais de blush

Image Seuillée (Blush isolé)

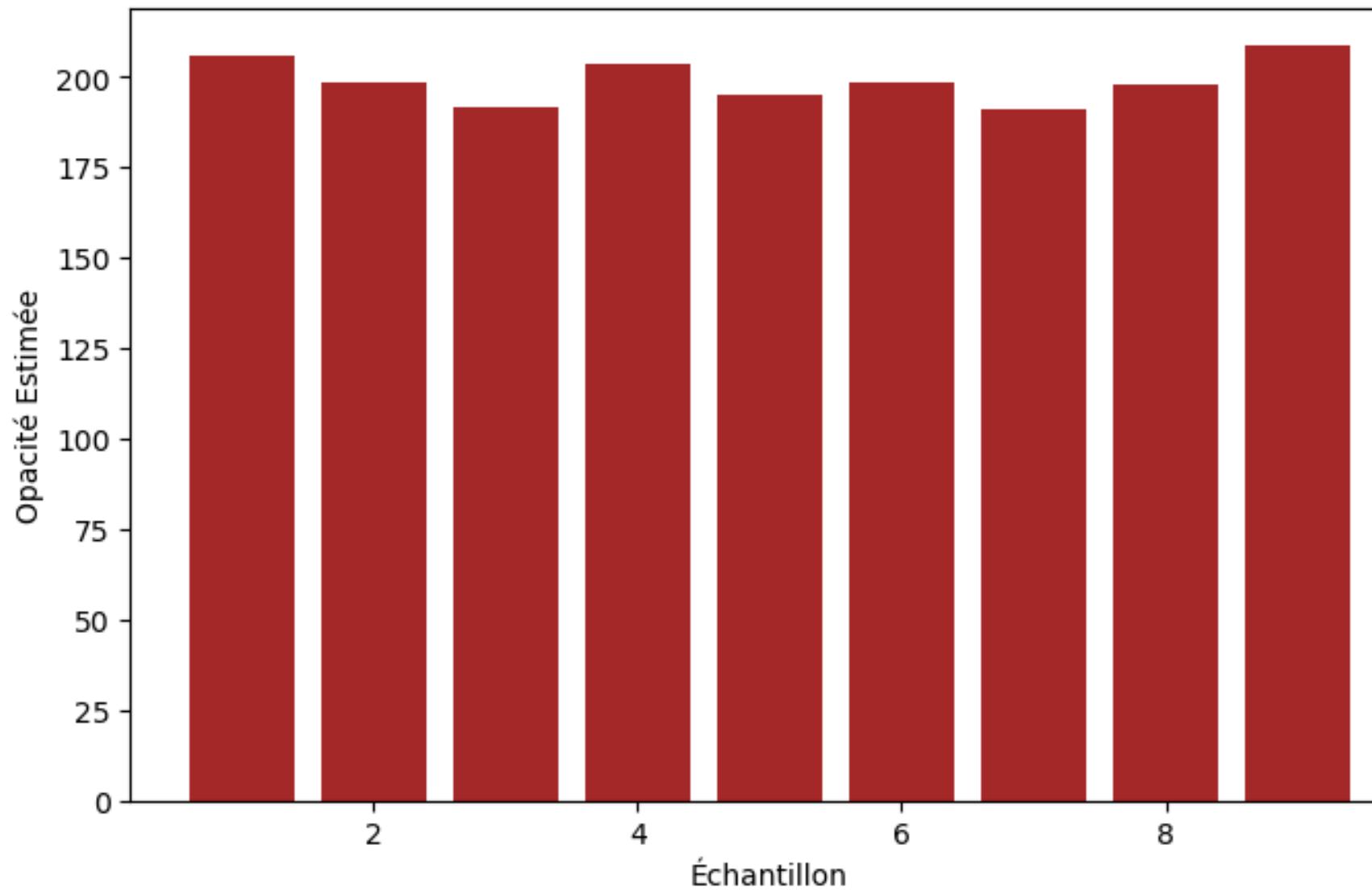


# ANALYSE DES ESSAIS



## Analyse de l'intensité

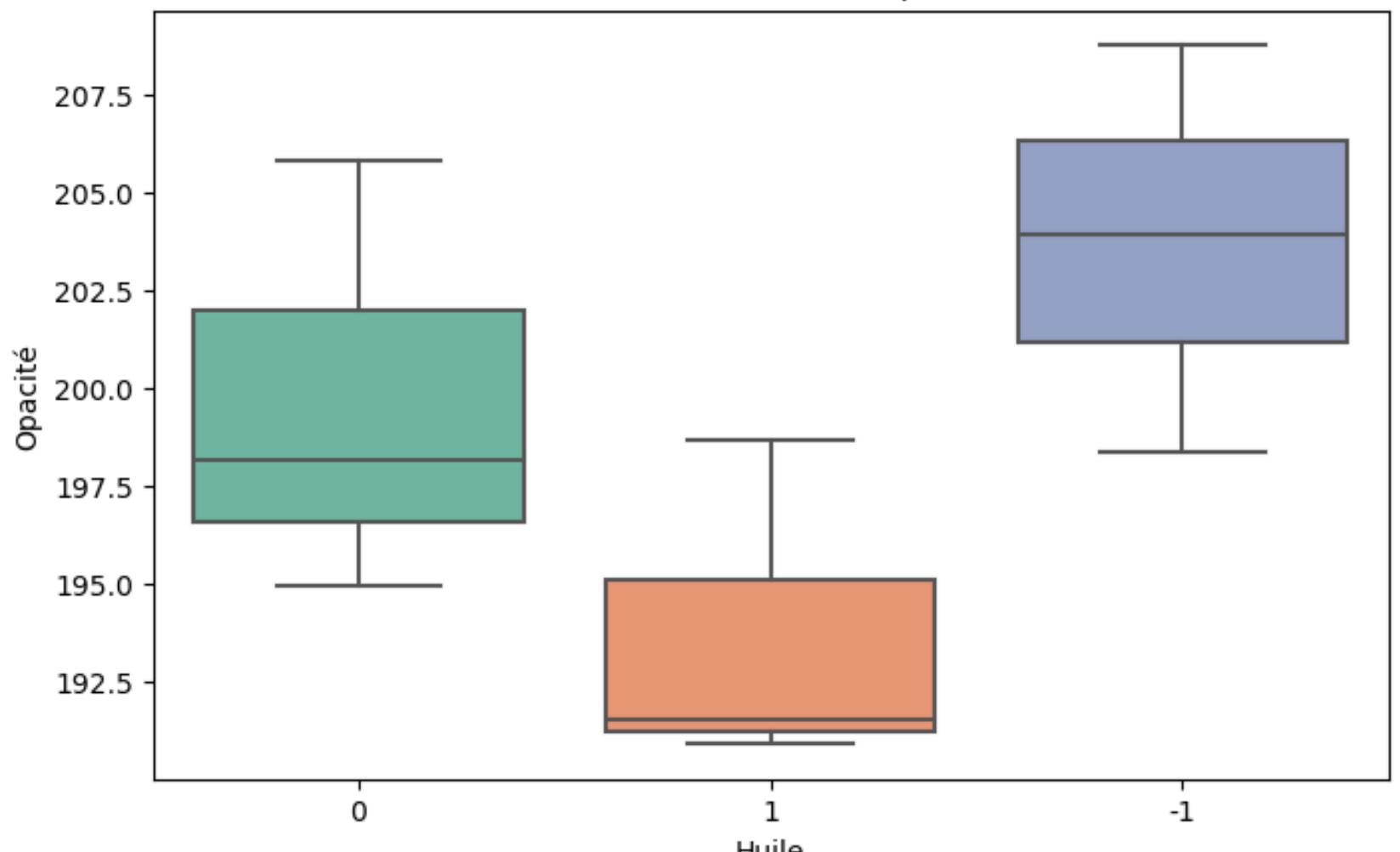
Comparaison de l'Opacité des Échantillons



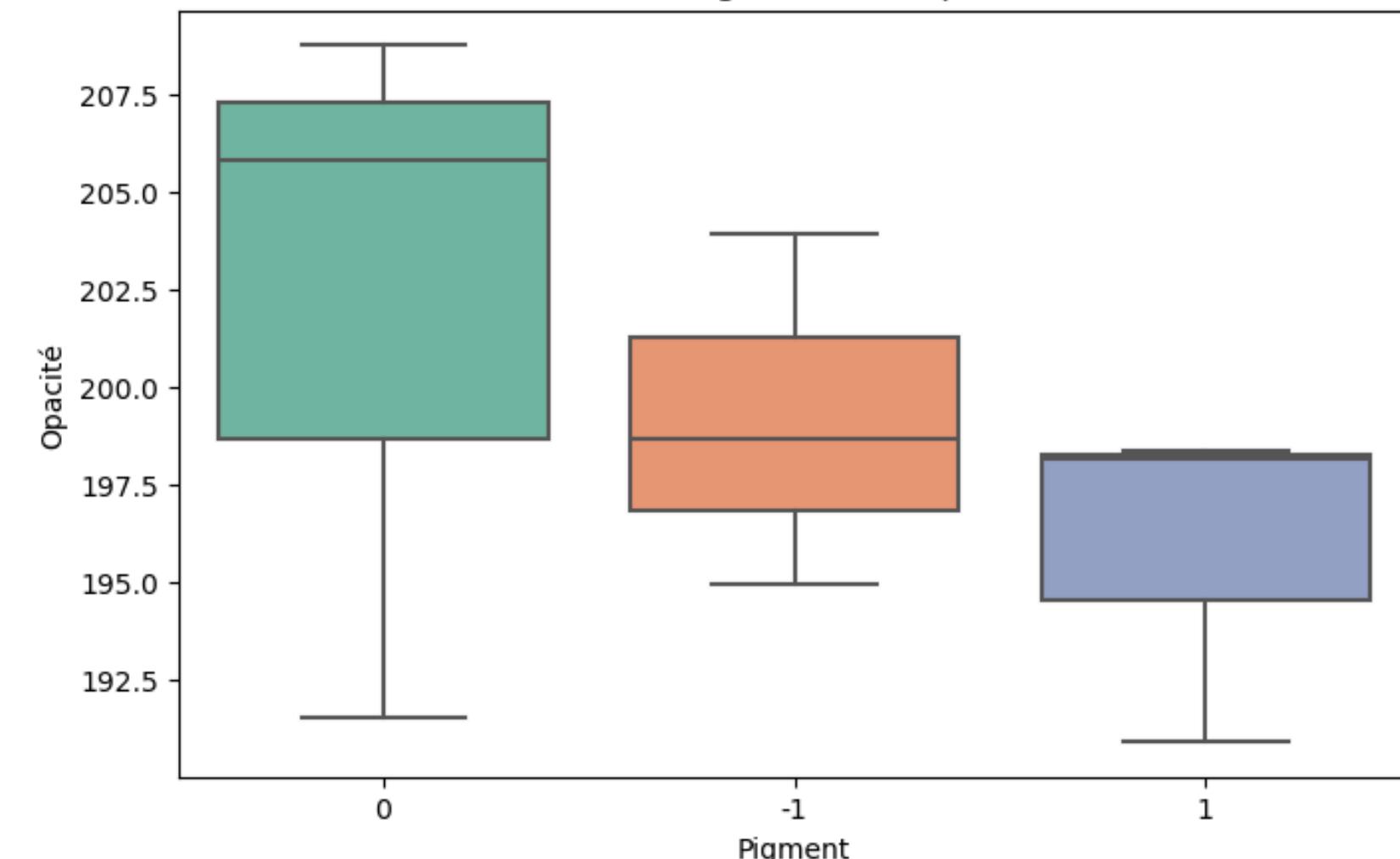
- 1: Intensité Moyenne = 49.15, Opacité Estimée = 205.85
- 2: Intensité Moyenne = 56.31, Opacité Estimée = 198.69
- 3: Intensité Moyenne = 63.48, Opacité Estimée = 191.52
- 4: Intensité Moyenne = 51.08, Opacité Estimée = 203.92
- 5: Intensité Moyenne = 60.03, Opacité Estimée = 194.97
- 6: Intensité Moyenne = 56.61, Opacité Estimée = 198.39
- 7: Intensité Moyenne = 64.10, Opacité Estimée = 190.90
- 8: Intensité Moyenne = 56.81, Opacité Estimée = 198.19
- 9: Intensité Moyenne = 46.22, Opacité Estimée = 208.78

moyenne huile -1	203.69666666666663
moyenne huile 0	199.67
moyenne huile 1	193.7033333333335
moyenne Pigment -1	199.1933333333336
moyenne Pigment 0	202.04999999999998
moyenne Pigment 1	195.82666666666668
moyenne Emulsifiant -1	197.87666666666667
moyenne Emulsifiant 0	200.97666666666666
moyenne Emulsifiant 1	198.21666666666667

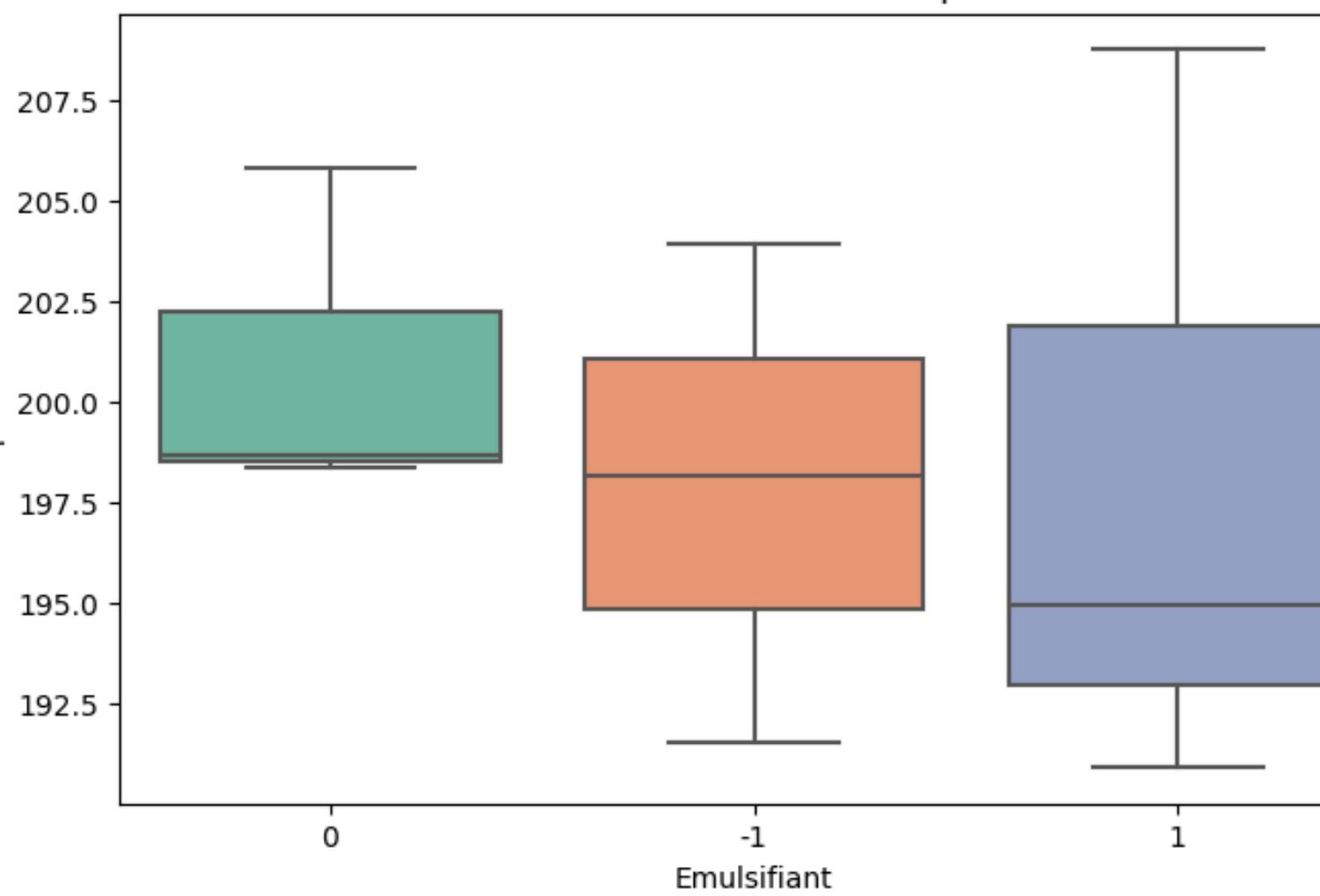
Effet de l'Huile sur l'Opacité



Effet du Pigment sur l'Opacité



Effet de l'Émulsifiant sur l'Opacité



# ANALYSE DES ESSAIS : RÉGRESSION

OLS Regression Results						
		y	R-squared:	0.593 <th data-cs="2" data-kind="parent"></th> <th data-kind="ghost"></th>		
Dep. Variable:		OLS	Adj. R-squared:	-0.628		
Model:		Least Squares	F-statistic:	0.4858		
Method:		Sat, 22 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.791		
Date:		12:29:22	Log-Likelihood:	-24.589		
Time:		9	AIC:	63.18		
No. Observations:		2	BIC:	64.56		
Df Residuals:		6				
Df Model:		nonrobust				
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	199.0233	2.629	75.707	0.000	187.712	210.334
A	-4.9967	3.220	-1.552	0.261	-18.850	8.857
B	-1.6833	3.220	-0.523	0.653	-15.537	12.170
C	0.1700	3.220	0.053	0.963	-13.683	14.023
A B	-0.3700	4.830	-0.077	0.946	-21.150	20.410
A C	-1.9800	4.830	-0.410	0.722	-22.760	18.800
B C	1.5900	4.830	0.329	0.773	-19.190	22.370
Omnibus:	0.534	Durbin-Watson:		0.914		
Prob(Omnibus):	0.766	Jarque-Bera (JB):		0.530		
Skew:	0.279	Prob(JB):		0.767		
Kurtosis:	1.951	Cond. No.		2.12		

OLS Regression Results						
		y	R-squared:	0.593		
Dep. Variable:		OLS	Adj. R-squared:	-0.628		
Model:		Least Squares	F-statistic:	0.4858		
Method:		Sat, 22 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.791		
Date:		12:29:53	Log-Likelihood:	-24.589		
Time:		9	AIC:	63.18		
No. Observations:		2	BIC:	64.56		
Df Residuals:		6				
Df Model:		nonrobust				
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
Intercept	199.0233	2.629	75.707	0.000	187.712	210.334
A	-4.4542	2.976	-1.497	0.273	-17.257	8.349
B	-1.1408	2.976	-0.383	0.738	-13.944	11.662
C	0.7125	2.976	0.239	0.833	-12.091	13.516
A B	-0.3700	4.830	-0.077	0.946	-21.150	20.410
A C	-1.9800	4.830	-0.410	0.722	-22.760	18.800
B C	1.5900	4.830	0.329	0.773	-19.190	22.370
A B C	-1.6275	1.394	-1.167	0.363	-7.626	4.371
Omnibus:	0.534	Durbin-Watson:		0.914		
Prob(Omnibus):	0.766	Jarque-Bera (JB):		0.530		
Skew:	0.279	Prob(JB):		0.767		
Kurtosis:	1.951	Cond. No.		2.23e+16		

# ANALYSE DES ESSAIS : RÉGRESSION

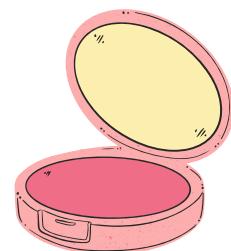
OLS Regression Results													
Dep. Variable:	y	R-squared:	0.546	Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.274						
Method:	Least Squares	F-statistic:	2.006	Date:	Sat, 22 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.232						
Date:	Sat, 22 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.232	Time:	12:30:21	Log-Likelihood:	-25.079						
No. Observations:	9	AIC:	58.16	Df Residuals:	5	BIC:	58.95						
Df Model:	3	Covariance Type:	nonrobust	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]				
Intercept	199.0233	1.756	113.354	0.000	194.510	203.537	Intercept	202.0500	2.552	79.180	0.000	195.490	208.610
A	-4.9967	2.150	-2.324	0.068	-10.524	0.531	A	-4.9967	1.804	-2.769	0.039	-9.635	-0.358
B	-1.6833	2.150	-0.783	0.469	-7.211	3.844	B	-1.6833	1.804	-0.933	0.394	-6.322	2.955
C	0.1700	2.150	0.079	0.940	-5.358	5.698	B^2	-4.5400	3.125	-1.453	0.206	-12.574	3.494
Omnibus:	0.513	Durbin-Watson:	0.656	Omnibus:	0.855	Durbin-Watson:	1.633						
Prob(Omnibus):	0.774	Jarque-Bera (JB):	0.522	Prob(Omnibus):	0.652	Jarque-Bera (JB):	0.639						
Skew:	0.282	Prob(JB):	0.770	Skew:	-0.296	Prob(JB):	0.727						
Kurtosis:	1.964	Cond. No.	1.22	Kurtosis:	1.837	Cond. No.	3.23						

OLS Regression Results													
Dep. Variable:	y	R-squared:	0.680	Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.489						
Method:	Least Squares	F-statistic:	3.550	Date:	Sat, 22 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.103						
Date:	Sat, 22 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.103	Time:	12:49:04	Log-Likelihood:	-23.500						
No. Observations:	9	AIC:	55.00	Df Residuals:	5	BIC:	55.79						
Df Model:	3	Covariance Type:	nonrobust	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]				
Intercept	202.0500	2.552	79.180	0.000	195.490	208.610	Intercept	202.0500	2.552	79.180	0.000	195.490	208.610
A	-4.9967	1.804	-2.769	0.039	-9.635	-0.358	A	-4.9967	1.804	-2.769	0.039	-9.635	-0.358
B	-1.6833	1.804	-0.933	0.394	-6.322	2.955	B	-1.6833	1.804	-0.933	0.394	-6.322	2.955
B^2	-4.5400	3.125	-1.453	0.206	-12.574	3.494	B^2	-4.5400	3.125	-1.453	0.206	-12.574	3.494
Omnibus:	0.855	Durbin-Watson:	1.633	Omnibus:	0.855	Durbin-Watson:	1.633						
Prob(Omnibus):	0.652	Jarque-Bera (JB):	0.639	Prob(Omnibus):	0.652	Jarque-Bera (JB):	0.639						
Skew:	-0.296	Prob(JB):	0.727	Skew:	-0.296	Prob(JB):	0.727						
Kurtosis:	1.837	Cond. No.	3.23	Kurtosis:	1.837	Cond. No.	3.23						

# ANALYSE DES ESSAIS : RÉGRESSION

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	y	R-squared:	0.490			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.417			
Method:	Least Squares	F-statistic:	6.726			
Date:	Sat, 22 Mar 2025	Prob (F-statistic):	0.0358			
Time:	12:50:21	Log-Likelihood:	-25.604			
No. Observations:	9	AIC:	55.21			
Df Residuals:	7	BIC:	55.60			
Df Model:	1					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
-----						
Intercept	199.0233	1.573	126.519	0.000	195.304	202.743
A	-4.9967	1.927	-2.593	0.036	-9.552	-0.441
-----						
Omnibus:		1.558	Durbin-Watson:		0.788	
Prob(Omnibus):		0.459	Jarque-Bera (JB):		0.839	
Skew:		0.363	Prob(JB):		0.657	
Kurtosis:		1.692	Cond. No.			1.22
-----						

# VALIDATION



**Objectif :** Vérifier la capacité du modèle à prédire l'opacité sur tout le plan factoriel complet

**Méthode :** Comparaison des valeurs prédites vs réelles

- Exemple 1 : (A=-1, B=-1, C=-1)  
→ Prédit : 204.02 / Réel : 203.92

- Exemple 2 : (A=-1, B=0, C=1)  
→ Prédit : 204.02 / Réel : 208.78

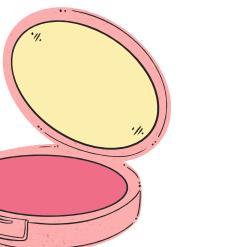
## Résultats :

- Faibles écarts → Modèle jugé fiable

Cohérence avec l'analyse exploratoire (boxplots) :  
- L'huile est le facteur le plus influent sur l'opacité

Résultats du plan complet (prédictions d'opacité) :				
	A	B	C	Opacité prédictive
0	-1	-1	-1	204.020000
1	-1	0	-1	204.020000
2	-1	1	-1	204.020000
3	0	-1	-1	199.023333
4	0	0	-1	199.023333
5	0	1	-1	199.023333
6	1	-1	-1	194.026667
7	1	0	-1	194.026667
8	1	1	-1	194.026667
9	-1	-1	0	204.020000
10	-1	0	0	204.020000
11	-1	1	0	204.020000
12	0	-1	0	199.023333
13	0	0	0	199.023333
14	0	1	0	199.023333
15	1	-1	0	194.026667
16	1	0	0	194.026667
17	1	1	0	194.026667
18	-1	-1	1	204.020000
19	-1	0	1	204.020000
20	-1	1	1	204.020000
21	0	-1	1	199.023333
22	0	0	1	199.023333
23	0	1	1	199.023333
24	1	-1	1	194.026667
25	1	0	1	194.026667
26	1	1	1	194.026667

# CONCLUSION



- L'huile (facteur A) = facteur le plus influent
- Huile de jojoba ( $A = -1$ ) → opacité plus élevée
- Pigment (B) et émulsifiant (C) = effets faibles
- p-values élevées → non significatifs

Axe d'optimisation

Contrôle du type d'huile

Bilan du plan d'expérience

Axes d'améliorations





**MERCI POUR VOTRE ÉCOUTE**

*Des questions ?*



# BIBLIOGRAPHIE



Cours de *Plan d'expériences* C. BERTHOU, M. JONCOUR, Safran, M2 SCDI ISUP

**Recette de blush crème, Aromazone**

<https://www.aroma-zone.com/recipe/blush-creme-pecheambre>

Les conseils de Fatima-Zohra ZOUHIR, technicienne chimiste au *FabLab*, Sorbonne Université