Schémas expérimentaux et puissance du dispositif expérimental

Nicolas Bedere

▶ **To cite this version:**

Nicolas Bedere. Schémas expérimentaux et puissance du dispositif expérimental. (Schémas expérimentaux et puissance du dispositif expérimental), 2019. hal-02791515

HAL Id: hal-02791515
https://hal.inrae.fr/hal-02791515

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

Schémas expérimentaux et puissance du dispositif expérimental

Nicolas Bédère

24/09/2019

CC BY SA

Plan de l'intervention

Introduction

1. Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?
2. Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?
3. Dispositifs expérimentaux

Conclusion

CC BY SA

Introduction :
Un schéma expérimental « bien » pensé…

Approche Scientifique
= Résultats éprouvés

Gagner du temps
et argent

Réduire le nombre d'animaux
(Reduce – Refine – Replace)

Publier

Arguments
de vente

EN Official Journal of the European Union

DIRECTIVES

DIRECTIVE 2010/63/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

of 22 September 2010

on the protection of animals used for scientific purposes

(Text with EEA relevance)

CC BY SA

Plan de l'intervention

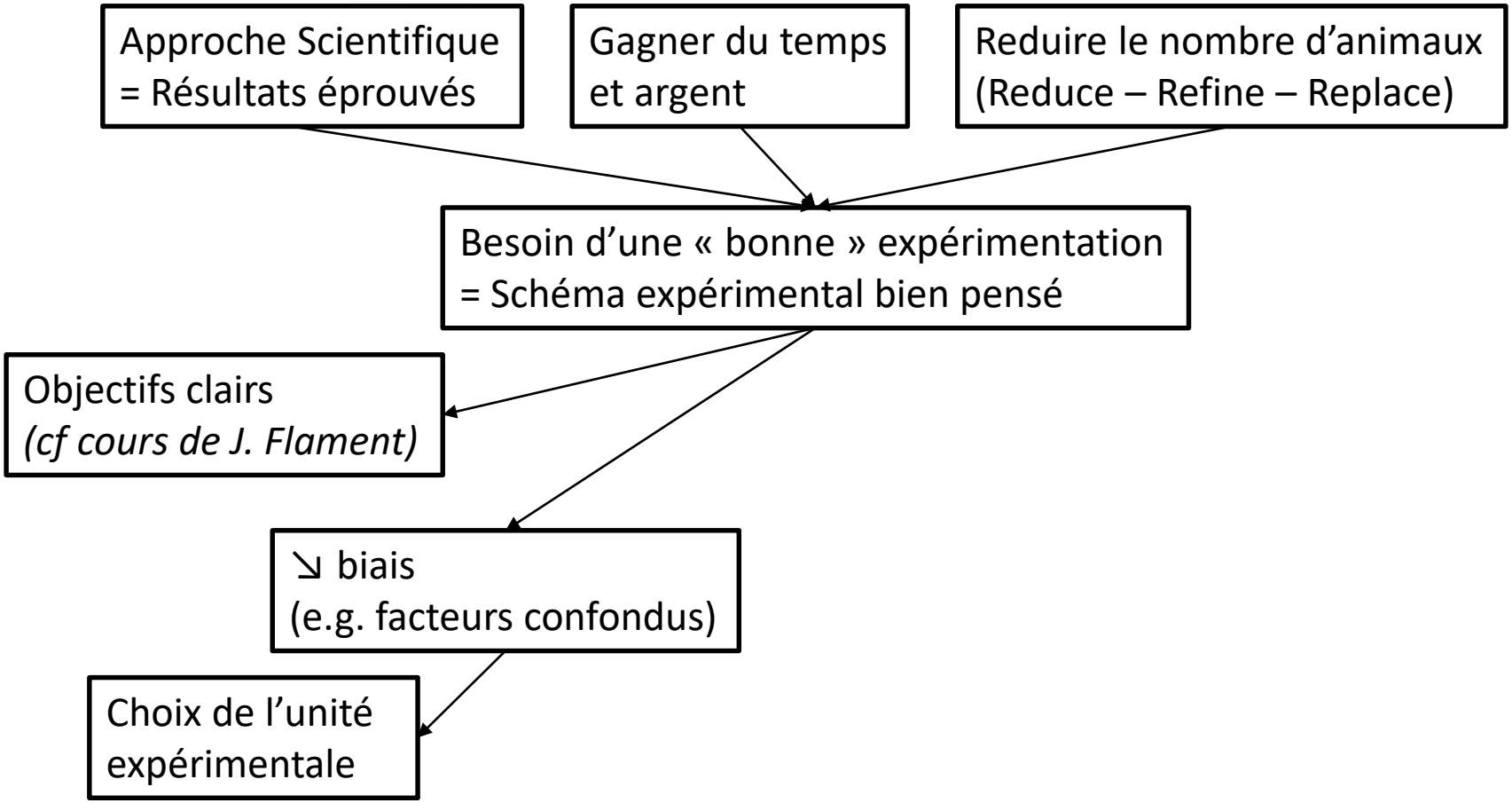
Introduction

1. Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?
2. Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?
3. Dispositifs expérimentaux

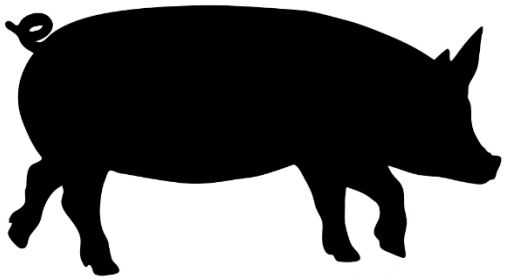
Conclusion

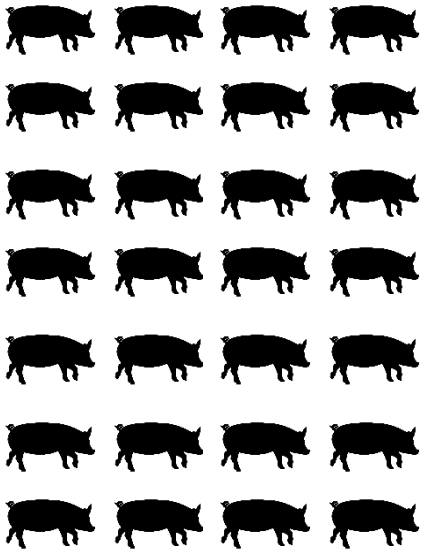
CC BY SA

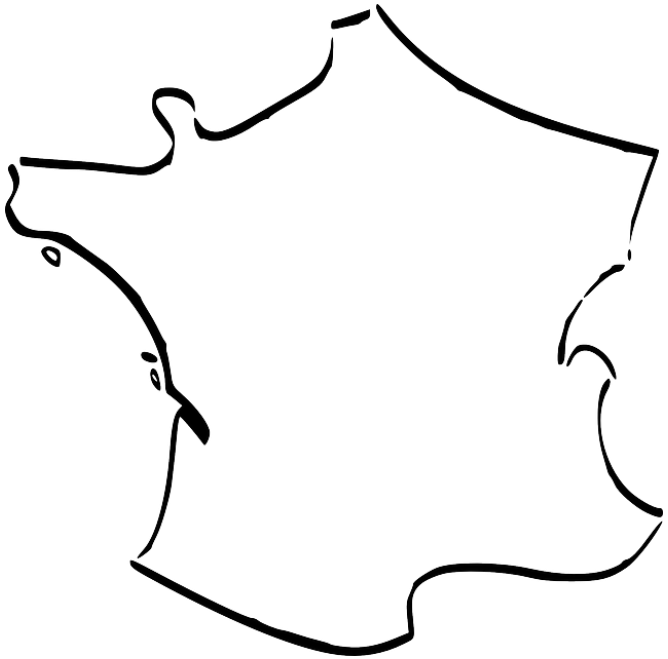
Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



Le choix de l'unité expérimentale



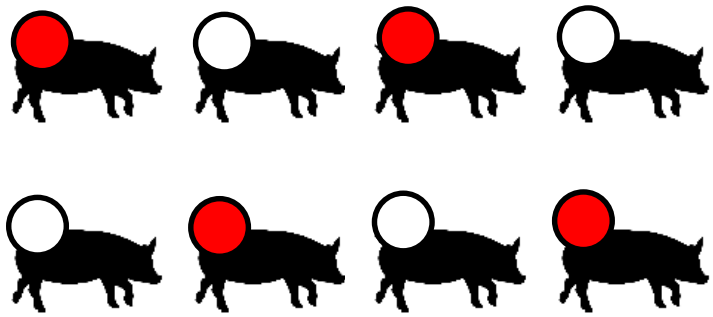




CC BY SA

Le choix de l'unité expérimentale : exemples

Si je prends 8 cochons d'une bande, j'injecte à certains un vaccin, un placebo à d'autres. Quel est le nombre d'unité expérimentales ?



A – 8

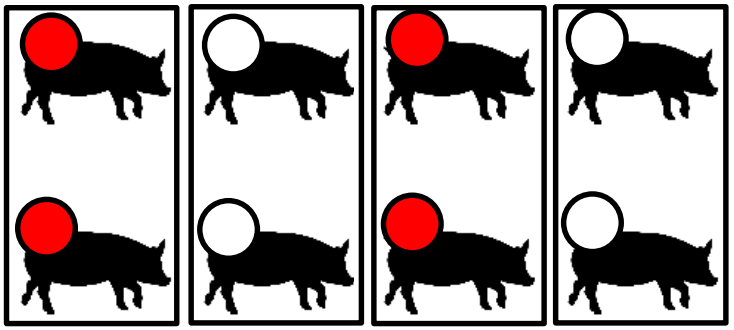
B – 4

C – 2

CC BY SA

Le choix de l'unité expérimentale : exemples

Maintenant, si j'isole les 8 cochons malades dans mon espace de quarantaine où ils sont loger par 2 dans des cases.
j'injecte mon vaccin aux cochons de 1 case sur 2. Quel est le nombre d'unité expérimentales ?



A – 8

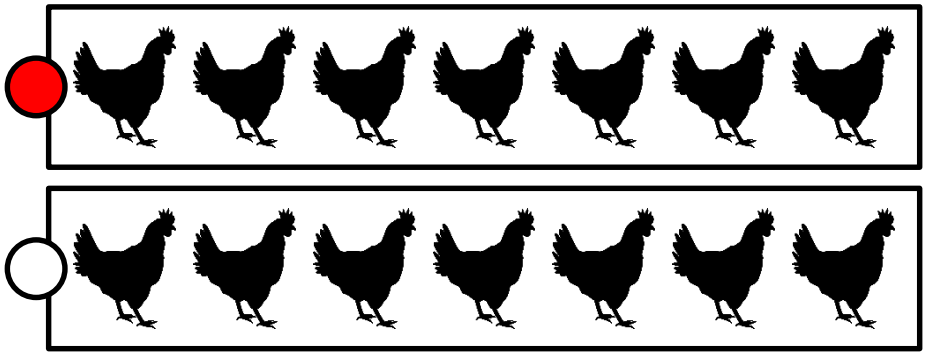
B – 4

C – 2

CC BY SA

Le choix de l'unité expérimentale : exemples

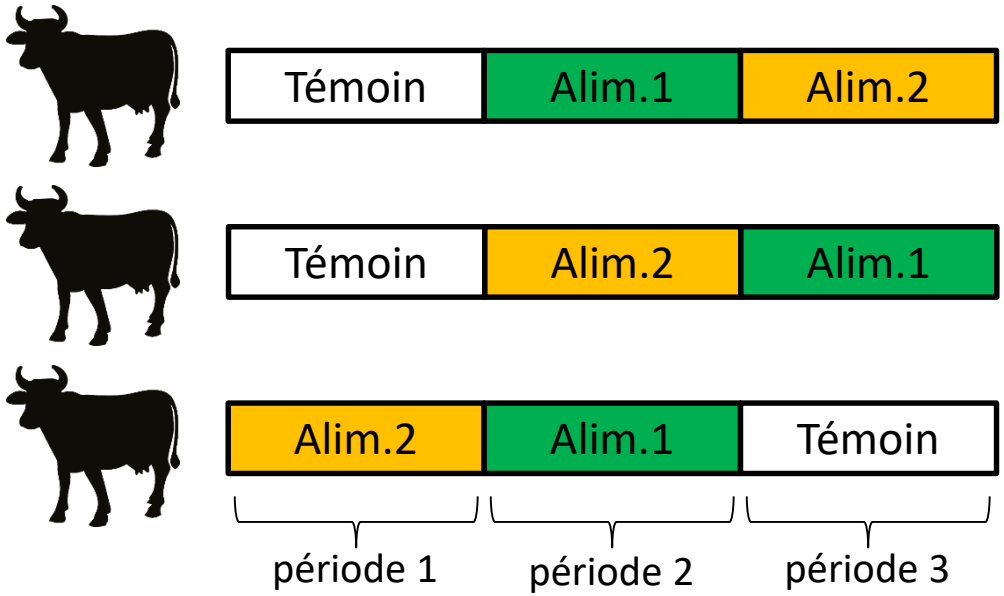
Si je prends 2 poulaillers de 7 poulets de chair chacun. J'ajoute un vaccin à l'eau de boisson de l'un des bâtiment et rien dans l'autre.
Quel est le nombre d'unité expérimentales ?



A – 14
B – 7
C – 2

Le choix de l'unité expérimentale : exemples

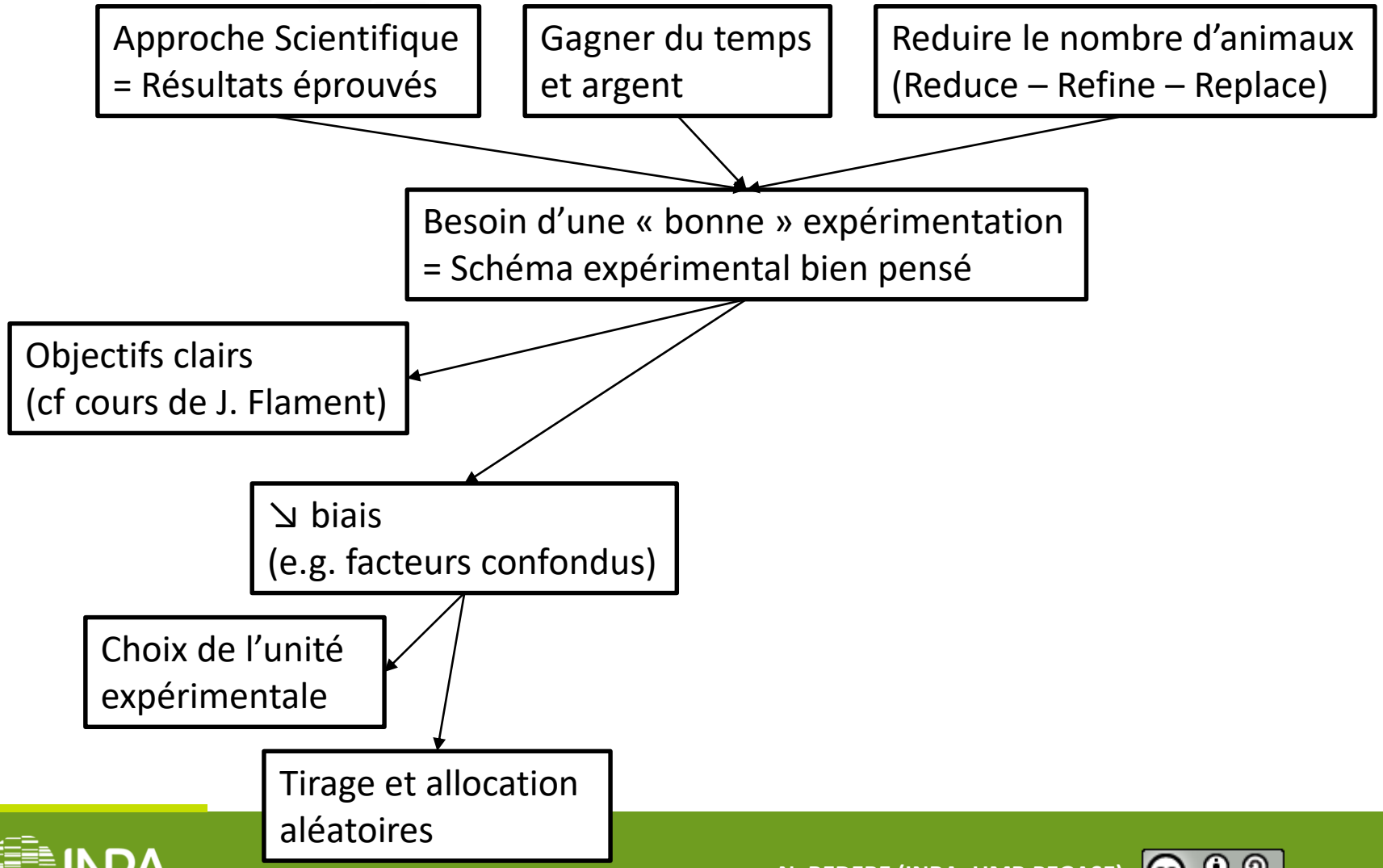
Si je prends 3 vaches sur lesquelles je veux tester les effets de 2 aliments.
J'utilise une allocation aléatoire de mes traitements sur 3 périodes.
Quel est le nombre d'unité expérimentales ?



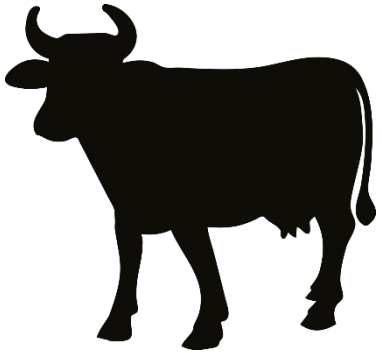
A – 3
B – 6
C – 9

CC BY SA

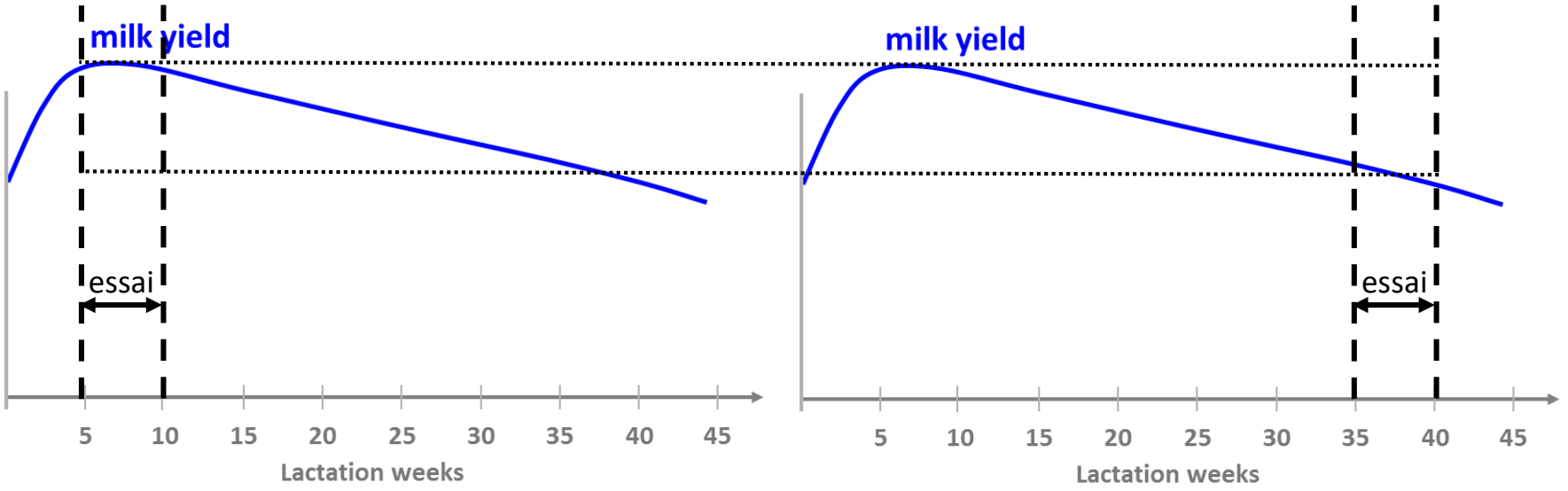
Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



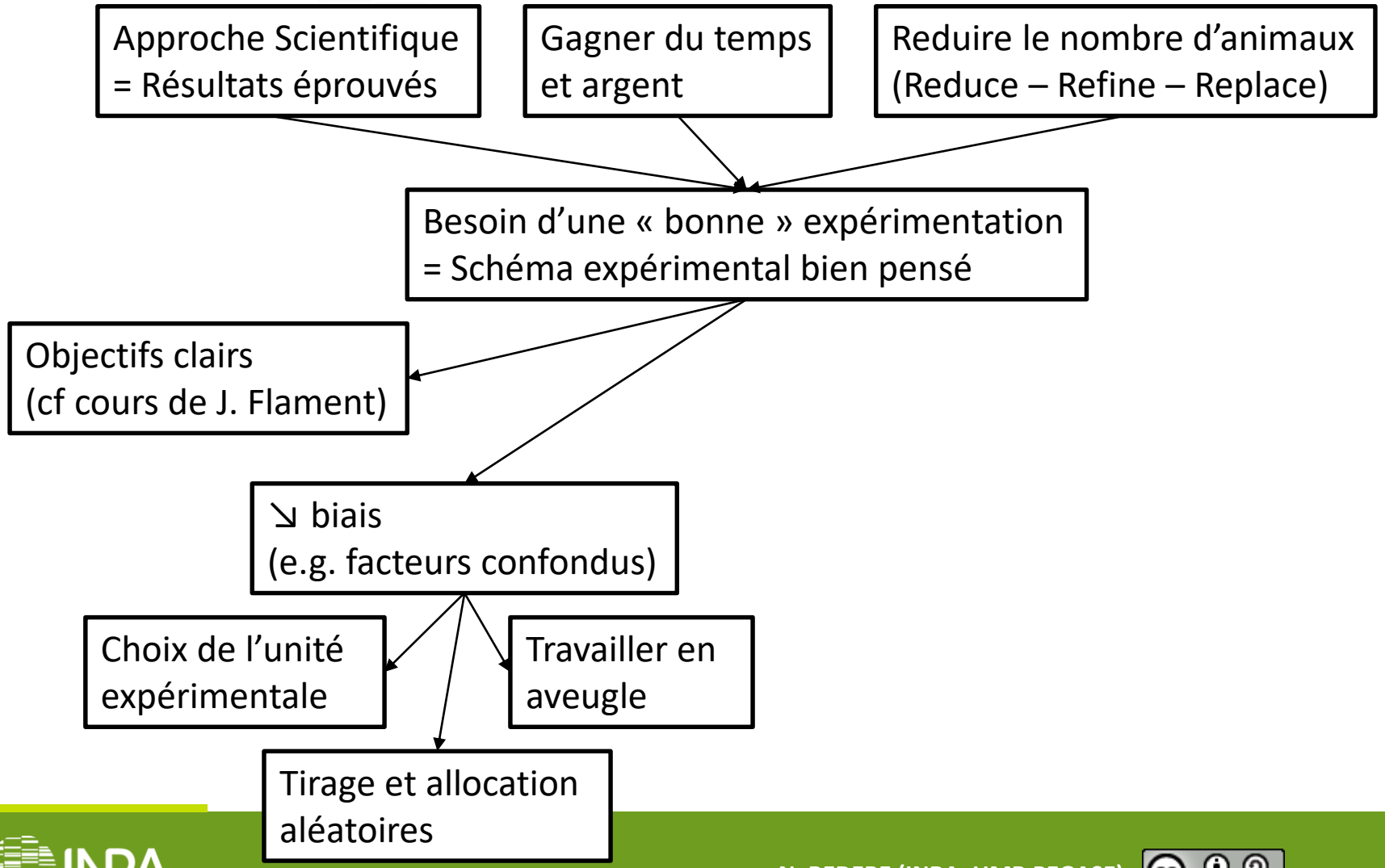
Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



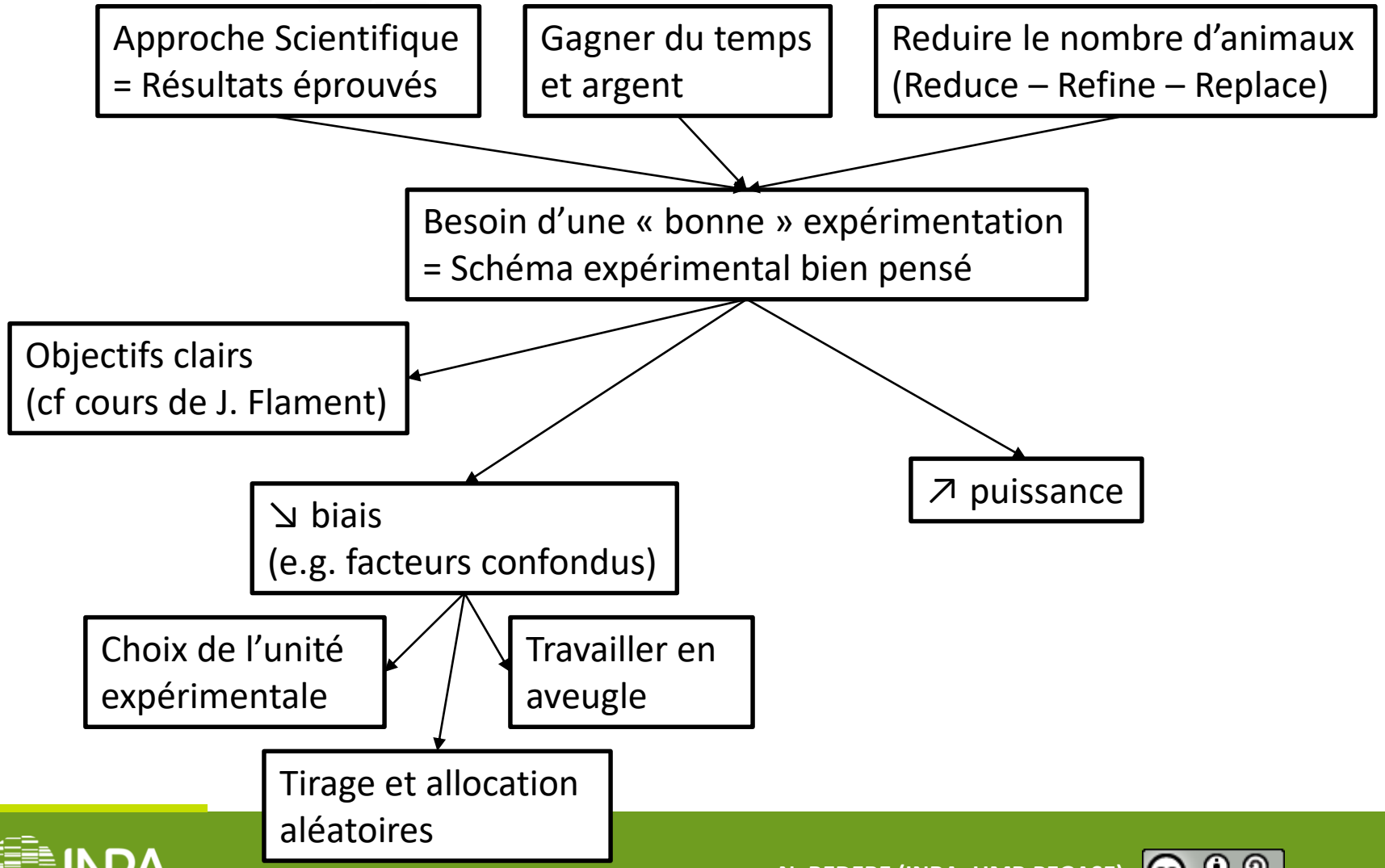
Exemple biais : le temps pour tirage aléatoire



Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?

α : risque de 1ère espèce
β : risque de 2nd espèce

La puissance: Késako ?

$$Puissance = 1 - \beta$$
$$= 1 - risque\ d'accepter\ H_0\ a\ tord$$
$$= Probabilite\ de\ detecter\ une\ difference\ qui\ existe\ !$$

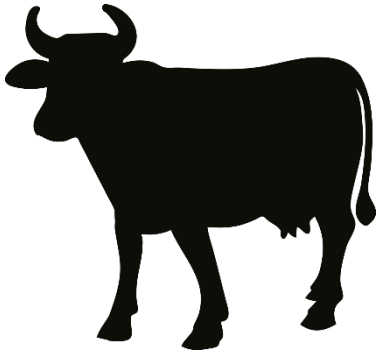
Le calcul de cette probabilité intègre 4 paramètres

- **α** : le risque de 1ère espèce
- **σ** : la variabilité intra-groupe
- ***n*** : nombre d'individus par groupe
- **δ** : l'amplitude de la différence que l'on veut détecter

➔ **Cela suppose donc quelques *a priori* !**

CC BY SA

Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



Exemple en vaches laitières :

Je travaille en R&D dans l'entreprise SuperFirmeService,

J'ai fait de la biblio, j'ai de bonnes raisons de croire qu'en ajoutant du miel dans les concentrés des VL je vais leur permettre de maximiser la production laitière par rapport à l'aliment concentré classique (~+3%).

Je sais que : Les 100 Holstein de ma ferme de référence produisent en moyenne 9000±1200kg/an

→ $\alpha = 5\%$

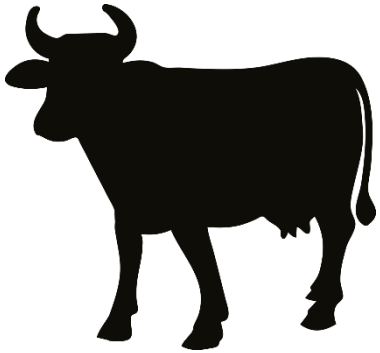
→ $sd = 1200kg$

→ $\delta = 3\% = 270kg$

→ $n = 100/2$

CC BY SA

Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?

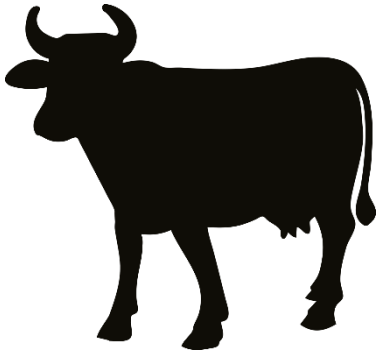


Je sais que : Les 100 Holstein de ma ferme de référence produisent en moyenne 9000±1200kg/an

- → α = 5%
- → sd = 1200kg
- → δ = 3% = 270kg
- → *n* = 100/2

```
power.t.test(n=50,delta=270,sd=1200,sig.level=0.05,power=NULL)
```

Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?

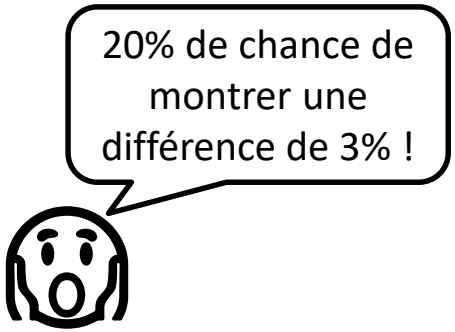


Je sais que : Les 100 Holstein de ma ferme de référence produisent en moyenne 9000±1200kg/an

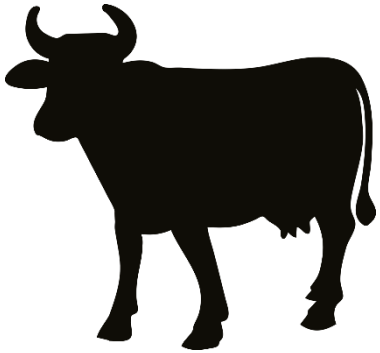
- → $\alpha = 5\%$
- → sd = 1200kg
- → $\delta = 3\% = 270$kg
- → $n = 100/2$

```
power.t.test(n=50,delta=270,sd=1200,sig.level=0.05,power=NULL)
```

```
     Two-sample t test power calculation
              n = 50
          delta = 270
             sd = 1200
      sig.level = 0.05
          power = 0.1987855
    alternative = two.sided
NOTE: n is number in *each* group
```



Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



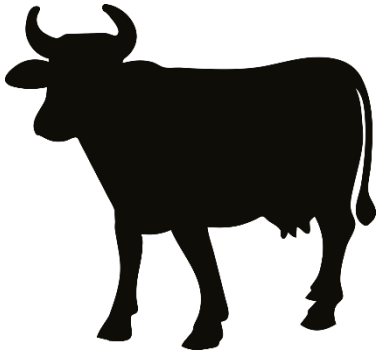
Donc, avec mes 100 vaches, quelle est la différence que je suis en mesure de tester ?

- → α = 5%
- → sd = 1200kg
- → β = 80%
- → δ = ?
- → *n* = 100/2

```
power.t.test(n=50,delta=NULL,sd=1200,sig.level=0.05,power=0.8)
     Two-sample t test power calculation
              n = 50
          delta = 679.0595
             sd = 1200
      sig.level = 0.05
          power = 0.8
    alternative = two.sided
NOTE: n is number in *each* group
```


CC BY SA

Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?



Donc, avec mes 100 vaches, quelle est la différence que je suis en mesure de tester ?

- → α = 5%
- → sd = 1200kg
- → β = 80%
- → δ = ?
- → *n* = 100/2

```
power.t.test(n=50,delta=NULL,sd=1200,sig.level=0.05,power=0.8)

     Two-sample t test power calculation

              n = 50
          delta = 679.0595
             sd = 1200
```

NOTE: n is number in *each* group

Dans ma ferme pilote, je pourrai démontrer avec mes 100 vaches laitières une différence de production de 679 kg soient de 8% entre les groupes

Plan de l'intervention

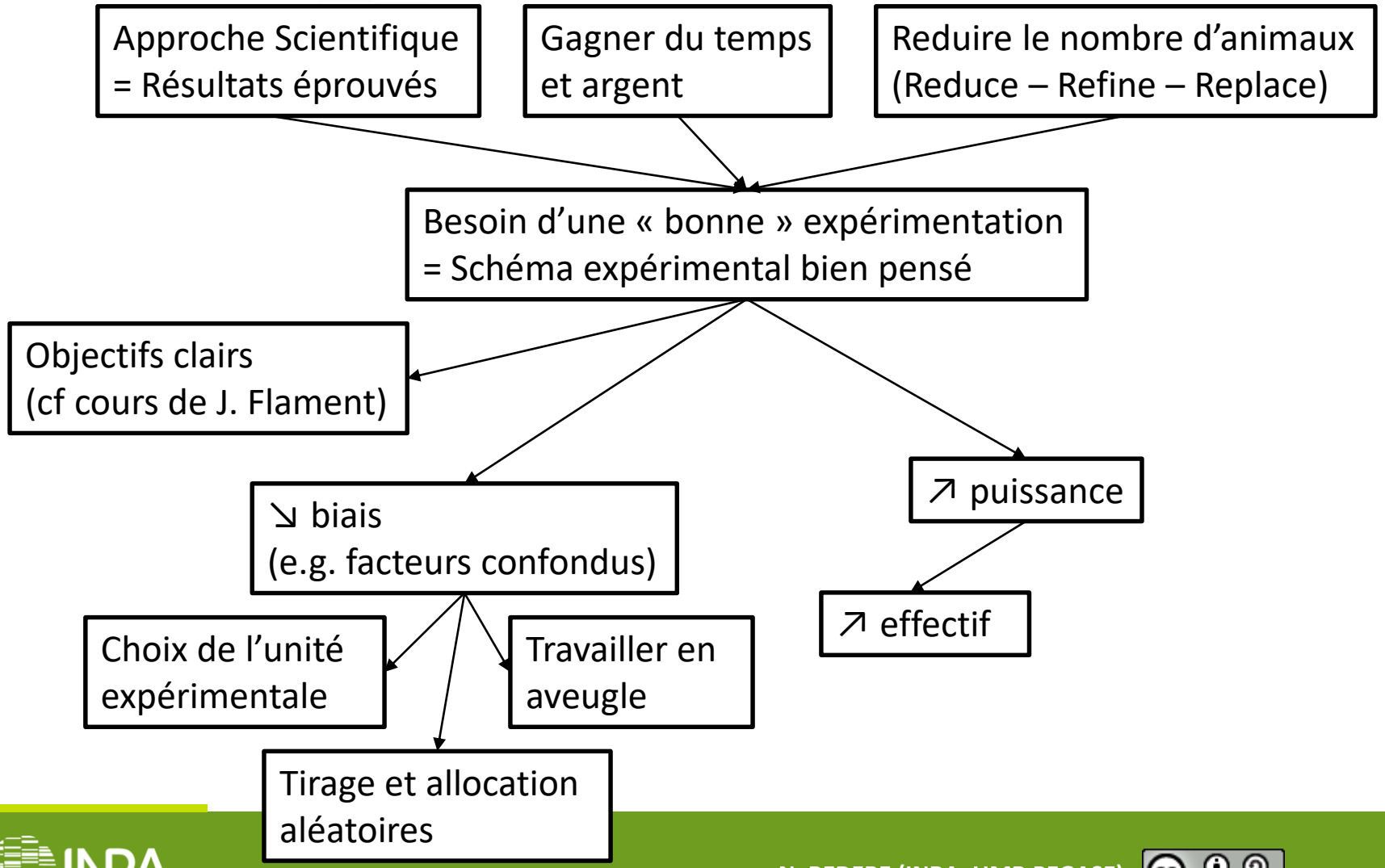
Introduction

1. Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?
2. Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?
3. Dispositifs expérimentaux

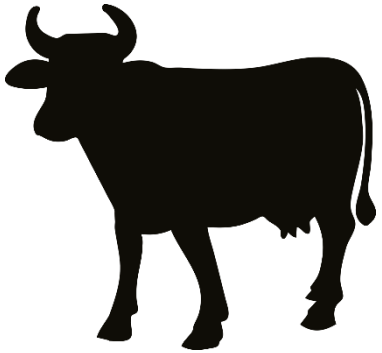
Conclusion

CC BY SA

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



Donc, avec combien d'animaux puis-je éprouver la ≠

→ $\alpha = 5\%$

→ sd = 1200kg

→ $\delta = 3\% = 270$kg

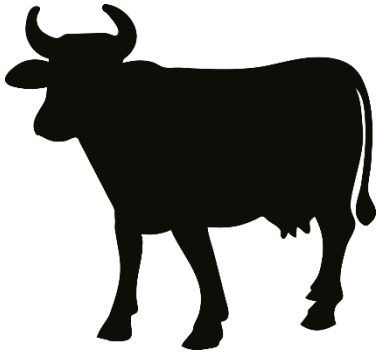
→ $\beta = 80\%$

→ $n = ?$

```
power.t.test(n=NULL,delta=270,sd=1200,sig.level=0.05,power=0.8)
     Two-sample t test power calculation
              n = 311.0425
          delta = 270
             sd = 1200
      sig.level = 0.05
          power = 0.8
    alternative = two.sided
NOTE: n is number in *each* group
```


CC BY SA

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



Donc, avec combien d'animaux puis-je éprouver la ≠

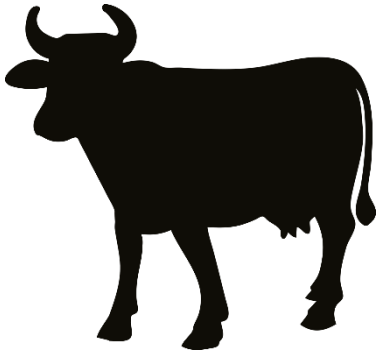
- → α = 5%
- → sd = 1200kg
- → δ = 3% = 270kg
- → β = 80%
- → *n* = ?

```
power.t.test(n=NULL,delta=270,sd=1200,sig.level=0.05,power=0.8)
     Two-sample t test power calculation
              n = 311.0425
```

Il me faudra 311*2=622 lactations pour démontrer l'effet..
Est-ce réalisable ?

```
          power = 0.8
    alternative = two.sided
NOTE: n is number in *each* group
```

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



Donc, avec combien d'animaux puis-je éprouver la ≠

- → $\alpha = 5\%$
- → sd = 1200kg
- → $\delta = 3\% = 270$kg
- → $\beta = 80\%$
- → $n = ?$

```
power.t.test(n=NULL                                    wer=0.8)
```

1 ferme de 622 vaches ?

7 fermes de 89 vaches ?

1 ferme de 89 vaches pendant 7 ans ?

etc.

Il me faudra 311*2=622 lactations pour démontrer l'effet..
Est-ce réalisable ?

```
power = 0.8
alternative = two.sided
NOTE: n is number in *each* group
```

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?

Commencez vous à voir la limite ?

- → α = 5%
- → sd = 1200kg
- → δ = 0,01% = 9kg
- → β = 80%
- → *n* = ?

```
power.t.test(n=NULL,delta=9,sd=1200,sig.level=0.05,power=0.8)

     Two-sample t test power calculation

              n = 279072.2
          delta = 9
             sd = 1200
      sig.level = 0.05
          power = 0.8
    alternative = two.sided

NOTE: n is number in *each* group
```

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?

Commencez vous à voir la limite ?

- → α = 5%
- → sd = 1200kg
- → δ = 0,01% = 9kg
- → β = 80%
- → *n* = ?

```
power.t.test(n=NULL,delta=9,sd=1200,sig.level=0.05,power=0.8)
```

```
Two-sample t test power calculation
```

```
n = 279072.2
```

Avec 558 144 vaches, je peux affirmer qu'une augmentation de 9 kg entre le lot témoin et le lot expérimental est significative avec une puissance de 80%...

```
power = 0.8
alternative = two.sided

NOTE: n is number in *each* group
```


CC BY SA

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?

Commencez vous à voir la limite ?

- → α = 5%
- → sd = 1200kg
- → δ = 0,01% = 9kg
- → β = 80%
- → *n* = ?

```
power.t.test(n=NULL,delta=9,sd=1200,sig.level=0.05,power=0.8)
```

```
Two-sample t test power calculation
```

```
n = 279072.2
```

Avec 558 144 vaches, je peux affirmer qu'une augmentation de 9 kg entre le lot témoin et le lot expérimental est significative avec une puissance de 80%...

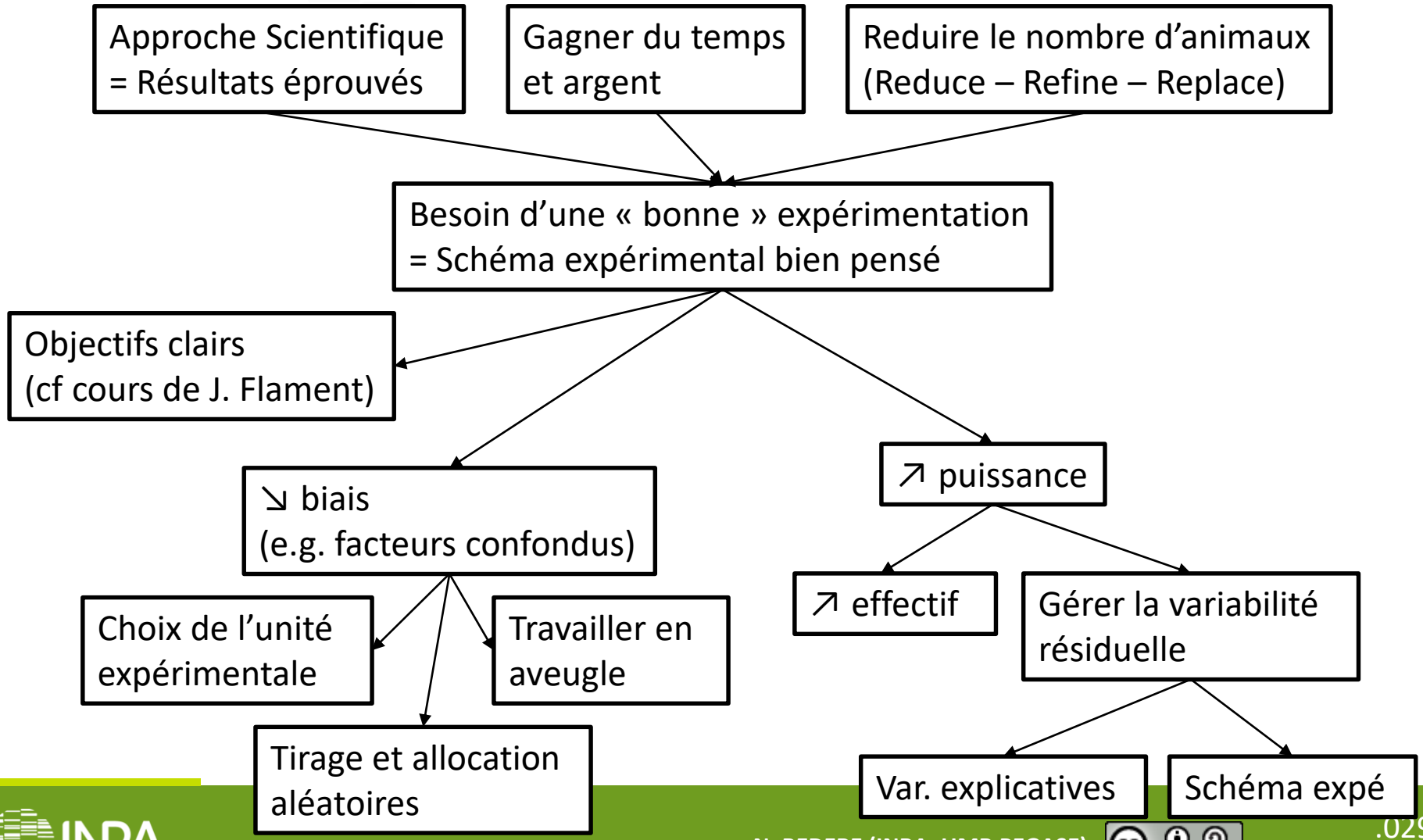
… et Alors ?

En 2016, les Organismes de Contrôle Laitier ont enregistrés 2 488 150 lactations de 43 040 exploitations.

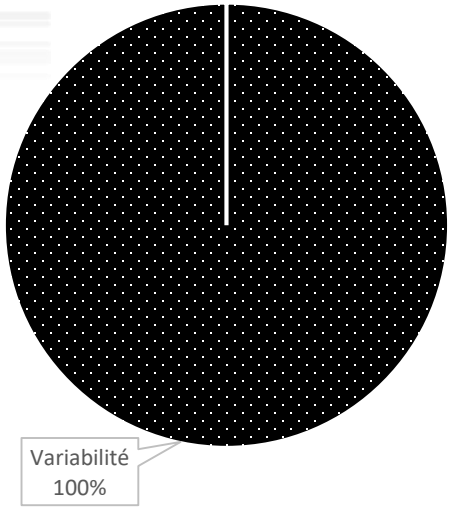
Ils font de la R&D, potentiellement tout est significatif pour eux !

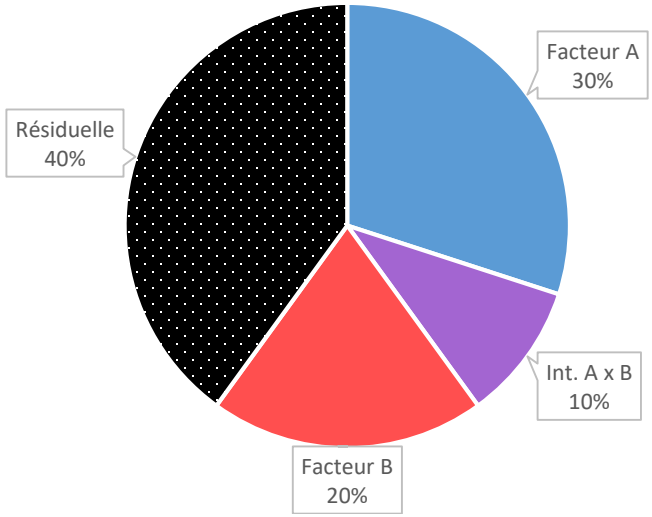
➔ Les stats ne font pas tout, c'est un outil. A vous de réfléchir!

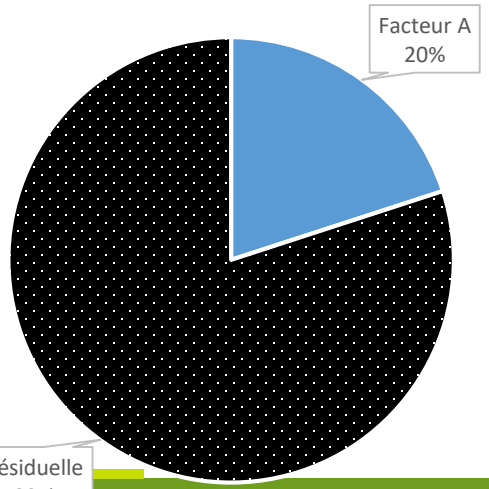
Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?

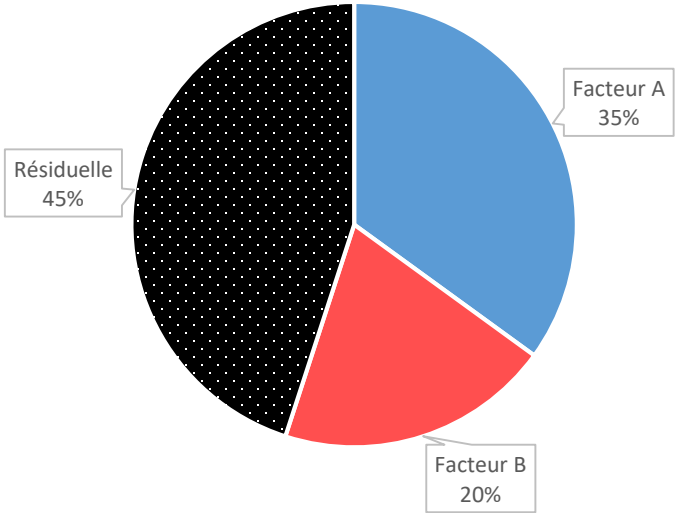


Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



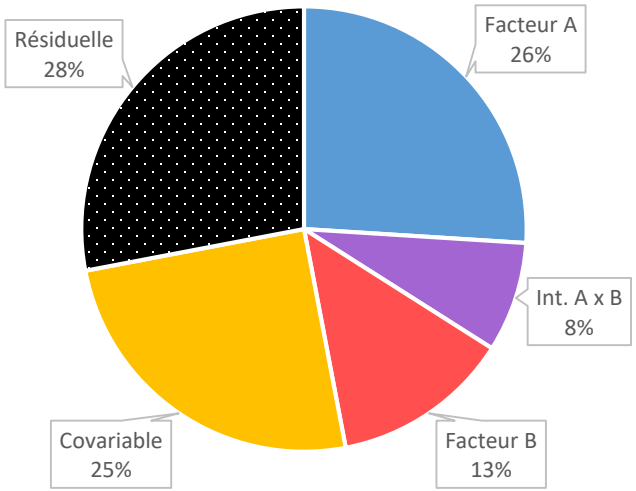






CC BY SA

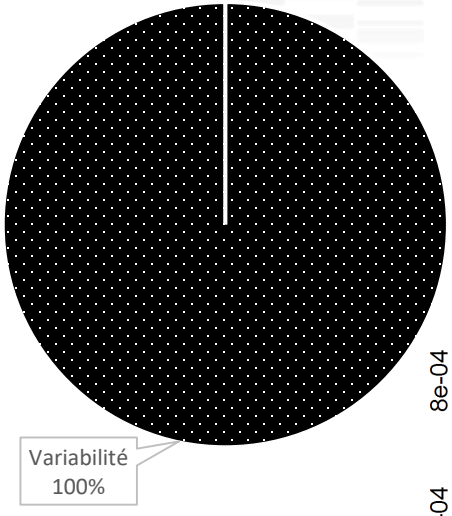
Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?

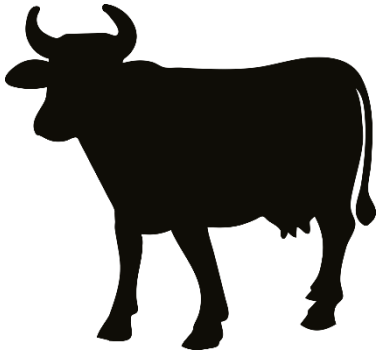


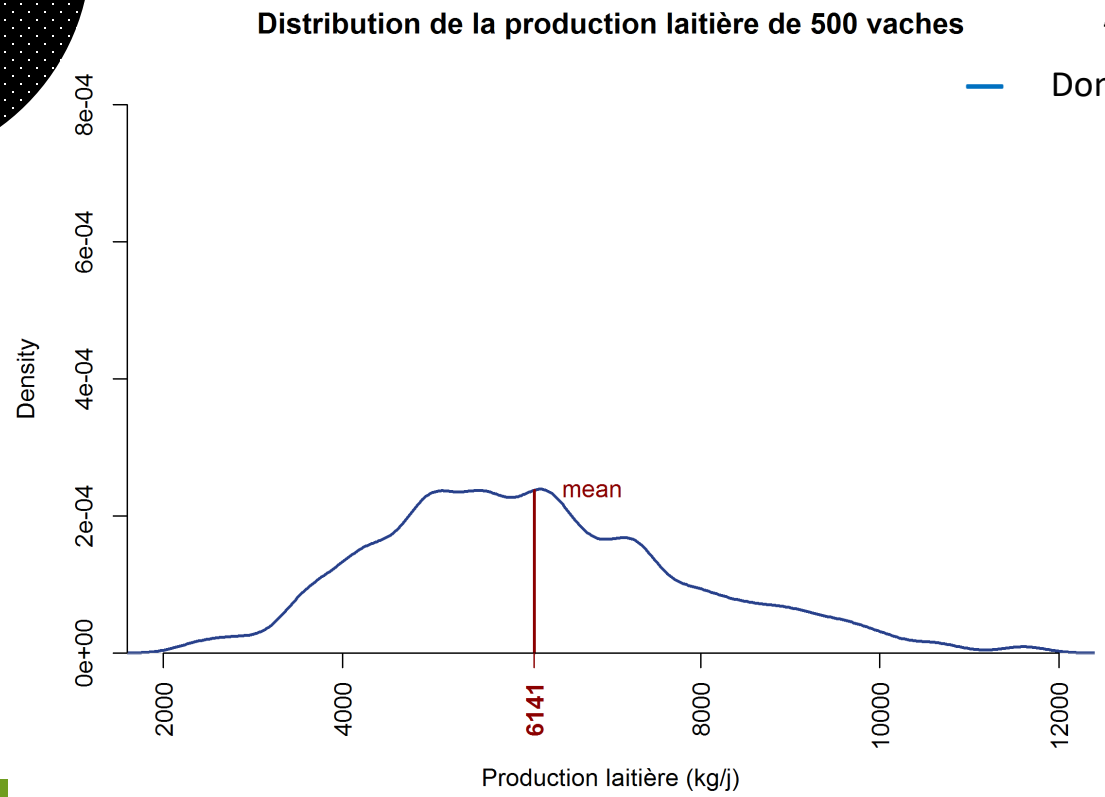
Des exemples de covariables ?

CC BY SA

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?

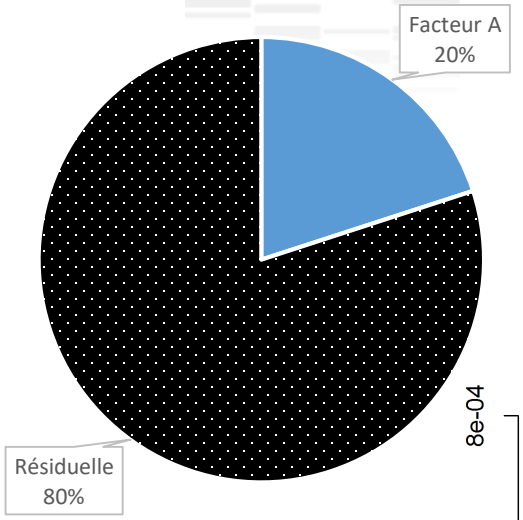


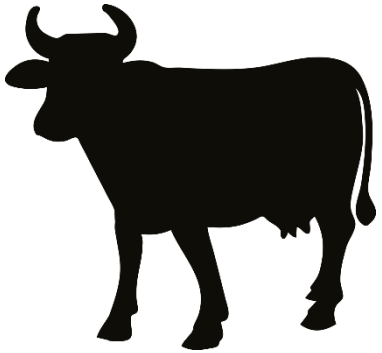




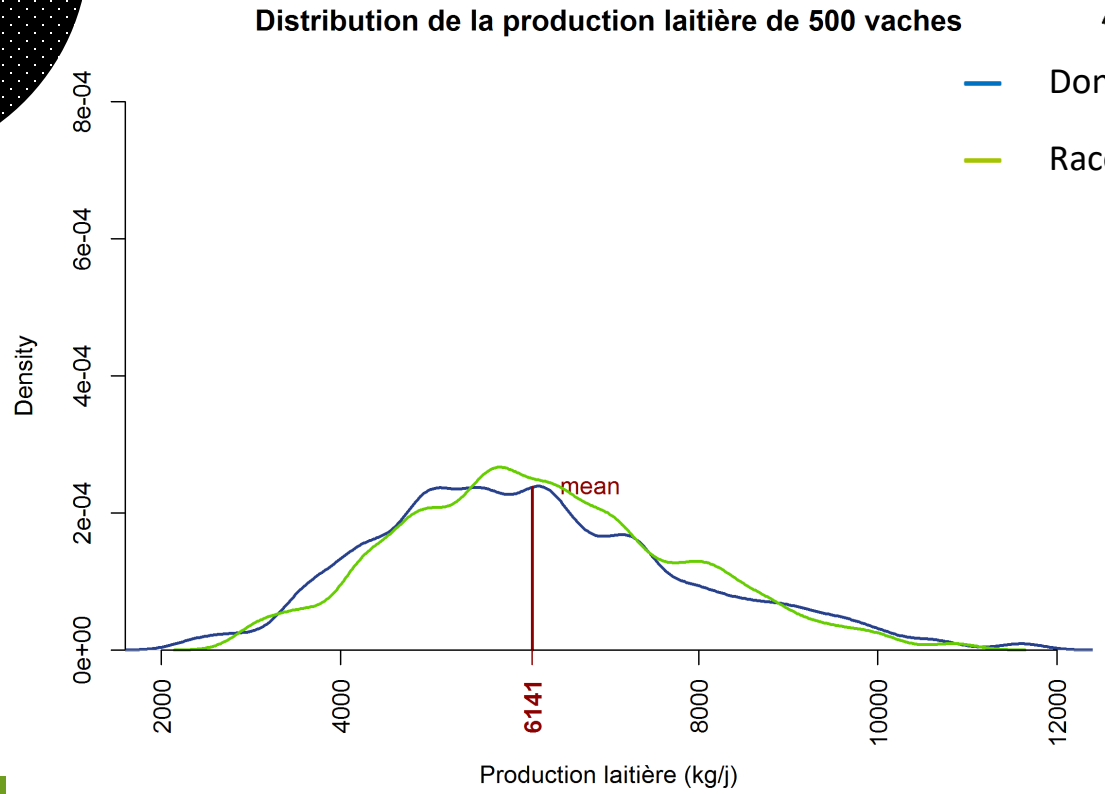
Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



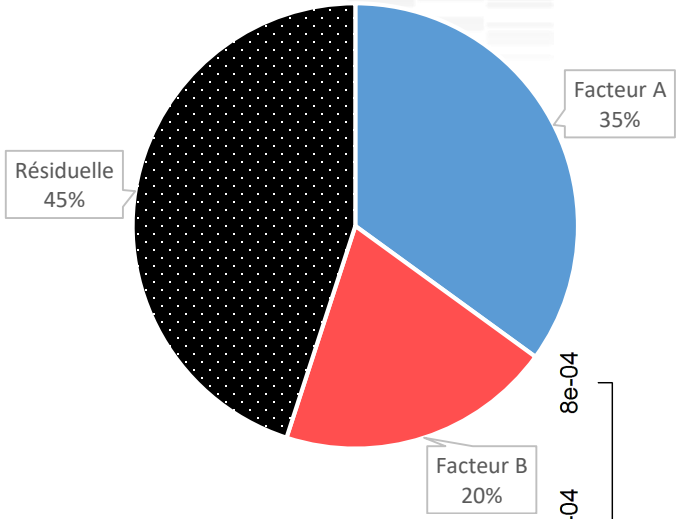


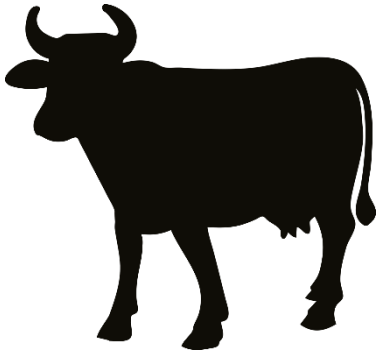
R^2ajusté=0.18



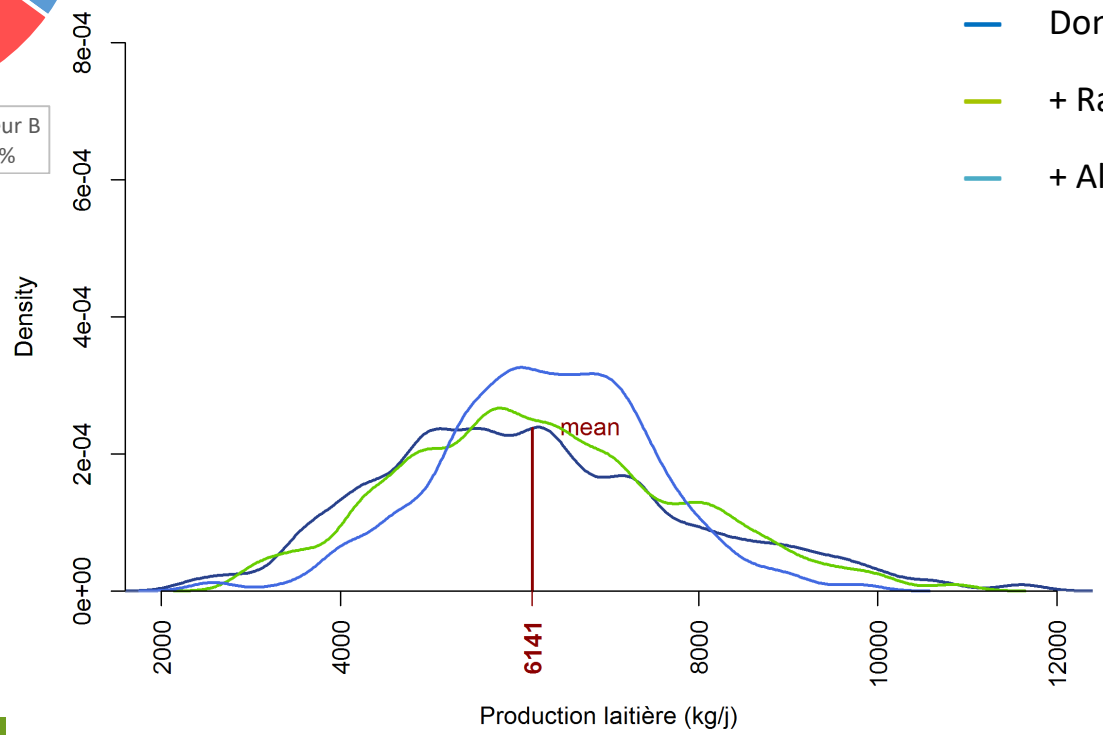
Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



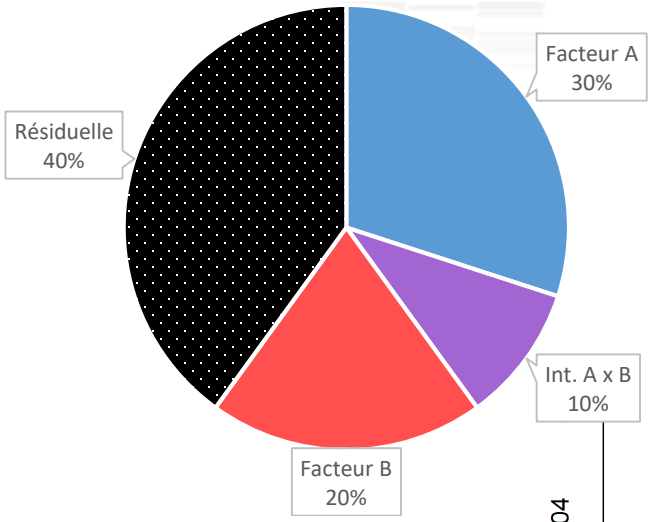


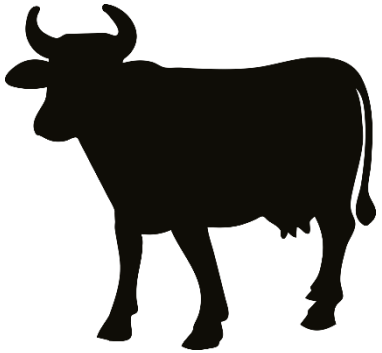
R^2ajusté=0.53



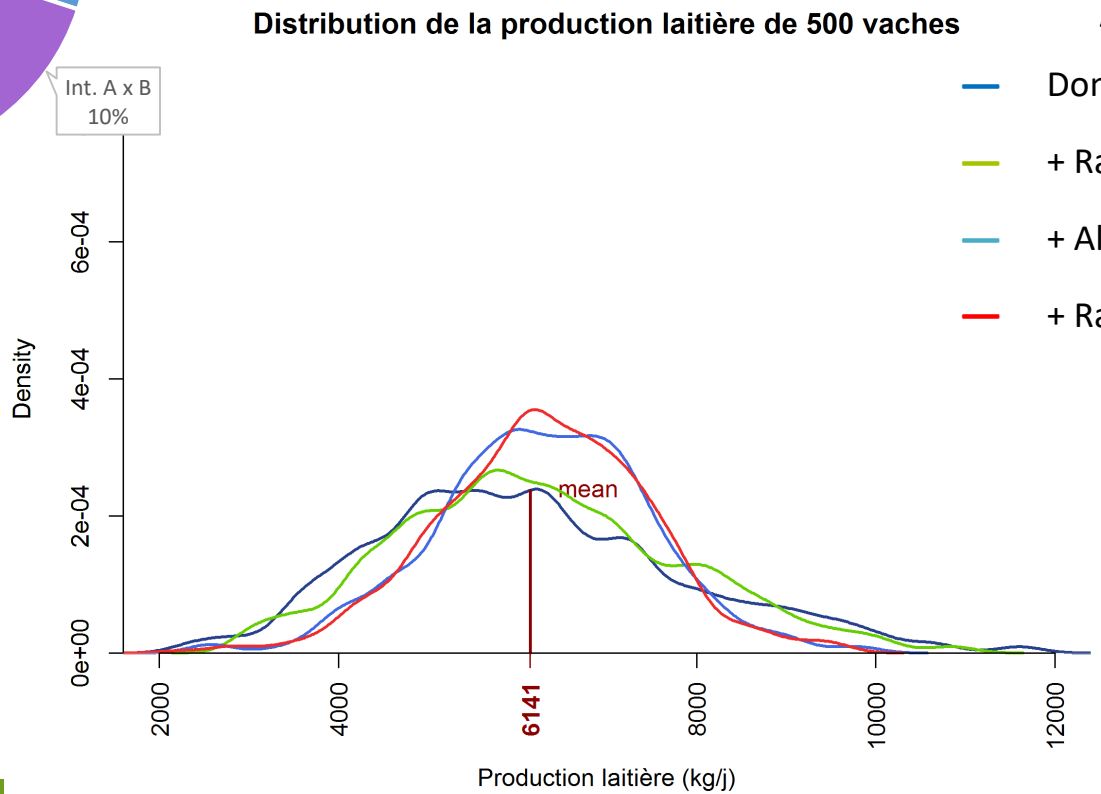
Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



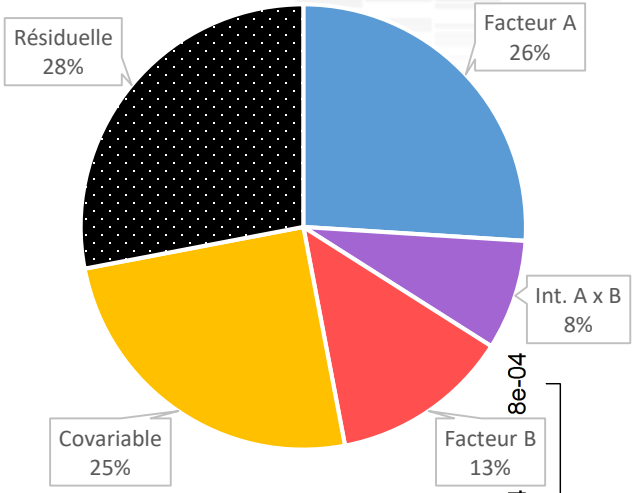


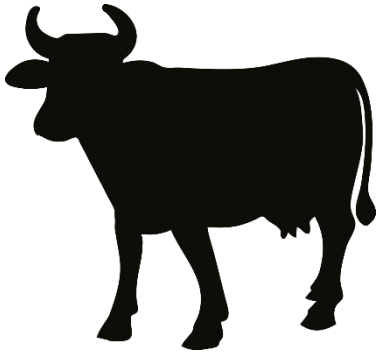
R^2ajusté=0.55



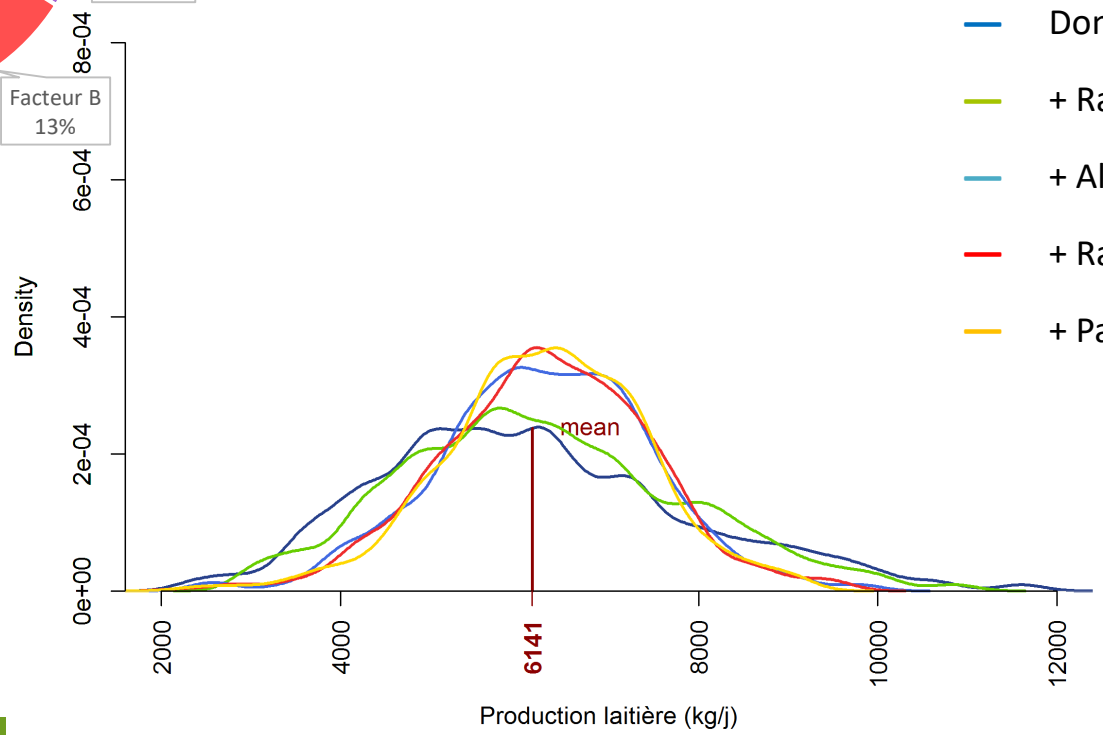
Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



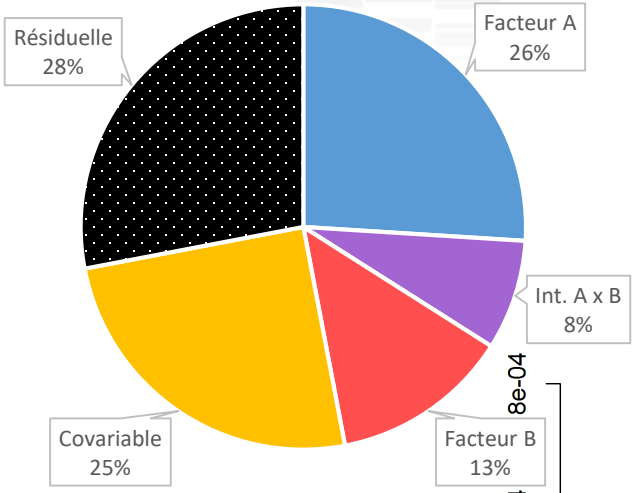


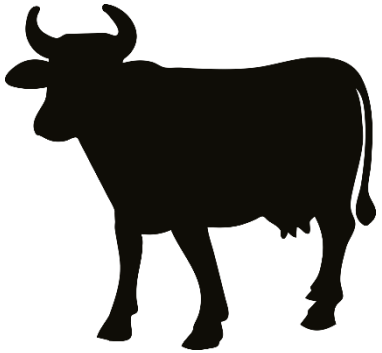
R^2ajusté=0.58



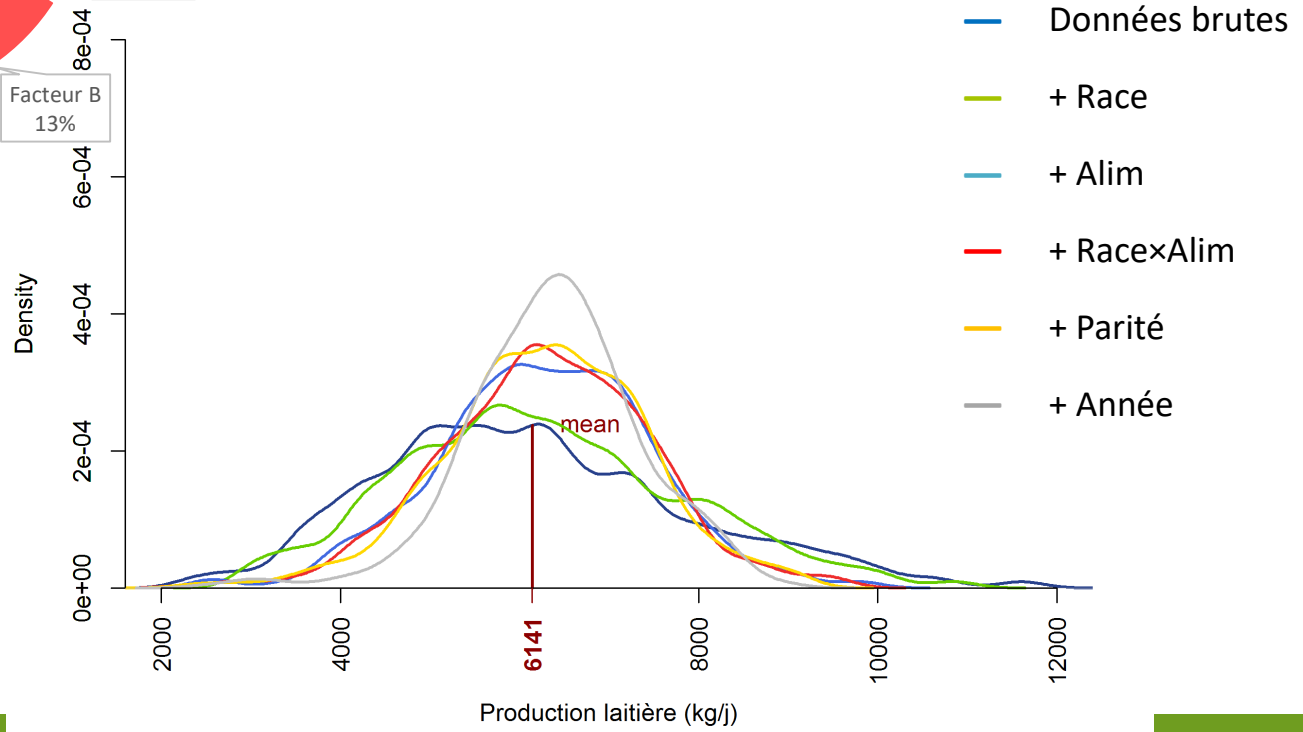
Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



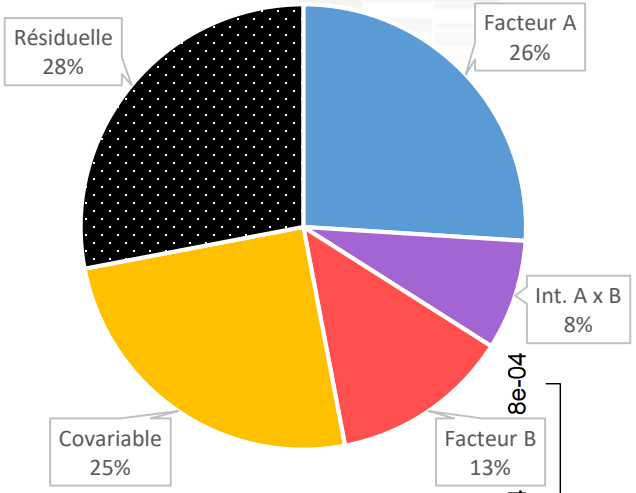


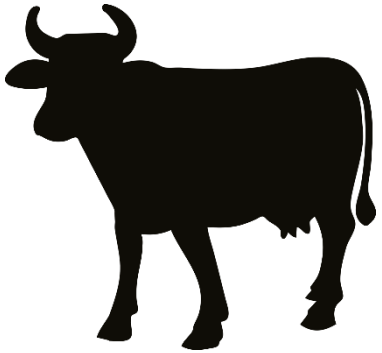
R^2ajusté=0.68



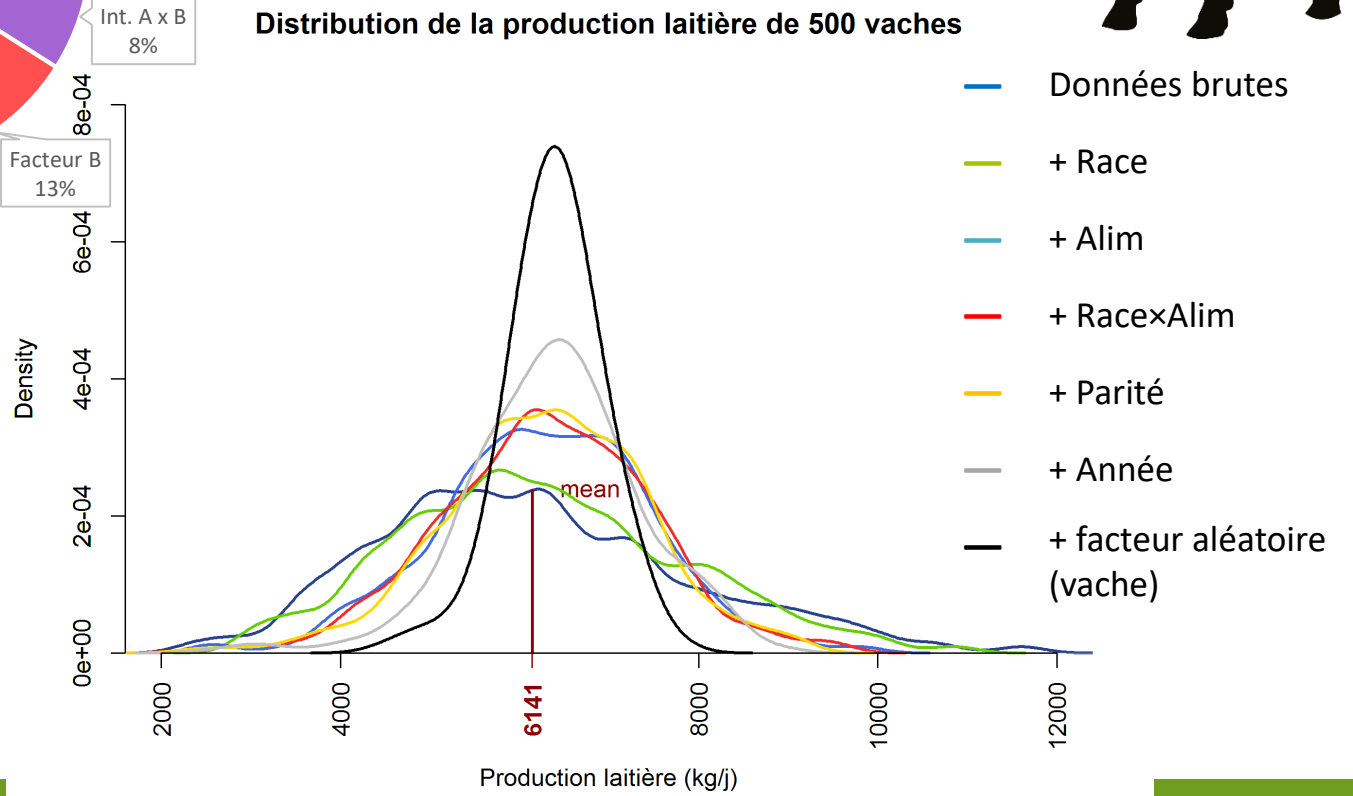
Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?





R^2ajusté=0.90



Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

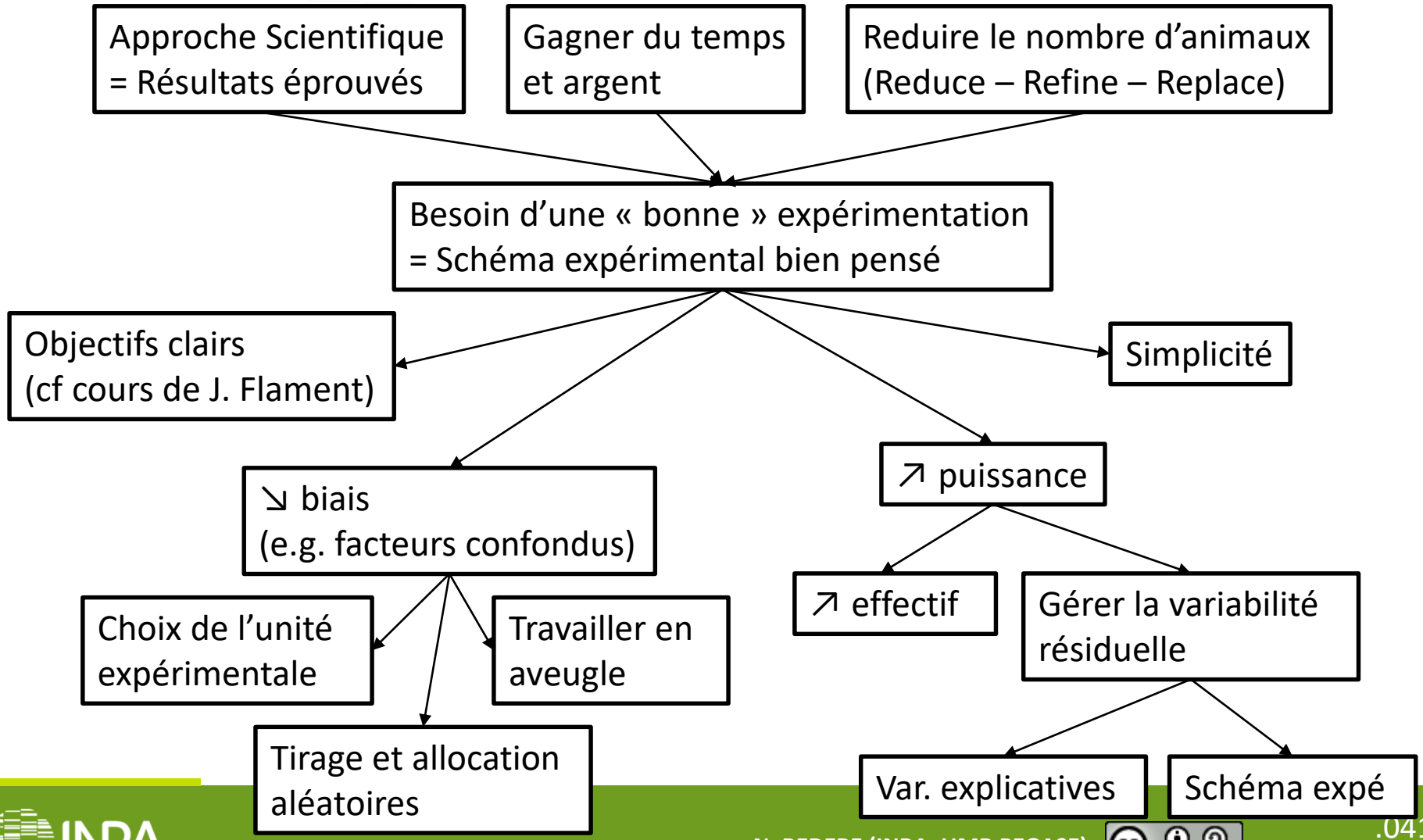
Un modèle représente la réalité mais ne l'est pas. Il fait donc des erreurs.

René Magritte

CC BY SA

PAUSE !

Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?



Plan de l'intervention

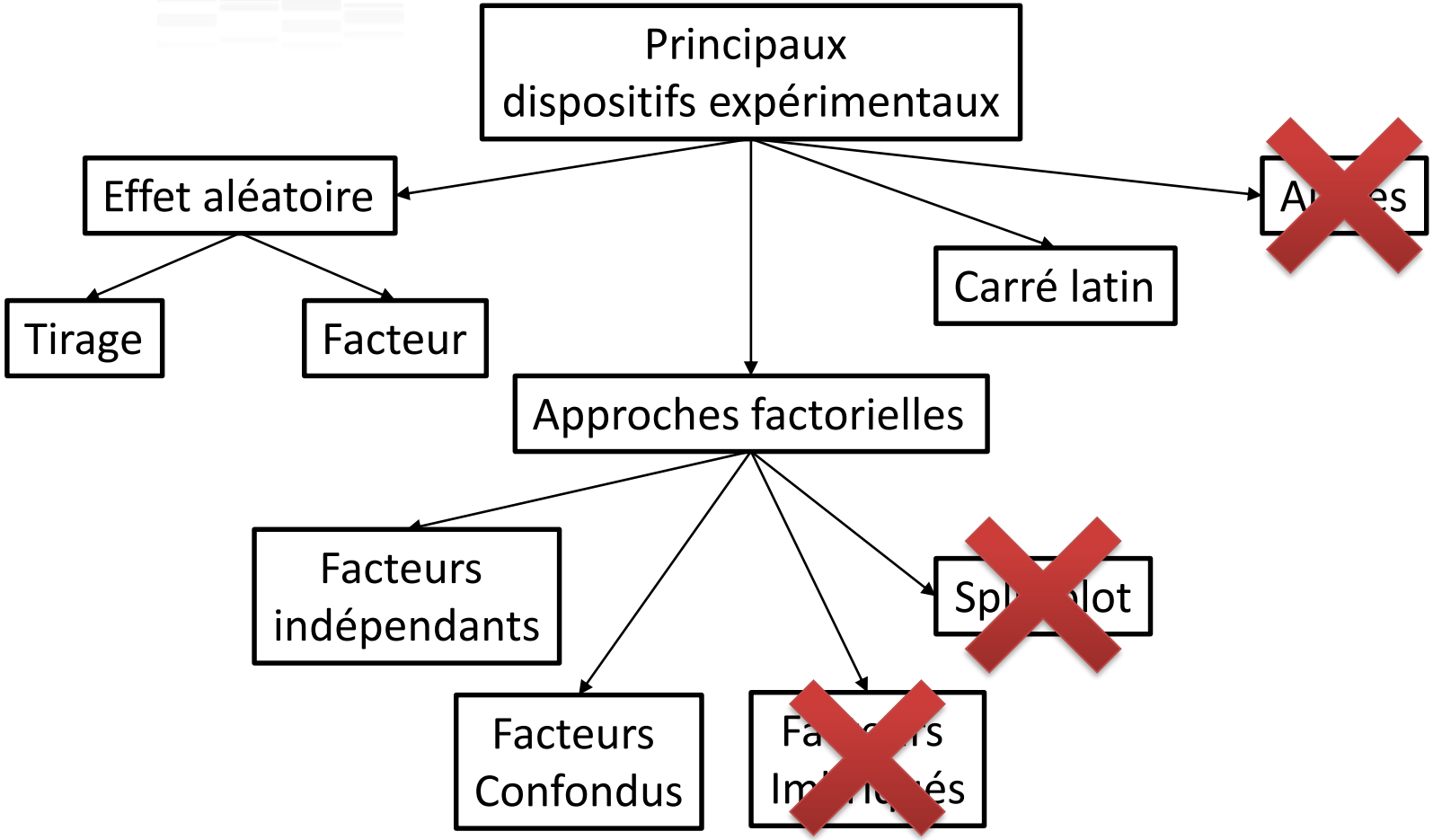
Introduction

1. Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?
2. Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?
3. Dispositifs expérimentaux

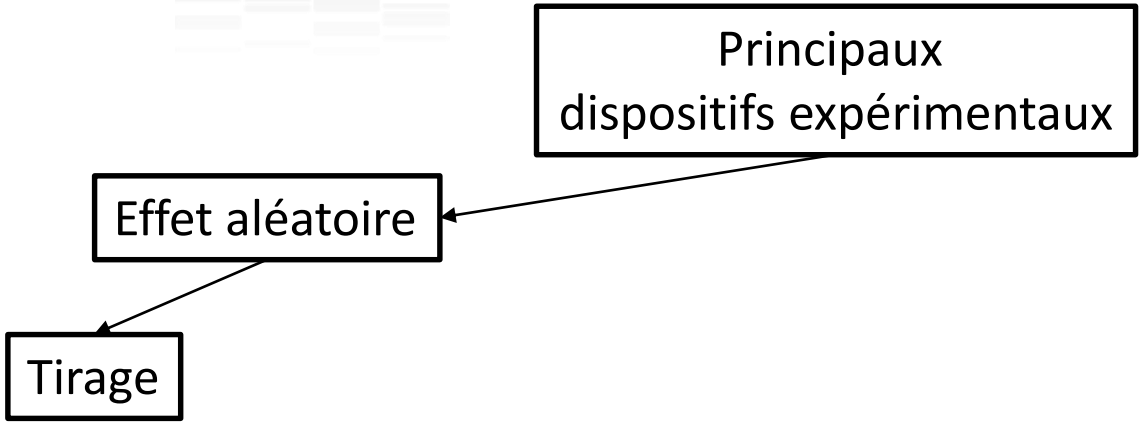
Conclusion

CC BY SA

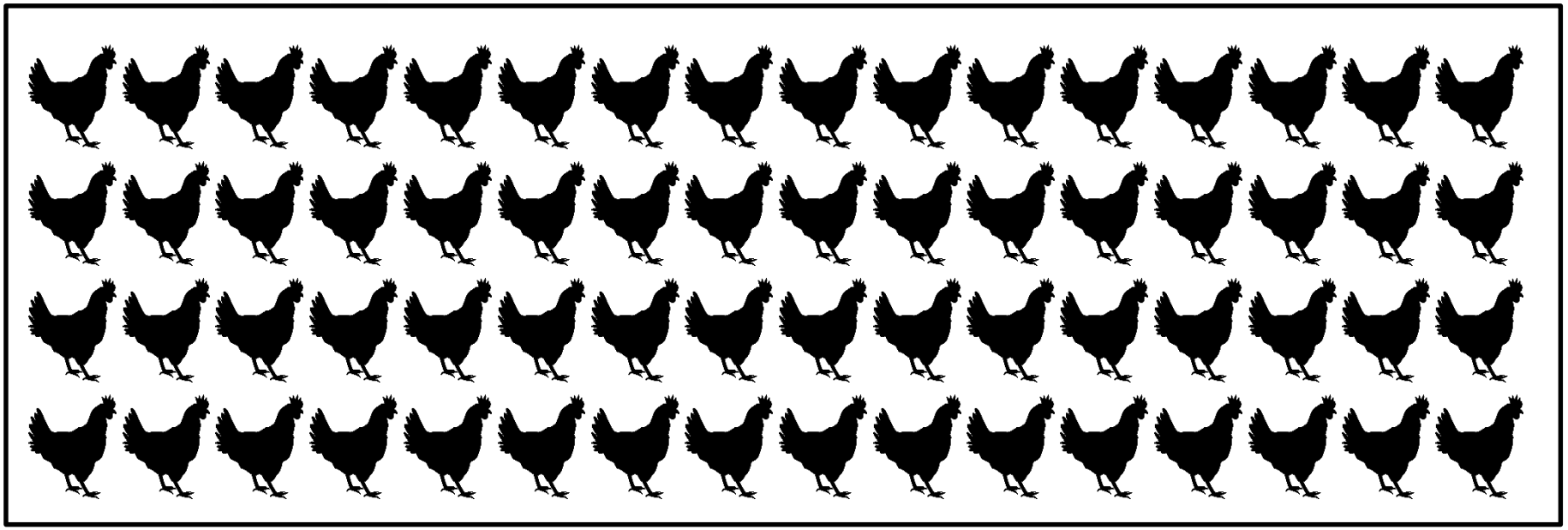
Dispositifs expérimentaux



Dispositifs expérimentaux



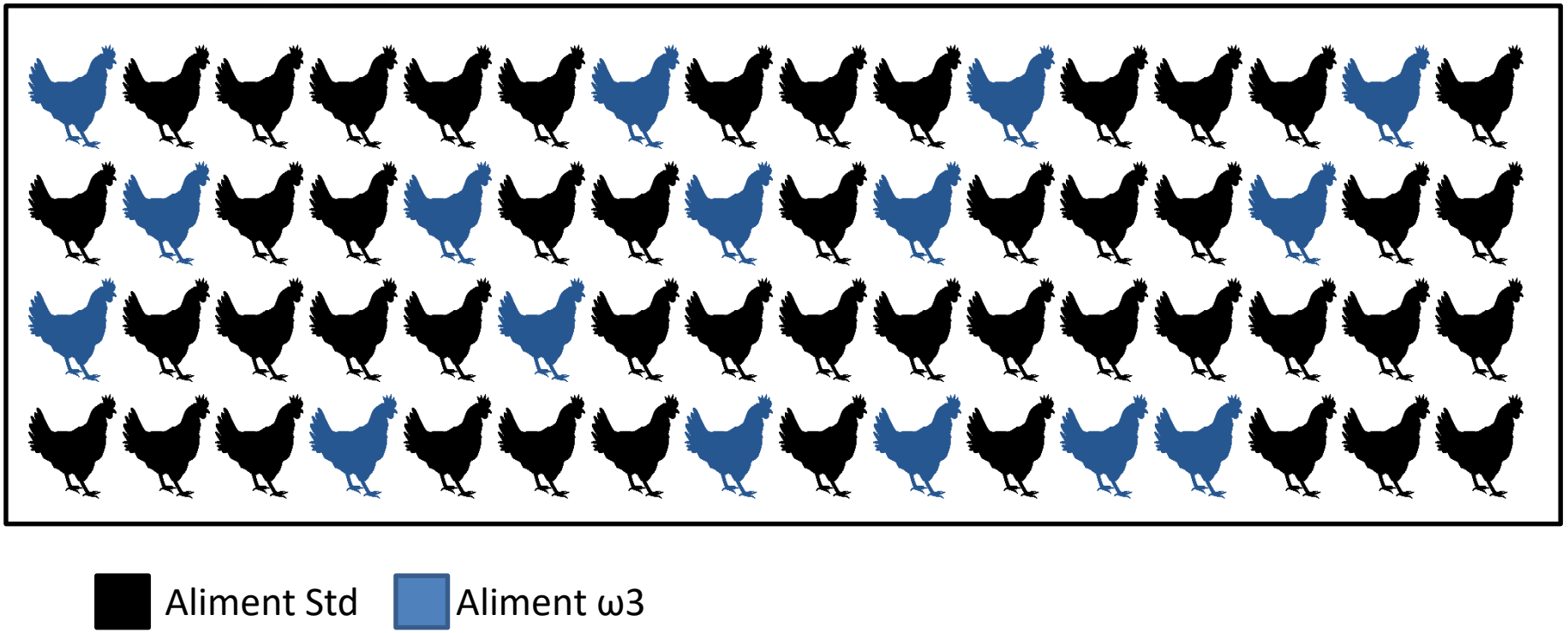
Tirage aléatoire



Aliment Std

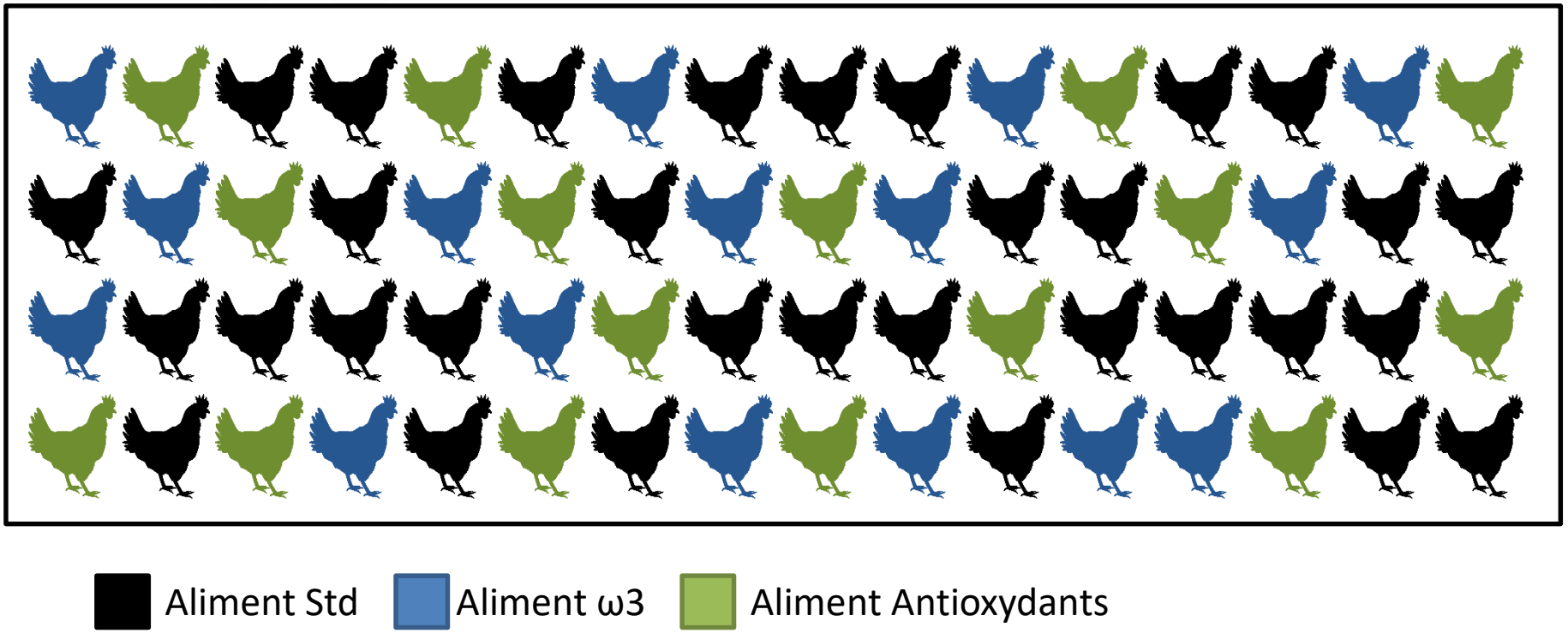
CC BY SA

Tirage aléatoire



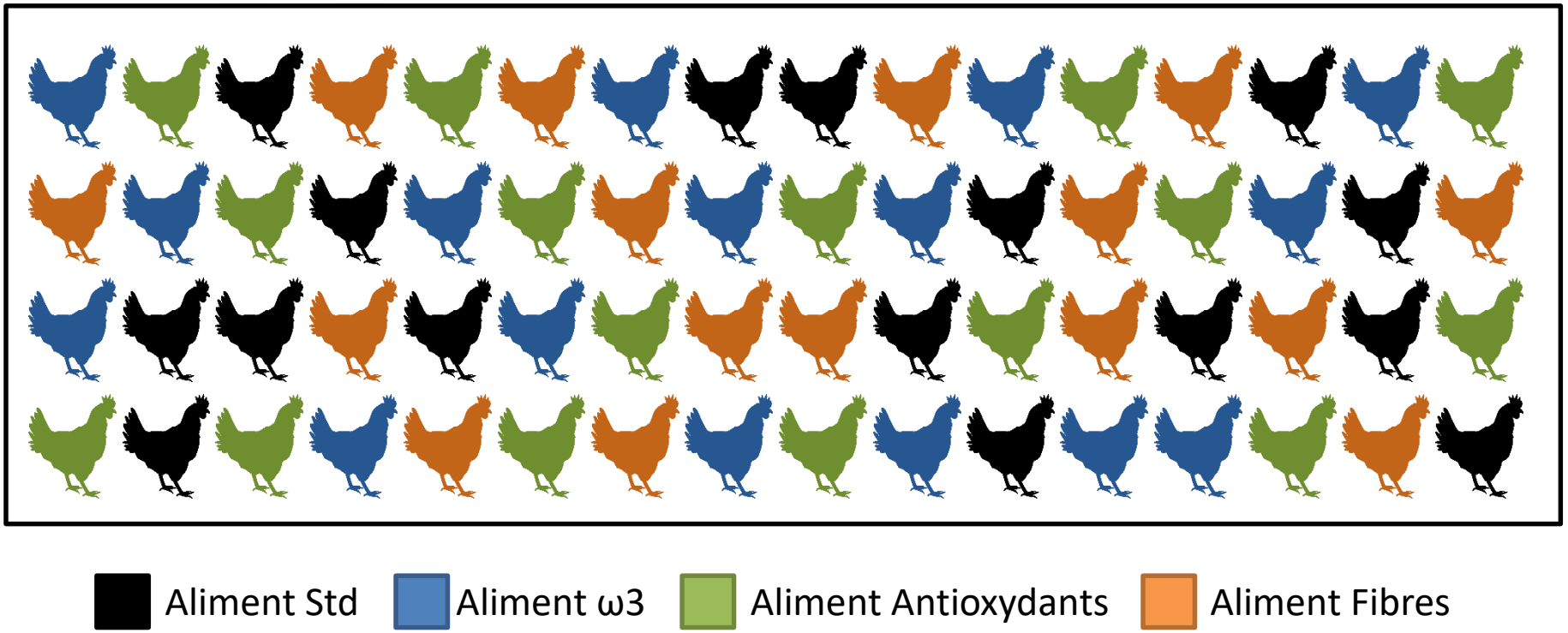
CC BY SA

Tirage aléatoire



CC BY SA

Tirage aléatoire



CC BY SA

Tirage aléatoire

Le dispositif le plus simple

- Traitement statistique = simple !

ANOVA, Regression Linéaire, Modèle Généralisé (e.g. Régression Logistique), ANCOVA…

Package de base *{stats}*

```
> modele<-lm(variable_a_expliquer~facteur,data=base)
> summary(modele)
```

Tirage aléatoire

Le dispositif le plus simple

- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) – *traitement(s)* –
- Traitements attribués aléatoirement aux sujets
  - TRES FLEXIBLE
    - Nombre de traitements
    - Nombre d'individus (équilibre des individus / traitement, le cas échéant il faudra adapter le modèle statistique)
  - Flexibilité = pas de contrainte de schéma

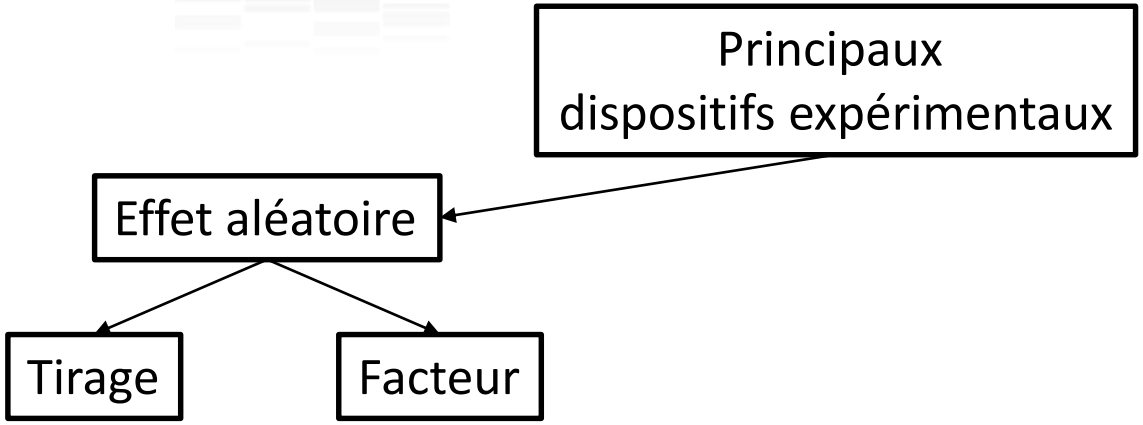
= Ne tient pas compte des caractéristiques individuelles des sujets

= toute la variance liée aux caractéristiques individuelles se trouve dans la résiduelle !

➔ Adapté à des animaux dont la génétique et la conduite d'élevage est très homogène (e.g. volaille standard)

CC BY SA

Dispositifs expérimentaux



CC BY SA

Facteur Aléatoire

Cas particulier des mesures répétées
(sur le même individus à des moments différents)

- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt – *traitement(s)* –
- 1 facteur aléatoire =

Est-ce un facteur aléatoire ?
Quelques règles de décisions (pas écrites dans le marbre)

de Larry Schaeffer (Pr. émérite de statistiques et génétique animale de l'Université de Guelph)

Combien de classes y a-t-il pour ce facteur ?

- Peu (e.g. 5) ➔ **effet fixe**
- Beaucoup (e.g. 30) ➔ **effet aléatoire**

Est-ce que le nombre potentiel de classes dans la population peut-être si grand qu'on peut le considéré comme « infini » ?

- Oui ➔ **effet aléatoire**

Est-ce que les mêmes classes seront de nouveau utilisées dans une prochaine expérience ?

- Oui ➔ **effet fixe**

Devons-nous tirer des conclusions/faire des hypothèses sur des classes absentes de l'expérience ?

- Oui ➔ **effet aléatoire**

Est-ce que les classes ont été choisie de façon « non-aléatoire » (déterminisme) ?

- Oui ➔ **Effet fixe**

Facteur Aléatoire

Cas particulier des mesures répétées
(sur le même individus à des moments différents)

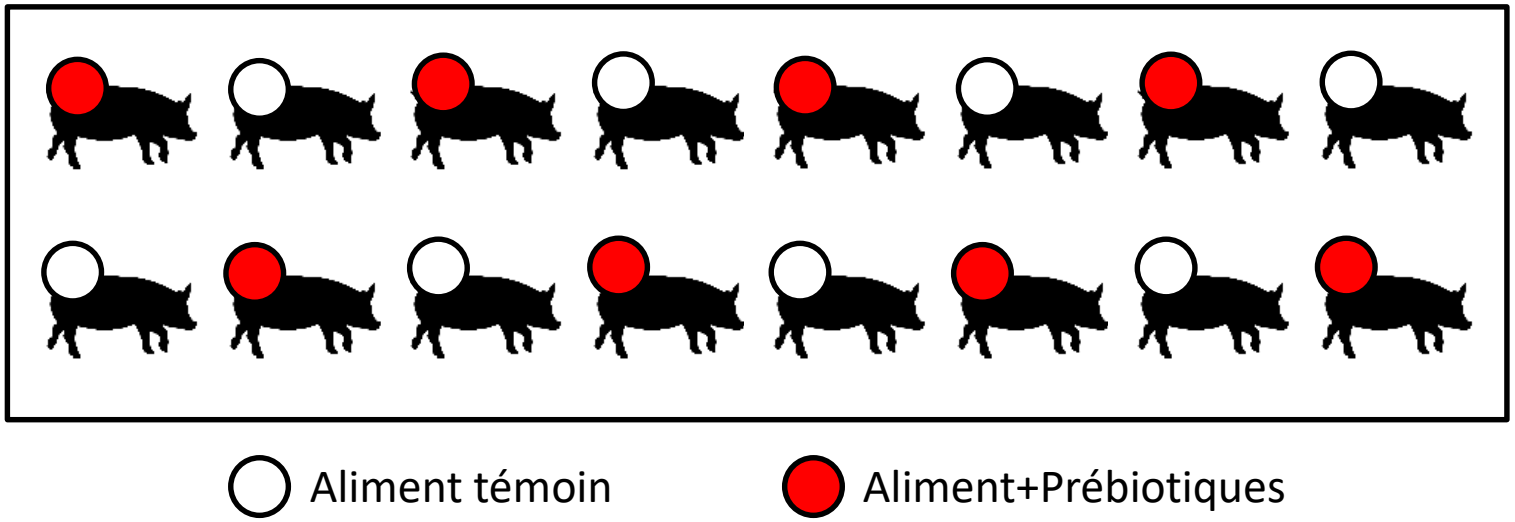
- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt – *traitement(s)* –
- 1 facteur aléatoire = individu – *correction de l'appariement des données et de la variance due aux caractéristiques individuelles* –

Package de traitement des modèles mixtes *{lme4}*

```
> modele<-lmer(variable_a_expliquer~facteur_fixe
                                  +(1|animal),data=base)
> summary(modele)
```

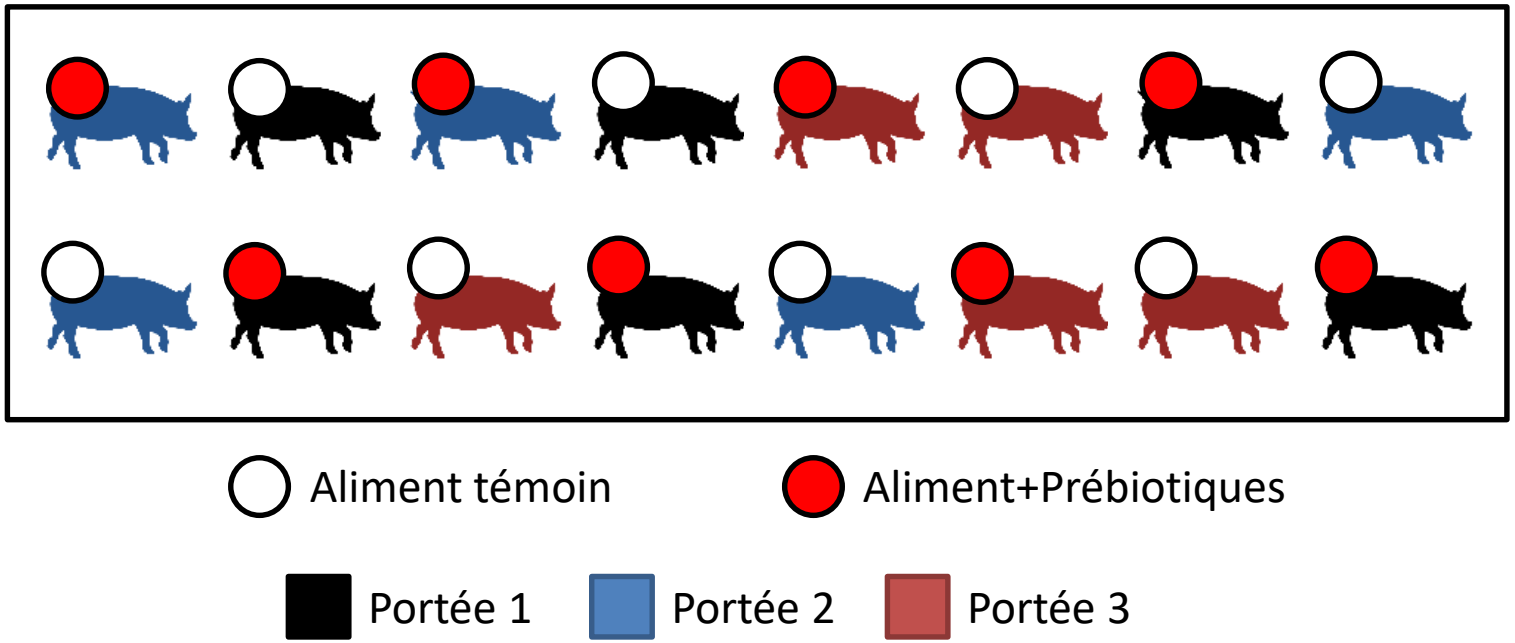
Facteur Aléatoire

Aussi connu sous les noms « random block design » ou « crossover »

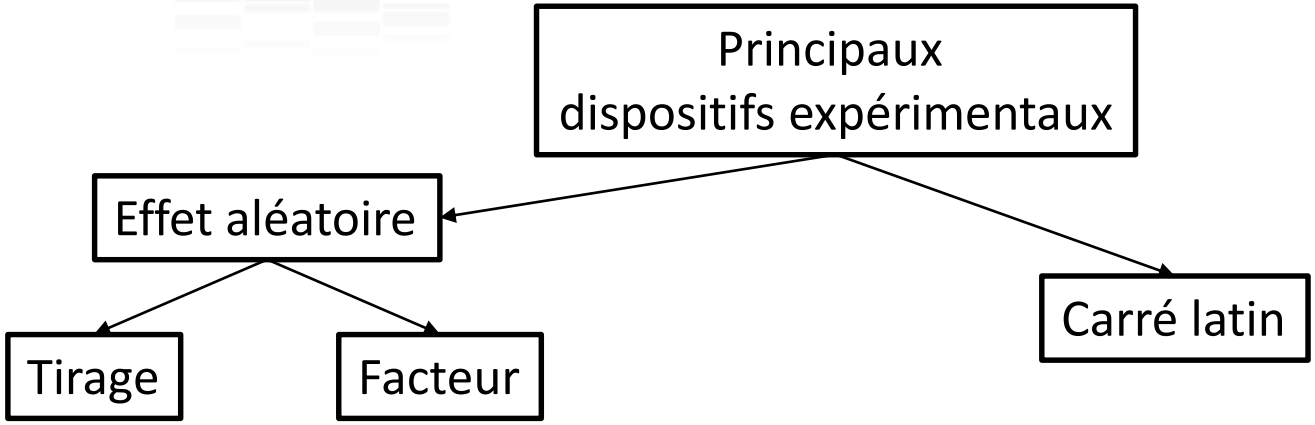


Facteur Aléatoire

Aussi connu sous les noms « random block design » ou « crossover »



Dispositifs expérimentaux



CC BY SA

Carré Latin

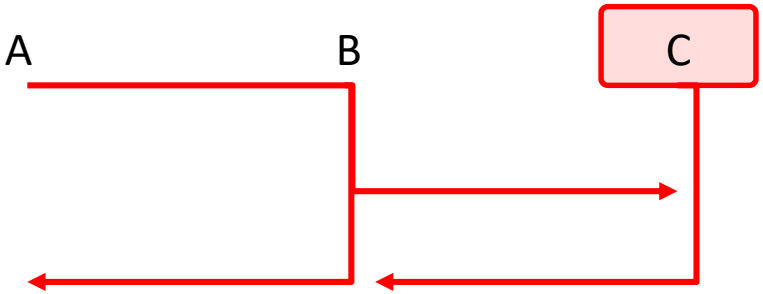
Tient simplement son nom de l'utilisation des lettres latines (A, B, C…) dans la présentation du concept par le mathématicien Leonhard Euler au XVIIIème siècle…

- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt – *traitement(s)* –
- 2 facteurs aléatoires – *celui en Lignes + celui en Colonnes* –

Package de traitement des modèles mixtes *{lme4}*

```
> modele<-lmer(variable_a_expliquer~facteur_fixe
                +(1|lignes)+(1|colonnes),data=base)
> summary(modele)
```

Carré Latin



A : Aliment témoin
B : Aliment NRJ +
C : Aliment NRJ -

Carré Latin

	Période 1	Période 2	Période 3
	A	B	C
	B	**C**	**A**

A : Aliment témoin
B : Aliment NRJ +
C : Aliment NRJ -

CC BY SA

Carré Latin

	Période 1	Période 2	Période 3
	A	B	C
	B	C	A
	C	**A**	**B**

A : Aliment témoin
B : Aliment NRJ +
C : Aliment NRJ -

CC BY SA

Carré Latin

A : Aliment témoin
B : Aliment NRJ +
C : Aliment NRJ -

C

Ca ne vous rappelle rien ?

Carré Latin

Autre arrangement possible : on fixe la 1ère ligne et on alloue les traitements aléatoirement aux autres lignes

Attention, on pense Sudoku !

animaux \ période	1	2	3	4
VL1	A	B	C	D
VL2	C	A	D	B
VL3	D	C	B	A
VL4	B	D	A	C

animaux \ période	1	2	3	4
VL1	BExBN	HExHN	HExBN	BExHN
VL2	HExBN	BExBN	BExHN	HExHN
VL3	BExHN	HExBN	HExHN	BExBN
VL4	HExHN	BExHN	BExBN	HExBN

exemple J. Flament (Agrocampus Ouest, UMR PEGASE, Rennes)

CC BY SA

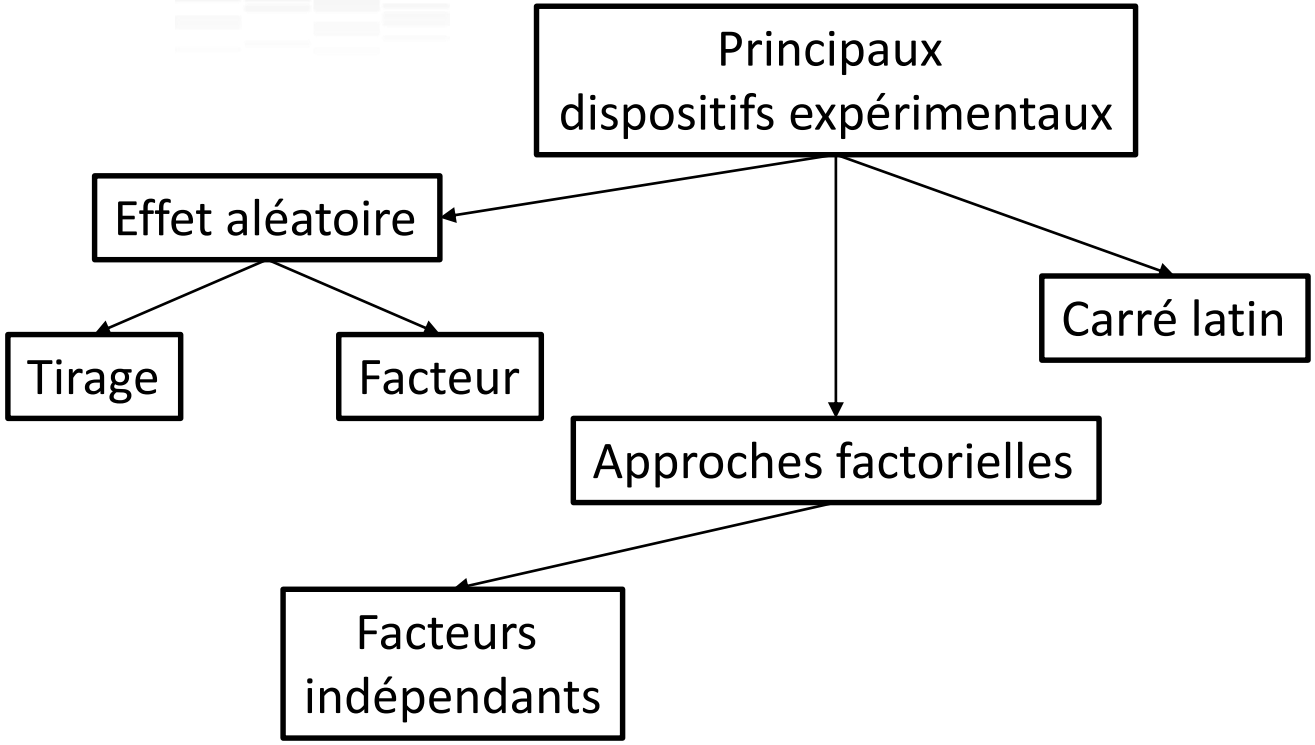
Carré Latin

Tient simplement son nom de l'utilisation des lettres latines (A, B, C…) dans la présentation du concept par le mathématicien Leonhard Euler au XVIIIème siècle…

- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt – *traitement(s)* –
- 2 facteurs aléatoires – *celui en Lignes + celui en Colonnes* –
- Avantages :
  - Réduction de la variance résiduelle dans l'intégration des différences entre les niveaux des facteurs en lignes et en colonnes
  - Convient à l'utilisation de peu d'animaux (2×2, 3×3, 4×4 souvent utilisés)
- Inconvénients :
  - Schéma N × N équilibré : pas flexible sur les effectifs
  - Schéma N × N ⇔ N traitements
  - Peu de degrés de liberté pour estimer la résiduelle
  - Effets rémanents des traitements sur la période suivante

CC BY SA

Dispositifs expérimentaux



Approche Factorielle

Pas vraiment des « schémas expérimentaux » mais plutôt une façon d'arranger les facteurs d'intérêt

- Potentiellement avec une structure en Tirage aléatoire, Facteur Aléatoire, Carré Latin… pour gérer la variabilité
- ≥ 2 facteurs fixes indépendants d'intérêt– *traitement(s)* –

  On teste simultanément les effets de plusieurs traitements

→Traitements = combinaisons des niveaux des facteurs

Comment s'assurer que les facteurs sont indépendants ?

- Biblio !
- Tester avec les erreurs de Type I

CC BY SA

Approche Factorielle

Pas vraiment des « schémas expérimentaux » mais plutôt une façon d'arranger les facteurs d'intérêt

- Potentiellement avec une structure en Tirage aléatoire, Facteur Aléatoire, Carré Latin… pour gérer la variabilité
- ≥ 2 facteurs fixes indépendants d'intérêt– *traitement(s)* –

  On teste simultanément les effets de plusieurs traitements

→Traitements = combinaisons des niveaux des facteurs

Comment s'assurer que les facteurs sont indépendants ?

- Biblio !
- Tester avec les erreurs de Type I
- **Tester l'interaction**

CC BY SA

Approche Factorielle : tester une interaction

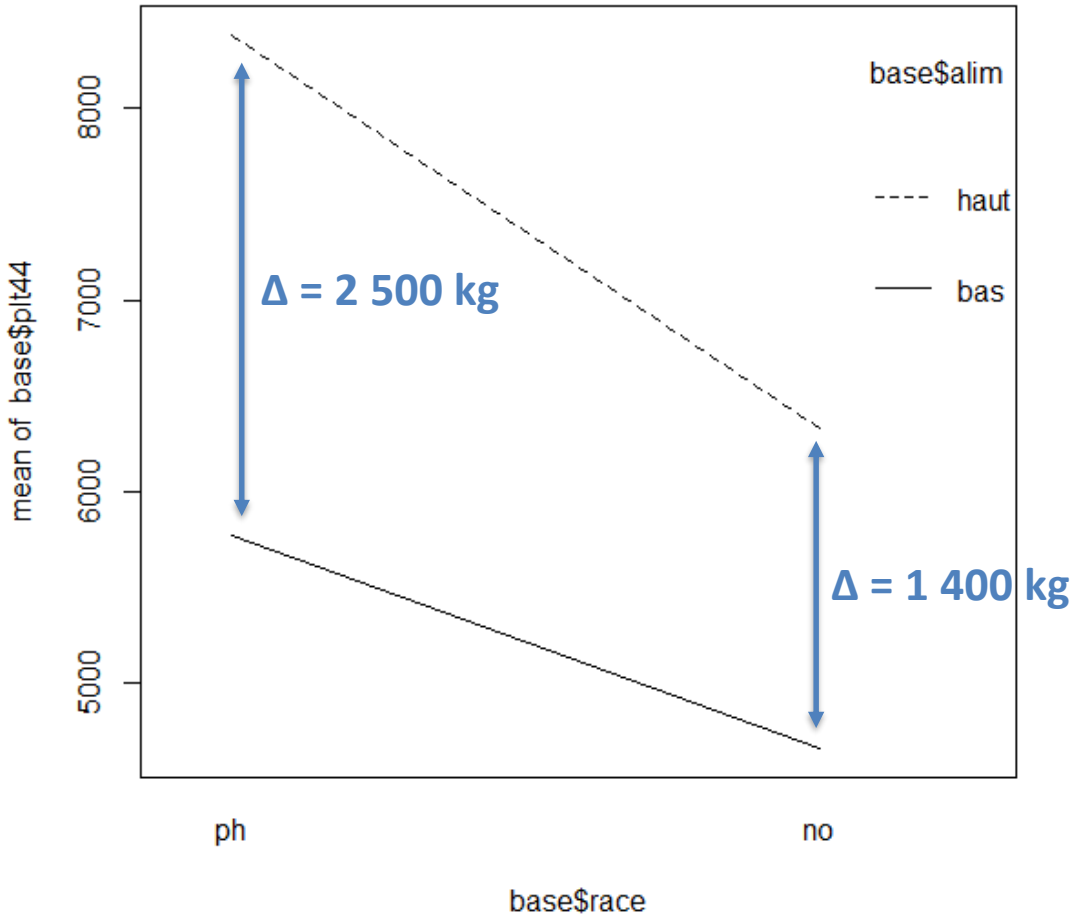
```
> modele<-lm(pl~race+alim+race:alim,base)
> Anova(modele,type=3)
Anova Table (Type III tests)

Response: pl
                 Sum Sq  Df   F value    Pr(>F)
(Intercept) 1.9381e+10   1 14172.364 < 2.2e-16 ***
race        3.0690e+08   1   224.425 < 2.2e-16 ***
alim        5.6079e+08   1   410.085 < 2.2e-16 ***
race:alim   2.6869e+07   1    19.649 1.147e-05 ***
Residuals   6.7828e+08 496
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘
’ 1
```

Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Approche Factorielle : tester une interaction

```
> interaction.plot(base$race,base$alim,base$pl)
```



Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

Approche Factorielle

Pas vraiment des « schémas expérimentaux » mais plutôt une façon d'arranger les facteurs d'intérêt

- Avantages quand les facteurs sont réellement indépendants :
  - On obtient une image générale des effets de facteurs (e.g. quelle combinaison des facteurs type de fourrage et niveau de concentré maximise la production laitière ?)
  - Économie de temps et d'argent : on teste plusieurs facteurs sur les mêmes sujets
  - Pas de perte de précision sur l'estimation des effets des facteurs

CC BY SA

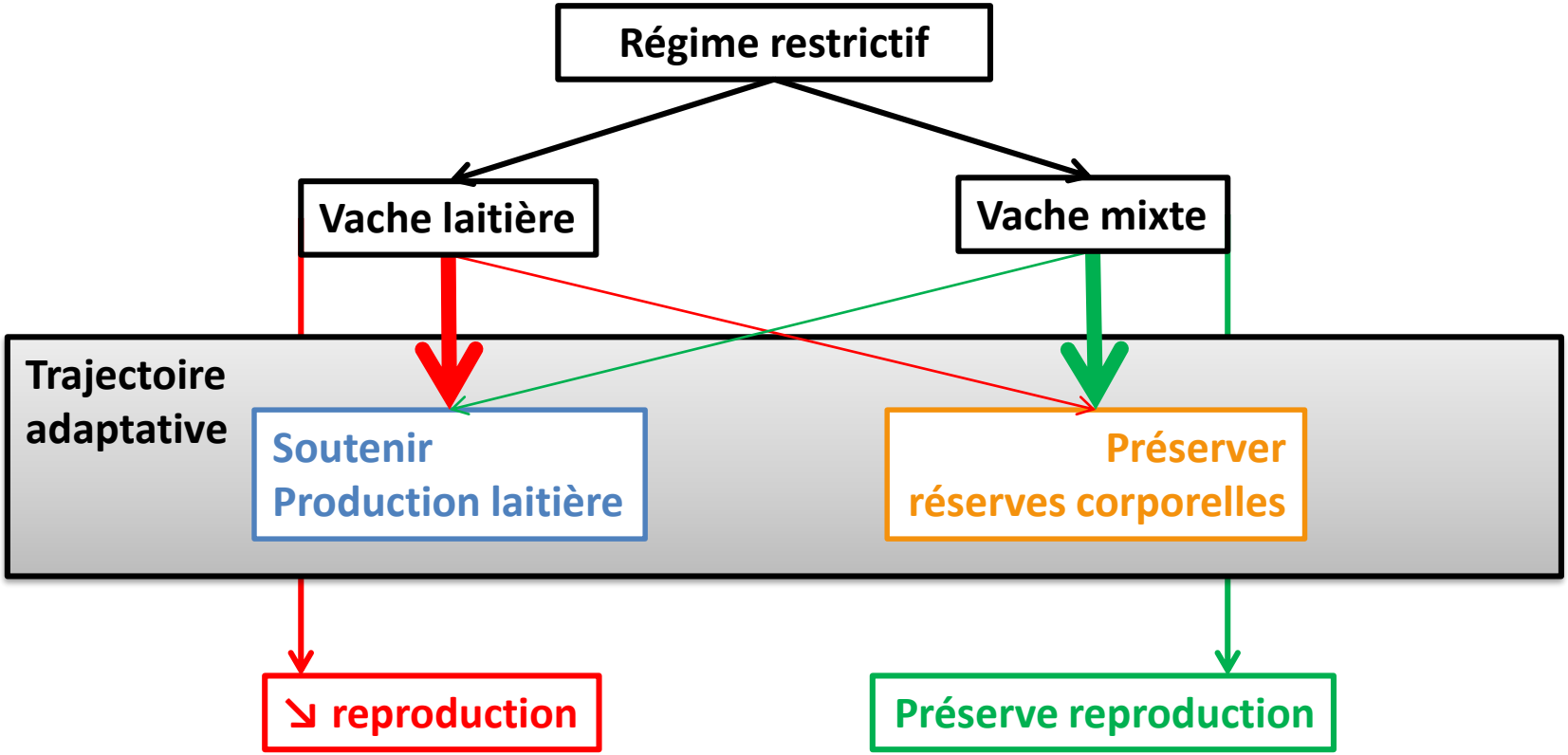
Approche Factorielle

Pas vraiment des « schémas expérimentaux » mais plutôt une façon d'arranger les facteurs d'intérêt

- Avantages quand les facteurs sont <u>en fait dépendants (intéraction)</u>:
  - – Idem précédent
  - \+ Au final, un facteur est rarement utilisé seul (e.g. race, on place très souvent les animaux dans une conduite d'élevage) et la connaissance de ces interactions permet de faire les choix pertinents

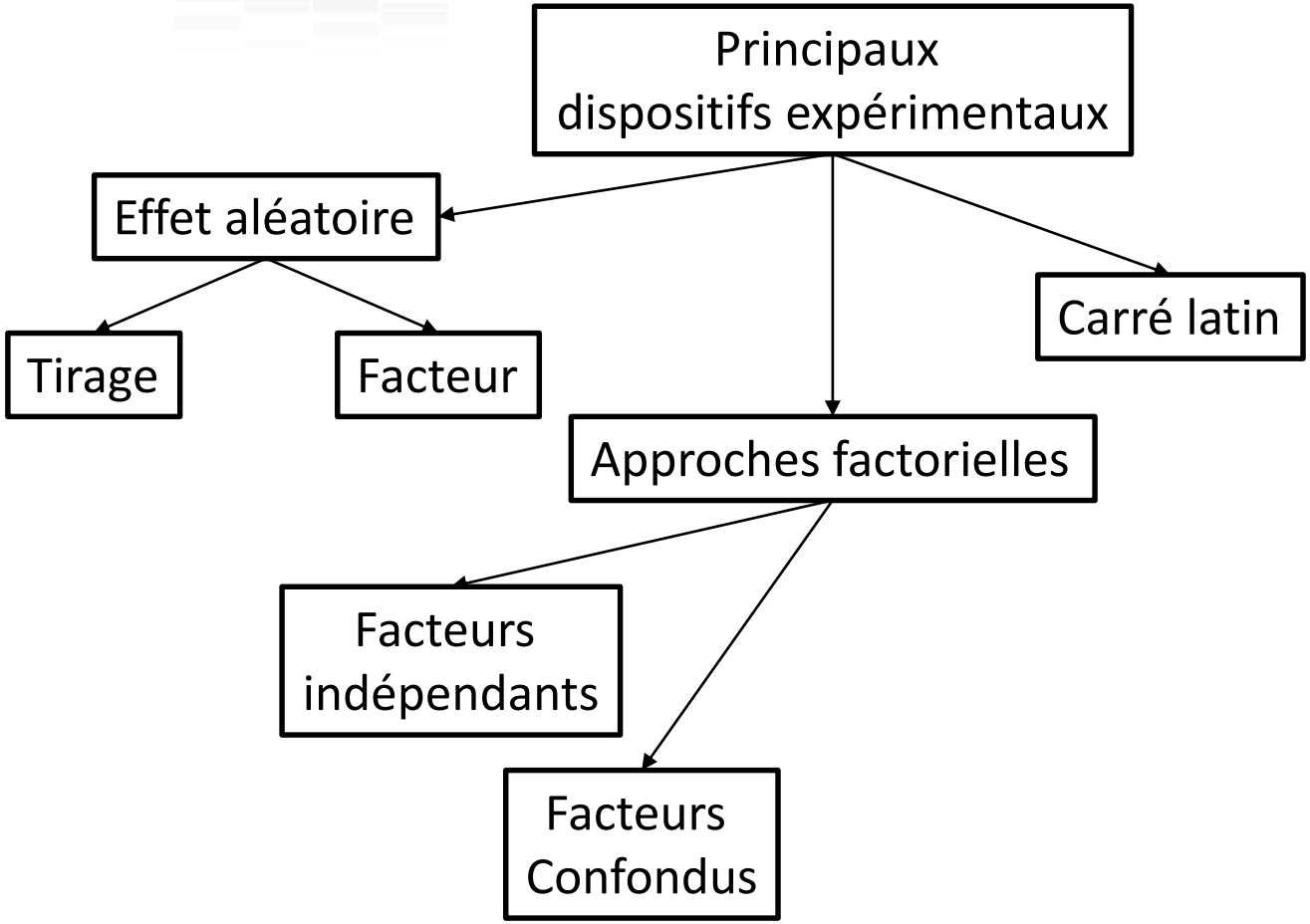
CC BY SA

Approche Factorielle



(Delaby et al., 2009; Bedere et al., 2017)

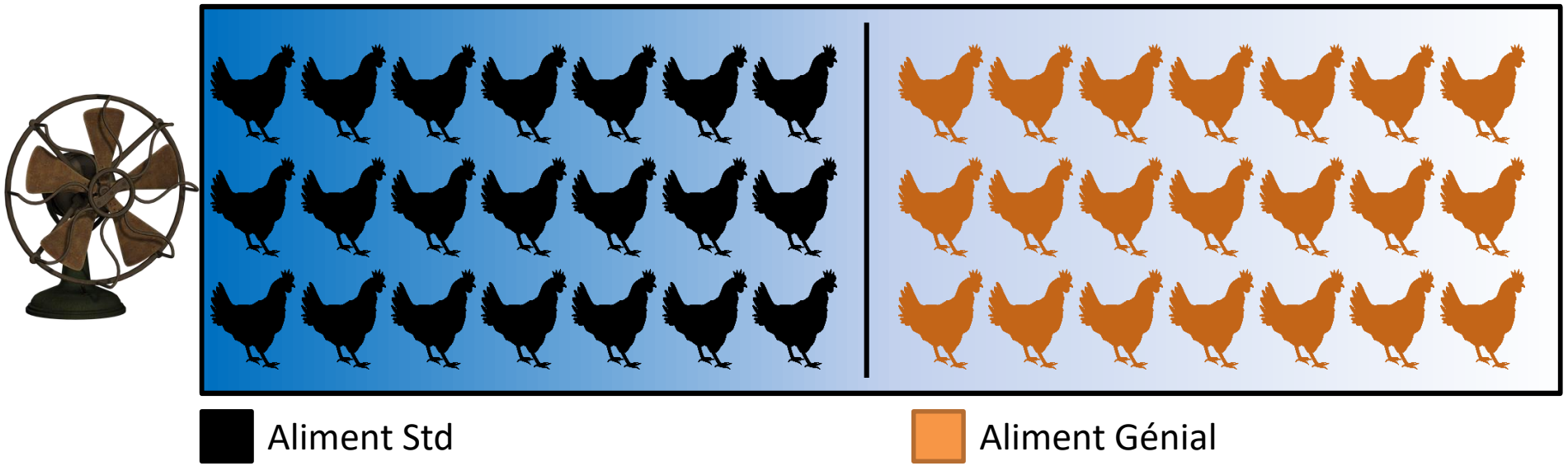
Dispositifs expérimentaux



Facteurs Confondus

Un facteur confondu est un facteur qui peut influencer la variable à expliquer ET la variable explicative

→ Comment prouver qu'un effet observé est lié au facteur expérimental s'il peut tout aussi bien être la conséquence du facteur confondu ?

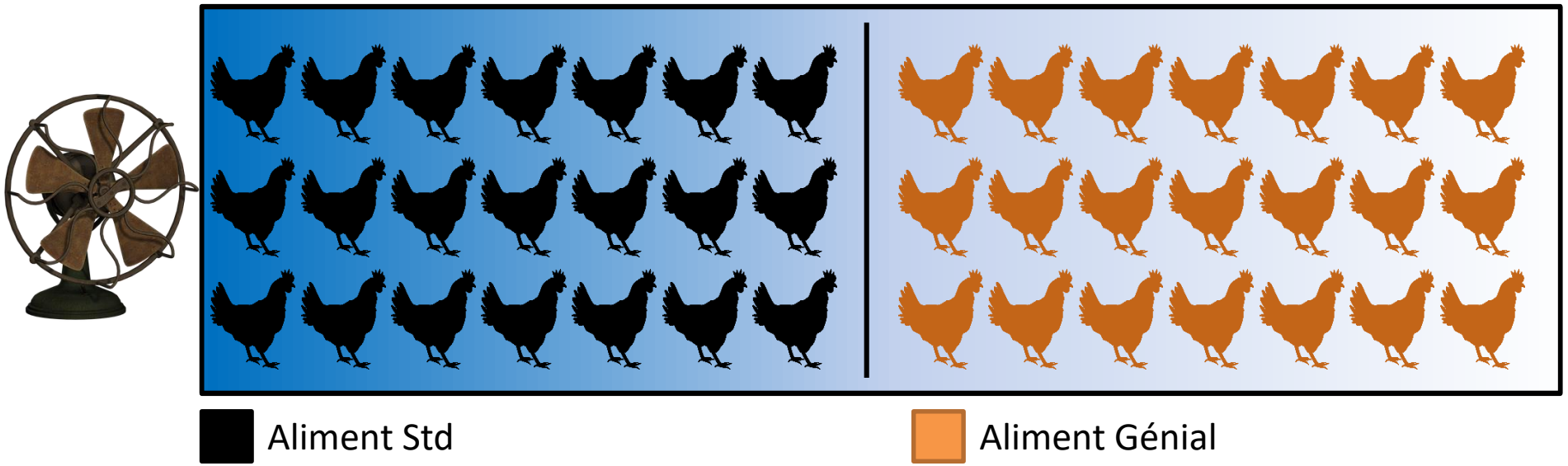


Facteurs Confondus

Un facteur confo i peut influencer la variable à expliq

Alors ?
Effet alim ou ventilation ?

→ Comment prouver qu'un effet obse u facteur expérimental s'il peut tout aussi bien é quence du facteur confondu ?



Facteurs Confondus

Un facteur confondu est un facteur qui peut influencer la variable à expliquer ET la variable explicative

Au final assez simple à gérer

- En amont
  - Elimination (on supprime le ventilateur ou on évite la partie du batiment ou il y a le ventilateur)
  - « Randomization » : on se débrouille pour que les poules nourries avec les 2 aliments soient aléatoirement réparties dans le bâtiment

CC BY SA

Facteurs Confondus

Un facteur confondu est un facteur qui peut influencer la variable à expliquer ET la variable explicative

Au final assez simple à gérer

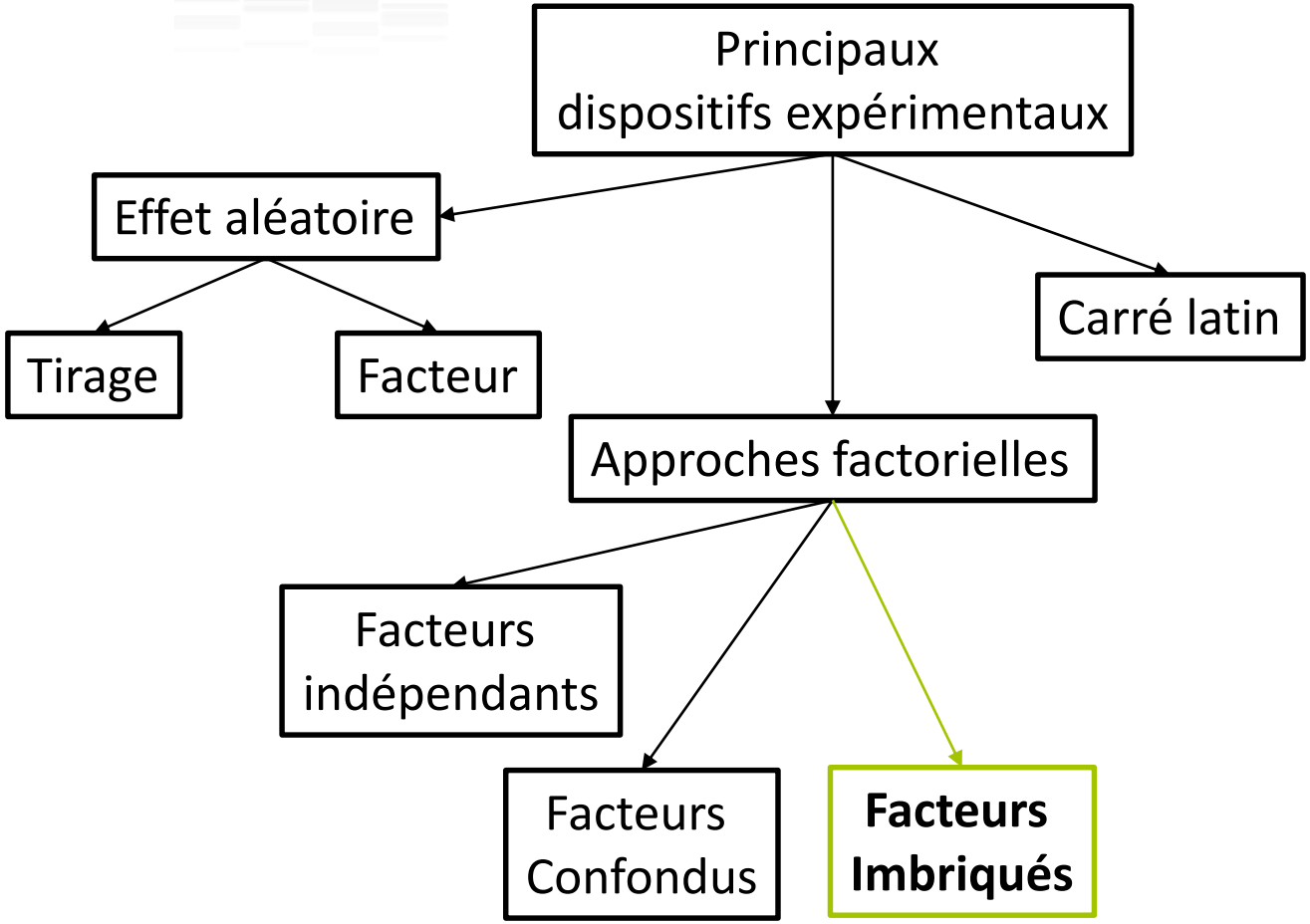
- En aval (les stats)

Package de base *{stats}*

```
> modele<-lm(variable_a_expliquer~facteur_expe+facteur_confondu,
                 data=base)
> summary(modele)
```


CC BY SA

Dispositifs expérimentaux



Facteurs Imbriqués

- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt – *e.g. Race*
- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt imbriqué dans un autre facteur d'intérêt – *e.g. Lignée* –

Ca fonctionne presque comme une interaction

Interaction	**Facteur imbriqué**
Race+Alim+Race×Alim	Race+Race:Lignée
Race (Holstein, Normande) ddl = 2-1 Alim (Haut, Bas) ddl = 2-1 Race×Alim (Holstein Haut, Holstein Bas, Normande Haut, Normande Bas) ddl=4-1	Race (Holstein, Normande) ddl = 2-1 Race:Lignée (Holstein Lait, Holstein Taux, Normande Lait, Normande Taux) ddl= 2-1 + 2-1
ddl= 2+2+4-1-1-1=5	**ddl = 2+2+2-1-1-1 = 3**

Données de l'expérimentation « Quelle vache laitière pour quel système? » coordonnée par Luc Delaby (INRA, UMR PEGASE, Saint-Gilles) au domaine expérimental INRA du Pin-au-Haras

CC BY SA

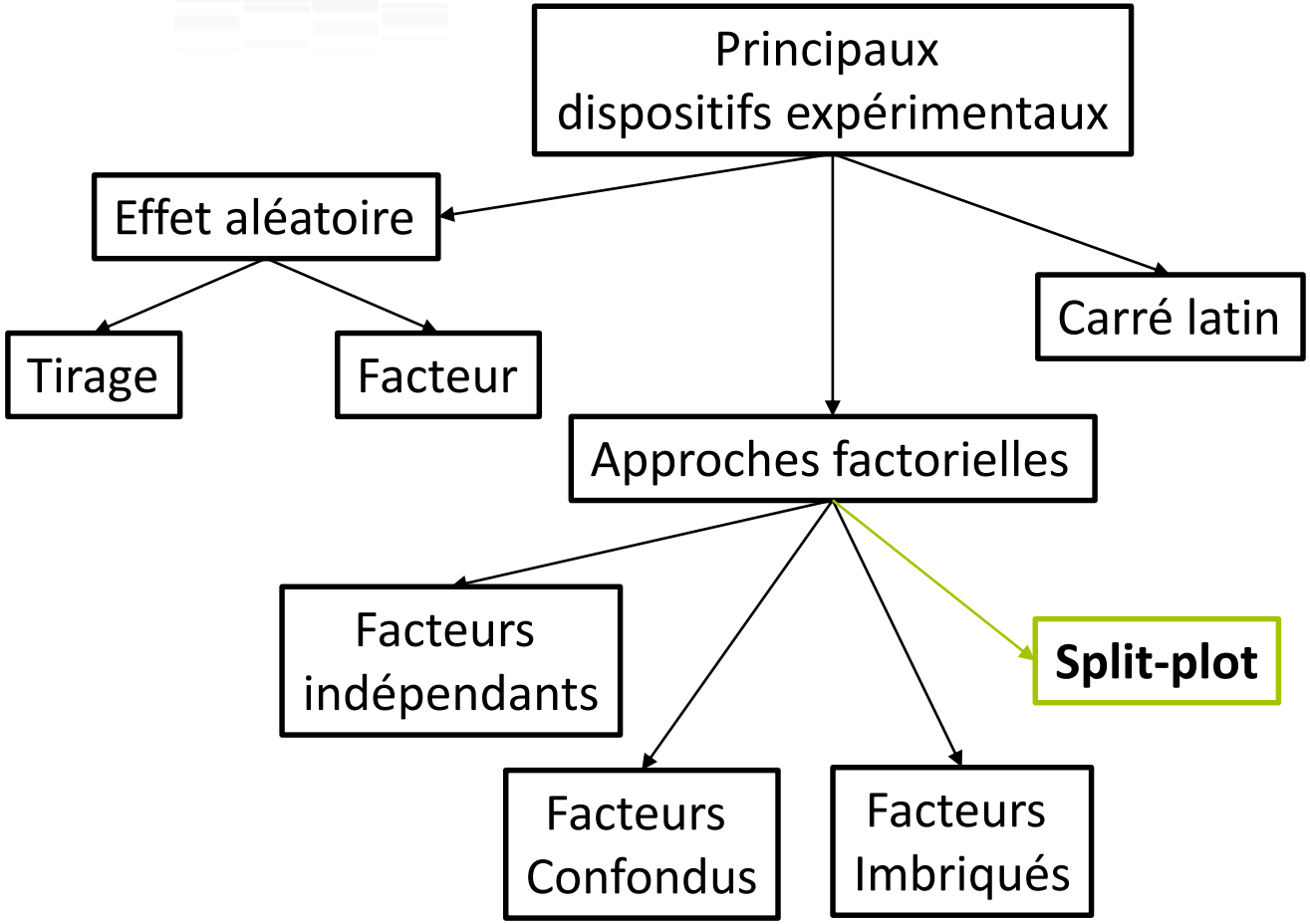
Facteurs Imbriqués

- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt – *e.g. Race*
- ≥ 1 facteur(s) fixe(s) d'intérêt imbriqué dans un autre facteur d'intérêt – *e.g. Lignée* –

Package de base *{stats}*

```
> modele<-lm(variable_a_expliquer~facteur_parent
                +facteur_parent:facteur_imbriqué, data=base)
> summary(modele)
```

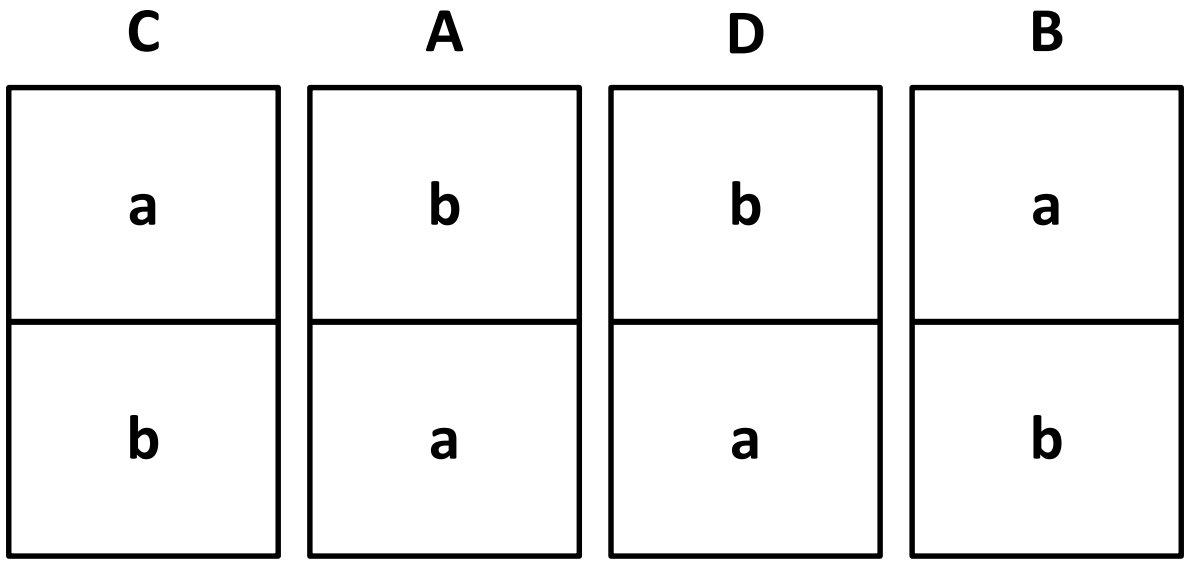
Dispositifs expérimentaux



Split-Plot

2 types de facteurs

- Difficiles à changer = *Whole-Plot aléatoire (A-D)*
- Faciles à changer = *Sub-plot alétoire (a,b)*



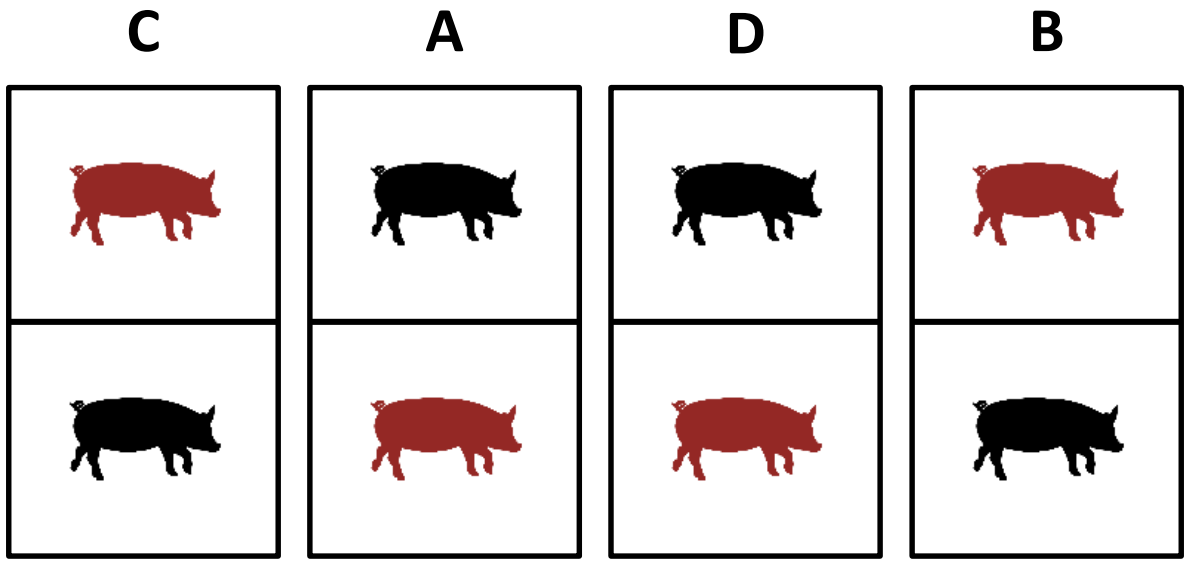
Split-Plot

2 types de facteurs

- Difficiles à changer = *Whole-Plot* e.g. portée (A-D)
- Faciles à changer = *Sub-plot* e.g. alimentation

Aliment Génial

Aliment Std

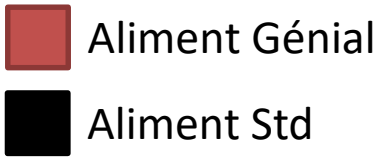


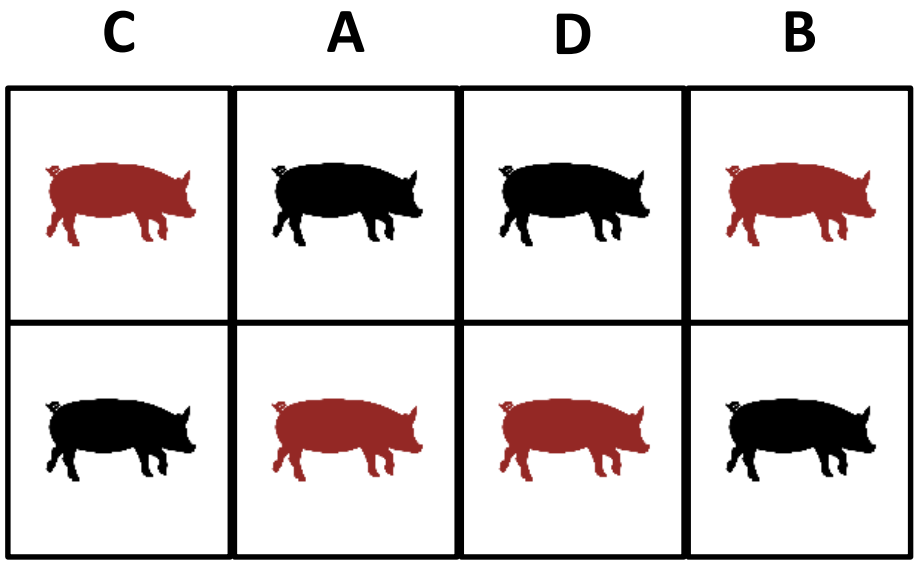
CC BY SA

Split-Plot

2 types de facteurs

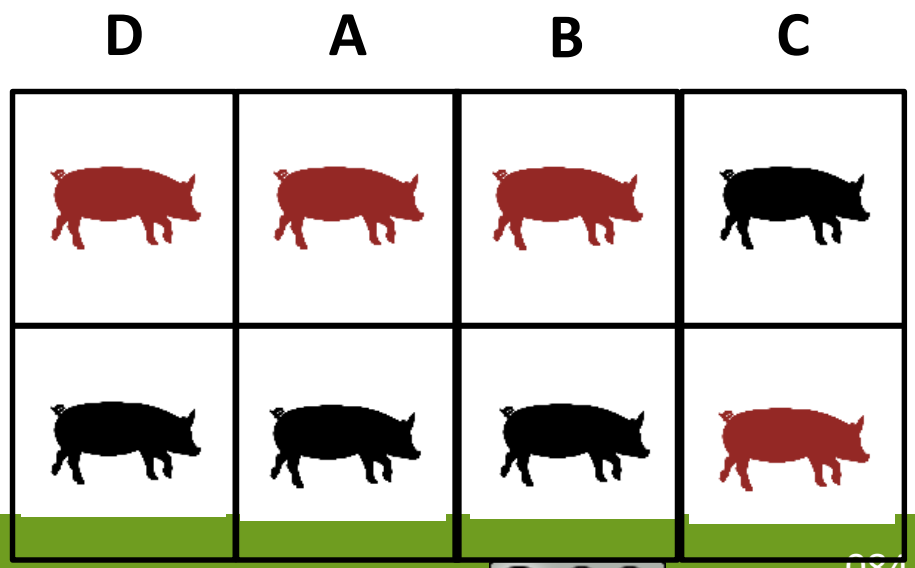
- Difficiles à changer = *Whole-Plot* e.g. portée (A-D)
- Faciles à changer = *Sub-plot* e.g. alimentation





Répétition I

Répétition II



Split-Plot

2 types de facteurs

- Difficiles à changer = *Whole-Plot* e.g. portée (A-D)
- Faciles à changer = *Sub-plot* e.g. alimentation

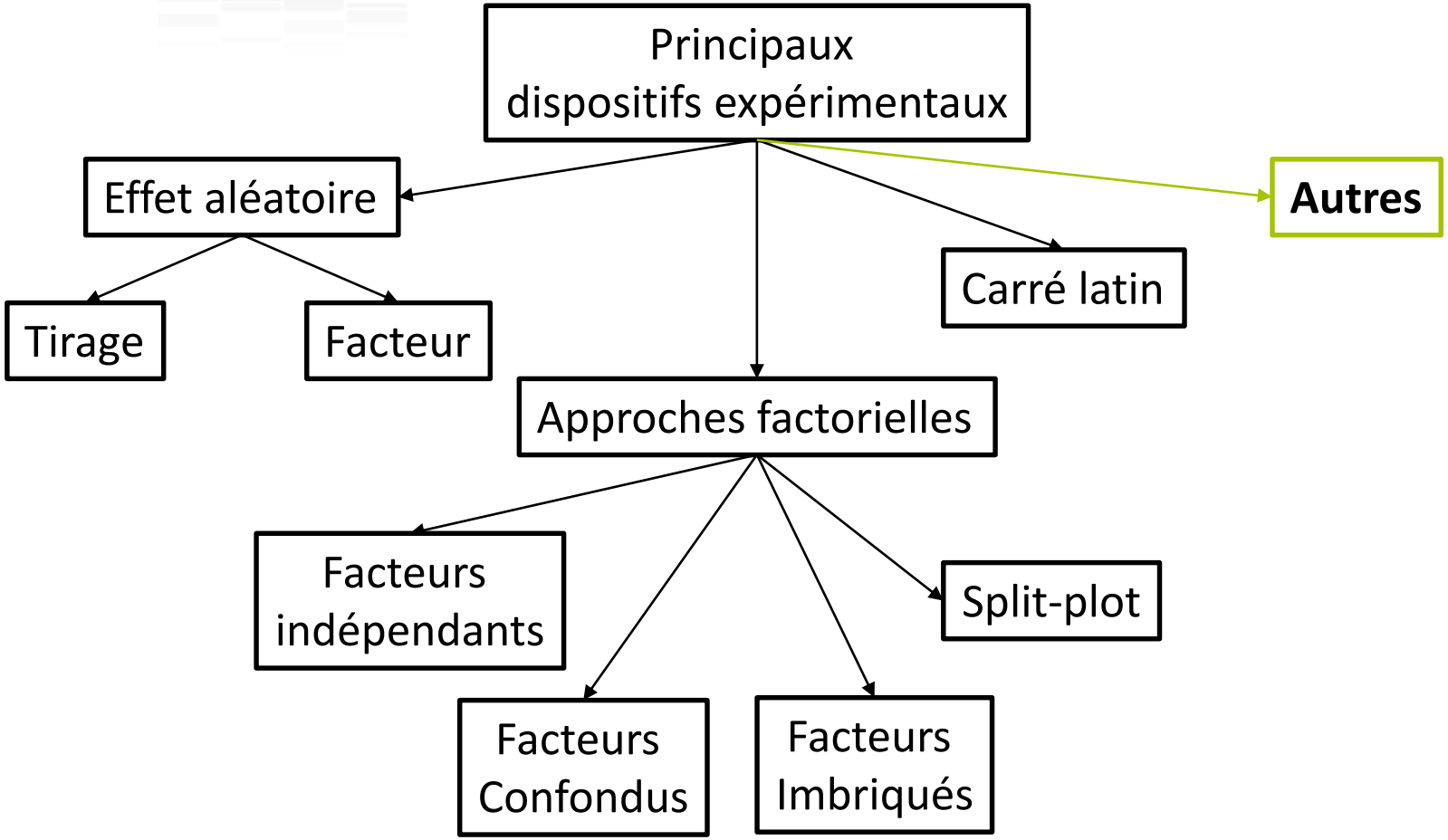
+ Répétitions

Package de traitement des modèles mixtes *{lme4}*

```
> modele<-lmer(variable_a_expliquer~subplot+
                +(1|wholeplot)+(1|répétition),data=base)
> summary(modele)
```

CC BY SA

Dispositifs expérimentaux



Plan de l'intervention

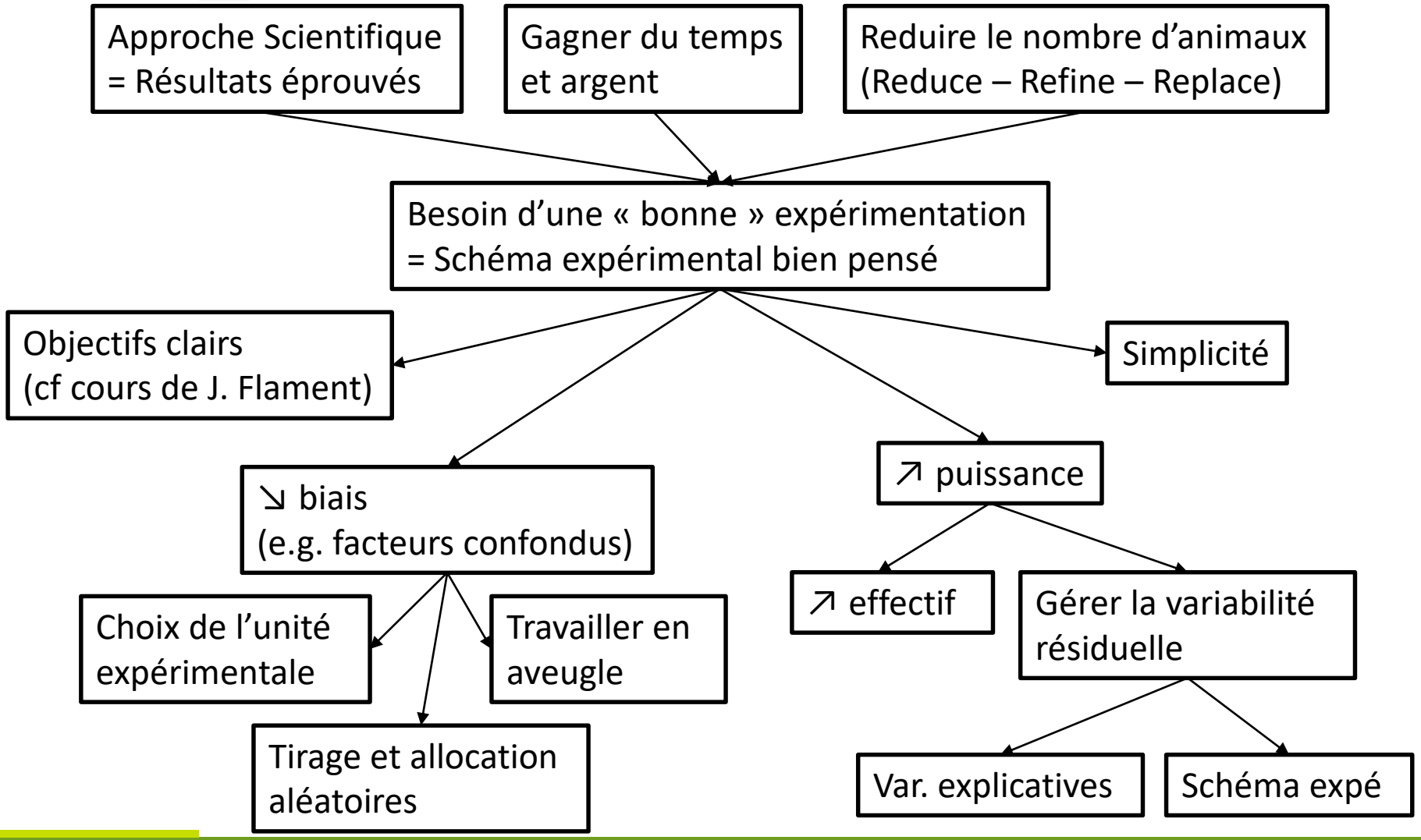
Introduction

1. Quelle est ma capacité à détecter une différence qui existe ?
2. Comment améliorer la puissance et la précision de l'expérimentation ?
3. Dispositifs expérimentaux

Conclusion

CC BY SA

Conclusion


Approche Scientifique
= Résultats éprouvés
Gagner du temps
et argent
Reduire le nombre d'animaux
(Reduce – Refine – Replace)
Besoin d'une « bonne » expérimentation
= Schéma expérimental bien pensé
Objectifs clairs
(cf cours de J. Flament)
Simplicité
↘ biais
(e.g. facteurs confondus)
↗ puissance
Choix de l'unité
expérimentale
Travailler en
aveugle
Tirage et allocation
aléatoires
↗ effectif
Gérer la variabilité
résiduelle
Var. explicatives
Schéma expé

Références

Cochran, W., and G. Cox. 1992. Experimental Designs. Second Edition. Wiley Classics Library, New York, USA.

Delaby, L., 1998. Statistiques par l'Exemple. Formation continue INRA, Rennes, France.

Festing, M.F. 2004. Short Course on Experimental Design for Research Scientists Working with Laboratory Animals - 3Rs. Accessed September 5, 2017.http://www.3rs-reduction.co.uk/index.html

Gill, J.L. 1978. Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Sciences. volume 1, volume 2, volume 3. The Iowa State University Press, Ames, USA.

Montgomery, D.C. 2017. Design and Analysis of Experiments. 9th Edition. Wiley Online Library.

Santiago Duran, E. 2017. STAT 503 - Design of Experiments. Accessed September 5, 2017. https://onlinecourses.science.psu.edu/stat503/

CC BY SA