



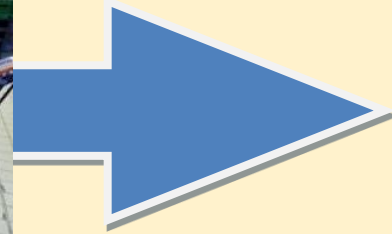
Etude des interactions et recherche de compromis entre performances zootechniques des bovins et qualités de leur viande

Doctorant: Alexandre Conanec

Directeurs de thèse: Marie-Pierre Ellies-Oury et Jérôme Saracco



Introduction



ère Viande Bo

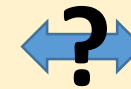
Performances
zootecniques



Qualité des
carcasses



Qualité
nutritionnelle



Qualité
sensorielle

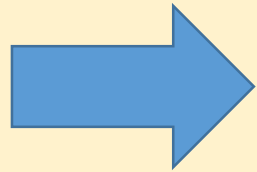
4 intérêts de la filière

Antagonistes

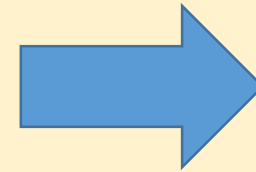
Relations ?

Non
corrélés

Corrélés
positivement

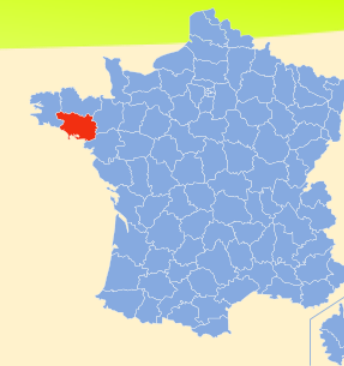


Recherche d'un
compromis



Elaboration d'un
cahier des charges

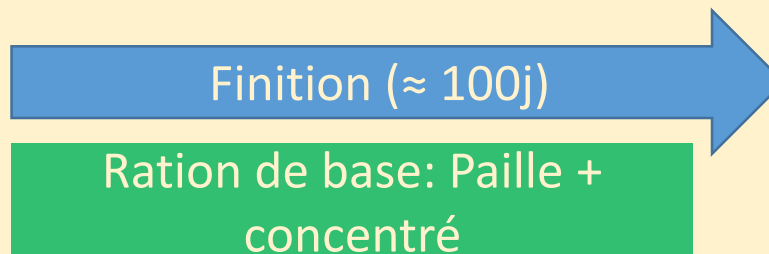
Matériels : Expérimentation Lipivimus



Station Mauron 2008



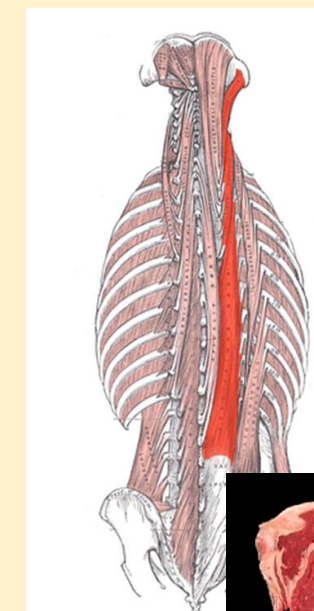
30 génisses Blonde d'Aquitaine



Objectifs:
 Note d'Etat Corporel: [3; 3.5]
 Poids: 720 kg

Données collectées:

Animaux	Performances zootechnique	Qualité des carcasses	Qualité Nutritionnelle	Qualité Sensorielle
1 ⋮ 30	9 indicateurs : GMQ, poids vif, IC, ...	21 indicateurs : conformation, note de gras, ...	39 indicateurs : teneur en lipides, C16:0, C18:3 n-3, ...	12 indicateurs : tendreté, jutosité, flaveur, ...



Muscle *longissimus thoracis* (LT)
5-6-7^{ème} cote

Méthodologie en 3 étapes

N°1

Sélectionner un pool d'indicateurs pertinents



Réduire la redondance des indicateurs et simplifier l'interprétation

4 Intérêts de la filière

PZ

- PV
- GMQ
- IC
- ...

QC

- Conformation
- Note de gras
- Couleur
- ...

QN

- AGS
- AGPI
- w6/w3
- ...

QS

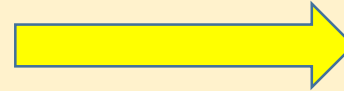
- Tendreté
- Jutosité
- Flaveur
- ...

Méthodologie en 3 étapes

4 Intérêts de la filière



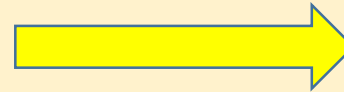
Sélections d'un pool d'indicateurs pertinents



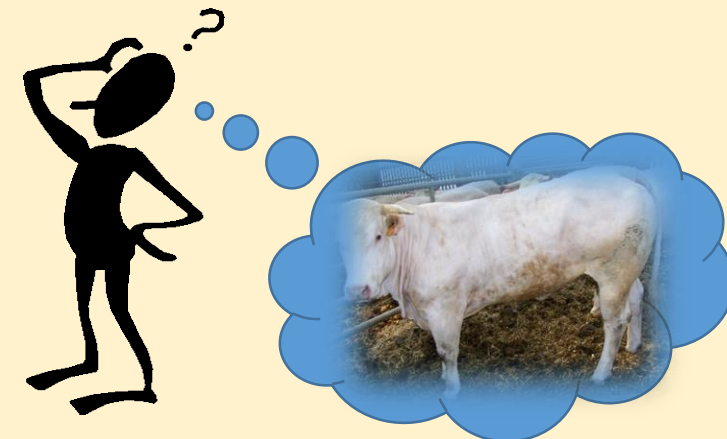
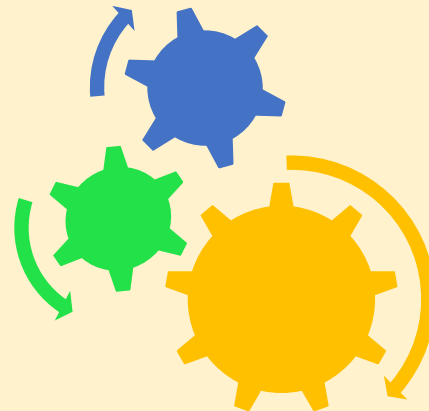
Réduire la redondance et simplifier l'interprétation



Etablir des relations entre les indicateurs de PZ, QC, QN et QS



Analyser l'influence et le comportement des indicateurs



Méthodologie en 3 étapes

4 Intérêts de la filière

PZ

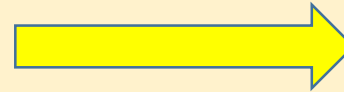
QC

QN

QS

N°1

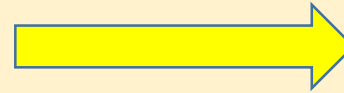
Sélections d'un pool d'indicateurs pertinents



Réduire la redondance des indicateurs et simplifier l'interprétation

N°2

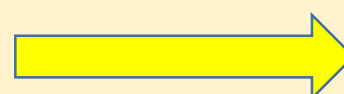
Etablir des relations entre les indicateurs de EI, QC, QN et QS



Analyser l'influence et le comportement des indicateurs

N°3

Rechercher un compromis optimum entre les 4 intérêts



Gérer les attentes des différents cahiers des charges

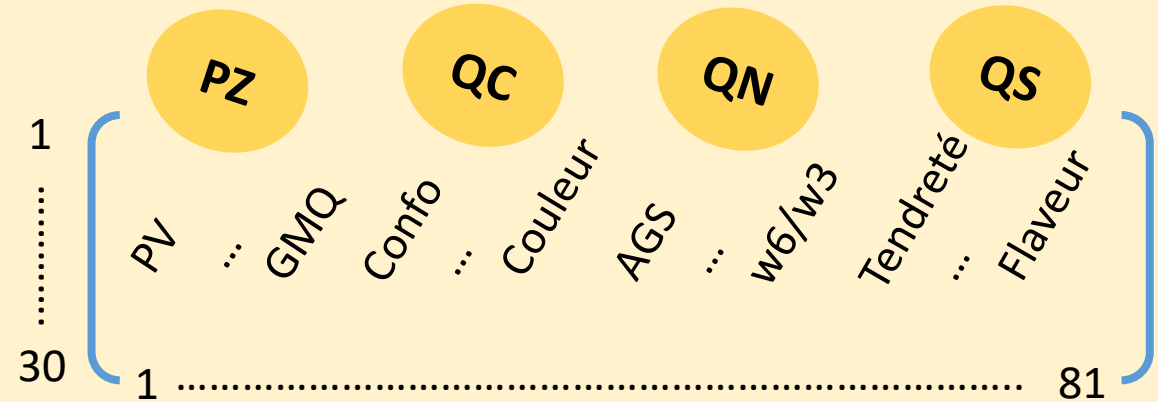


Réduction dimensionnelle par 4 clustering de variables

N°1

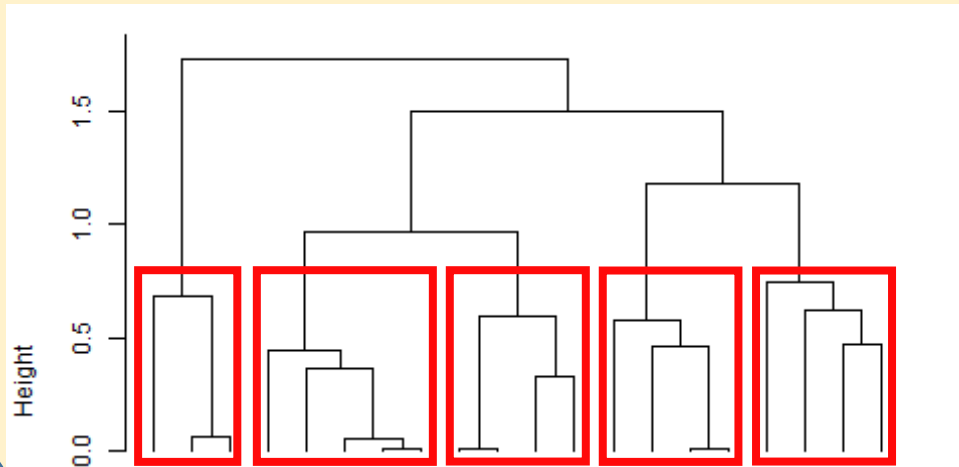
Sélections d'un pool d'indicateurs pertinents

Réduction dimensionnelle avec 4 clustering de variables (Chavent et al 2011)



N°2

Etablir des relations entre les indicateurs de EI, QC, QN et QS



N°3

Rechercher un compromis optimum entre les 4 intérêts

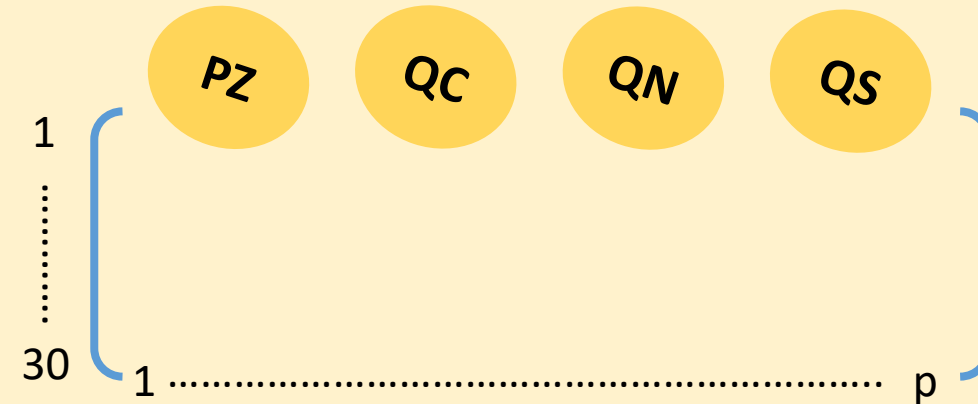
Sens clair donné par l'agrégation

oui

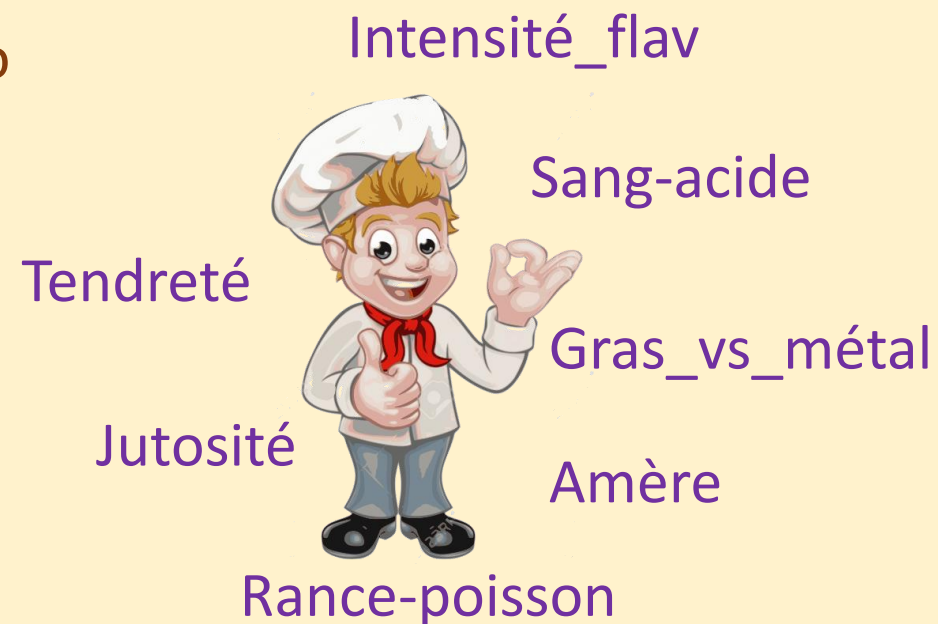
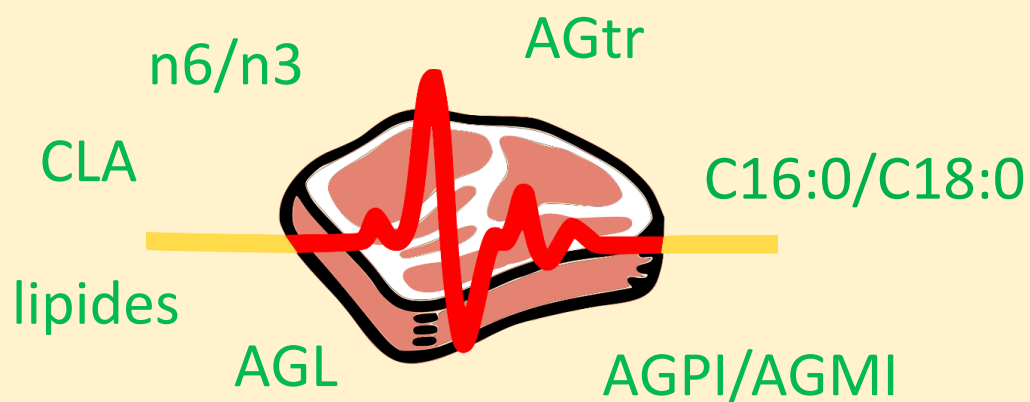
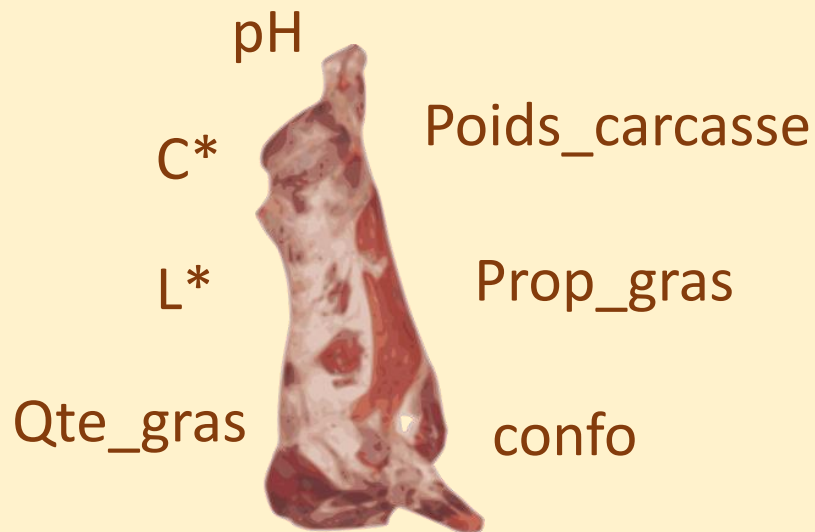
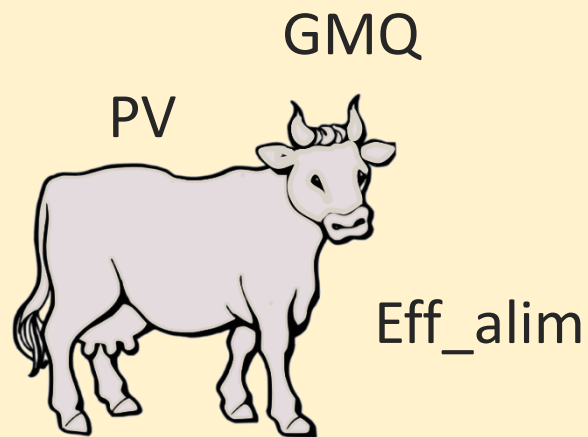
Création d'un nouvel indicateur: index synthétique

non

Sélection de l'indicateur le plus pertinent



Pool d'indicateurs sélectionnés pour évaluer les 4 intérêts

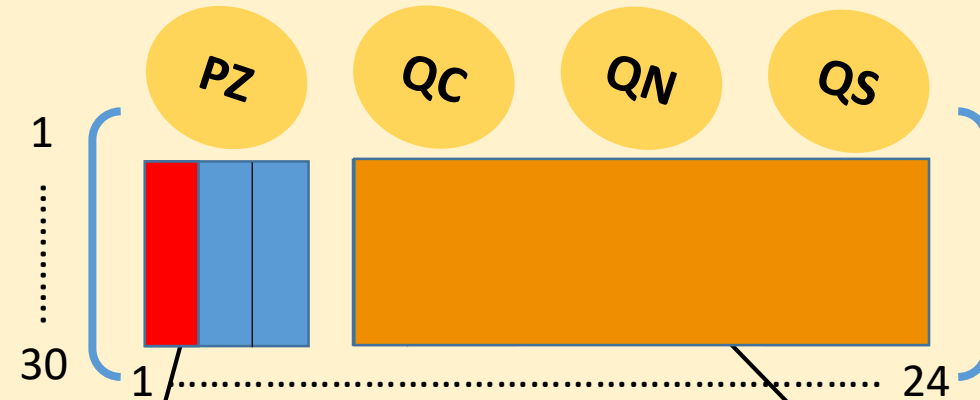


Construction et évaluation des modèles de prédiction

N°1

Sélections d'un pool d'indicateurs pertinents

24 indicateurs = 24 modèles



1 modèle de prédiction

• Variable à expliquer Y

~

• Pools de variables explicatives X

Etude de la qualité des modèles:

- R^2 ajusté (R^2_{adj})
- R^2 ajusté corrigé ($R^2_{adj_cor}$) calculé par bootstrap pour évaluer la performance réelle du modèle (Harrel et al. 1996)

Sélection du meilleur modèle et des meilleures variables explicatives avec le package modvarsel (Ellies-Oury et al 2018)

- Random Forest (rf)
- Régression linéaire multiple (lm)
- Régression Ridge (ridge)
- Sliced inversed regression (sir)
- Partial least square regression (pls)

N°2

Etablir des relations entre les indicateurs de EI, QC, QN et QS

N°3

Rechercher un compromis optimum entre les 4 intérêts

Correction des indicateurs apparent par bootstrap: exemple du R^2

Soit:

$\vec{y} = n$ valeurs observées de la variable à expliquer

$\vec{y}_b = b^{\text{ième}}$ sous échantillon de \vec{y}

$model_b = model$ (type random forest)

entraîné sur le sous – échantillon b

B : le nombre de répétitions du bootstrap

Posons:

$$R^2_{b_{boot}} = R^2(y = \vec{y}_b, \hat{y} = predict(model_b, \vec{y}_b))$$

$$R^2_{b_{orig}} = R^2(y = \vec{y}, \hat{y} = predict(model_b, \vec{y}))$$

08/03/2019

Définissons alors l'Optimisme O
tel que :

$$O = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B (R^2_{b_{boot}} - R^2_{b_{orig}})$$

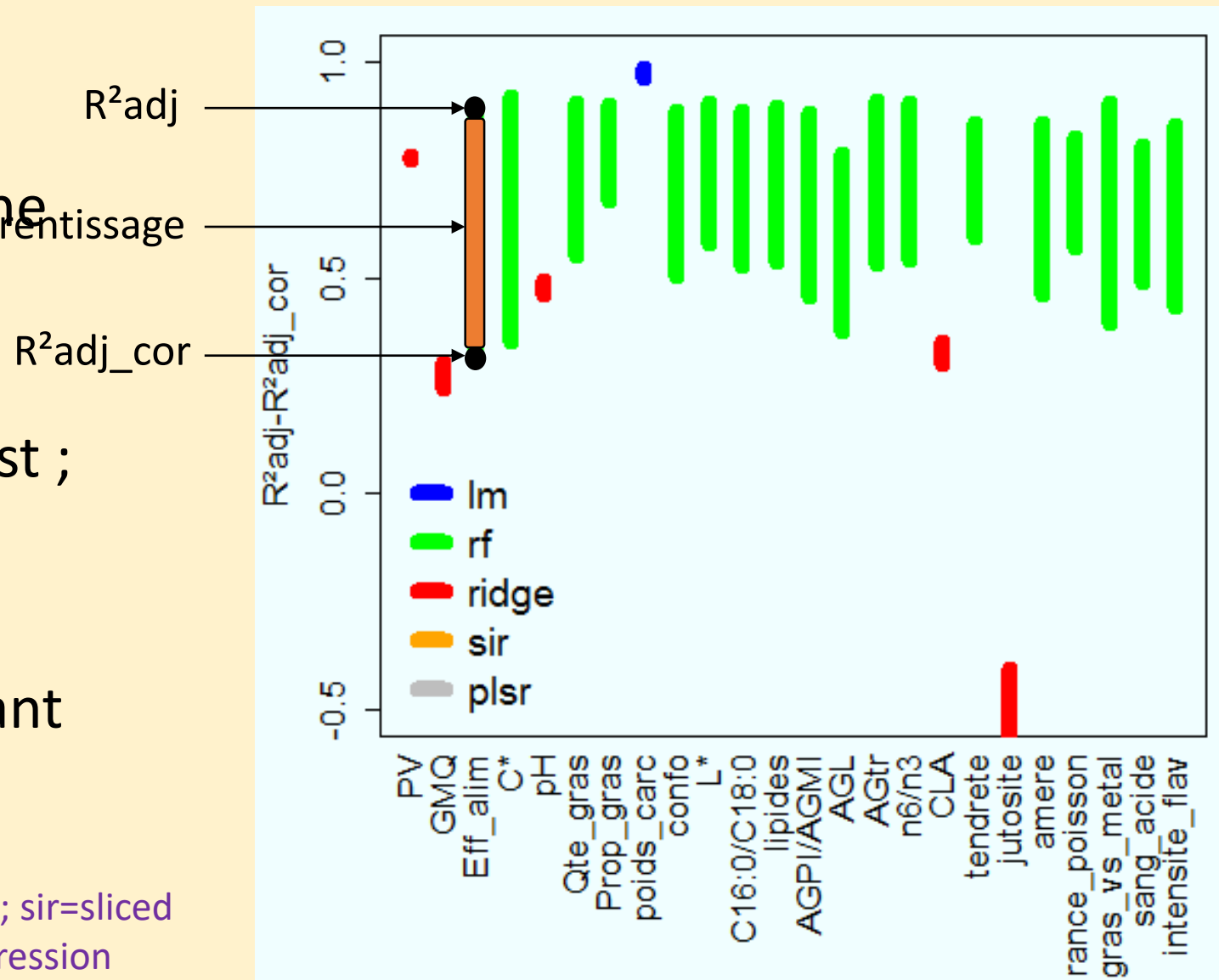
Corrigeons enfin le R^2 apparent :

$$R^2_{cor} = R^2_{app} - O$$

Harrell et al. (1996)

Qualité des modèles de prédiction

- Prédiction acceptable pour une majorité de modèle
- Une majorité de random forest ; sir et plsr non sélectionnés
- Un sur-apprentissage important des modèles random forest



lm=régression linéaire multiple; rf=random forest; sir=sliced inversed regression; plsr= partial least square regression

2 méthodes d'évaluation complémentaires de la sensibilité des modèles

N°1

Sélections d'un pool d'indicateurs pertinents

N°2

Etablir des relations entre les indicateurs de EI, QC, QN et QS

N°3

Rechercher un compromis optimum entre les 4 intérêts

Calcul d'indices de sensibilité S_i selon la décomposition de la variance de Sobol (Sobol 2001)



: (k régresseurs)

Importance du régresseur

(k indices S_i ,
 $S_i \in [0 ; 1]$,
 $\sum_{i=1}^k S_i = 1$)

Application graphique réalisée sur Shiny

<https://alexandre-conanec.shinyapps.io/cowperf/>

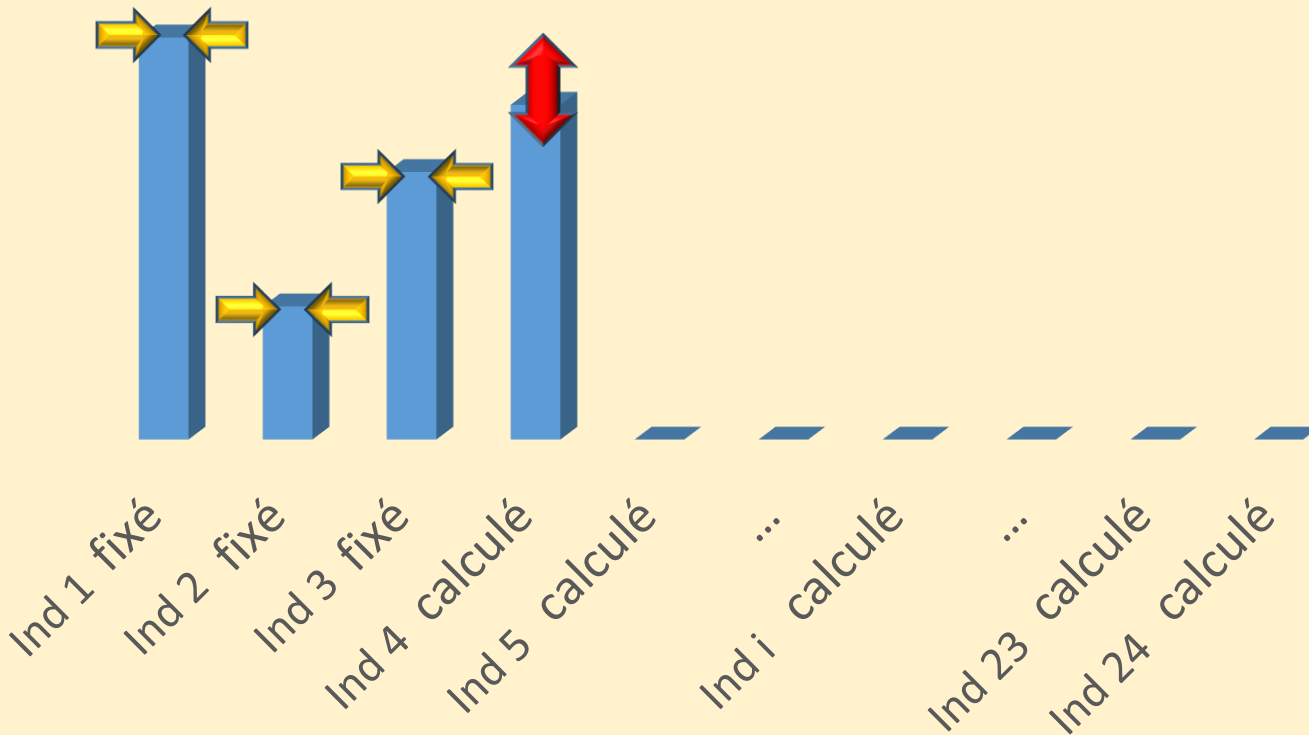


Complète les S_i et permet d'appréhender les modèles « boîtes noires »

Prédiction du phénotype : convergence de l'algorithme de prédiction

Première prédiction

PV	GMQ	Eff_alim	C*	Ind 2	...	Ind i	...	Ind23	Ind24
3	1	2	ypred	0	...	0	...	0	0



```

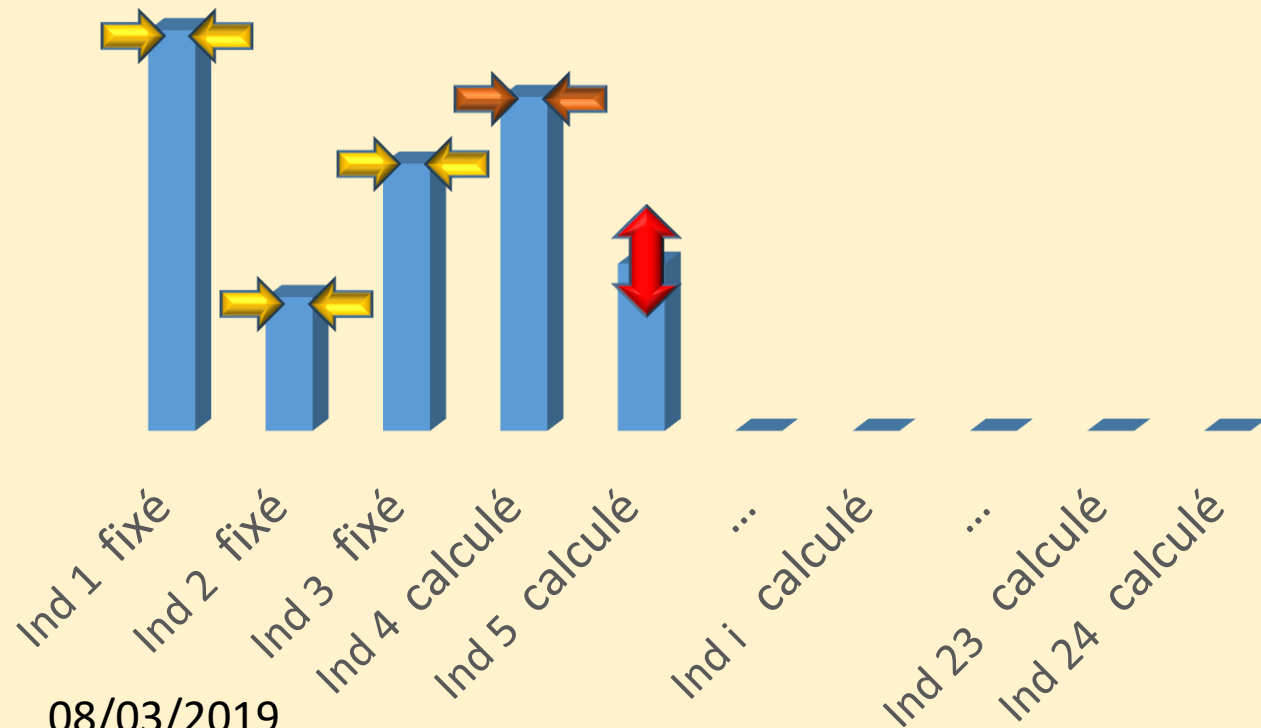
Load(Model) #24, 1 pr chaque ind
 $\vec{Ind}$  #valeur fixee + des 0 (indiv moyen)
Valeur_fixe <- 1:3

For (i in 1:length( $\vec{Ind}$ ))
  If (! i %in% Valeur_fixee)
     $\vec{Ind}[i] <- \text{predict}(\text{Model}[i], \vec{Ind})$ 
    
```

Prédiction du phénotype : convergence de l'algorithme de prédiction

PV	GMQ	Eff_alim	C*	Ind 2	...	Ind i	...	Ind23	Ind24
3	1	2	ypred4	0	...	0	...	0	0
3	1	2	ypred4	ypred5	...	0	...	0	0

Deuxième prédiction



```

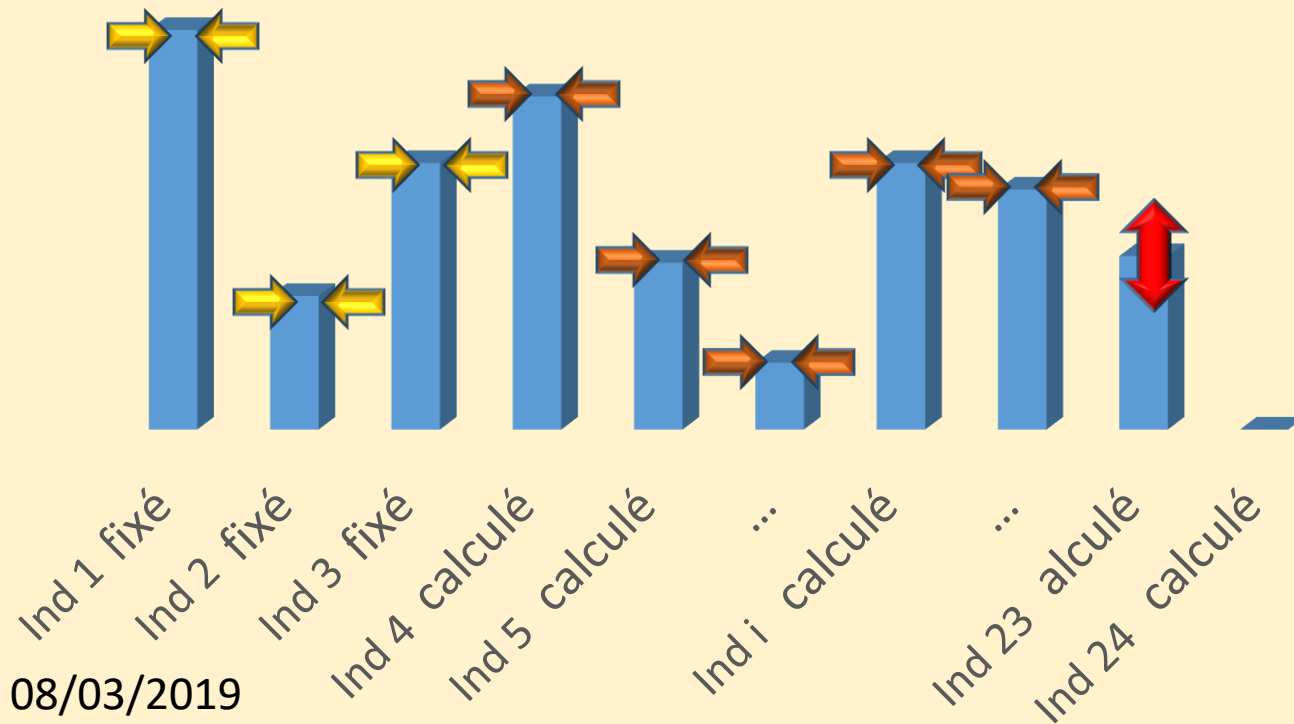
Load(Model) #24, 1 pr chaque ind
Ind → #valeur fixée + des 0 (indiv moyen)
Valeur_fixe ← 1:3

For (i in 1:length(Ind))
  If (! i %in% Valeur_fixe)
    Ind [i] ← predict(Model[i], Ind)
  
```


Prédiction du phénotype : convergence de l'algorithme de prédiction

Av dernière prédiction

PV	GMQ	Eff_alim	C*	Ind 2	...	Ind i	...	Ind23	Ind24
3	1	2	ypred4	0	...	0	...	0	0
3	1	2	ypred4	ypred5	...	0	...	0	0
3	1	2	ypred4	ypred5	...	ypredi	...	ypred20	0



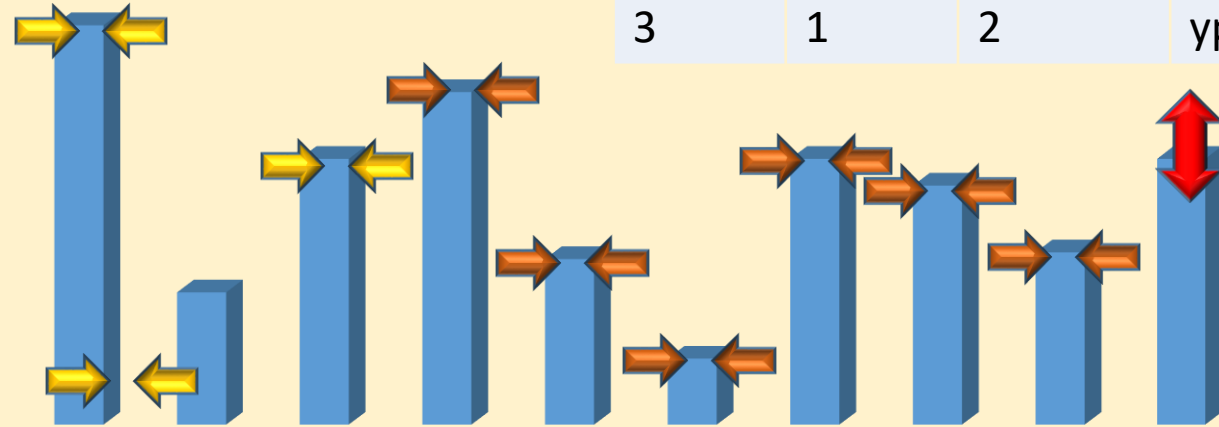
```

Load(Model) #24, 1 pr chaque ind
Ind ← #valeur fixée + des 0 (indiv moyen)
Valeur_fixe ← 1:3

For (i in 1:length(Ind))
  If (! i %in% Valeur_fixe)
    Ind[i] ← predict(Model[i], Ind)
    
```

Prédiction du phénotype : convergence de l'algorithme de prédiction

Dernière prédiction



PV	GMQ	Eff_alim	C*	Ind 2	...	Ind i	...	Ind23	Ind24
3	1	2	ypred4	0	0	0	0	0	0
3	1	2	ypred4	ypred5	...	0	...	0	0
3	1	2	ypred4	ypred5	...	ypredi	...	ypred20	0
3	1	2	ypred4	ypred5	...	ypredi	...	ypred20	ypred21

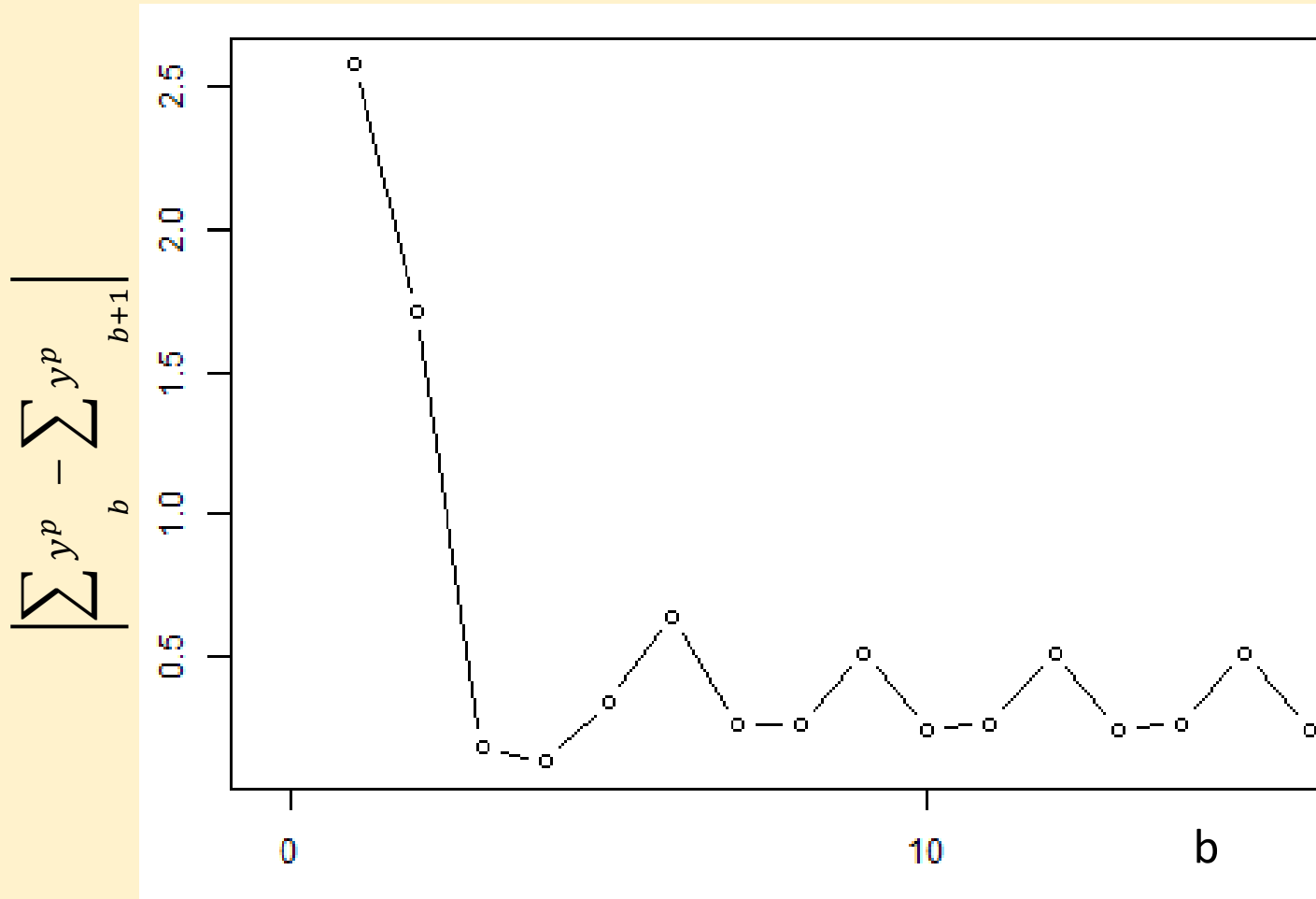
```
Load(Model) #24, 1 pr chaque ind
 $\vec{Ind}$  #valeur fixee + des 0 (indiv moyen)
Valeur_fixe <- 1:3
```

```
For (i in 1:length( $\vec{Ind}$ ))
```

```
  If (! i %in% Valeur_fixee)
```

```
    |  $\vec{Ind}$  [i] <- predict(Model[i],  $\vec{Ind}$ )
```

Prédiction du phénotype : convergence de l'algorithme de prédiction



Model

\overrightarrow{Ind}_0

Valeur_fixe <- 1:3

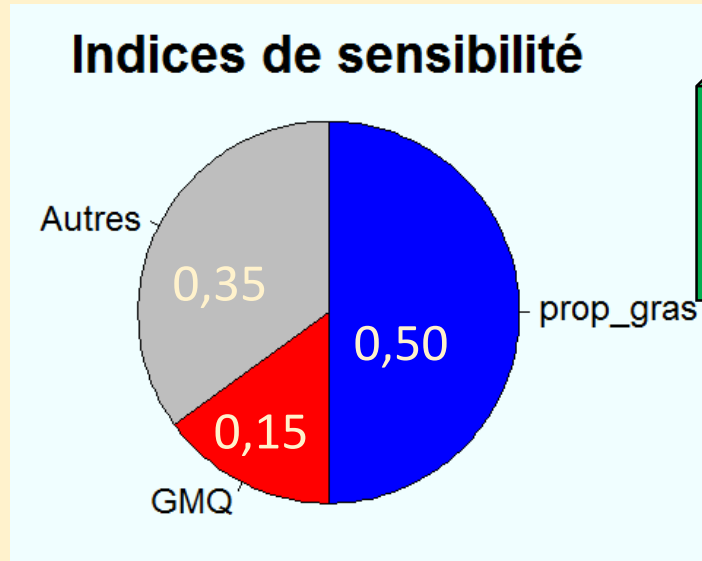
For (b in 1:10)

For (i in 1:length(\overrightarrow{Ind}_0))

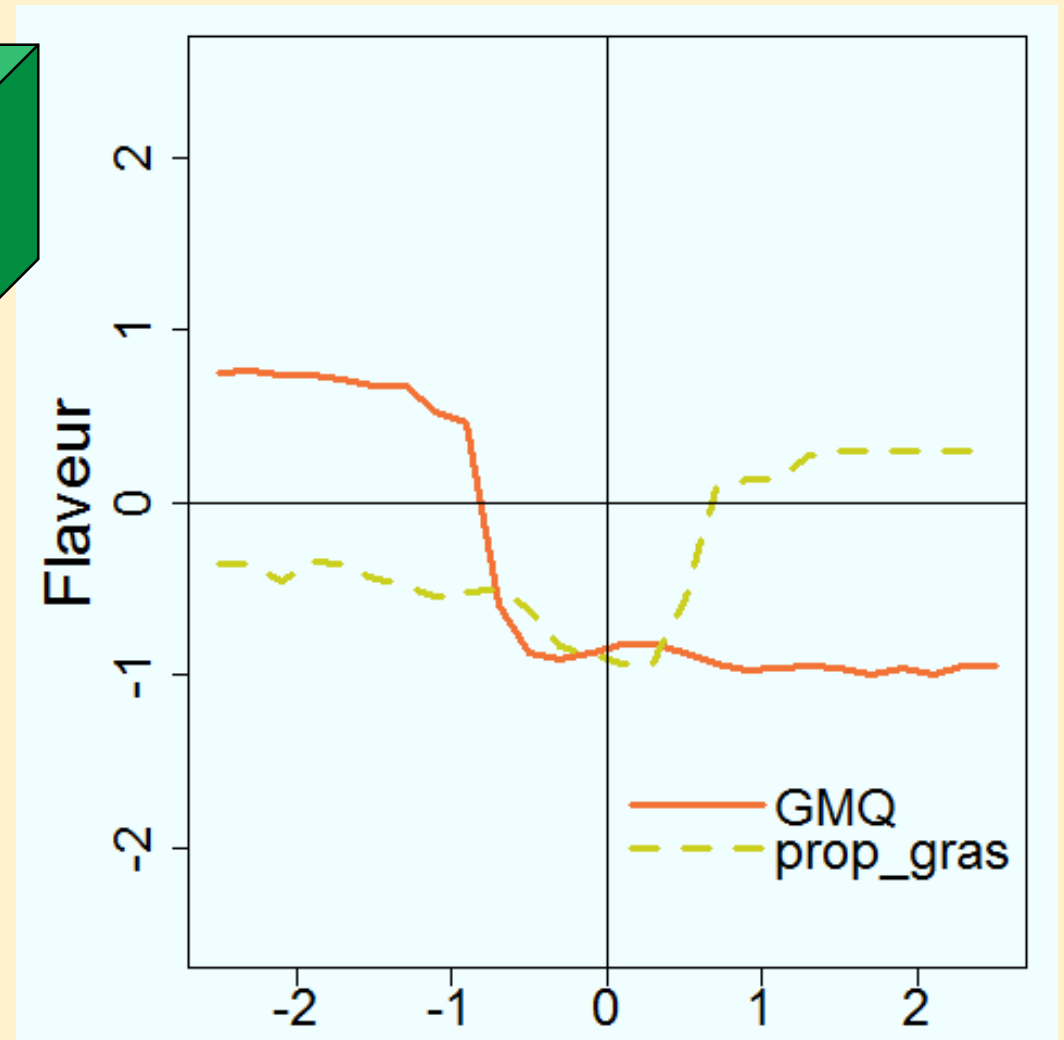
If (! i %in% Valeur_fixe)

$Ind_0[i] <- \text{predict}(\text{Model}[i], \overrightarrow{Ind}_0)$

Les viandes marbrées et persillées favorisent l'intensité de la flaveur...



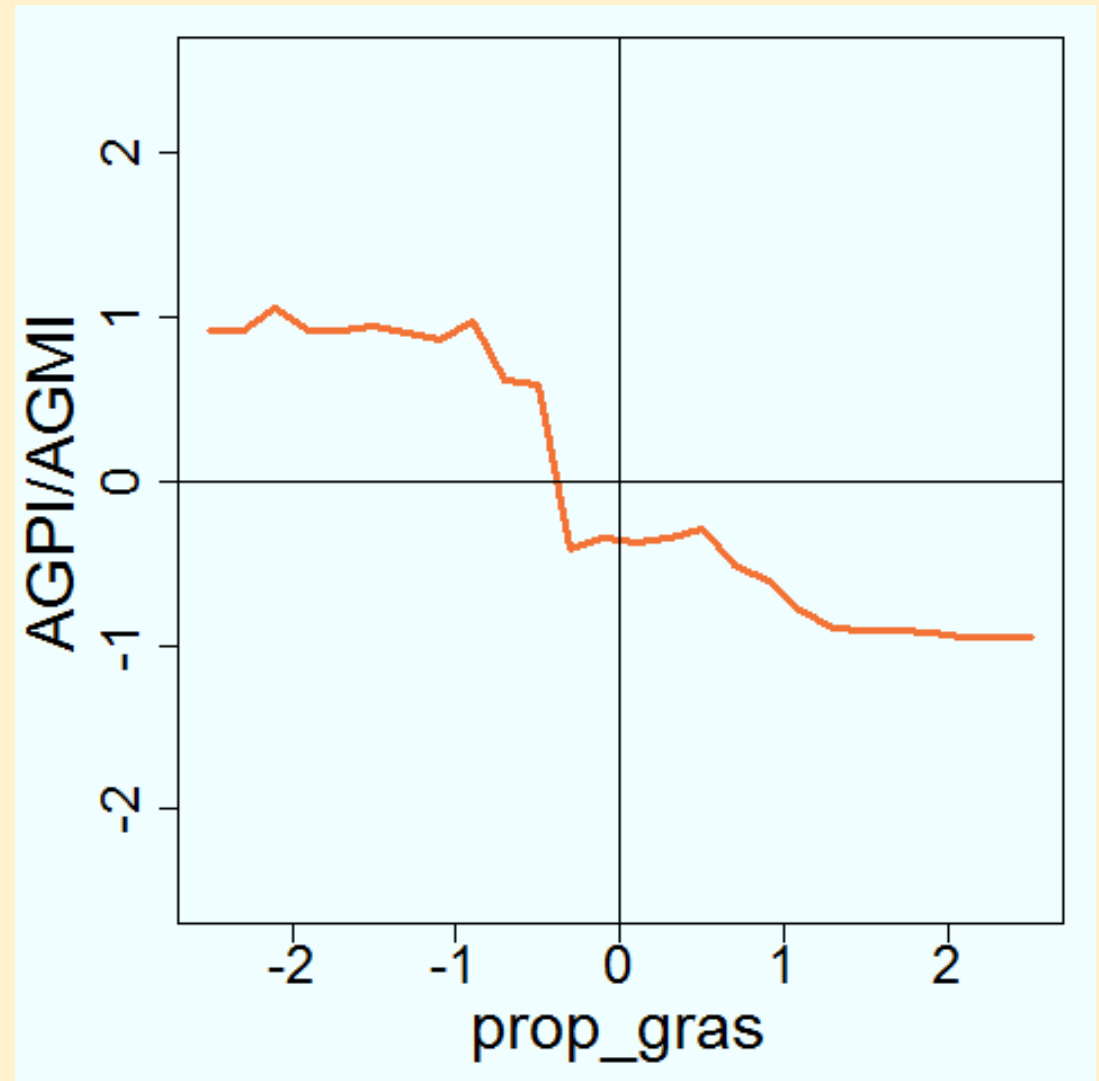
Intensité de la flaveur



- Le lien gras-flaveur en accord avec la littérature (Thompson et al. 2004)
- Le lien avec le GMQ est, lui, plus discuté (Pethick et al. 2004; Park et al. 2018; Robelin et al. 1986)

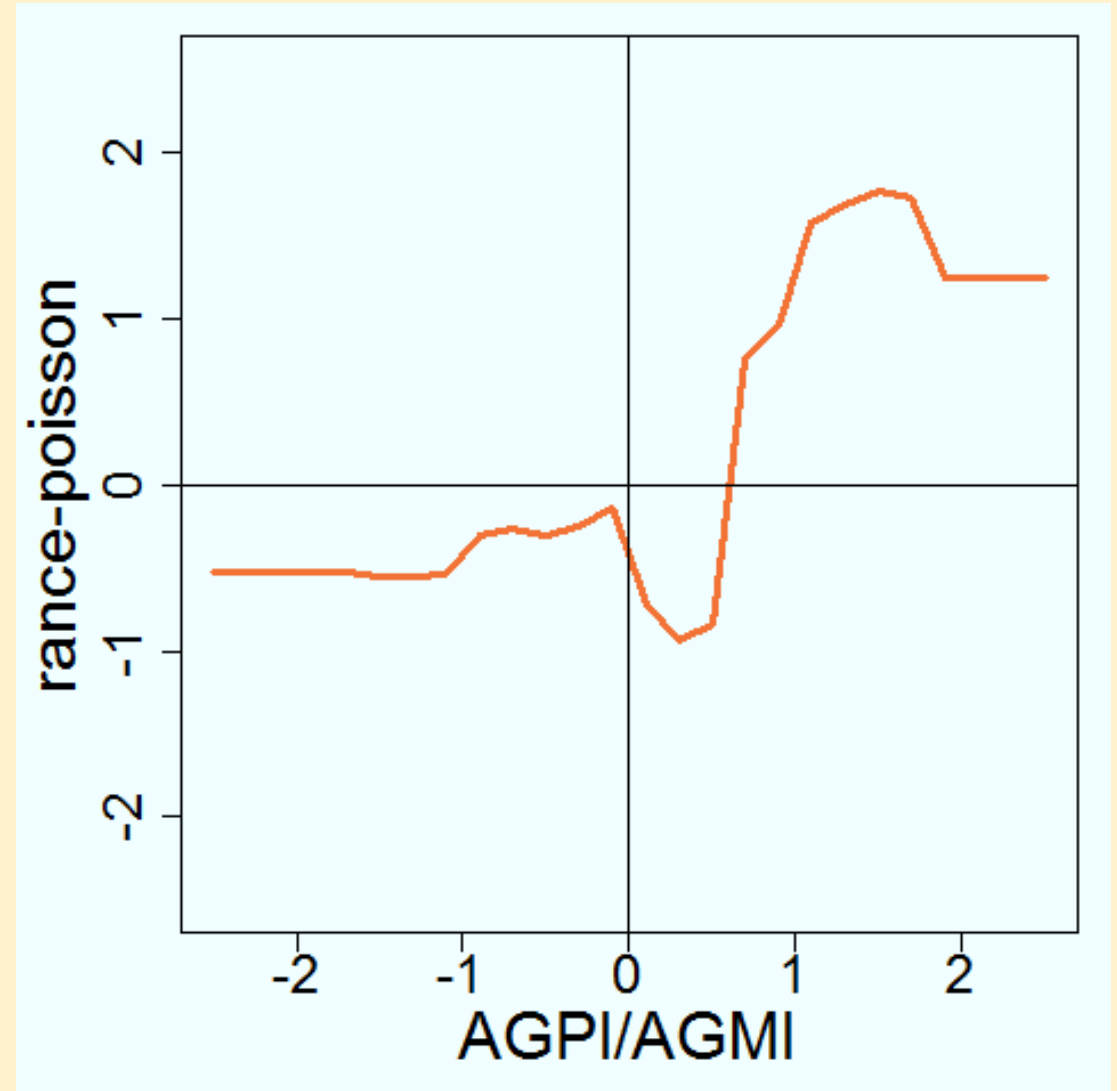
...mais diminuent la proportion d'AGPI...

- Résultat en accord avec la littérature (Warren et al. 2008)
- Proportion de gras élevée => synthèse de novo
- Bénéfice santé réduit



...qui est à l'origine de flaveurs indésirables

- En lien avec phénomène d'oxydation des doubles liaisons (Wood et al. 2008)



Discussion sur la linéarité des relations

- Les relations entre les variables observées ne sont pas linéaires dans la majorité
- Les modèles concernés par ces variations sont de type random forest
- L'hypothèse est donc que le sur-apprentissage est la cause de cette non linéarité
- Les résultats sont donc à prendre avec précaution
- De nouvelles observations devraient permettre de valider et/ou améliorer notre connaissance des différents liens étudiés

Agrégation linéaire des indicateurs pour évaluer chaque intérêt

N°1

Sélections d'un pool d'indicateurs pertinents

N°2

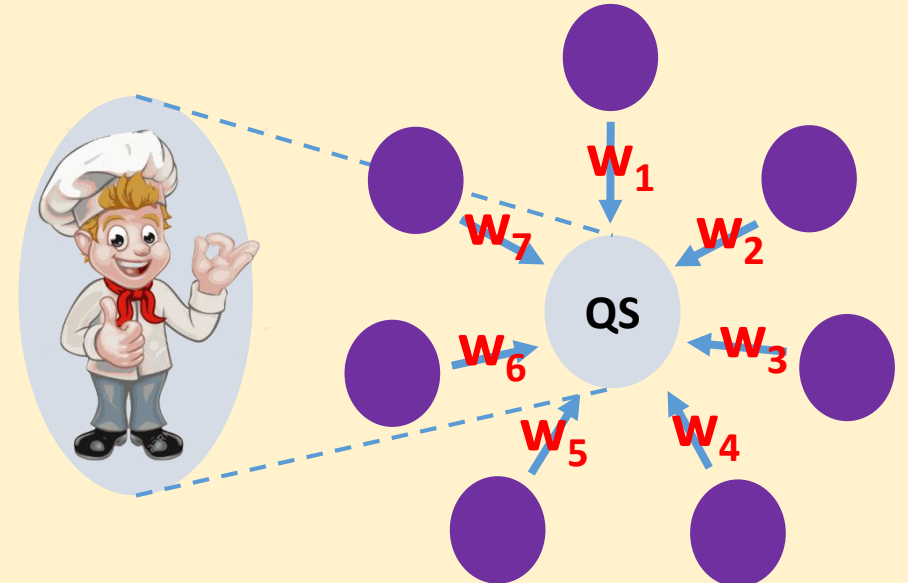
Etablir des relations entre les indicateurs de EI, QC, QN et QS

N°3

Rechercher un compromis optimum entre les 4 intérêts

Indicateurs	Coefficients
C16:0/C18:0	-0,15
lipide_teneur	-0,15
AGPI/AGMI	0,25
AGL	0,05
AG trans	0,05
n6/n3	-0,25
CLA	0,1
tendrete	0,425
jutosite	0,15
amere	-0,025
rance_poisson	-0,125
gras_vs_metal	-0,05
sang_acide	-0,05
intense_flav	0,175

EXPERTS



$$\sum_{i=1}^7 |w_i| = 1$$

Choix méthodologique de résolution du problème d'optimisation

N°1

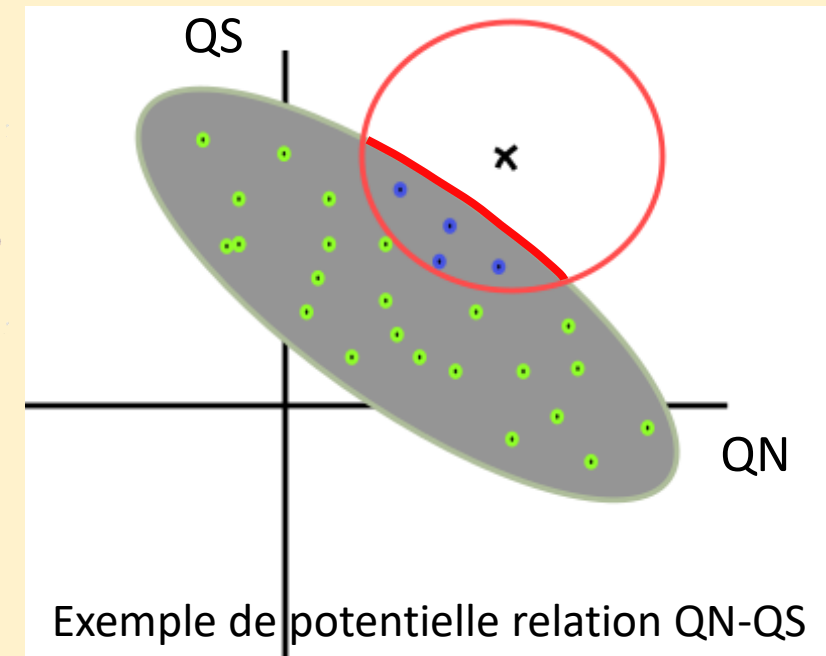
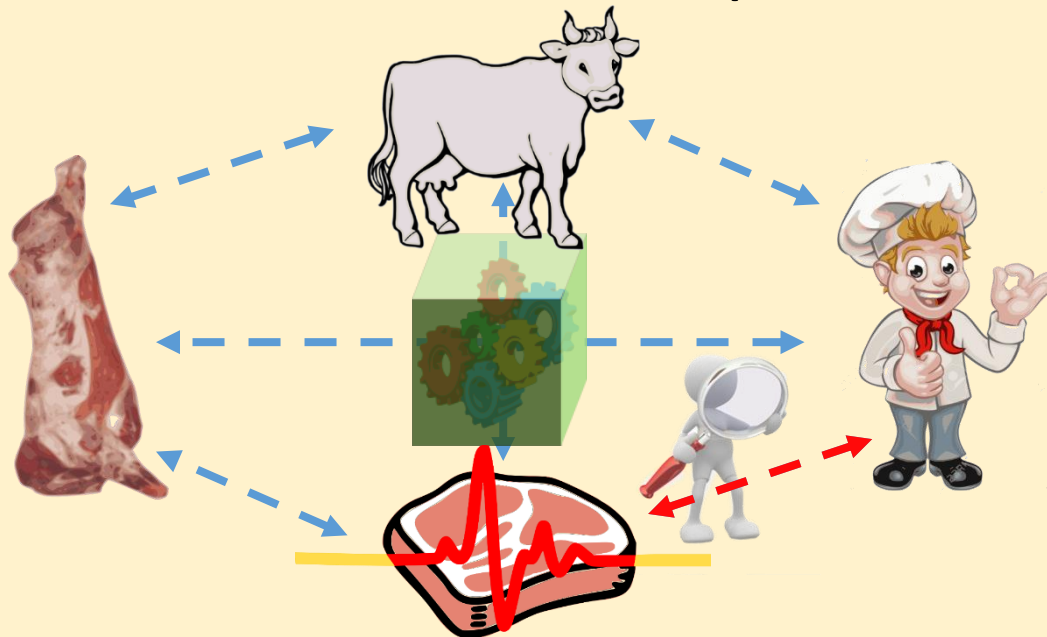
Sélections d'un pool d'indicateurs pertinents

N°2

Etablir des relations entre les indicateurs de EI, QC, QN et QS

N°3

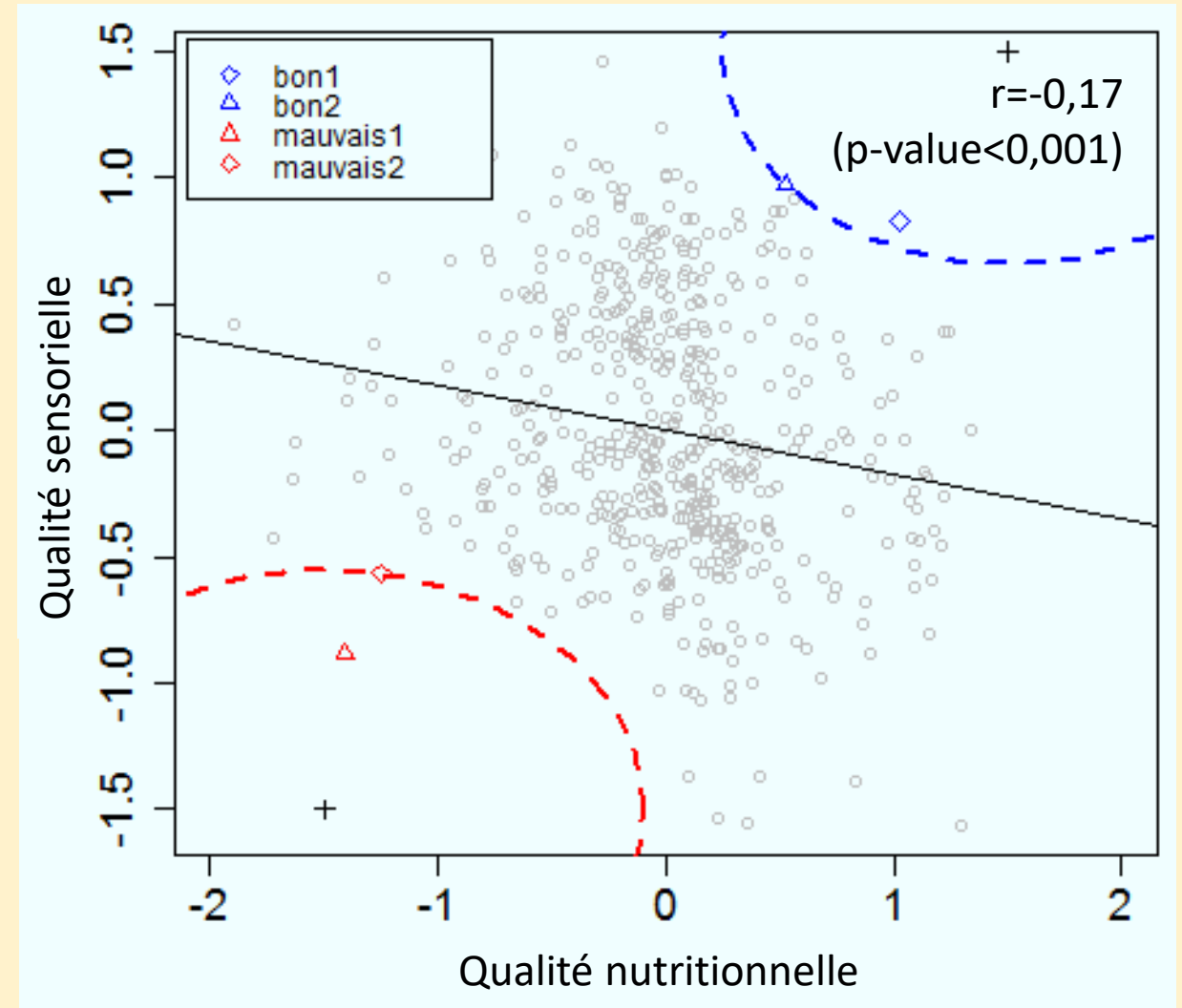
Rechercher un compromis optimum entre les 4 intérêts



- Nombre d'individus réels faible pour résoudre le problème d'optimisation ...
- ... donc génération d'individus virtuels (n=500) à partir des modèles

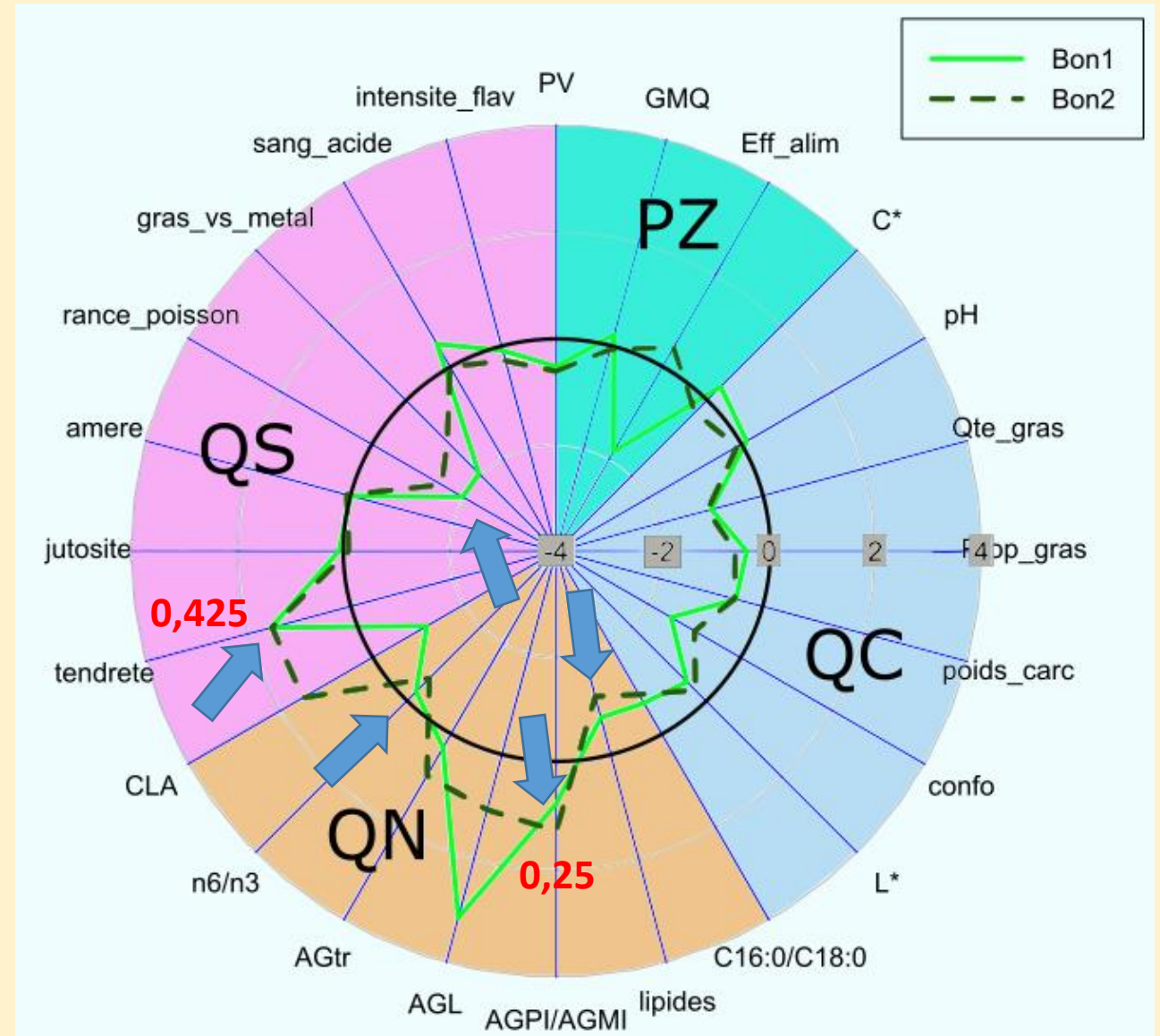
Qualités sensorielle et nutritionnelle faiblement négativement corrélées

- Peu d'études avec lesquelles comparer ce résultat
- Ellies-Oury et al. (2016) concluent que QN et QS sont indépendants
- On peut produire des viandes saines et savoureuses



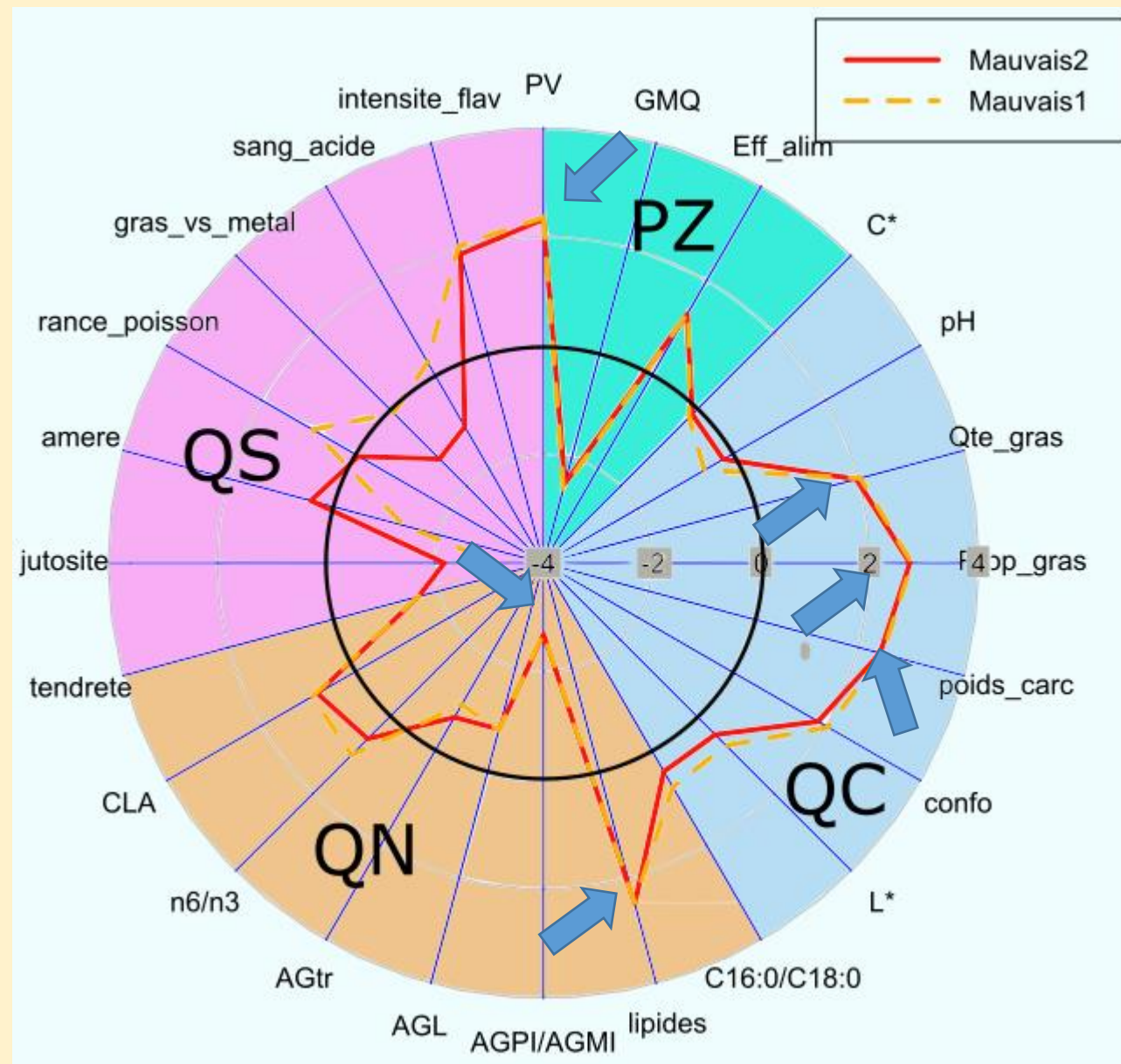
Les deux meilleurs profils

- Viande tendre sans flaveur indésirable
- Viande peu grasse, avec des rapports AGPI/AGMI et n6/n3 favorables
- Influence des coefficients d'importance attribués à chaque indicateur



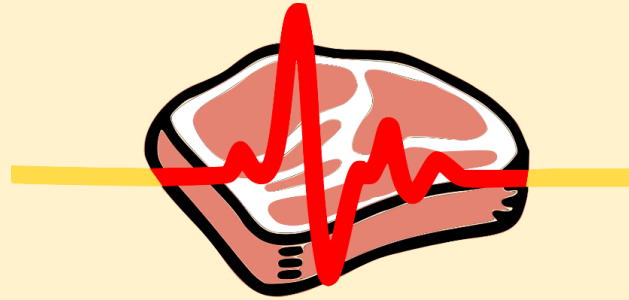
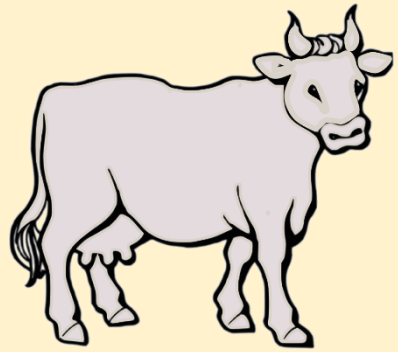
Les deux plus mauvais profils

- Viande grasse avec peu d'AGPI en proportion
- Carcasses et animaux plus lourds



Conclusions et perspectives de l'étude

Un pool de 24 indicateurs a été sélectionné pour évaluer les 4 intérêts



Croissance

Efficienc
alimentaire

Impact
environnemental

Bien-être

Conformation
de carcasse

Couleur

Répartition
du gras

Profil en AG

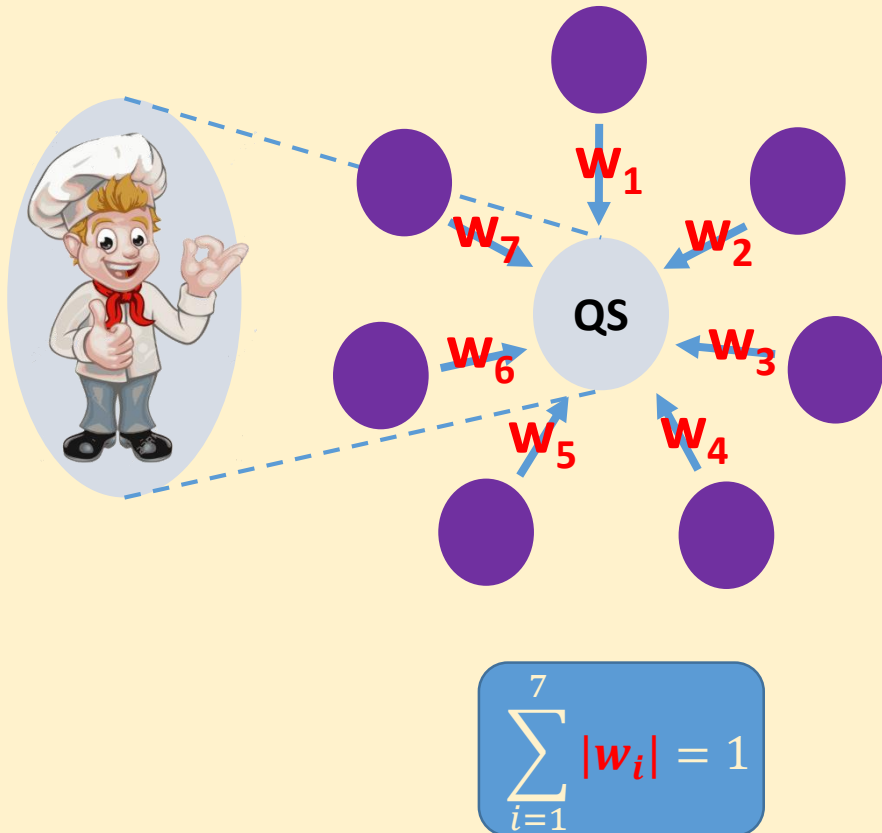
Protéines

Antioxydants

Fer

Descripteurs
subjectifs de qualité

Méthodologie d'agrégation des indicateurs peut être améliorée



- Fixation plus robuste des w_i

Méta-analyse

Enquêtes

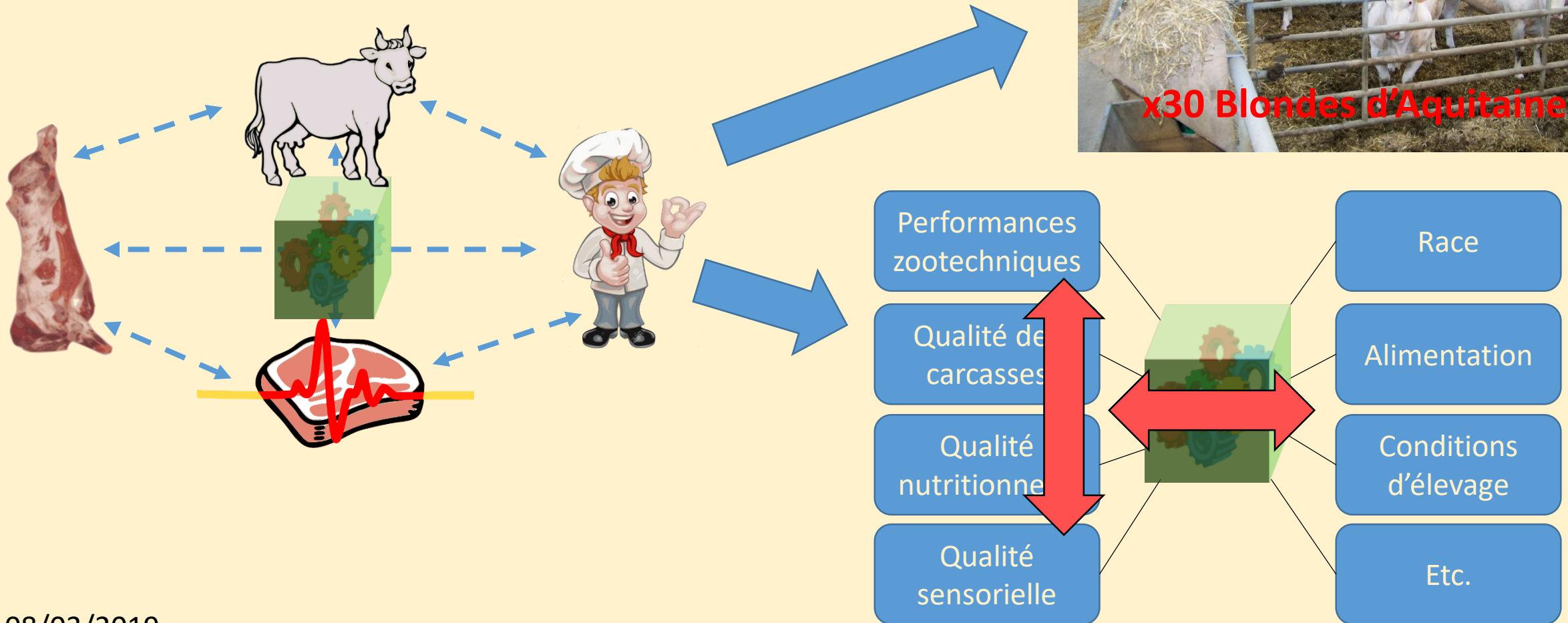
- Combinaison de plusieurs notations

Réseaux bayésiens

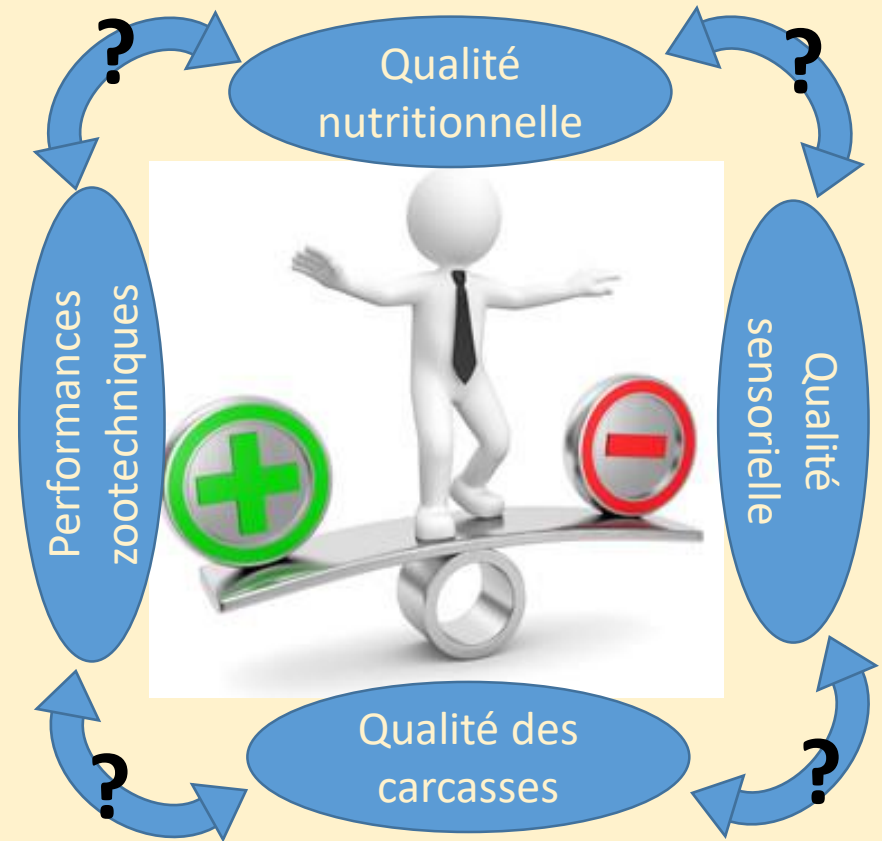
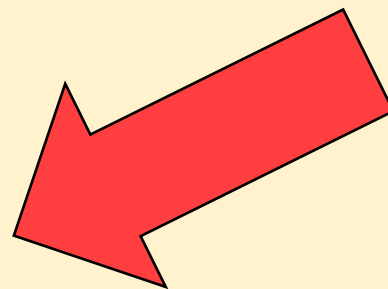
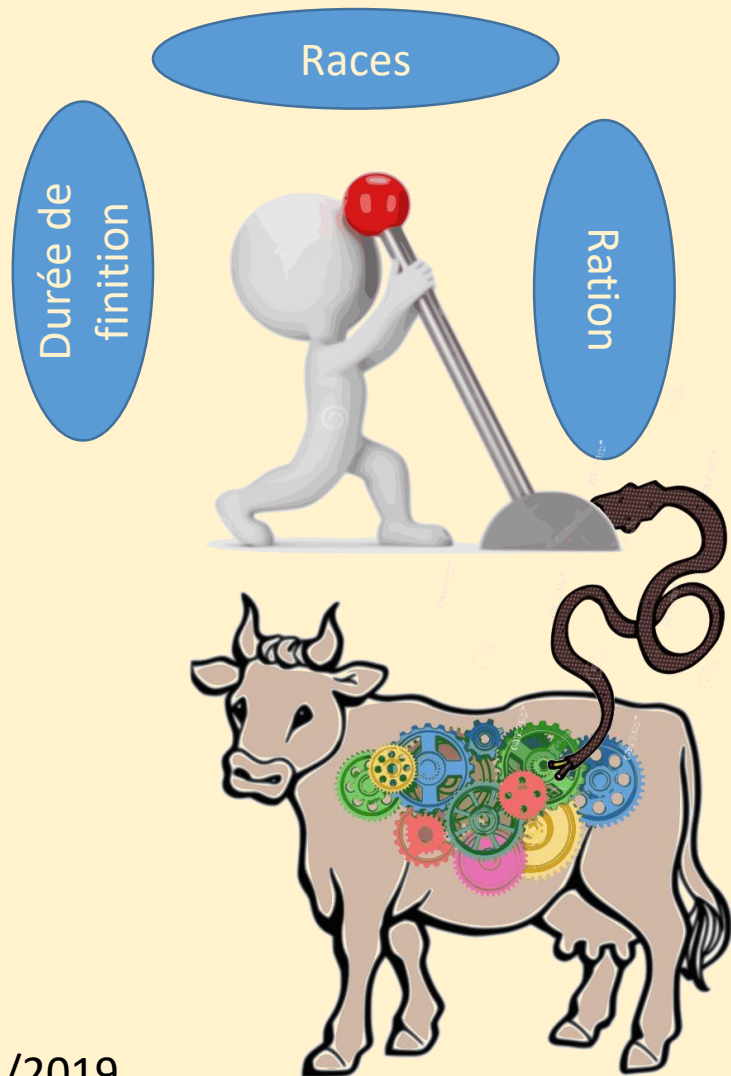
- Prise en compte plus stricte des très mauvaises performances

Méthodes de surclassement

Etude des liens entre qualités et performances spécifique à une expérimentation



Etude ne permettant pas de conclure sur leviers à actionner



Merci de votre attention