



HAL
open science

Résilience, robustesse : le point sur les concepts

Fabienne Blanc, José Pires, Luciano Barreto Mendes, Anne de La Torre

► To cite this version:

Fabienne Blanc, José Pires, Luciano Barreto Mendes, Anne de La Torre. Résilience, robustesse : le point sur les concepts. Université d'automne UMR Herbivores, UMR Herbivores, Dec 2023, Lempdes (Clermont-Ferrand), France. hal-04815222

HAL Id: hal-04815222

<https://hal.inrae.fr/hal-04815222v1>

Submitted on 2 Dec 2024

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.

Résilience, robustesse : le point sur les concepts

F. Blanc, J. Pires, L. Barreto-Mendes, A. De La Torre

Université d'automne UMRH 4-5 décembre 2023



VetAgro Sup

INRAE

❖ Une nécessaire clarification des concepts

« résilience », « robustesse » ?

Je sais définir ce qu'est la résilience et la robustesse

①

Oui

②

Non

③

J'ai bien une idée mais un rappel ne serait pas superflu

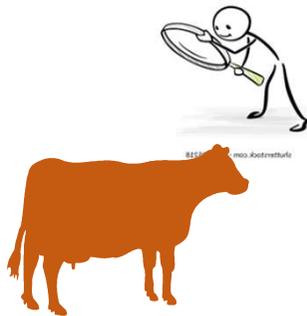
❖ Une nécessaire clarification des concepts

« résilience » ≠ « robustesse » ?

- 1/ Des concepts apparus récemment dans le domaine des sciences agronomiques (2000s)
- 2/ Concepts travaillés en mode « silo » au sein de chaque discipline sans interdisciplinarité

Échelle animal

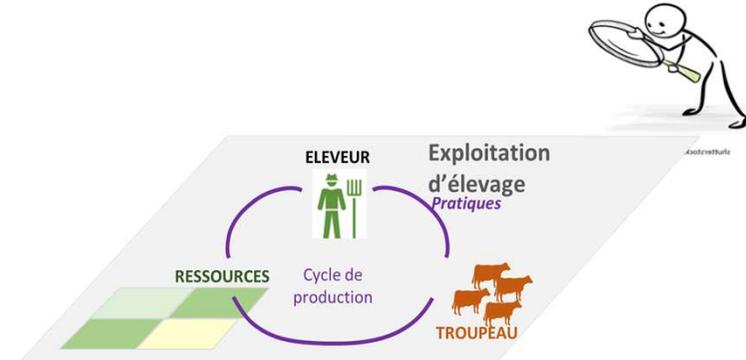
Vision des zootechniciens,
physiologistes et éthologues



Cadres de pensée mobilisés :
concept d'adaptation, biologie
systémique, théorie de
l'allocation des ressources

Echelle système d'élevage

Vision des zootechniciens système,
des économistes de l'EA

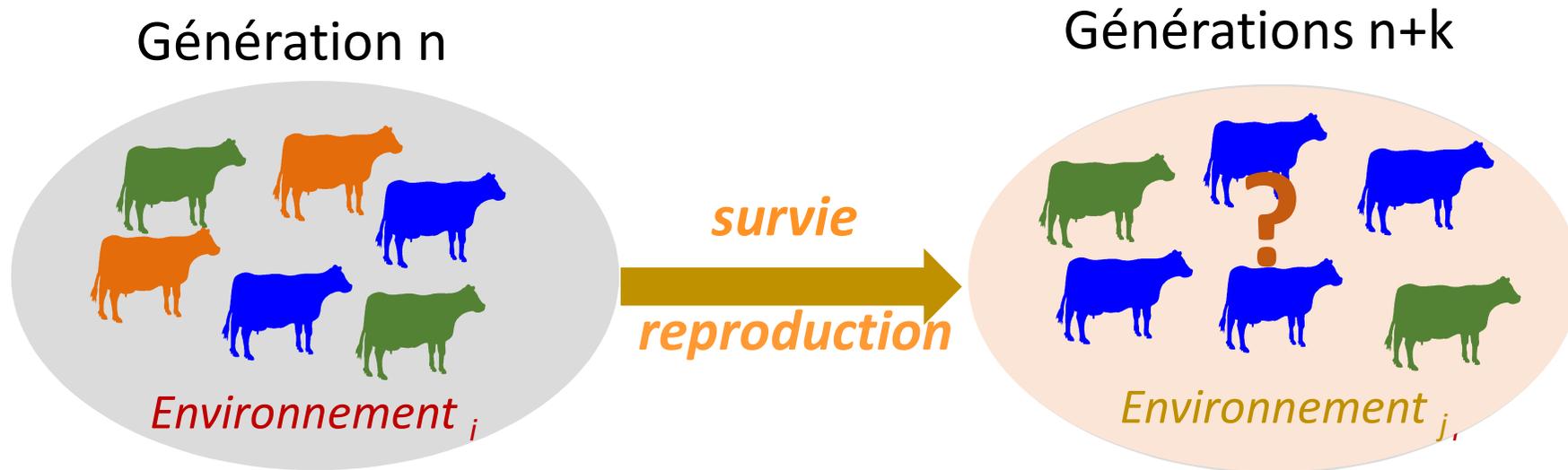


Cadres de pensée mobilisés:
ingénierie des systèmes,
écologie, socio-écologie

❖ Quelles définitions à l'échelle de l'animal ?

Une vision qui s'appuie sur le concept d'adaptation

Fitness : « *survival of the fittest* » (théorie de l'évolution, Darwin, 1866)

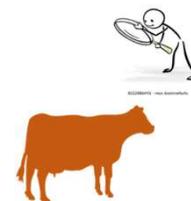


↳ **modifications de l'environnement = principal moteur de l'adaptation**

+/- perception et sensibilité des individus

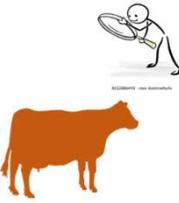
❖ Quelles définitions à l'échelle de l'animal ?

S'adapter à quoi ?

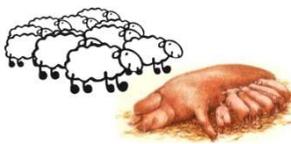


	Alimentaires	Transitions alimentaires / nouveaux aliments	Variabilité de la disponibilité / qualité	Pénuries
	Sociales	Grands effectifs / variabilité effectif	Ré-allotements	Séparation mère/jeune
	Climatiques	Variabilité – épisodes extrêmes	Température Pluviométrie	Effets secondaires sur ressources alimentaires, exposition aux pathogènes
	Sanitaires	Maladies infectieuses	Maladies parasitaires	Maladies métaboliques
	Liées à l'Homme	Pratiques invasives (castration, écornage)	Manipulations / activités d'élevage (vermifugation, insémination, tonte)	Transport
	Écologiques	Prédateurs (chiens errants, loups, renards, rapaces)	Campagnols => ↘ disponibilité en herbe, ↘ qualité des foins (terre)	

❖ Quelles définitions à l'échelle de l'animal ?



S'adapter à quoi ?

 <p>Alimentaires</p>	Transitions alimentaires / nouveaux aliments	Variabilité de la disponibilité / qualité	ries
 <p>Sociales</p>	Grands effectifs / variabilité effectif	Ré-all	. mère/jeune
 <p>Climatiques</p>	Variabilité	température pluviométrie	Effets secondaires sur ressources alimentaires, exposition aux pathogènes
 <p>Sanitaires</p>		Maladies parasitaires	Maladies métaboliques
 <p>Liées à l'Homme</p>	Pratiques invasives (castration, écornage)	Manipulations / activités d'élevage (vermifugation, insémination, tonte)	Transport
 <p>Écologiques</p>	Prédateurs (chiens errants, loups, renards, rapaces)	Campagnols => ↘ disponibilité en herbe, ↘ qualité des foins (terre)	

Définir le régime dominant de perturbations ou de contraintes

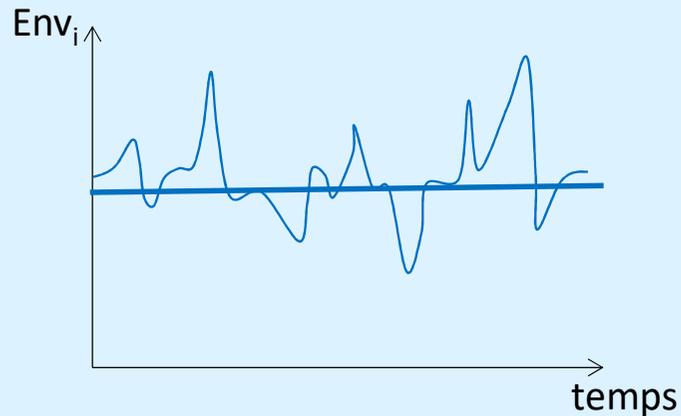
❖ Quelles définitions à l'échelle de l'animal ?



Des profils d'adaptation associés aux patterns de variation de l'environnement

Environnement instable

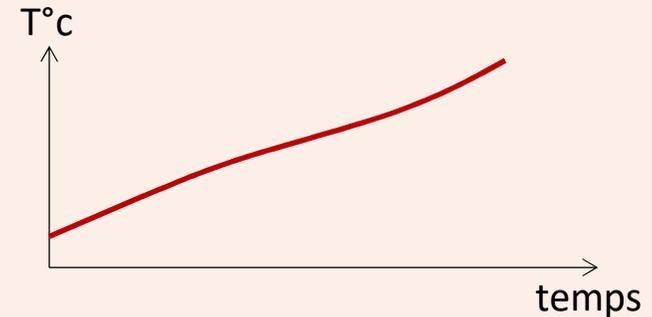
Variabilité = événements ponctuels, **non prévisibles**, de différentes natures



Sélection d'organismes capables de s'adapter à un large spectre de perturbations

Evolution tendancielle ou cyclique

Variabilité = évolution **prévisible** de caractéristiques moyennes de l'environnement sur le long terme

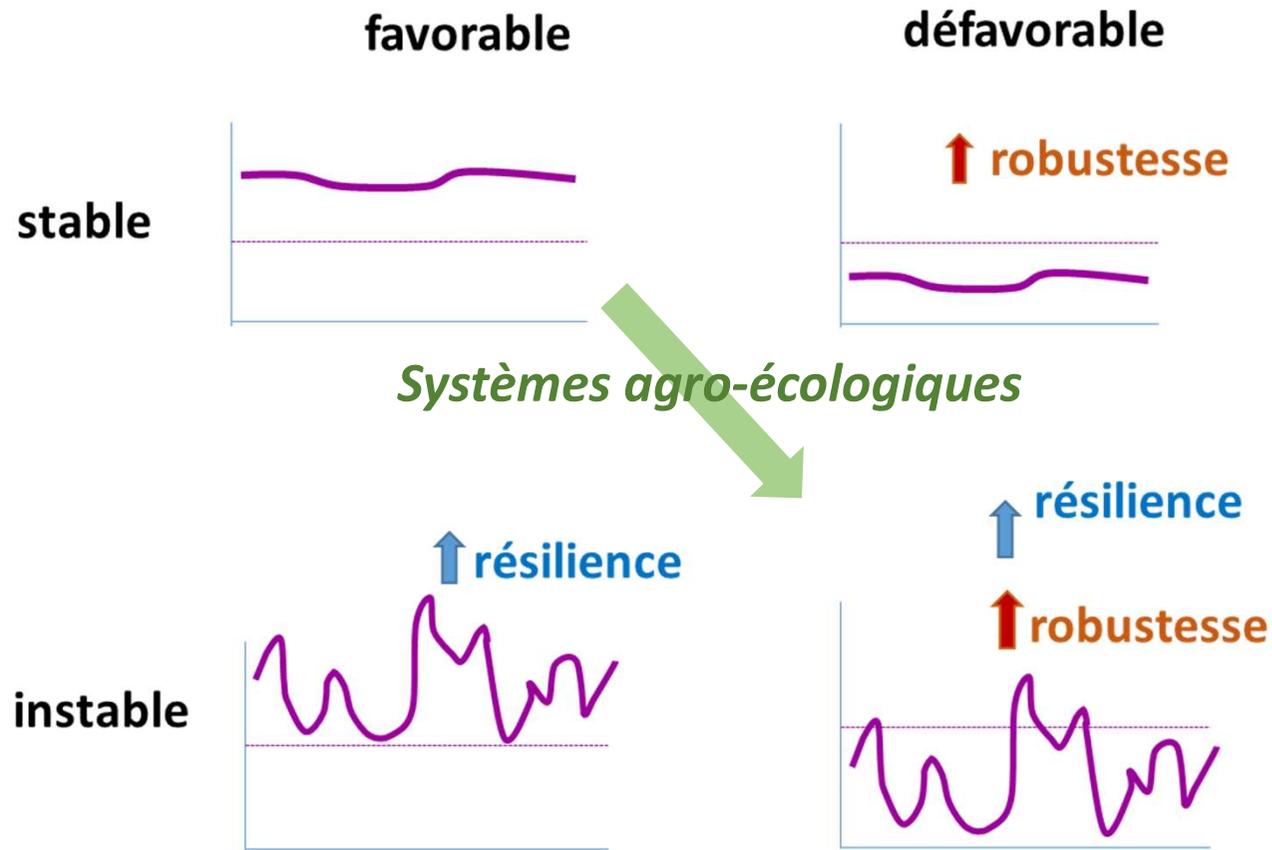


Sélection d'organismes les plus adaptés aux conditions environnementales moyennes

❖ Quelles définitions à l'échelle de l'animal ?



Résilience vs robustesse : des types adaptatifs associés à la qualité de l'environnement



Friggens et al, 2022

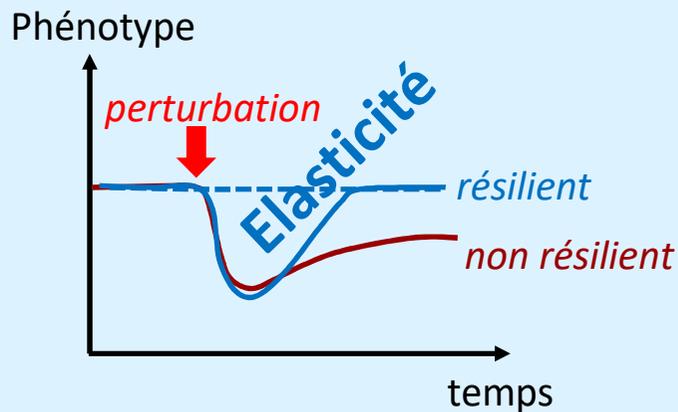
❖ Quelles définitions à l'échelle de l'animal ?



Résilience (*resilere* – « bouncing back »)

Définition : « capacité à être **peu affecté** par une perturbation ou à **revenir rapidement à son état avant perturbation** »

Colditz et Hine, 2016



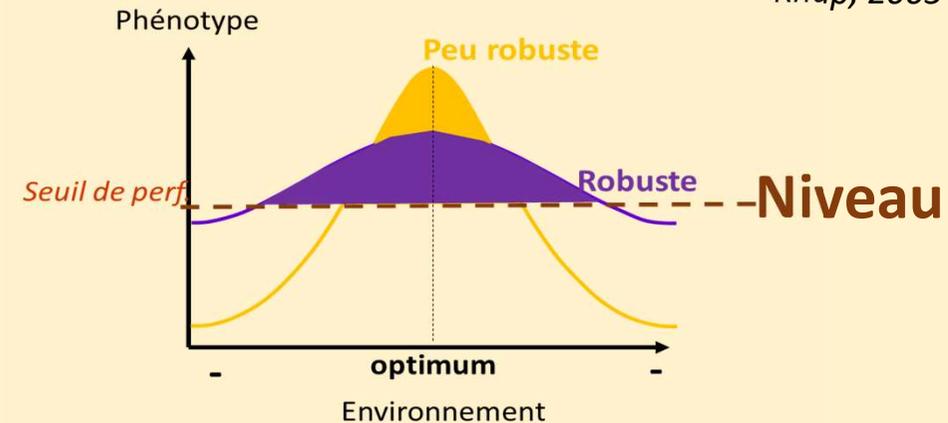
Temporalité : Adaptation à des perturbations de **court-terme**

Réponses adaptatives : Homéostasie (survie de l'individu)

Robustesse

« capacité à **exprimer son potentiel de production dans une large gamme d'environnements** sans compromettre sa reproduction, sa santé et son bien-être »

Knap, 2005



Adaptation à un environnement défavorable **sur le long terme**

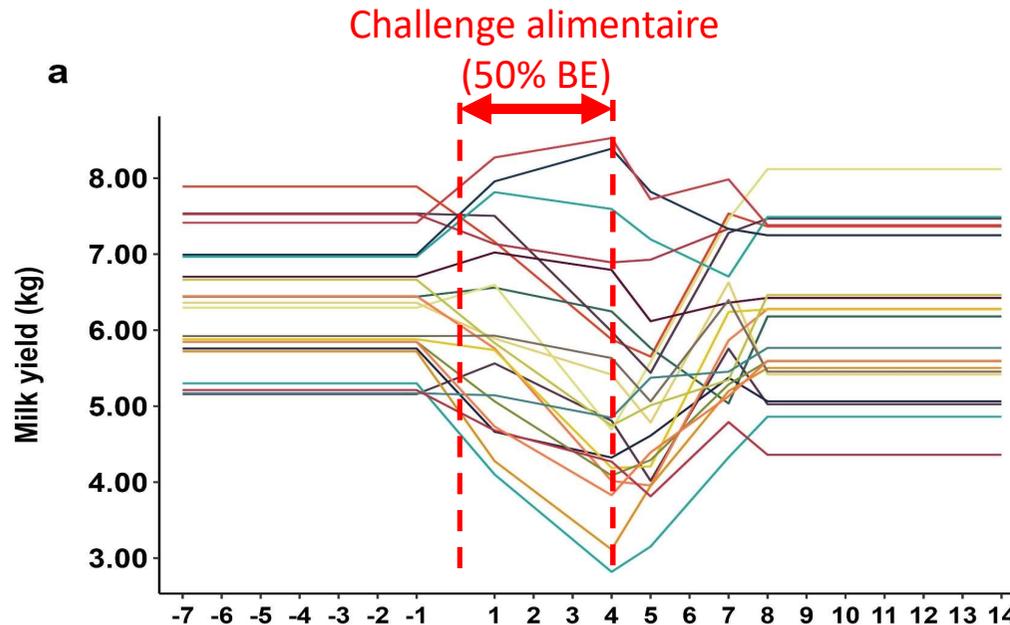
Homéorhèse (survie de l'espèce)

❖ Mesure de la résilience et de la robustesse



Pourquoi mesurer ?

1/ Classer les animaux selon leur niveau de résilience ou de robustesse car tous ne réagissent pas tous de la même façon à une perturbation



Aliakbari et al, à soumettre

2/ Objectifs zootechniques :

- Sélectionner les individus les plus résilients / robustes au sein d'un troupeau (transition AE)
- Adapter les pratiques selon le niveau de résilience/robustesse des animaux
- Développer des pratiques pour accroître la résilience/robustesse des animaux

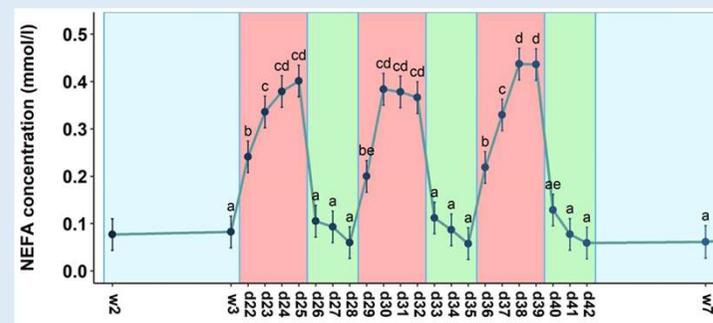


❖ Mesure de la résilience et de la robustesse

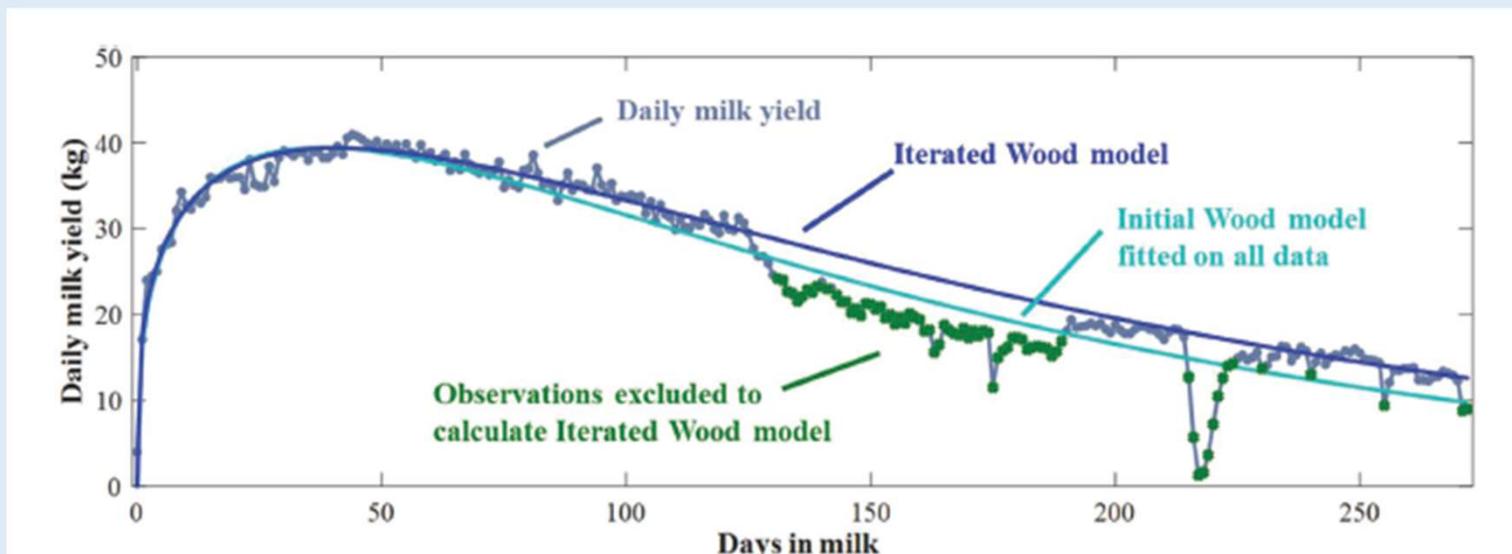
Comment mesurer ?

Résilience => mesure de l'élasticité de la réponse à une perturbation

- ❑ « Designer » un dispositif de challenge
- ❑ Choisir le(s) phénotype(s) d'intérêt
- ❑ Les mesurer au cours du temps, avant, durant et après la perturbation (séries temporelles)
- ❑ Définir le niveau de référence (avant perturbation)



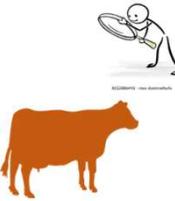
Aliakbari et al, à soumettre



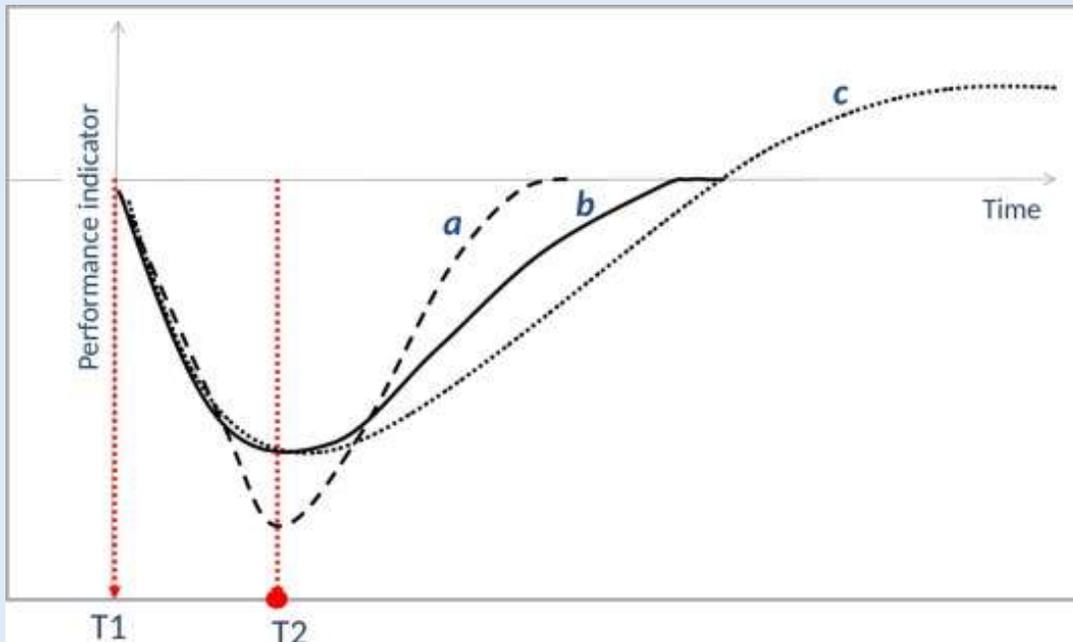
Adriaens et al, 2019

❖ Mesure de la résilience et de la robustesse

Comment mesurer ?



- ❑ Quantifier les déviations



Déviaton :

Amplitude de la déviation / niveau avant challenge ou niveau non perturbé
Vitesse de déviation de la performance pendant le challenge

Capacité de récupération :

Temps nécessaire pour revenir au niveau non perturbé (recovery)
Vitesse de retour après challenge

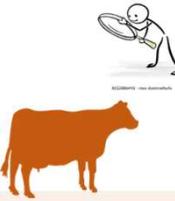
Réponse globale :

Aire sous la courbe

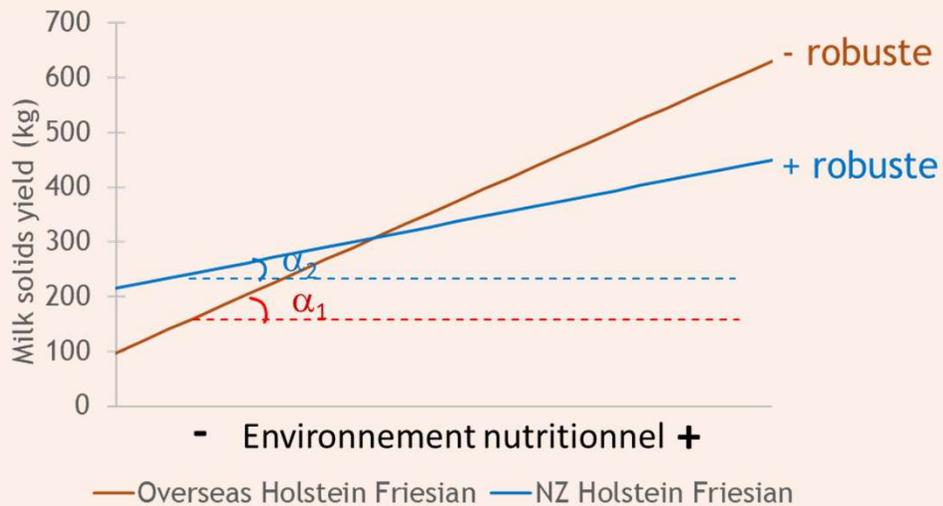
❖ Mesure de la résilience et de la robustesse

Comment mesurer ?

Robustesse : capacité à exprimer son potentiel de production dans une large gamme d'environnements sans compromettre sa reproduction, sa santé et son bien-être (Knapp, 2005)

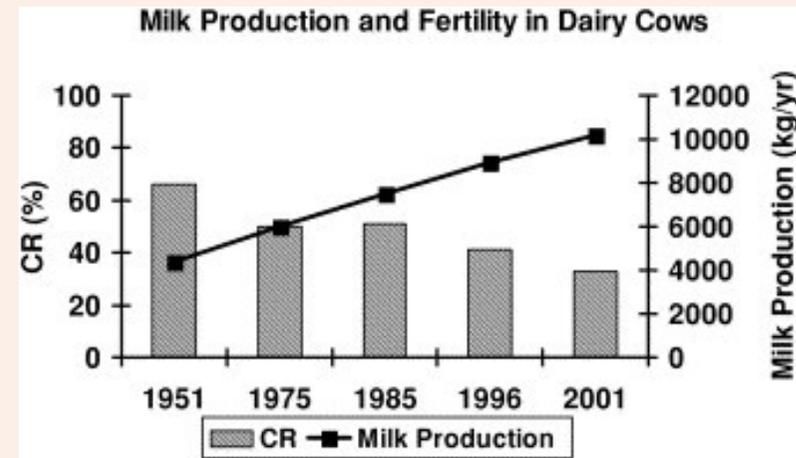


Approche historique (génétique) : mesure du **niveau d'un caractère** dans des environnements contrastés
=> **norme de réaction**



Bryant et al, 2006

Approche récente : prise en compte des **trade-offs entre fonctions**



CR = conception rate

Butler (2003)

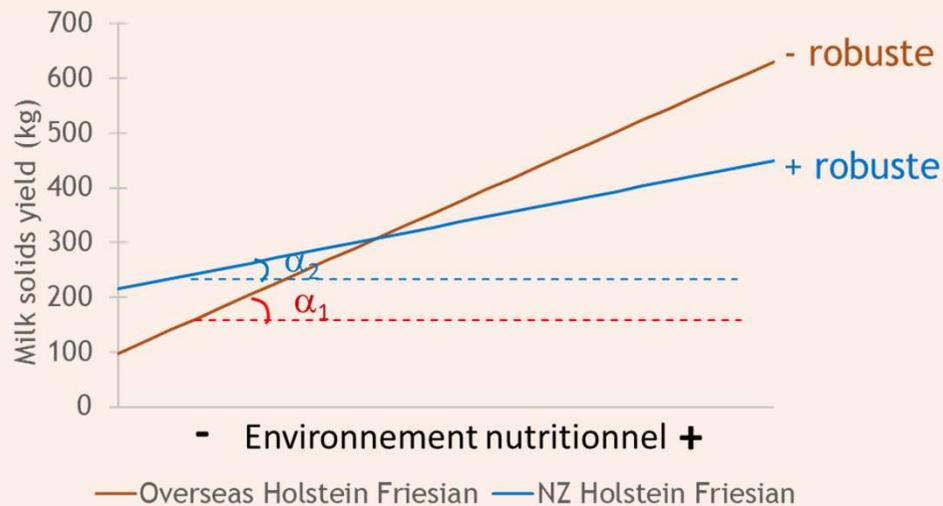
Trade-off => priorisation de l'allocation des nutriments vers les fonctions productives, au détriment des autres fonctions de vie (santé, reproduction, adaptation)

❖ Mesure de la résilience et de la robustesse

Comment mesurer ?

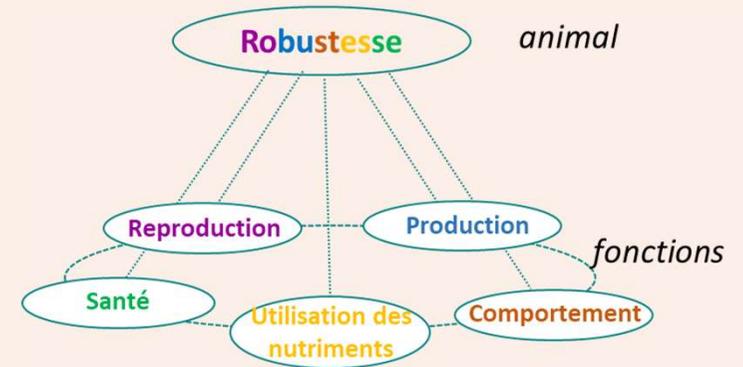
Robustesse

Approche historique (généticiens) : mesure du **niveau d'un caractère** dans des environnements contrastés
=> **norme de réaction**



Bryant et al, 2006

Approche récente : prise en compte des **trade-offs entre fonctions**
=> **évaluation multi-traits**

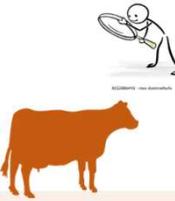


Friggens et al, 2017; Bedère et David, 2023

Robustesse = « capacité de l'animal, face à des contraintes environnementales, à continuer à faire les différentes choses qu'il a à faire pour favoriser sa reproduction future »

Proxy de la robustesse = **longévité**

Friggens et al, 2017



❖ Mesure de la résilience et de la robustesse

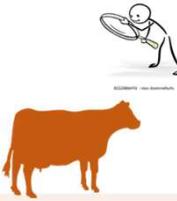
Comment mesurer ?

Evaluation multi-traits de la robustesse

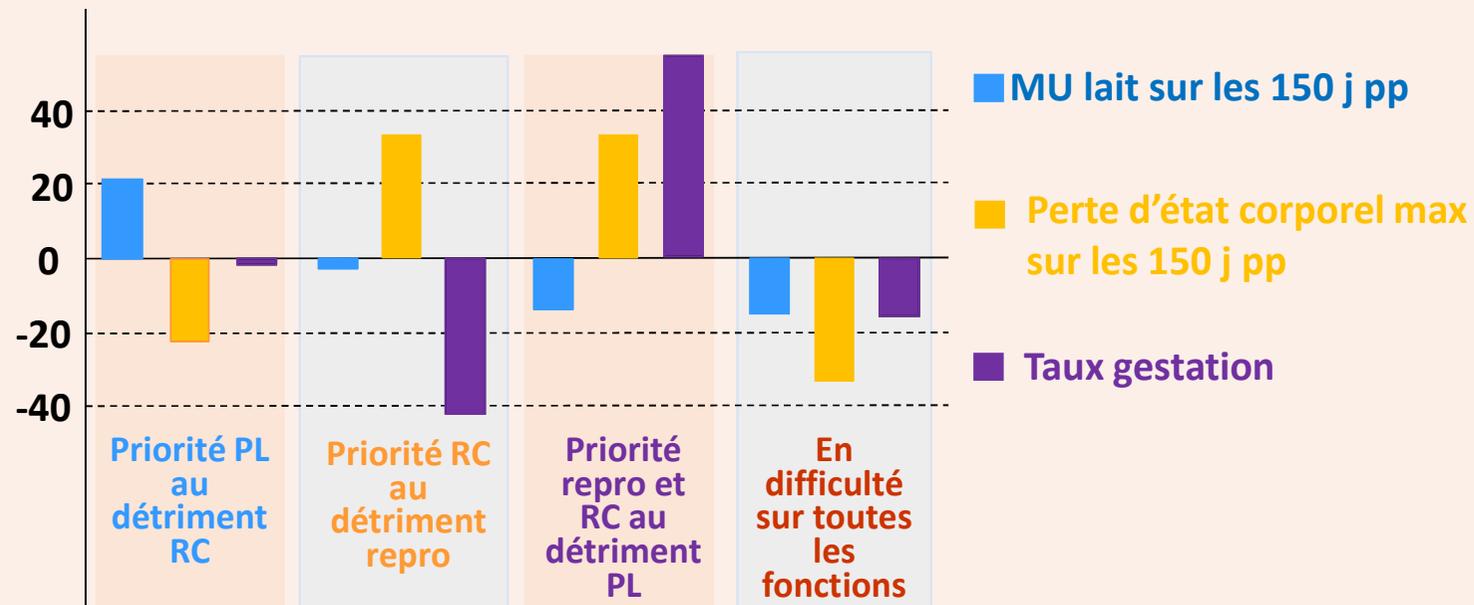
Expérimentation QVQS, Le Pin (2006-2013)

271 VL, 538 lactations

Matières utiles 150 j pp, NEC 150j pp, Reproduction



Écart relatif à la
moyenne (%)



❖ Quelles définitions à l'échelle du système d'élevage ?



Résilience : Capacité à revenir à son état avant perturbation (= « bounce back »)

⇒ Capacité d'un système à absorber une perturbation tout en restant dans son domaine de stabilité



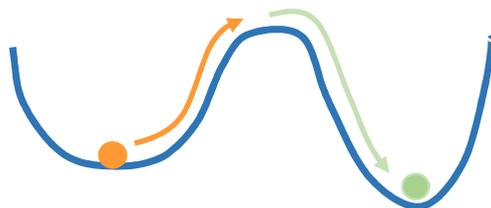
⇒ le système s'adapte sans changer de fonction, de structure, ni ses processus de régulations. Il garde son identité

(Folke et al, 2010)

Holling (1973), Holling et Meffe (1996)



Ecologie : Un système peut avoir **plusieurs états d'équilibre** qu'il peut atteindre au cours du temps



⇒ la résilience doit inclure la **capacité d'un système à changer** et à basculer dans un nouvel état d'équilibre

« **Bounce forward** » (socio-ecological resilience, Darnhofer, 2014)

❖ Quelles définitions à l'échelle du système d'élevage ?



Résilience :

Capacité d'un système à persister

« Petites » perturbations

Chocs

« Bouncing back »

« Bouncing forward »

1. Capacité tampon (robustesse)



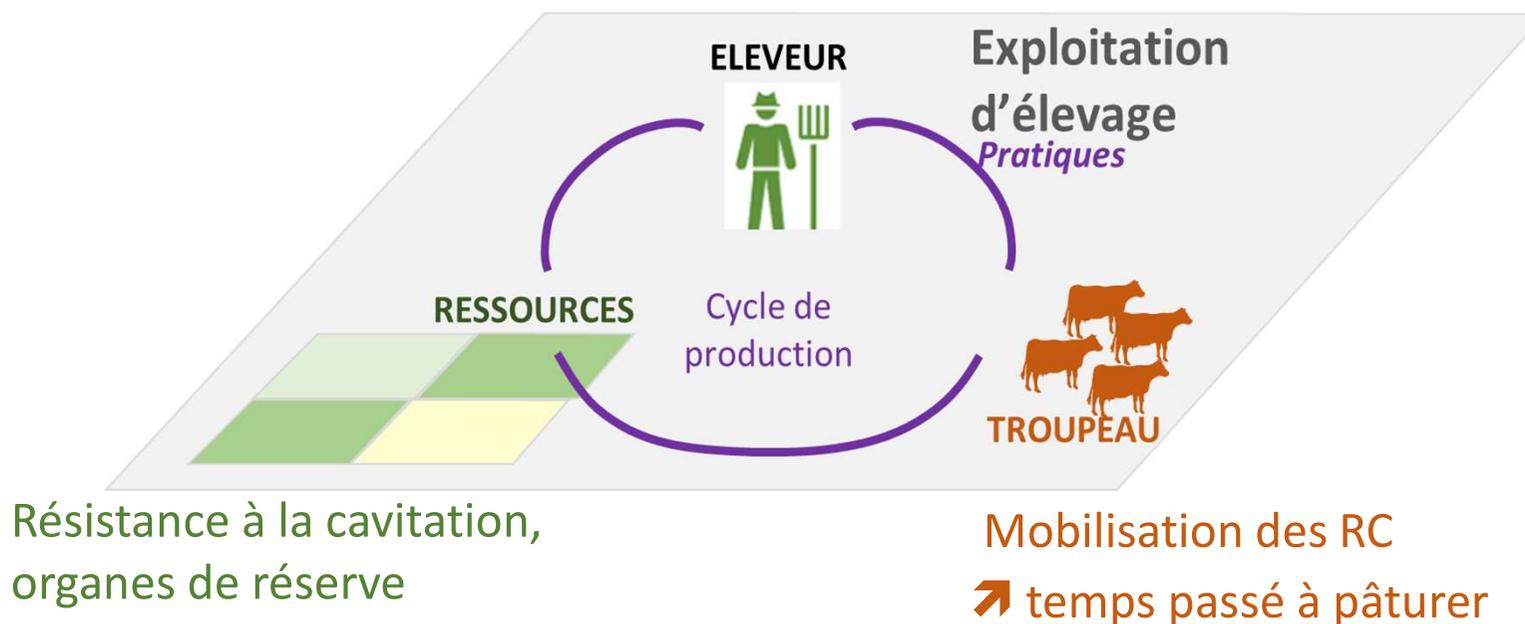
Capacité à absorber les perturbations sans modification de la structure ni des finalités du système

Maintien du système dans son domaine de stabilité

1. Capacité tampon

Ex. épisode de sécheresse

Utilisation des stocks fourragers,
Achats de concentré,
Tarissemments précoces,
Ventes d'animaux



❖ Quelles définitions à l'échelle du système d'élevage ?



Résilience :

Capacité du système à persister

« Petites » perturbations

Chocs

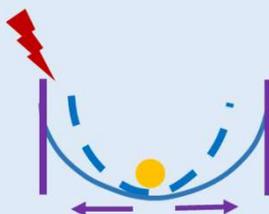
« Bouncing back »

« Bouncing forward »

1. Capacité tampon (robustesse)



2. Capacité d'adaptation



Capacité à absorber les perturbations sans modification de la structure ni des finalités du système

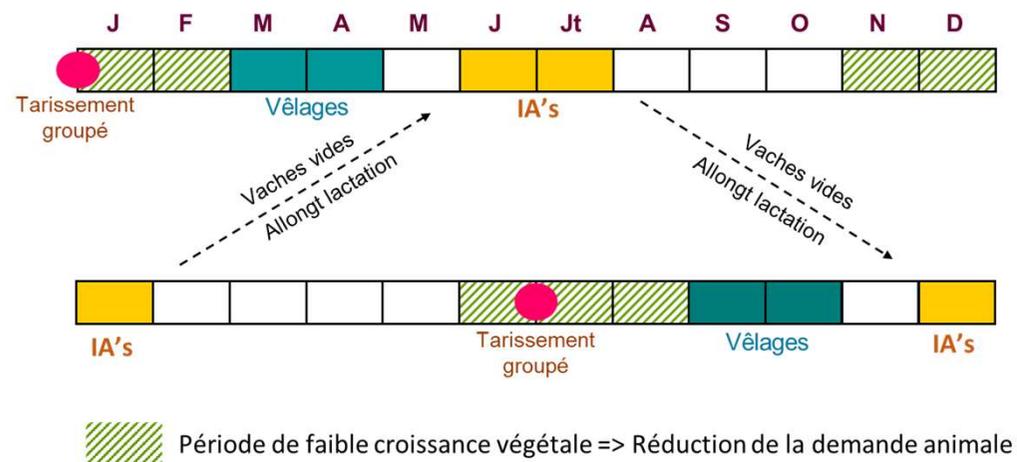
Maintien du système dans son domaine de stabilité

*Mise en place d'ajustements qui ne modifient pas, ou de façon très marginale, la structure, les rétroactions ou les finalités du système. => **Domaine de stabilité plus important***

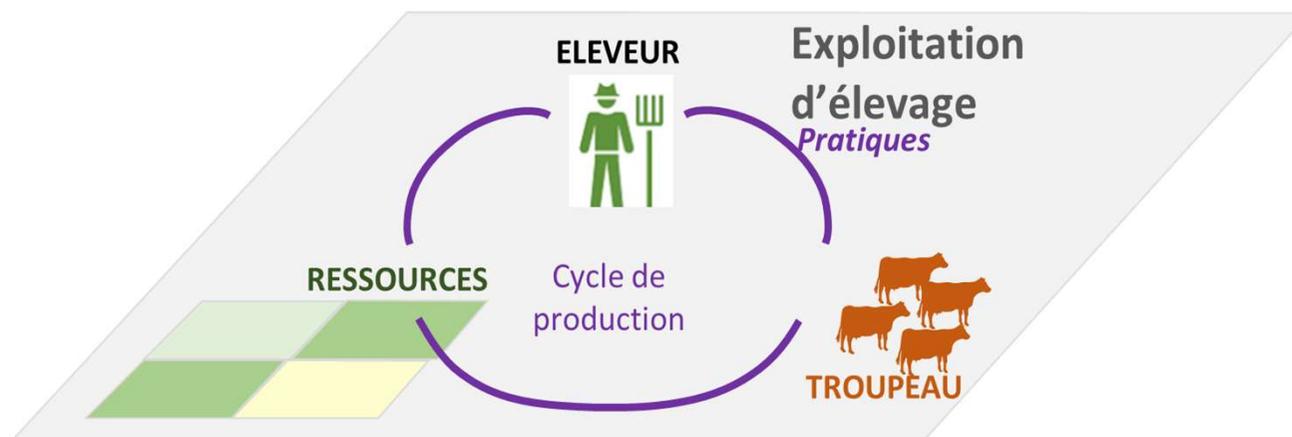
Maintien du système dans son domaine de stabilité

2. Capacité adaptative

Ex. épisode de sécheresse



Double saison de mise-bas



Prairies
multispécifiques

Croisements,
Diversité des races

❖ Quelles définitions à l'échelle du système d'élevage ?



Résilience :

Capacité du système à persister

« Petites » perturbations

Chocs

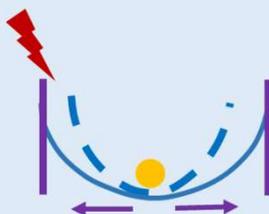
« Bouncing back »

« Bouncing forward »

1. Capacité tampon (robustesse)



2. Capacité d'adaptation



3. Capacité de transformation



Capacité à absorber les perturbations grâce aux mécanismes de régulation intrinsèques, sans modification de la structure, des rétroactions, ni des finalités du système

- **Maintien du système dans son domaine de stabilité**

Mise en place d'**ajustements** qui ne modifient pas la structure, les rétroactions ni les finalités du système.

- **Maintien du système dans son domaine de stabilité**
- **Domaine de stabilité plus important**

Le système ne peut plus se maintenir en l'état => transition vers un **nouvel état d'équilibre** via des modifications de la structure, des rétroactions et/ou des finalités.

- Reconfiguration profonde du système
- **Nouveau domaine de stabilité**
- Transition incrémentale (long terme) ou par effet de seuil

3. Capacité de transformation

Souvent associée à des « chocs » : crise climatique, remises en cause et demandes sociétales, évolution des politiques publiques, crise énergétique...



Système « maïs, béton, frison »



Système « multi-races, herbagers économe et autonome »

Des travaux récents qui proposent des cadres théoriques d'évaluation de la résilience des agroécosystèmes (*Rigolot et al, 2018; Cordoba et al, 2019; Meuwissen et al, 2019...*)

Conclusions

- Une clarification des concepts nécessaire et qui a permis de les rendre opérationnels
- Nécessité de s'appropriier les cadres d'analyse mobilisés par les différentes disciplines pour aborder ces notions à l'échelle de l'animal ou des systèmes d'élevage
- ↗ de travaux récents portant sur l'évaluation de la résilience et de la robustesse
 - Dispositifs
 - Mesures
 - Proxies
 - Leviers
 - échelle animal : génétique, état cognitif, émotionnel, environnement social, expériences antérieures, ...
 - échelle SE : diversité, modularité, connections avec les autres systèmes, finesse des rétroactions, réserves du système
- Des questions qui restent à explorer
 - Liens entre résilience et robustesse ?
 - Liens entre résilience et efficacité ?...
 - Transfert de résilience animal / troupeau / système



Merci pour votre attention

Cliché E. Ollion)