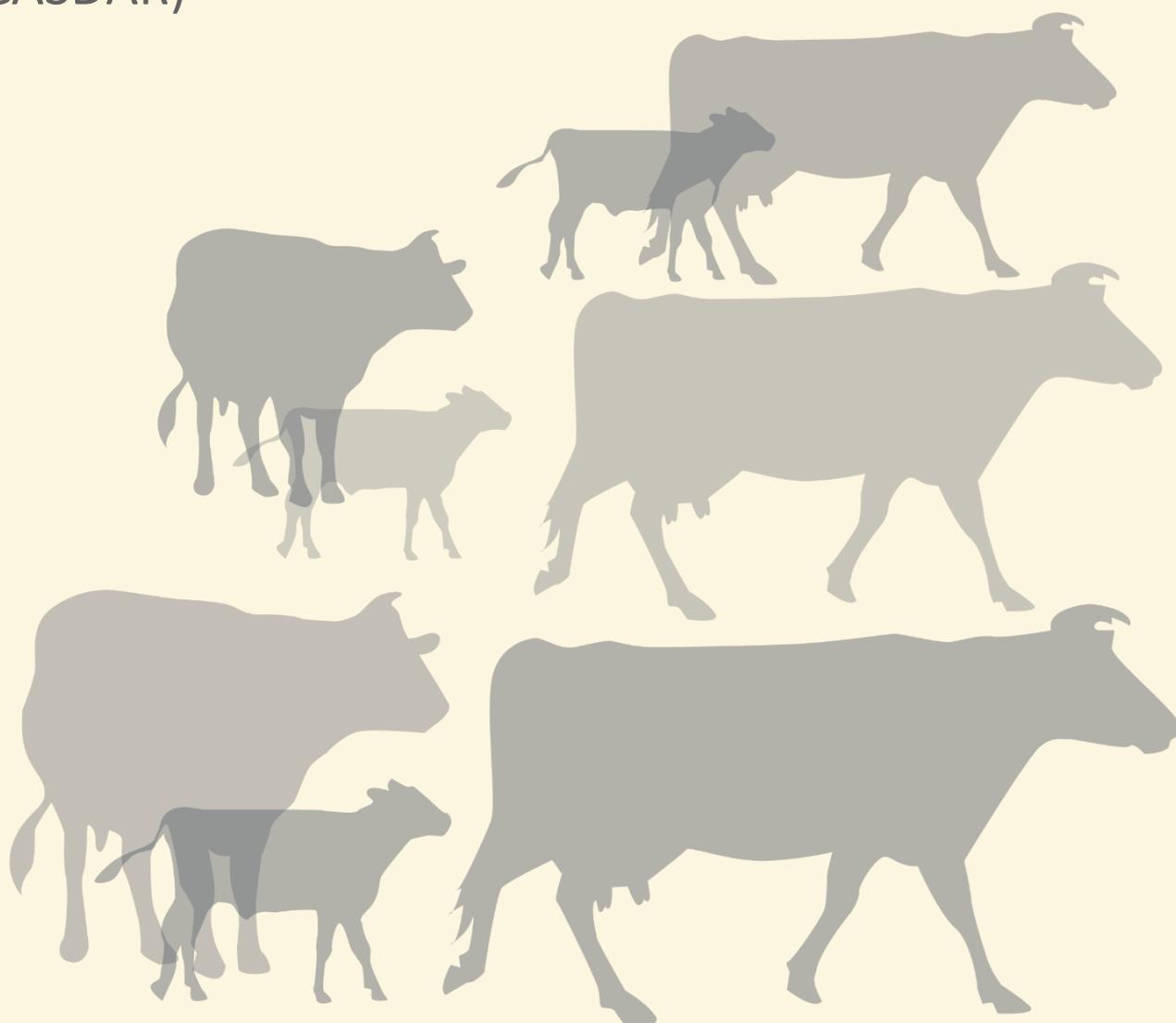


CowPILOT - PIloter la note d'état corporel pour  
OpTimiser la reproduction des vaches laitières  
Compte rendu-final 01/2019 - 06/2022 (financement  
CASDAR)



## **Collection**

### **Résultats**

#### **Responsable de la rédaction :**

Fabrice BIDAN (Institut de l'Élevage)

#### **Equipe de rédaction :**

Jocelyn Fagon (Idele)

Nicolas Bédère (INRAE)

Luc Delaby (INRAE)

Sandrine Fréret (INRAE)

Olivier Martin (INRAE)

Fabienne Blanc (VetAgroSup)

Charlotte Dezetter (ESA)

Claire Manoli (ESA)

Timothée Petit (ESA)

#### **Mise en page :**

Corinne MAIGRET (Institut de l'Élevage)

- ☒ Rapport intermédiaire
- ☒ Rapport final

Période concernée : 01/2019 - 06/2022

Référence du projet : 18ART1804  
 Acronyme et titre du projet : CowPILOT

Organisme chef de file : Institut de l'Élevage  
 Nom, coordonnées et organisme du chef de projet : BIDAN Fabrice, [fabrice.bidan@idele.fr](mailto:fabrice.bidan@idele.fr),  
 Institut de l'élevage

## COMPTE-RENDU TECHNIQUE DU PROJET

*Date d'élaboration du compte rendu : 30/06/2023*

### Volet « Pilotage et valorisation du projet »

*(15 pages maximum)*

#### 1- Pilotage du projet

##### Modalités de pilotage

- *Comités de pilotage : dates et principales conclusions*

Tel que cela avait été prévu lors de l'élaboration du projet, le comité de pilotage s'est réuni une fois par an dès le début du projet. Il était composé de représentants de tous les partenaires du projet auxquels ont été associés des représentants d'autres structures ou équipes, choisis en fonction de leur expertise pour apporter une vision extérieure au projet sur l'avancée des travaux et leur possible réorientation. Le comité de pilotage, animé par l'Institut de l'Élevage, avait pour rôle de valider les résultats obtenus durant l'année écoulée, présentés par les partenaires du projet, et le programme de travail de l'année à venir. Il s'est réuni à cinq reprises tout au long du projet avec a minima un représentant de chaque structure partenaire. Ci-dessous, les principales conclusions spécifiques au pilotage du projet.

18/01/2019	# Présentation des actions, des équipes et planification des travaux. # Information de l'ensemble des partenaires sur les aspects administratifs et financiers du projet.
24/01/2020	# Restitution des résultats acquis. # Description de l'état d'avancement des différentes actions et planification. # Adaptation de l'enchaînement des travaux en raison des difficultés dans l'action 1 (retard dans la constitution de la base de données).
22/01/2021	# Restitution des résultats acquis. # Description de l'état d'avancement des différentes actions et planification. # Conclusion sur le pilotage du projet : les responsables d'actions se sont réunis pour décrire l'état d'avancement du projet et le plan d'action jusqu'à la fin du projet, identifier de potentielles difficultés dans la réalisation des travaux (et envisager alors des solutions pour répondre aux objectifs). Plusieurs craintes ont été remontées par les partenaires, quant au respect du calendrier prévisionnel. A l'issue de ce 3ème COPIL, les responsables d'actions ont reporté la prise de décision concernant une éventuelle demande de report au 4ème COPIL (planifié dans les 6 mois), tout en planifiant

	plusieurs comités de suivi opérationnel entre ces deux COPIL : 06/04/2021, 04/05/2021, 31/05/2021.
04/06/2021	# Restitution des résultats acquis # Description de l'état d'avancement des différentes actions et planification # Conclusion sur le pilotage du projet : les membres du COPIL confirment la décision d'une demande d'avenant de prolongation de six mois et ainsi repousser la fin du projet au 30/06/2022.
23/06/2022	# Présentation des résultats finaux # Planification des communications au-delà du projet (hors financement) pour assurer une large diffusion (webinaire de clôture, participation à des congrès, rédaction d'article)

▪ *Autres modalités de pilotage le cas échéant (comité technique, groupe de travail, ...)*

L'action 0 – coordination du projet a défini les modalités d'organisation du projet et a permis de s'assurer de la transversalité entre les partenaires et les équipes de chaque structure. Au cours du projet, les comités de pilotage ont permis d'aborder les avancées des travaux et les principaux résultats, ainsi que les questions nécessitant un arbitrage soulevé en groupe de travail. Les comités de suivi opérationnel (comités techniques) ont permis d'assurer le bon déroulement du projet et de préparer les comités de pilotage. Ils ont permis de faire des points d'étapes entre tous les partenaires du projet, afin d'assurer transversalité et cohérence entre les actions. Des échanges techniques (avec les réseaux des partenaires) ont été organisés afin de faire remonter les attentes et de s'assurer, au cours du projet, de répondre aux besoins des utilisateurs finaux à partir des livrables du projet. Enfin, des groupes de travail spécifiques se sont réunis tout au long du projet autant que de besoin.

Dates	Type de réunion	Actions concernées				Nombre de participants	Représentation des partenaires	
		0	1	2	3			
2018	13-sept.	Comité de suivi	X	X	X	X	9	3/3
	15-nov.	Comité de suivi	X	X	X		7	3/3
2019	18-janv.	Comité de pilotage	X	X	X	X	18	3/3
	06-mai	Groupe de travail		X			7	3/3
	06-juin	Echange technique « Groupe Repro FCEL »	X				12	1/3
	19-juin	Groupe de travail		X			6	3/3
	03-juil.	Groupe de travail		X			5	3/3
	16-juil.	Groupe de travail		X			4	3/3
	25-juil.	Groupe de travail		X			2	2/3
	26-sept.	Comité de suivi	X	X		X	8	3/3
	30-sept.	Comité de suivi	X	X	X		7	3/3
	21-oct.	Groupe de travail		X	X		3	2/3
	23-oct.	Echange technique « Groupe Repro FCEL »	X			X	8	2/3
	22-nov.	Groupe de travail		X			6	3/3
2020	7-janv.	Groupe de travail		X			6	3/3
	20-janv.	Groupe de travail		X			2	2/3
	24-janv.	Comité de pilotage	X	X	X	X	16	3/3
	27-janv.	Groupe de travail		X			?	2/3
	20-mars	Groupe de travail			X		2	1/3
	25-mars	Groupe de travail				X	5	2/3
	3-avr.	Groupe de travail				X	2	1/3
	14-avr.	Groupe de travail	X				3	3/3
23-avr.	Groupe de travail	X				2	2/3	

	28-avr.	Groupe de travail	X				10	2/3
	25-mai	Groupe de travail				X	4	1/3
	3-juin	Echange technique « Groupe Repro FCEL »	X	X	X	X	10	1/3
	8-juin	Groupe de travail		X			4	2/3
	15-juin	Groupe de travail		X			4	2/3
	22-juin	Comité de suivi	X	X	X	X	10	3/3
	3-juil.	Groupe de travail		X			5	3/3
	24-août	Groupe de travail		X			5	3/3
	1-sept.	Groupe de travail			X		2	2/3
	22-oct.	Groupe de travail				X	2	1/3
	23-nov.	Groupe de travail		X	X		8	3/3
	26-nov.	Groupe de travail				X	3	2/3
	7-déc.	Groupe de travail	X				2	2/3
	9-déc.	Groupe de travail				X	3	2/3
	10-déc.	Groupe de travail	X			X	2	2/3
	11-déc.	Groupe de travail		X			4	3/3
	11-déc.	Groupe de travail			X	X	9	3/3
2021	14-janv.	Groupe de travail				X	3	2/3
	18-janv.	Groupe de travail	X				2	2/3
	22-janv.	Comité de pilotage	X	X	X	X	10	3/3
	29-janv.	Groupe de travail	X				2	2/3
	5-févr.	Groupe de travail				X	3	2/3
	3-mars	Groupe de travail			X	X	7	3/3
	3-mars	Groupe de travail		X	X		6	3/3
	11-mars	Groupe de travail				X	7	2/3
	17-mars	Groupe de travail				X	4	2/3
	23-mars	Groupe de travail				x	4	2/3
	06-avr.	Comité de suivi	X	X	X	X	6	3/3
	08-avr.	Groupe de travail				X	4	2/3
	12-avr.	Groupe de travail		X			3	2/3
	04-mai	Comité de suivi	X	X	X	X	7	3/3
	12-mai	Groupe de travail				X	8	2/3
	20-mai	Focus Group				X	4	2/3
	31-mai	Comité de suivi	X	X	X	X	9	3/3
	02-juin	Focus Group				X	6	2/3
	04-juin	Comité de pilotage	X	X	X	X	17	3/3
	08-juil.	Groupe de travail			X		10	3/3
	23-juil.	Groupe de travail	X	X		X	2	2/3
	23-sept.	Groupe de travail			X		2	1/3
	24-août	Groupe de travail		X			5	3/3
	27-août	Groupe de travail	X				4	3/3
	1-oct.	Groupe de travail		X			4	3/3
	4-oct.	Comité de suivi	X	X	X	X	5	3/3
	19-oct.	Echange technique « Groupe Repro FCEL »	X	X	X	X	10	1/3
	16-nov	Groupe de travail		X	X		4	3/3
23-nov	Groupe de travail	X		X		3	3/3	
30-nov	Groupe de travail		X			5	3/3	
2022	4-janv.	Groupe de travail		X			4	3/3
	20-janv.	Groupe de travail	X				3	3/3
	7-mars	Groupe de travail			X		3	1/3
	11-avr.	Comité de suivi	X	X	X	X	10	3/3

	08-avr.	Groupe de travail				X	3	2/3
	14-avr.	Groupe de travail	X	X	X	X	9	3/3
	25-avr.	Groupe de travail	X				2	2/3
	4-mai	Groupe de travail		X			4	1/3
	5-mai	Groupe de travail				X	3	2/3
	9-mai	Groupe de travail		X			2	2/3
	23-juin	Groupe de travail				X	3	2/3
	21-juin	Groupe de travail		X			6	3/3
	27-juin	Comité de pilotage	X	X	X	X	10	3/3
	*27-oct.	Comité de suivi	X	X	X	X	10	3/3
	*21-nov	Comité de suivi	X	X	X	X	10	3/3
	*12-dec	Webinaire fin projet	X	X	X	X	95	3/3

*\*hors financement projet, après la date de fin du projet.*

### Calendrier comparatif entre prévisionnel et réalisé et analyse des écarts

Le projet a rencontré plusieurs difficultés ce qui a entraîné une adaptation du calendrier prévisionnel de réalisation. Au cours du projet, l'analyse de ces écarts par les membres du comité de suivi a fait l'objet d'une demande d'avenant de prolongation du projet (courrier du 09/07/2021 adressée à l'attention de madame Valérie BADUEL - Directrice générale de l'Enseignement et de la Recherche) d'une durée de 6 mois – report de la date de fin de projet au 30/06/2022 – validée lors 4<sup>ème</sup> comité de pilotage (04/06/2021).

Plusieurs causes sont à l'origine du retard dans la réalisation des travaux du projet CowPILOT (*en italique : l'impact sur le déroulement du projet*) :

#### # La situation sanitaire induite par le Coronavirus (COVID-19) :

a. a impacté la disponibilité des enseignants-chercheurs qui ont dû prioriser leur activité vers l'organisation de l'enseignement à distance au début de la crise sanitaire :

- ESA, Ecole Supérieure d'Agricultures d'Angers : Charlotte Dezetter (action 0 et action 1), Claire Manoli (action 3), Timothée Petit (action 3)
- VetAgroSup (INRAE UMRH) : Fabienne Blanc (action 2)

⇒ *Impact sur le projet : retard sur déroulement des actions 1, 2 et 3 à la suite de la mise en place de contraintes sanitaires du printemps 2020 à l'été 2020 pour adapter l'organisation de leur enseignement.*

b. a occasionné du retard dans l'organisation des focus group de l'action 3, initialement planifiés en février-mars 2021. Les restrictions sanitaires pendant cette période ont décalé leur réalisation à fin mai-début juin 2021 (période à laquelle les éleveurs sont moins disponibles).

⇒ *Impact sur le projet : retard dans l'obtention des résultats de l'action 3, et ce report a impacté fortement le nombre de participants lors du deuxième focus group (seulement deux éleveurs).*

c. enfin, même si une nouvelle organisation de travail a pu être mise en place grâce aux divers outils collaboratifs en distanciel, l'absence de réunion en présentiel a fait évoluer le fonctionnement des participants au projet.

⇒ *Impact sur le projet : dans certaines situations, la moindre interaction entre les participants a induit une perte d'efficacité dans la réalisation des travaux.*

#### # Deux responsables d'actions ont été en congé maternité

Claire Manoli (action 3) et Charlotte Dezetter (actions 0 et 1)

⇒ *Impact sur le projet : retard dans le déroulement des actions 1 et 3. Pour l'action 3, l'ESA a recruté un CDD de février 2021 à juin 2021 pour prendre en charge une partie des travaux.*

#### # Difficulté à recruter des stagiaires

Initialement deux stages étaient planifiés en 2020 pour l'action 2. Il n'y a pas eu de candidat avec le profil nécessaire à la réalisation des travaux de l'action 2.

⇒ *Impact sur le projet : un CDD a été recruté d'octobre 2020 à mars 2021 pour prendre en charge une partie des travaux, mais le décalage dans le temps de la réalisation de l'action 2 a persisté.*

## # Constitution de la base de données de l'action 1

La création de la base de données de l'action 1 par la compilation des données provenant de sept sites différents (fermes expérimentales et unités expérimentales) a accumulé du retard du fait de la diversité des formats des données sources et de la diversité des pratiques d'élevage. Ce dernier point a nécessité la création de nouveaux indicateurs pour permettre la comparaison des animaux entre eux, et l'exclusion de certains du fait de leurs caractéristiques.

⇒ *Impact sur le projet : i) même si la méthodologie d'analyse des données de l'action 1 a été définie et mise en œuvre rapidement, les difficultés dans la finalisation de la base de données ont nécessité de refaire plusieurs fois les traitements statistiques ; ii) le retard dans la finalisation de l'action 1 a retardé la mise à disposition de données pour alimenter la calibration du modèle/simulateur de l'action 2.*

A l'inverse, l'adaptation par le comité de suivi des enchaînements entre les actions au cours du projet a permis aux responsables d'actions de mener à bien les différentes actions. Initialement, les actions 1, 2 et 3 devaient s'enchaîner, afin d'alimenter un arbre de décision : action 1 → action 2 → action 3. Au cours du projet, les travaux de ces 3 actions ont été menés en parallèle ; il a été décidé lors du 3<sup>ème</sup> comité de pilotage de combiner ces résultats afin d'obtenir un arbre de décision synthétique (alimenté par les 3 actions) à l'issue du projet. Ces choix ont nécessité des temps d'échanges importants à la fin du projet entre toutes les actions afin d'apporter de la cohérence dans l'ensemble des résultats.

Les communications sur les résultats des travaux ont eu lieu au cours du projet et se sont poursuivis au-delà du projet. En effet, les partenaires se sont appuyés sur le congrès national « Rencontres Recherches Ruminants » pour organiser un webinaire de fin de projet (webinaire-satellite de ce congrès), afin de bénéficier d'une retombée importante pour favoriser la diffusion auprès de la recherche, du développement et des acteurs du conseil en élevage. Cet évènement a eu lieu en décembre 2022, donc au-delà de la date de fin du projet (juin 2022 – définie à la suite de la demande d'avenant). Cette possibilité avait été identifiée par les partenaires du projet, mais à l'unanimité, il a été décidé de limiter la demande de prolongation à 6 mois pour ne pas prendre davantage de retard dans la finalisation des travaux et respecter le nouveau calendrier.

Mois	2019												2020												2021												2022																		
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J													
<b>Action 0</b>																																																							
0.1 Coordination	C												CS												C												CS												CS						C
0.2 Etat d'avancement	R																																																						
0.2 Communications	R																																																						
0.2 Publications, événements	R																																																						
<b>Action 1</b>																																																							
1.1 Base de données	R																																																						
1.1 Profils de NEC	R																																																						
1.1 Prédiction de fertilité	R																																																						
1.2 Quantifier les effets	R																																																						
1. Synthèse action 1	R																																																						
<b>Action 2</b>																																																							
2.1 Quantifier les stratégies	R																																																						
2.1 Intégration dans simulateur	R																																																						
2.1 Simuler les trajectoires	R																																																						
2.2 Simuler les leviers	R																																																						
2. Synthèse action 2	R																																																						
<b>Action 3</b>																																																							
3.1 Echange avec acteurs du conseil	R																																																						
3.1 Enquêtes en élevages	R																																																						
3.1 Analyse des enquêtes	R																																																						
3.2 Focus groups	R																																																						
3.2 Analyse des focus groups	R																																																						
3. Synthèse action 3	R																																																						

C = comité de pilotage  
CS = comité de suivi

en vert = calendrier prévisionnel au dépôt du projet  
R = calendrier de réalisation en cours de projet

## Partenariat

### ▪ Rôle et apport de chaque partenaire

La coordination scientifique et technique, ainsi que la gestion administrative et financière du projet ont été effectuées par l'**Institut de l'Élevage (IDELE)** en collaboration avec l'**École Supérieure des Agricultures d'Angers** (ESA - Unité de recherche sur les systèmes d'élevage, URSE, ESA, USC INRAE) et l'**Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement** (INRAE, UMR 0085 PRC « Physiologie de la Reproduction et des Comportements ») dans le cadre de l'action 0.

Les actions techniques (actions 1, 2 et 3) ont été menées par IDELE, INRAE (UMR 0085 PRC « Physiologie de la Reproduction et des Comportements », Nouzilly ; UMR 1348 PEGASE « Physiologie, environnement et génétique pour l'animal et les systèmes d'élevage », Saint Gilles ; UMR 0791 MoSAR « Modélisation Systémique Appliquée aux Ruminants », Paris ; UE 0326 Domaine Expérimental du Pin, Gouffern en Auge ; UMR 1213 UMRH Herbivores, Saint-Gènes-Champanelle) et ESA (unité URSE). Des experts techniques ont également été impliqués en cours projet pour la discussion des résultats. Chaque partenaire a apporté ses compétences au sein des différents groupes de travail par action. L'ensemble des partenaires ont participé au projet dans sa globalité.

Partenaires	IDELE	ESA	INRAE
<b>Co-responsable de l'action 0</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
# Coordination administrative	X		
# Co-pilotage technique et scientifique	X	X	X
# Co-rédaction des comptes rendus	X	X	X
# Co-réalisation des supports de valorisation des résultats et de communication	X	X	X
<b>Co-responsable de l'action 1</b>	<b>X</b>		<b>X</b>
# Mobilisation des données des fermes expérimentales	X		X
# Mise en œuvre de l'action (compilation et uniformisation des données, choix méthodologiques, analyses statistiques)	X	X	X
# Co-encadrement d'étudiants	X	X	X
<b>Co-responsable de l'action 2</b>			<b>X</b>
# Mise en œuvre de l'action (calibrage du modèle informatique, choix des scénarios de simulation, analyse des résultats de simulation)			X
# Encadrement d'un CDD (de type post-doc)			X
# Participation au suivi de l'action 2 et interaction avec les actions 1 et 3	X	X	
<b>Co-responsable de l'action 3</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
# Mise en œuvre de l'action (choix méthodologiques, recrutement des éleveurs et conseillers)	X	X	
# Organisation et réalisation des focus group	X	X	
# Co-encadrement d'un étudiant		X	
# Encadrement d'un CDD	X	X	
# Participation au suivi de l'action 3 et interaction avec l'action 2			X

### ▪ Points forts et difficultés éventuelles du partenariat

La qualité du partenariat a été satisfaisante, avec une bonne concertation entre l'ensemble des partenaires. La mutualisation des compétences des différents partenaires a été profitable (liens avec les acteurs de la filière et connaissance des problématique en élevage, expertises scientifiques, connaissance des besoins pour la formation). Les compétences des différents partenaires (tant

scientifiques et techniques qu'administratives) en gestion de projets d'envergure ont également été un atout.

Une des principales difficultés du partenariat a été la mise en place d'une nouvelle organisation de travail lors de la situation sanitaire (Coronavirus COVID-19) de 2020 à 2021. Même si des outils collaboratifs en distanciel ont été utilisés, la moindre interaction entre les participants a entraîné une perte d'efficacité dans la réalisation des travaux.

Des habitudes de travail en commun ont été trouvées et seront poursuivies à l'avenir dans le cadre d'autres projets touchant à la thématique de la conduite d'élevage des bovins.

- *Lien avec des réseaux (ex. RMT, UMT, GIEE, GO PEI, etc.)*

Le projet a été présenté dans le cadre de l'UMT RIEL 3.0 (Recherche et Ingénierie en Elevage Laitier ; <https://www6.inrae.fr/umt-riel/> ; 2017-2022) associant l'Institut de l'Elevage avec INRAE et Agrocampus Ouest (UMR PEGASE) dans l'axe « multi-performance des systèmes laitiers » et l'axe « Elevage laitier de précision », ainsi que dans le cadre de l'action 3 « Valorisations des données issues des capteurs et d'autres sources pour le pilotage fin du troupeau » du programme Sm@rt Elevage (financement CNE ; <https://idele.fr/smartelevage/> ; 2017-2021) de l'Institut de l'Elevage. Enfin, des unités expérimentales INRAE et des fermes professionnelles expérimentales du réseau F@RM XP ont été mobilisées pour alimenter le projet en données : les résultats sont en cours de restitution au sein de ces réseaux.

#### **Volet financier (éléments descriptifs en complément du compte-rendu financier)**

- *Précisez la nécessité du recours à des prestations de service et les modalités de sélection des prestataires mises en œuvre*

Dans le budget IDELE pour l'action 0, une location de salle a été réalisée à la Blanche Maison (180 €). Dans le budget IDELE et ESA : pour l'actio 1, recours à des prestations de service pour la fourniture des données expérimentales nécessaires à la réalisation de l'action 1 (cf III.1), qui provenaient de 4 fermes du réseau F@RM XP (Derval, La Blanche Maison, Trévarez, Les Trinottières). Il n'y a pas eu de modalités de sélection des prestataires. Toutefois, le versement de chaque prestation a été fait au prorata des données fournies : 8 000 € financés par ESA à Trévarez et 8 000 € financés par IDELE à Derval (1 500 €), La Blanche Maison (1 500 €), les Trinottières (5 000 €).

- *Précisez la nécessité du recours à des acquisitions de matériel*

Aucune acquisition de matériel dans le cadre du projet.

- *Précisez la nature des principales autres charges directes*

Les autres dépenses directes dans le cadre du projet concernent :

**Pour l'ESA** : pour l'action 1, impression de documents (20.81 €) et pour l'action 3, la formation de la stagiaire pour la réalisation des enquêtes (775.00) €, inscription à un colloque (120.00 €) et impression de documents (142.18 €)

**Pour INRAE** (1 890.87 €) : pour l'action 1, réalisation de dosages de progestérone pour le suivi de cyclicité des vaches du domaine INRAE du Pin, achats de produits d'élevage, fourniture des données expérimentales issues du domaine INRAE d'Orcival.

#### **Tableau de bord des indicateurs**

- *Indicateurs de suivi et de pilotage (dont taux de réalisation des actions) & indicateurs de résultat et d'impact*

Les indicateurs de suivi et d'évaluation sont résumés, pour l'ensemble des actions du projet, dans les tableaux ci-dessous.

# Action 0 – Taux de réalisation = 100 %

Tâches de l'action 0	Indicateurs de suivi et de pilotage	Indicateurs de résultat et d'impact
<b>Calendriers</b>	<b>Plannings prévisionnels des différentes tâches</b> : à chaque comité de pilotage et comité de suivi, le respect des échéances a été discuté afin d'apporter le cas échéant des réponses appropriées.	<b>Plannings prévisionnels des différentes tâches</b> : divers éléments ont impacté le respect des échéances. Le comité de suivi et le comité de pilotage ont pris des décisions pour permettre la réalisation de l'ensemble des tâches dans un nouveau calendrier validé avec la DGER. De plus, le planning prévisionnel a été ajusté à partir des adaptations prises concernant l'articulation entre les actions du projet. Cf argumentaire dans le paragraphe « calendrier comparatif ».
<b>Réunions de comité de pilotage et comités de suivi</b>	<b>Dates des comités de pilotages et comités de suivi</b> : 5 réunions (cf. tableau récapitulatif « modalité de pilotage »).	<b>Dates des comités de pilotages et comités de suivi</b> : - Comptes-rendus et/ou supports présentés - Nombre de participants et nombre de partenaires décrits dans le tableau récapitulatif « modalité de pilotage »).
<b>Rédaction des conventions</b>	<b>Dates des signatures des conventions et avenants</b> : DGER / IDELE (05/10/2018, 27/07/2021) ; IDELE / ESA (11/03/2019, 16/09/2021) ; IDELE / INRAE : (12/04/2019, 04/11/2021)	<b>Conventions</b> : - 3 conventions - 3 avenants
<b>Rédaction des comptes rendus techniques et financiers</b>	<b>Date d'envoi des comptes rendus techniques et financiers</b> : intermédiaire 2019 (04/08/2020) ; intermédiaire 2020 (2/12/2021) ; Compte-rendu final : à réception	<b>Comptes-rendus techniques et financiers</b> : - 2 comptes rendus intermédiaires - 1 compte rendu final
<b>Communication via les sites internet des partenaires</b>	<b>Ouverture de 3 espaces sur les sites des partenaires</b> : - IDELE : <a href="https://idele.fr/detail-article/projet-casdar-rt-cowpilot">https://idele.fr/detail-article/projet-casdar-rt-cowpilot</a> - ESA : <a href="https://www.groupe-esa.com/projets_recherche/projet-ur-urse-cowpilot/">https://www.groupe-esa.com/projets_recherche/projet-ur-urse-cowpilot/</a> - INRAE : <a href="https://www.inrae.fr/actualites/projet-casdar-rt-cowpilot">https://www.inrae.fr/actualites/projet-casdar-rt-cowpilot</a>	<b>Création d'un logo</b> 
<b>Communications et publications scientifiques</b>	<b>Soumises à sélection/relecture</b> : - 1 communication courte 3R - 2 affiches 3R - 2 communications EAAP - 1 article scientifique	<b>Présentées et/ou publiées</b> : - 1 communication courte 3R acceptée - 1 affiche 3R : acceptée - 2 communications EAAP : acceptées

<b>Rédaction de fiches techniques</b>	<b>Versions intermédiaires des fiches techniques :</b> - Liste des documents rédigés - Validation et correction des différentes versions	<b>Nombre de fiches techniques :</b> synthèses disponibles sur les sites web des partenaires ; <b>Importance de la diffusion :</b> diffusion des liens des synthèses sur les sites lors de différentes réunions de diffusion (groupe reproduction FCEL, space, webinaire...)
<b>Sensibilisation éleveurs et conseillers</b>	<b>Maquette des supports de diffusion :</b> - Fiche de présentation au lancement du projet - Relais dans la presse agricole	<b>Nombre et type de supports diffusés :</b> site des partenaires ; Diaporama conférence SPACE, webinaire ; Vidéo de présentation du simulateur InSilicow ; Intégration dans les formations module reproduction des partenaires ; retours aux éleveurs enquêtés
<b>Événement de clôture</b>	<b>Date de réunions de préparation :</b> CR de réunion, version intermédiaire des supports	<b>Recueil de synthèse :</b> replay du webinaire <b>Nombre de personnes présentes au séminaire :</b> 95 personnes, CR de connexion

#### # Action 1 – Taux de réalisation = 100 %

<b>Tâches de l'action 1</b>	<b>Indicateurs de suivi et de pilotage</b>	<b>Indicateurs de résultat et d'impact</b>
<b>Coordination de l'action</b>	<b>Respect des échéances ; Tenue de réunions régulières :</b> cf. paragraphe 1 <b>Soutenance :</b> Amandine Toutain (2019), Charlotte Jude (2019) + CDD 4mois, Djazmine Ambdirahamane (2019), Doriane Moreaux (2020)	<b>Comptes rendus des réunions du groupe de travail de l'action 1 :</b> - 5 comités de pilotages - 12 comités de suivis - 29 réunions du groupe de travail - 2 mémoires fin d'études
<b>Base de données</b>	<b>Dates de réunions du groupe de travail :</b> cf. paragraphe 1	<b>Guide de description des variables et des protocoles</b> - 4 089 lactations issues de 7 fermes - 2 167 retenues dans analyses - 281 descripteurs par lactation
<b>Typologie des profils de variation de NEC</b>		<b>Script R ; Description des profils</b> - 4 profils en race prim'holstein - 3 profils en race normande
<b>Algorithme de prédiction des performances de reproduction en fonction du profil de NEC</b>		<b>Script R ; Description des variables et indicateurs de qualité de la prédiction :</b> étude de la cyclicité, de la fertilité et de la fécondité des vaches en fonction des profils. Etude des facteurs de réussite de la reproduction intra-profil
<b>Quantification des effets des pratiques sur la NEC</b>		<b>Script R ; Description des effets des pratiques :</b> 16 modalités expérimentales
<b>Référentiel actualisé</b>		<b>Compte-rendu technique :</b> synthèse disponible sur site web et publications

<b>Arbre de décision version 1.0</b>		<b>Note de description de l'arbre de décision</b> : pas d'arbre de décision 1.0 en lien avec réorientation des travaux. cf. paragraphe 1. Résultat synthèse webinaire
--------------------------------------	--	---

**# Action 2 – Taux de réalisation = 100 %**

<b>Tâches de l'action 2</b>	<b>Indicateurs de suivi et de pilotage</b>	<b>Indicateurs de résultat et d'impact</b>
<b>Coordination de l'action</b>	<b>Respect des échéances ; Tenue de réunions régulières</b> : cf. paragraphe 1	<b>Compte-rendu des réunions du groupe de travail de l'action 2</b> - 5 comités de pilotages - 9 comités de suivis - 7 réunions du groupe de travail
<b>Vérifier la cohérence des simulations d'InSiliCow avec les résultats de l'action 1</b>	<b>Date de soutenance</b> : pas de stage, recrutement d'un CDD 6 mois (Ahmed Ben Abdelkrim)	<b>Comptes rendus des modifications apportés à InSiliCow ; Rapport de stage</b> : rapports « simulation troupeau domaine du Pin » et « simulation profils atypiques »
<b>Identifier des pratiques absentes de la base de données</b>		<b>Compte-rendu des réunions</b> : scénarii « Tarrisement »
<b>Quantifier les effets de pratiques absentes de la base de données sur la NEC</b>		<b>Rapport</b> : Bibliographie « Effet pratiques tarissement »
<b>Quantifier les effets de toutes les pratiques identifiées sur la carrière de l'animal (longévité)</b>		<b>Rapport</b> : Rapport « simulation tarissement »
<b>Simulation d'expérimentations de pilotage de la NEC</b>		<b>Simulation de cas-types (utilisé dans l'action 3) ; Rapport de stage</b> : mobilisation des stratégies de pilotage du troupeau issues de l'action 3 & simulations « stratégies pilotage NEC »
<b>Arbre de décision version 2.0</b>	<b>Dates de réunions</b> : cf. paragraphe 1	<b>Note de description de l'arbre de décision</b> : pas d'arbre de décision 2.0 en lien avec réorientation des travaux. cf. paragraphe 1. Résultat synthèse webinaire + synthèse travaux action 2

**# Action 3 – Taux de réalisation = 100 %**

<b>Tâches de l'action 3</b>	<b>Indicateurs de suivi et de pilotage</b>	<b>Indicateurs de résultat et d'impact</b>
<b>Coordination de l'action</b>	<b>Respect des échéances ; Tenue de réunions régulières</b> : cf. paragraphe 1	<b>Compte-rendu des réunions du groupe de travail de l'action 3</b> - 5 comités de pilotages - 9 comités de suivis 11 réunions du groupe de travail

<b>Recrutement éleveurs et conseillers</b>	<b>Prise de contact avec les acteurs en élevages :</b> réunion avec groupe reproduction de France Conseil Elevage (23/09/2019) ; prise de contact avec deux entreprises de conseils	<b>Comptes rendus de réunions d'échanges :</b> échanges avec deux entreprises de conseils
<b>Conception des documents supports d'enquête</b>	<b>Dates de réunions :</b> cf. paragraphe 1	<b>Documents d'enquêtes :</b> 2 guides d'entretiens
<b>Enquêtes</b>	<b>Nombre d'enquêtes</b> - 14 conseillers - 15 éleveurs	<b>Comptes rendus d'entretiens :</b> synthèse éleveurs et conseillers
<b>Synthèse 4 pages sur freins et motivations au pilotage individualisé de la NEC par les conseillers</b>	<b>Date de soutenance stage :</b> Marie Lamarre (14/09/2020) + CDD 6 mois	<b>Rapport de stage :</b> 1 mémoire de fin d'études <b>Documents de synthèse, retour aux utilisateurs :</b> compte-rendu de mission CDD
<b>Synthèse 4 pages sur freins et motivations au pilotage individualisé de la NEC par les éleveurs</b>		
<b>Synthèse de recommandations pour l'utilisation du pilotage individualisé de la NEC par des éleveurs ou des conseillers</b>		
<b>Focus groups (réunions avec éleveurs &amp; conseillers)</b>	<b>Dates de réunions :</b> avril et mai 2021	<b>Nombre de réunions :</b> 2 réunions <b>Nombre d'éleveurs inclus :</b> 6 éleveurs
<b>Guide de recommandations pour la mise en œuvre de l'arbre de décision auprès d'éleveurs</b>	<b>Dates de réunions ; date de livraison de la version finalisée</b> cf. paragraphe 1	<b>Comptes rendus de réunions de travail ; version finalisée du guide ; rapport de stage :</b> pas de rapport de stage, mais compte-rendu de mission CDD
<b>Arbre de décision version 3.0</b>	<b>Dates de réunions :</b> cf. paragraphe 1	<b>Note de description de l'arbre de décision :</b> cf. paragraphe 1. Résultat synthèse webinaire + synthèse travaux action

## 2- Valorisation du projet et communication des résultats

- *Stratégie de valorisation, de communication et de transfert mise en place (préciser notamment le(s) site(s) Internet sur lequel(s) la communication relative au projet peut être consultée)*

L'action 0.2 a été spécifique à la valorisation des acquis du projet. Les publications et les supports de communication ont été validés par le comité de suivi. Dans le tableau des indicateurs, l'action 0.2 est détaillée.

Pour rappel, la présentation du projet a été faite sur les espaces web des partenaires :

- <https://idele.fr/detail-article/projet-casdar-rt-cowpilot>

- <https://www.inrae.fr/actualites/projet-casdar-rt-cowpilot>
- [https://www.groupe-esa.com/projets\\_recherche/projet-ur-urse-cowpilot/](https://www.groupe-esa.com/projets_recherche/projet-ur-urse-cowpilot/)

Les résultats issus du projet sont centralisés et accessibles sur l'espace web d'IDELE :

- <https://idele.fr/detail-article/projet-casdar-rt-cowpilot>

Initialement, lors du dépôt du projet, un séminaire de clôture en présentiel avait été envisagé. Suite à l'essor des webinaires (en lien avec l'évolution des pratiques de travail lors de la crise du COVID19), les membres du COPIL ont souhaité utiliser ce moyen de communication en distanciel afin de toucher un large public : un webinaire-satellite du congrès Rencontres Recherches Ruminants en décembre 2022 a permis de diffuser largement les résultats issus du projet CowPILOT.

- **Livrables** : liste des publications, séminaires, supports pédagogiques, etc. produits et analyse de leur pertinence au regard des objectifs et des cibles du projet (précisez notamment si une valorisation européenne ou internationale a été réalisée)

Les livrables produits dans le cadre du projet sont de plusieurs nature.

**# Brochure institutionnelle** : la présentation du projet a été réalisée via plusieurs canaux.

- Espaces web des partenaires et présentations dans les réseaux partenaires.

**# Newsletter** EdP – Elevage de Précision – réseau Sm@rtElevage - lancement du projet CASDAR CowPILOT - PILoter la note d'état corporel pour OpTimiser la reproduction des vaches laitières, septembre 2018.

**# Communications scientifiques lors de congrès :**

- Nationaux
  - Action 1 : Dezetter C., Bidan F., Delaby L. Freret S., Bedere N., 2022. Existe-t-il un profil d'état corporel optimal favorable à la reproduction des vaches laitières ? Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. 26. <http://journées3r.fr/spip.php?article5159>
  - Action 3 : Manoli C., Lamarre M., Petit T., Martin O., Fréret S., Fagon J., 2022. Quelle utilisation de la Notation d'Etat Corporel (NEC) par les éleveurs pour piloter la reproduction des vaches laitières ? Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. 26. <http://journées3r.fr/spip.php?article5051>
- Européens / Internationaux
  - Action 1 : Dezetter C., Bidan F., Delaby L. Freret S., Bedere N., 2022. What is an optimal body condition profile for reproduction in dairy cows ? European Federation of Animal Science (EAAP), Porto. 73
  - Action 3 : Petit T., Lamarre M., Manoli C., Fagon J., 2021. Body condition monitoring in dairy farms : survey among farmers and advisors of West France. European Federation of Animal Science (EAAP), Davos. 72

**# Publications scientifiques :**

- Action 1 : un article scientifique est en cours de rédaction pour soumission à la revue "Animal", Dezetter C., Bidan F., Delaby L. Freret S., Bedere N., 2023. Is there an optimal body condition profile for reproduction in dairy cows?
- Action 2 : la rédaction d'un article scientifique est envisagée d'ici fin 2023.

**# Communication auprès d'acteurs du conseil et lors de salons professionnels :**

- Auprès du Groupe « experts reproduction » du réseau France Conseil Elevage : 06/06/2019 ; 23/10/2019 ; 03/06/2020 ; 19/10/2021 ; 06/04/2023 – 12 participants
- Au SPACE : Bidan F. Petit T., septembre 2021. Piloter la note d'état corporel pour optimiser la reproduction des vaches laitières. Conférence au Salon International de l'élevage – SPACE <https://idele.fr/detail-article/piloter-la-note-detat-corporel-pour-optimiser-la-reproduction-des-vaches-laitieres>
- Dans la presse agricole : 4 journalistes ont participé au webinaire de clôture (Grands Troupeaux Magazine, Web-agri, Réussir Lait, Cultivar élevage)

- Un guide de recommandations destiné aux éleveurs et aux conseillers pour l'utilisation de la NEC (dont un arbre de décision co-construit avec les éleveurs).
- Un panorama des outils numériques actuels sur la NEC

# **UMT RIEL** : Fabrice BIDAN (Idele) et Luc Delaby (INRAE) en tant que membres de cette UMT ont relayé l'état d'avancement du projet et les résultats finaux

# **Programme Sm@rt Elevage** : Fabrice BIDAN (Idele) en tant que membre de ce programme a relayé l'état d'avancement du projet et les résultats finaux.

# **Évènement de clôture** : associé au congrès national Rencontre Recherche Ruminants (décembre 2022), un webinaire de fin de projet a été organisé le 12/12/2022. Sur les 175 inscrits au webinaire (pour qui le replay a été diffusé), 96 personnes ont participé : 87 % étaient localisées en France et 13 % à l'étranger (Belgique, Pays-Bas, Maroc, Luxembourg, Etats-Unis, Grande Bretagne, Espagne, Tunisie, Allemagne, Finlande, Algérie, Guyane). Parmi l'ensemble des participants, les profils des participants étaient variés : conseil en élevage, recherche, enseignant, presse agricole spécialisée.

- *Accessibilité des connaissances produites pour les agriculteurs et les conseillers ainsi que des connaissances enseignables pour les enseignants et apprenants*

# Restitution des principaux résultats auprès du Groupe « experts reproduction » du réseau France Conseil Elevage. Au moment de la restitution finale des résultats, ce réseau avait été élargi en intégrant le réseau Alice pour devenir le réseau Eliance (fédération des entreprises de conseil et service en élevage). Ce réseau peut ainsi relayer auprès de l'ensemble des entreprises de conseil, de sélection et de reproduction animale en France, qui sont les relais auprès des éleveurs.

# Mémoires et soutenance de fin d'études (accessible sur les espaces de diffusion documentaires des écoles) :

- Jude C., Septembre 2019. La note d'état corporel, un outil qui reflète la réussite à la reproduction des vaches laitières ? Résultats préliminaires. MFE. VetAgroSup.
- Toutain A., Août 2019. Influence de l'état corporel et de ses variations sur les performances de reproduction des vaches laitières. MFE. ESA Angers.
- Lamarre M., Septembre 2020. Pratiques de suivi de l'état corporel en élevage bovin laitier ; Enquête auprès d'éleveurs et de conseillers. MFE. AgroCampus Ouest.
- MOREAUX D., Novembre 2020. "Quelle vache laitière pour quel système ? Influence du type de vache et du niveau des apports nutritifs associés aux systèmes fourragers sur les performances des vaches laitières primipares". MFE VetAgro Sup.
- Djazmine AMBDIRAHAMANE D., 2019. "Caractérisation des profils de cyclicité chez deux races de vaches laitières Holstein et Normande par dosage de la progestérone par technique ELISA". BTS ANABIOTEC.

# Pour les enseignants et les apprenants, les résultats sont accessibles sur le site web d'IDELE (page web centralisant les résultats issus du projet). Les éléments disponibles permettent la construction de formation. A titre d'exemple, IDELE propose une formation sur la « Gestion de la reproduction du troupeau bovin laitier » dans laquelle les résultats du projet CowPILOT ont été intégrés lors de plusieurs sessions en 2022 et 2023 à destination de différents publics (vétérinaires, enseignants, conseillers en élevage, inséminateurs...).

- *Actions de communication prévues à l'issue du projet (préciser comment sera assurée la pérennité des livrables, notamment celle des OAD)*

Comme indiqué précédemment (paragraphe 1), la communication a été poursuivie après la fin du projet. Les partenaires se sont appuyés sur l'évènement du congrès national Rencontre Recherche Ruminants de décembre 2022 pour organiser un webinaire associé, en tant que séminaire de fin de projet, afin de bénéficier d'une retombée importante pour favoriser la diffusion auprès des acteurs de la recherche, du développement et du conseil en élevage.

Le maintien de la page web centralisant les résultats issus du projet sur le site web d'IDELE permettra d'entretenir la diffusion. Les équipes Idele et leurs partenaires continueront de répondre positivement aux demandes d'intervention sur les résultats du projet.

### 3- Bilan et perspectives

#### ▪ *Apports effectifs du projet au regard des enjeux du monde agricole et rural*

Le projet CowPILOT avait pour objectif général d'évaluer la possibilité de piloter individuellement la note d'état corporel afin d'optimiser la réussite de la reproduction des vaches laitières. La faisabilité de ce suivi individuel, a été questionnée auprès d'éleveurs et de conseillers, via enquêtes (entretiens semi-directifs) et des « focus groups » (partage d'expérience), qui ont permis l'identification des motivations et freins au pilotage individualisé de la NEC en élevage bovin laitier. Ainsi, les résultats ont montré que les éleveurs et techniciens de terrain connaissent la NEC... mais que son utilisation « en routine » pour gérer la reproduction reste à construire. Le pilotage individualisé de la NEC passe par l'identification précoce après vêlage de profils d'évolution de NEC à risque pour la réussite de la reproduction. A partir de 1 685 lactations de vaches de race Holstein et 482 lactations de vaches de race Normande issues de six fermes expérimentales (INRAE et réseau F@rmXP), des profils individuels d'état corporel au cours de la lactation ont pu être mis en évidence, puis mis en relation avec les performances de production et de reproduction. Quatre profils de NEC en race Holstein et trois profils en race Normande ont ainsi été identifiés. Des vaches trop maigres en race Holstein ou trop grasses en race Normande ont présenté davantage de risque d'échouer lors de la mise à la reproduction. Même si les différences ont été de faible ampleur entre les profils, confirmant que les échecs de reproduction sont d'origine multifactorielle, la NEC au vêlage et son évolution ont influencé les performances de reproduction (taux de revêlage), mais sans expliquer l'intégralité des succès ou échecs de la reproduction. Il semblerait toutefois que d'une lactation à l'autre, le profil de NEC d'une vache peut évoluer soit vers un profil plus à risque d'échec ou vers un profil plus favorable à la réussite de la reproduction. A partir d'un arbre de décision construit à partir des données de la littérature, éleveurs et conseillers ont échangé autour des leviers d'action potentiels pour le pilotage de la NEC, et de leur acceptabilité : selon eux, il n'est pas facile d'agir sur la NEC en cours de lactation. Le résultat n'est jamais garanti. Les éleveurs y sont peu enclins. L'adaptation des durées de tarissement est apparue comme l'un des leviers acceptables pour piloter la NEC lors de la lactation suivante. L'approche par modélisation informatique (permettant de simuler des vaches virtuelles) a permis de tester ce levier de la durée de tarissement, sans bouleversement du système de production, pour influencer le profil de NEC sur la lactation suivante. Les résultats de simulation ont montré qu'une gestion individualisée du tarissement influence les performances de reproduction, (ré-)ouvrant ainsi le débat autour de la durée de tarissement optimal.

#### ▪ *Points forts et points faibles du projet*

La combinaison de différentes approches méthodologiques (bases de données, analyses statistiques, enquêtes auprès de conseillers en élevage et d'éleveurs et modélisation informatique) ont permis d'apporter des connaissances nouvelles tout en adaptant en cours de projet les orientations des travaux menés, en fonction des résultats obtenus dans chacune des trois actions techniques.

Le projet CowPILOT a été une bonne opportunité de mobiliser et de valoriser plusieurs sources de données existantes (issues de plusieurs sites expérimentaux d'INRAE et du réseau F@rmXP), avec un de phénotypage fin concernant les réserves corporelles, la production et la reproduction des vaches laitières. Toutefois, il s'est avéré que certaines données nécessaires à l'action 1 n'étaient pas mobilisables (détection des chaleurs, constats de gestation), ce qui a restreint en partie la valorisation de la base de données compilées.

Les données analysées dans l'action 1 n'ont pas permis de quantifier les effets sur la reproduction de différentes stratégies de pilotage de la NEC à partir des facteurs expérimentaux testés dans certains sites. Néanmoins, les résultats issus des enquêtes menées dans l'action 3 ont mis en évidence que de toutes façons les éleveurs sont peu enclins à agir au cours de la lactation. Enfin, le projet CowPILOT a permis de faire monter en puissance le simulateur InSiliCow utilisé dans l'action 2, notamment pour sa capacité à reproduire les performances à l'échelle « troupeau » et à être exploité pour la simulation de scénarii (tremplin vers le concept de jumeau numérique).

Les messages divers diffusés en élevage afin de favoriser les performances de reproduction à partir du pilotage de la NEC ne prennent pas suffisamment en compte le fait que les éleveurs sont plutôt réticents à agir au cours de la lactation. Les éleveurs sont en effet davantage enclins à activer des leviers pendant la dernière partie de la lactation, comme la durée du tarissement, levier d'action qui a été testé et validé par des simulations informatiques avec InSiliCow. Le projet CowPILOT a pu mettre en avant un levier d'action sur du long terme, plus à même de recevoir un avis favorable des éleveurs. Les éléments issus du projet permettent ainsi de prodiguer des conseils pour tendre vers un compromis entre les attentes des éleveurs et les aptitudes physiologiques des vaches à se reproduire, en cohérence avec les objectifs du mode d'élevage. Il reste à confirmer ces résultats à partir de données à plus large échelle issues du terrain.

Les différentes difficultés décrites dans le paragraphe « Pilotage du projet », concernant le respect du calendrier prévisionnel, ont impacté la prise de recul nécessaire à une bonne appropriation des résultats du projet à destination des acteurs du conseil en élevage. Toutefois, les différents partenaires continueront de valoriser au mieux les acquis du projet dans leurs réseaux scientifiques et techniques, notamment via la page web dédiée au projet sur le site [www.idele.fr](http://www.idele.fr).

- *Suites envisagées*

La méthodologie d'analyse ayant été finalisée, l'alimentation de la base de données compilée avec des campagnes de reproduction supplémentaires « au fil de l'eau » pourraient permettre de renforcer les résultats issus du projet. De plus, l'analyse n'a pris en compte que des indicateurs résumés pour la production au cours de la lactation (production laitière sur 305 jours, production laitière maximale...) comme co-variables de l'analyse. La construction de profils de courbe de lactation pourrait être utile pour poursuivre les analyses.

Ainsi, un outil de simulation de la courbe de lactation, développé au sein de l'UMR INRAE MOSAR, et appelé PLM (Perturbed Lactation Model : Gomes *et al.*, 2018. 69th EEAP ; Ben Abdelkrim *et al.*, 2019. PCI Anim. Sci), permet d'identifier des perturbations de la courbe de production du lait au cours de la lactation. La base de données créée dans le cadre du projet CowPILOT pourrait ainsi être mobilisée et valorisée afin de mettre en évidence d'autres facteurs pouvant expliquer une dégradation des performances de reproduction.

La modulation de la durée de tarissement est apparue comme un levier efficace dans les simulations informatiques réalisées et comme un levier acceptable par les éleveurs. Une analyse mobilisant la base de données nationale du système d'information génétique pourrait permettre de tester à large échelle et de valider la relation entre la durée du tarissement et les performances de reproduction pendant la lactation suivante.

Enfin, comme indiqué précédemment, les partenaires du projet vont continuer à communiquer sur les résultats du projet dans le cadre de leurs réseaux respectifs.

## Volet « Bilan technique »

Volet détachable à publier sur la plateforme <https://rd-agri.fr> avec les livrables du projet (30 pages maximum)

### 1- Rappel des objectifs du projet

Dans un contexte où l'élevage de précision est en plein essor, le développement des techniques d'imagerie offre des perspectives pour un pilotage plus précis et individualisé des vaches laitières. L'hypothèse formulée était qu'à partir d'un profil individuel d'évolution de l'état corporel d'une vache, il serait possible d'appliquer des mesures correctives ou d'adapter la stratégie de conduite afin de réduire le risque d'échec à la reproduction. Le projet CowPILOT devait permettre d'éprouver cette hypothèse par (i) l'analyse de données d'évaluation des réserves corporelles provenant de trois sites expérimentaux INRAE et de quatre fermes expérimentales, des Chambres d'Agriculture et de l'Institut de l'Élevage, du réseau F@RM XP, (ii) la mobilisation d'un simulateur informatique et (iii) la réalisation d'enquêtes auprès d'éleveurs et d'acteurs du conseil en élevage.

Le projet CowPILOT avait ainsi pour ambition de :

- quantifier le rôle de la Note d'Etat Corporel (NEC) et de ses variations dans la prévision des performances de reproduction,
- quantifier les effets de différentes stratégies de pilotage de la note d'état corporel sur l'aptitude à la reproduction,
- évaluer la faisabilité et l'acceptabilité du pilotage individualisé de la NEC en élevage.

### 2- Méthodologie mise en œuvre

(Analyser les inflexions opérées par rapport au projet déposé)

Le projet a été articulé autour de quatre actions : une action de coordination (action 0) et trois actions techniques (actions 1, 2 et 3). Le pilotage du projet et la communication du projet (action 0) sont détaillés dans le volet « Pilotage et valorisation du projet » de ce compte-rendu.

Les 3 actions techniques étaient complémentaires :

# **Action 1** : Estimation de la probabilité de fertilité après insémination artificielle (IA) à partir des profils de variation de NEC, grâce à la mobilisation de données expérimentales multi-sites.

# **Action 2** : Exploration *in silico* du pilotage de la NEC et de ses effets sur les performances de reproduction et de production laitière à l'échelle de la carrière des vaches laitières.

# **Action 3** : Evaluation de la faisabilité et de l'acceptabilité du pilotage de la NEC en élevage.

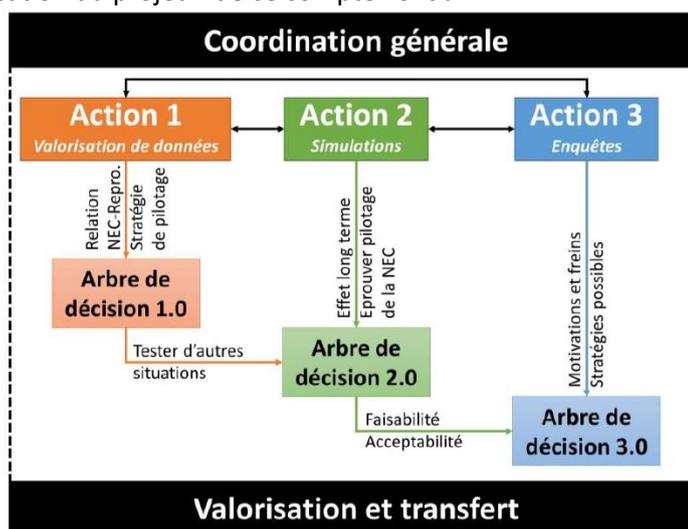


Figure 1 : Articulation initiale du projet

Le projet était donc articulé autour de 3 approches méthodologiques complémentaires : valorisation de données, simulation et enquêtes auprès de conseillers et d'éleveurs. Ces différentes approches devaient alimenter successivement un arbre de décisions. Cependant l'adaptation du calendrier initial du projet (cf. volet « Pilotage et valorisation du projet » de ce compte-rendu) a entraîné des adaptations dans la conduite des différentes actions qui ont finalement menées en parallèle. Cette nécessaire adaptation n'a pas été préjudiciable au bon déroulement du projet, voire l'a enrichi grâce à l'ajustement de l'orientation de chacune des actions tout au long du projet.

La nouvelle organisation est décrite dans la Figure 2. Les actions ont été conduites en parallèle ce qui a permis davantage d'interactions bénéfiques pour le projet dans sa globalité.

- 3.1 – Comment suivre l'état corporel ? Regard des éleveurs et conseillers l'sur utilisation de la NEC.
- 1.1 – Prédiction des performances de reproduction à partir des données des sites expérimentaux et des fermes professionnelles expérimentales.
- 3.2 – Comment utiliser la NEC au cours de la lactation pour optimiser la reproduction ? Les éleveurs sont peu enclins à mettre en œuvre des pratiques impactant positivement le profil de NEC d'un individu mais négativement sa production.
- 1.2 – Effet de stratégies de pilotage de la NEC – Mise en évidence de l'enchaînement des profils de NEC au cours des lactations successives d'une vache donnée.
- 2.1 – Calibrage du simulateur informatique avec les données de l'action 3.1.
- 3.2 et 1.2 – Mise en évidence de l'intérêt du recours au tarissement pour agir sur le profil de NEC pendant la lactation suivante.
- 2.2 – Validation par simulation du recours à l'adaptation de la durée du tarissement pour piloter la NEC afin d'optimiser les performances de reproduction.

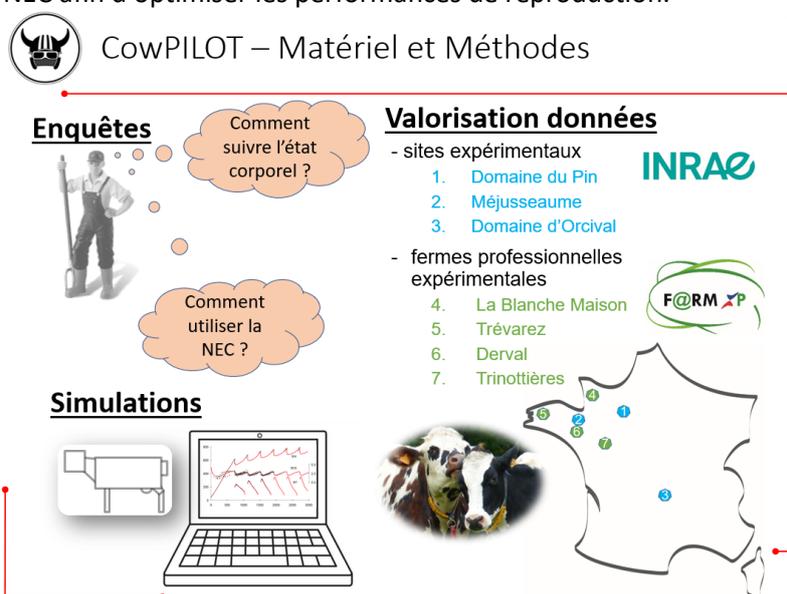


Figure 2 : articulation finale des différentes actions du projet CowPILOT.

## # Action 1

### Rappel des objectifs attendus

- Prédire les performances de reproduction (cyclicité, chaleurs, fertilité) à partir des données de NEC.
- Quantifier les effets sur la reproduction de différentes stratégies de pilotage de la NEC.

### Méthodes de travail utilisées dans l'action 1

Le travail réalisé dans le cadre de l'action 1 a permis d'étudier les relations entre performances de reproduction et profils individuels d'état corporel, afin de tester la pertinence d'une prédiction de ces performances de reproduction à partir des profils de NEC.

### Construction de la base de données

Les données de production, de reproduction et d'état corporel (NEC) proviennent des vaches de race Holstein (HO) et Normande (NO) de 3 fermes expérimentales INRAE (Domaine du Pin, Méjusseau et Orcival), et de 3 fermes du réseau F@RM XP (Blanche Maison, Trinottières et Trévarez). Les fermes du Domaine du Pin et de Trévarez sont caractérisées par des expérimentations systèmes, conduisant ainsi deux lots de vaches comme deux troupeaux distincts : un « lot Bas » ne recevant aucun apport

de concentré et un « lot Haut » recevant 4 kg concentré/j pour le Domaine du Pin ; un lot vêlage d'automne (« Trévarez Automne ») et un lot vêlage de printemps (« Trévarez Printemps ») pour Trévarez.

Seules les lactations de vaches inséminées au moins une fois et pour lesquelles nous disposions d'un minimum de 5 enregistrements de NEC (échelle 0-5 ; Bazin *et al.*, 1984) entre le vêlage et 210 jours de lactation (dans certaines fermes les mesures de NEC n'étaient pas enregistrées sur toute l'année) ont été utilisées, soit 1 685 lactations en race HO et 482 lactations en race NO (Tableau 1). Une NEC hebdomadaire, à stade fixe entre le vêlage et 210 jours de lactation, a été obtenue à l'aide d'une spline d'interpolation (R Core Team, 2021) à partir des NEC mesurées (Figure 3). Afin d'homogénéiser les données entre élevages, les NEC hebdomadaires ont été centrées intra ferme expérimentale puis recalculées en ajoutant la moyenne générale des NEC (toutes fermes confondues).

Les évènements de reproduction (dates d'insémination (IA) et dates de vêlages), les performances de production (production laitière cumulée (PL44s) et maximale (PLmax), TB et TP moyen sur 44 semaines) et les évènements sanitaires en lien avec la reproduction (césarienne, métrite, vêlage difficile, retournement de matrice, etc.) ont été enregistrés. Pour 721 lactations HO (325 pour Domaine du Pin, 150 pour Méjussaume, 246 pour Trinottières) et 414 lactations NO (Domaine du Pin), des données concernant la cyclicité post-partum étaient disponibles (dosages de progestérone réalisés dans le lait) permettant de calculer le délai de reprise de cyclicité et de qualifier les cycles ovariens (normaux ou anormaux, Disenhaus *et al.*, 2008).

Tableau 1 : Répartition des lactations par ferme expérimentale et par parité

Nombre de lactations	Holstein	Normande
<b>Total</b>	<b>1 685</b>	<b>482</b>
La Blanche Maison		68
Domaine du Pin, lot « Haut »	169	208
Domaine du Pin, lot « Bas »	156	206
Méjussaume	150	
Orcival	98	
Trinottières	257	
Trévarez « Automne »	497	
Trévarez « Printemps »	358	
Primipares	787	183
Multipares	898	299

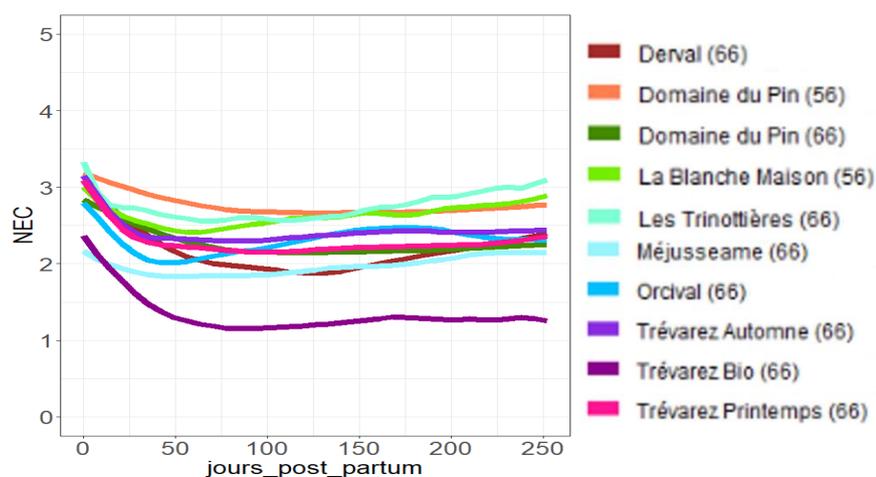


Figure 3 : Profil moyen de NEC des vaches des différents sites, après sélection des vaches-lactations retenues (site de Derval et Trévarez-troupeau bio pour illustration).

Deux autres fermes avaient été mobilisées au début du projet mais n'ont finalement pas été retenues (décision du comité de suivi du projet) pour la compilation de la base de données de l'action 1 :

- *Derval* : les effectifs issus de ce site étaient limités. Seulement 55 lactations étaient mobilisables sur deux campagnes (2014-2015).
- *Trévarez* : un troupeau est conduit en agriculture biologique avec des vaches en croisement trois voies (Prim'Holstein x Jersiais x Normand). Plusieurs campagnes (2014 à 2018) étaient disponibles avec des données de NEC mobilisables sur 86 lactations. Toutefois, la transition vers ce système a fortement impacté la NEC de ces vaches (Figure 3).

### **Détermination des profils de NEC**

Pour chaque race, des classes de profils individuels de NEC ont été établies, grâce à la réalisation d'une analyse en composantes principales (ACP) sur 9 variables : 5 variables de NEC à stades fixes (vêlage, puis 28 jours, 56 jours, 98 jours et 210 jours post-partum) et 4 variables d'évolution de NEC entre ces stades. Une classification ascendante hiérarchique a été réalisée à partir des 5 axes de l'ACP. Le nombre de classes a été déterminé au regard du saut d'inertie (R Core Team, 2021).

### **Évolution du profil de NEC entre lactations successives**

L'évolution du profil de NEC pour une même vache entre deux lactations successives a été étudié à l'aide d'un diagramme de Sankey. En race Holstein, 716 lactations étaient suivies d'une deuxième lactation, indépendamment de leur rang. En race Normande, 230 lactations étaient suivies d'une deuxième lactation. La concordance des profils entre deux lactations successives a été testée à l'aide du degré de concordance de Kappa avec le logiciel R Core Team (2021).

### **Comparaison des performances de production laitière et de reproduction entre profils de NEC**

Les variables de production laitière ont été mises en relation avec les profils de NEC. Pour chaque variable, une analyse de variance a été réalisée afin d'estimer les moyennes ajustées pour les différents profils en tenant compte d'un effet aléatoire « troupeau\_année ».

Les troupeaux étudiés ont une conduite des vêlages qualifiée de groupés (de 3 à 5 mois). Le groupement des vêlages implique une période de mise à la reproduction bornée par une date de début et de fin de campagne d'insémination, commune à toutes les vaches du troupeau. Il existe donc pour les vaches qui vêlent tôt, un délai d'attente allongé entre leur vêlage et la première insémination possible (interdiction d'inséminer avant). C'est pourquoi la variable « intervalle vêlage-IA possible » est utilisée comme covariable dans les modèles décrits plus loin.

Concernant la reproduction, deux types de variables ont été étudiés : des variables binaires de type succès/échec (taux de vêlage après l'IA1 et taux de vêlage global, c'est-à-dire quel que soit le rang d'IA) et des variables quantitatives, correspondant à des intervalles de temps entre deux événements (intervalles vêlage-IA1 (IVIA1) et vêlage-vêlage (IVV)). Pour les taux de vêlage et la proportion de vaches avec un profil de cyclicité normal, un modèle de régression logistique a été proposé afin d'estimer les odd ratio par profil de NEC (les pourcentages observés, et non ajustés, sont indiqués dans les Tableaux 7 et 8). Pour les intervalles (IVIA1 et IVV) et le délai de reprise de cyclicité (transformé en logarithme népérien afin de normaliser la donnée), une analyse de variance a été réalisée afin d'estimer les moyennes ajustées par profil de NEC. Le logiciel R Core Team (2021) a été utilisé pour ces analyses.

### **Facteurs de risque pour le succès de la reproduction intra-profil de NEC**

Pour chaque profil de NEC, les facteurs de réussite ou d'échec à la première insémination ont été étudiés. Ainsi, intra-profil la significativité des effets du niveau de production laitière (305 jours et au pic), de la matière utile totale (305 jours), du TB moyen, du TP moyen, de l'intervalle vêlage-IA possible, de l'IVIA1, de la parité des vaches (primipares *versus* multipares), la NEC à la première insémination, la NEC minimale, la perte de NEC, de la survenu d'un problème sanitaire au vêlage, de la ferme et de la

normalité de l'activité ovarienne (pour les vaches avec profils de progestérone) sur la réussite à la première insémination a été testé à l'aide d'un modèle linéaire généralisé.

### ***Analyser les inflexions opérées par rapport au projet déposé de l'action 1***

La première partie de l'action 1 a été menée conformément au projet déposé, avec cependant des données manquantes concernant le taux de détection des chaleurs et le taux de gestation mesuré par échographie dans les données mobilisées sur les différents sites INRAE et fermes du réseau F@rmXP.

Les analyses statistiques réalisées dans l'action 1 ont permis d'identifier quatre profils de NEC en race Holstein et trois en race Normande. Les différences de performance de reproduction étaient cependant de faible ampleur entre les profils de NEC, confirmant que les échecs de la reproduction sont d'origine multifactorielle et difficiles à prédire uniquement sur la base des profils de NEC. L'action 1 n'a donc pas permis d'aboutir à un arbre de décision 1.0 avec des stratégies potentielles claires pour piloter la NEC.

En revanche, les travaux de l'action 1 ont confirmé l'intérêt de trouver un levier de pilotage de la NEC pour tenter d'améliorer les performances de reproduction des vaches de certains profils, notamment pour les orienter vers un profil de NEC moins à risque lors de la lactation suivante. En outre, les résultats de l'action 3 (menée en parallèle de l'action 1) ont mis en évidence que les éleveurs sont peu enclins à agir au cours de la lactation : c'est pourquoi les analyses dans le cadre de l'action 1 ont ensuite été essentiellement concentrées sur l'étude de la concordance des profils de NEC entre les lactations successives.

## **# Action 2**

### ***Rappel des objectifs attendus***

- Simuler les trajectoires de NEC tout au long de la carrière des vaches laitières selon les conduites d'élevage
- Simuler les effets du pilotage individualisé de la NEC sur les performances individuelles et sur celles du troupeau

### ***Méthodes de travail utilisées dans l'action 2***

Les explorations menées dans cette action ont été réalisées à l'aide du simulateur informatique InSiliCow, développé par INRAE (UMR MOSAR), sur le pilotage de la NEC et de ses effets sur les performances de reproduction et de production à l'échelle de la carrière des vaches laitières.

Le simulateur InSiliCow a été développé pour intégrer des connaissances sur la physiologie des vaches laitières, avec l'objectif de fournir un outil destiné à la recherche (interprétation des données) et au développement (simulation de systèmes d'élevage).

InSiliCow simule les performances productives et reproductives des vaches laitières au cours de leur carrière. A l'échelle de l'individu, le simulateur InSiliCow est basé sur un modèle des performances productives (Martin et Sauvant, 2010), couplé à un modèle des performances reproductives (Martin *et al.*, 2019). A l'échelle du troupeau, le simulateur InSiliCow est basé sur un modèle de système d'élevage qui gère de multiples vaches virtuelles de leur naissance à la réforme, selon un ensemble de règles de gestion relatives à la génétique, à l'alimentation, à la détection des chaleurs, au tarissement, à la réforme et au renouvellement.

Dans le cadre du projet CowPILOT, une évaluation de la capacité du simulateur à reproduire les données d'un troupeau expérimental a notamment été réalisée.

### ***Réalisation d'une vidéo de présentation du simulateur InSiliCow***

Dans le cadre de l'action 3 du projet, des scénarios ont été discutés afin d'agir sur le pilotage de la NEC pour optimiser les performances de reproduction en fonction des profils de NEC des vaches au cours de la lactation. Les résultats de ces échanges devaient permettre de tester par la simulation

informatique les leviers identifiés par les éleveurs et d'identifier leurs effets (sur l'évolution de la NEC, sur les performances de reproduction...) pour comparer différents scénarios et d'aider à la prise de décision.

Afin de favoriser une bonne appropriation par les éleveurs des possibilités du simulateur InSiliCow, une vidéo a été réalisée afin de décrire son fonctionnement lors des focus groups de l'action 3.

### ***Calibration du simulateur et vérification de sa capacité à reproduire des trajectoires de performances individuelles.***

Les données des 8 groupes expérimentaux de l'expérimentation « Quelle Vache pour Quel Système » menée au sein de l'unité expérimentale INRAE Domaine du Pin ont été exploitées, à partir de la compilation de données réalisée dans le cadre de l'action 1. Pour ce site expérimental, les données individuelles étaient enregistrées de façon exhaustive à l'échelle de la carrière (de la naissance à la réforme), en particulier pour la conduite alimentaire des vaches. Afin de faciliter la mise en cohérence des données expérimentales et des données simulées, plusieurs procédures de visualisation et d'analyse de données ont été développées et implémentées.

Les données exploitées dans le cadre de l'action 2 du projet concernent : le poids vif, la production laitière, la note d'état corporel, le taux butyreux du lait et le taux protéique du lait enregistrés entre le 07/12/2002 et le 02/02/2018 pour 596 lactations de 279 vaches de race Holstein (n=140) et Normande (n=139), nées entre 2002 et 2015, âgées de 1 à 3 704 jours, réformées entre 2006 et 2020, conduites en vêlage à 2 ou 3 ans et soumises à l'une ou l'autre des deux stratégies alimentaires correspondants à des niveaux d'apports « Haut » ou « Bas ». Les pratiques de conduite du troupeau sont également enregistrées : détection des chaleurs, insémination artificielle, le tarissement, réformes et renouvellement.

Les 8 groupes expérimentaux sont définis selon la race (HOL : Holstein vs NOR : Normande), l'âge au vêlage (2 vs 3 ans) et le niveau d'alimentation (B : Bas vs H : Haut). L'implémentation des stratégies alimentaires mises en œuvre dans les conditions expérimentales a été réalisée à partir de liste d'ingrédients disponibles dans InSiliCow et ajustées à partir de la composition des rations simulées.

Les données individuelles de dynamiques de performances (poids vif, production laitière, état corporel) sont exploitées en tant que faisceau de trajectoires de performances à l'échelle de la carrière. Par exemple, l'ensemble des trajectoires individuelles de NEC et de production laitière sur la carrière est présenté en Figure 4 pour un des huit groupes expérimentaux.

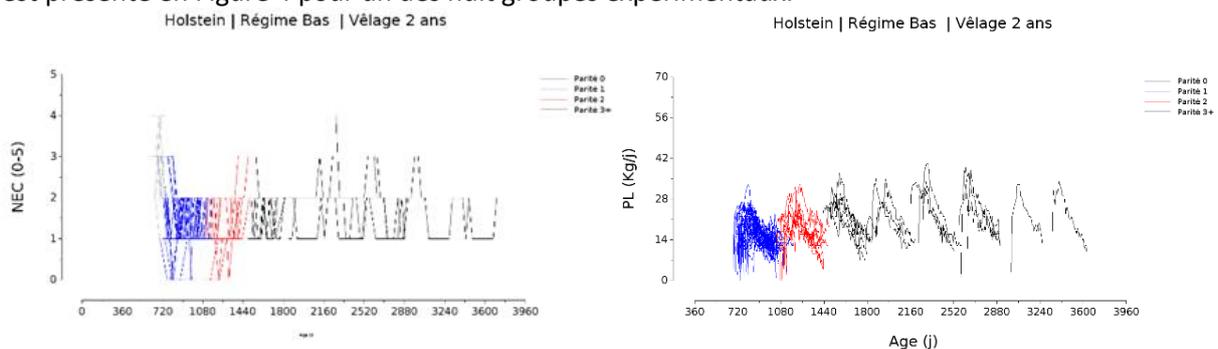


Figure 4 : Trajectoires individuelles de NEC et de production laitière sur la carrière pour les vaches du groupe expérimentale « Holstein » avec un niveau d'alimentation « haut » et un âge au 1<sup>er</sup> vêlage de « 2 ans » en fonction de la parité.

D'autres données individuelles (date de naissance, date de première insémination et d'insémination fécondante selon la parité, dates de vêlages, dates d'avortement, de réformes et de changement de ration) permettent de calculer des âges et intervalles de temps (âge à la 1<sup>ère</sup> insémination, au 1<sup>er</sup> vêlage, à la réforme, intervalles entre le vêlage et la 1<sup>ère</sup> insémination ou l'insémination fécondante en fonction de la parité, âge foetal d'avortement...). Par exemple, en Figure 5, les répartitions de l'intervalle vêlage-

IA1 et du rang d'IA fécondante sont décrits pour toutes les vaches en niveau d'alimentation « Bas » versus « Haut ».

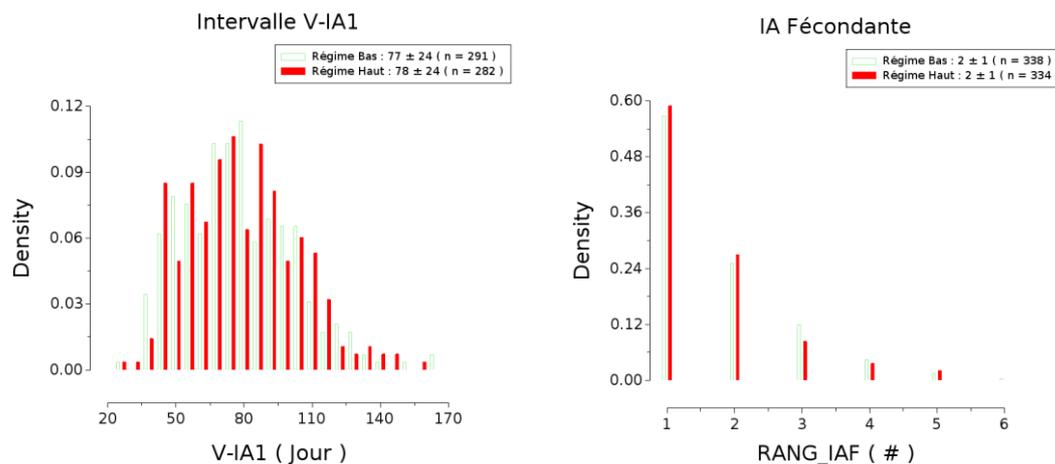


Figure 5 : Répartition de l'intervalle vêlage-IA1 et du rang de l'IA fécondante pour toutes les vaches en niveau d'alimentation « Bas » versus « Haut ».

### **Simulation des effets du pilotage individualisé de la NEC sur les performances individuelles et sur celles du troupeau.**

Le tarissement a été identifié comme une pratique pertinente permettant de moduler les trajectoires de NEC. Il a été intégré en tant que facteur expérimental dans le simulateur. En lien avec les retours de l'action 3, sur l'intérêt des éleveurs et des conseillers pour le recours au tarissement, et de l'action 1, sur l'enchaînement des profils de NEC entre les lactations, une revue de la littérature a été faite pour établir un état des connaissances sur les effets des pratiques de tarissement (période de tarissement, durée) sur les performances des vaches pendant la lactation suivante.

Ensuite, le simulateur InSiliCow (paramétré pour reproduire de façon cohérente les données expérimentales de l'expérimentation « Quelle Vache pour Quel Système »), a été utilisé pour simuler une série de scénarios intégrant plusieurs modalités de tarissement (par la modulation de la durée de tarissement), afin d'évaluer les effets sur les profils de NEC et les performances de reproduction des vaches.

### **Analyser les inflexions opérées par rapport au projet déposé de l'action 2**

Initialement deux stages 6 mois (de type master 2 ou ingénieur) étaient prévus pour l'action 2 du projet. Faute de candidature à la suite de l'offre de stage proposée pour le 1<sup>er</sup> semestre 2020, un CDD a finalement été recruté d'octobre 2020 à mars 2021 pour prendre en charge une partie des travaux (en remplacement des 2 stages prévus).

Les résultats issus de l'action 1 concernant les relations entre profils de NEC et performances de reproduction n'ont pas permis d'implémenter de loi de réponse claire dans le simulateur InSiliCow. Il a donc été utilisé dans sa version originale intégrant un effet « délai » d'un bilan énergétique négatif postpartum sur la reprise de cyclicité et un effet « sourdine » du niveau de métabolisme énergétique sur l'expression des chaleurs.

## **# Action 3**

### **Rappel des objectifs attendus**

- Mettre en évidence les motivations et freins au pilotage de la NEC dans la conduite d'élevage des vaches laitières.
- Identifier les marges de manœuvre des éleveurs pour mettre en pratique l'arbre de décision.

### **Méthodes de travail utilisées dans l'action 3**

Cette action s'intéresse aux points de vue des éleveurs et conseillers sur l'utilisation de la NEC pour l'amélioration de la reproduction en élevage laitier et pose plusieurs questions :

- Quelles pratiques de suivi de l'état corporel en élevage laitier ?
- Le suivi individuel de la NEC est-il possible ?
- Quels points importants à avoir en tête pour maîtriser les liens entre NEC et reproduction de la vache laitière ?

Ces questions sur l'utilisation du suivi de l'état corporel individuel pour le pilotage d'un troupeau bovin laitier ont été abordées avec les premiers intéressés et potentiels utilisateurs : les éleveurs et les conseillers en élevage.

#### ***Enquêtes auprès d'éleveurs et de conseillers selon une approche compréhensive au moyen d'entretiens semi-directifs.***

Des entretiens ont été réalisés auprès d'éleveurs et de conseillers du Grand-Ouest de la France à partir de deux guides d'entretien semi-directifs.

Le guide d'entretien pour les conseillers est divisé en cinq parties :

- descriptif de l'enquêté et de l'organisme de travail,
- pratique du conseil en élevage,
- utilisation de la NEC pour le troupeau laitier,
- outils numériques et NEC,
- et une partie complémentaire avec le talon sociologique consistant en des éléments de caractérisation sociologique de l'enquêté.

Le guide d'entretien pour les éleveurs est divisé en cinq parties :

- descriptif de l'enquêté et de l'exploitation,
- conduite du troupeau laitier,
- utilisation de l'état corporel comme indicateur,
- outils numériques et NEC,
- et une partie complémentaire avec le talon sociologique.

Les **conseillers enquêtés** ont été recrutés en mobilisant le réseau professionnel des enseignants chercheurs de l'ESA impliqués dans le projet, avec comme objectif d'avoir des conseillers spécialisés sur l'élevage, mais avec une diversité de :

- spécialisations techniques (reproduction, santé, nutrition/alimentation et approche globale atelier laitier ;
- structures d'origine (Entreprise de Conseil en Elevage, clinique vétérinaire et conseiller indépendant).

Les **éleveurs enquêtés** ont été recrutés via les conseillers enquêtés. Il était souhaité d'avoir des éleveurs avec une diversité de perceptions et pratiques sur la NEC, et une diversité de systèmes de production. Pour l'identification des éleveurs par les conseillers, 4 modalités ont été construites avec l'idée d'avoir des éleveurs dans chacune de ces modalités :

- utilise et discute de l'état corporel à chaque visite,
- utilise et discute de l'état corporel régulièrement,
- utilisait et discutait de l'état corporel mais ne le fait plus,
- et ne parle jamais de l'état corporel.

Pour la diversité de structures de production, les types d'élevage ont été limités à des élevages en race Prim'Holstein, mais avec une diversité des systèmes techniques sur : la surface (SAU), la taille du troupeau, le collectif de travail, le système fourrager, la production laitière et la présence d'un robot de traite. Pour finir, l'échantillon présente une diversité satisfaisante d'éleveurs et de conseillers, avec 14 éleveurs dans l'Ouest (départements) et 1 dans les Yvelines, même si les critères sur la diversité de niveaux d'utilisation de la NEC ont été difficiles à appliquer par les conseillers.

Une analyse thématique des entretiens qualitatifs a été réalisée, puis une analyse statistique factorielle (ACM puis CAH) a été réalisée pour identifier des profils d'éleveurs et de conseillers.

**Focus group pour le partage d'expérience afin de faire émerger des recommandations.**

Dans la deuxième partie de cette action, des entretiens collectifs ont impliqué 6 éleveurs en Normandie et dans le Doubs. Ces entretiens ont abordé une question fondamentale en élevage bovin laitier : le pilotage de la reproduction.

Les deux réunions collectives ont été organisées avec 6 éleveurs et 2 techniciens, de façon à :

- faire réagir les éleveurs sur les résultats de la première phase d'enquête autour du pilotage de la NEC,
- présenter la diversité des profils de NEC existants dans les troupeaux,
- discuter et coconstruire un arbre de décision.

La structuration des focus group d'une durée d'environ 3h00 est décrite dans le Tableau 2.

*Tableau 2 : Présentation de l'organisation et du déroulement des focus group.*

Déroulement	Objectif	Type d'animation	Durée souhaitée
<b>Partie introduction</b>	Présentation des participants et des animateurs et du projet CowPILOT et des focus group.	Présentation	<b>20 minutes</b>
<b>Partie 1 : L'état corporel</b>			<b>25 minutes</b>
Etat corporel résultats	Présenter les résultats récoltés en amont des focus group.	Présentation des résultats du tableau	5 minutes
Etat corporel discussion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connecter les éleveurs au sujet : construire la définition de la NEC par les éleveurs.</li> <li>- Avoir une première discussion sur les seuils et les moments de mesure de la NEC.</li> </ul>	Discussion sur les résultats	20 minutes
<b>Partie 2 : état corporel et reproduction</b>			<b>25 minutes</b>
Leviers d'action pour de meilleure performance de reproduction	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les leviers mis en place par les éleveurs pour corriger la NEC.</li> <li>- Savoir si les profils sont pertinents.</li> <li>- Présentation des performances de reproduction associées aux profils.</li> </ul>	Base de discussion sur les profils de vache de l'action 1	25 minutes
<b>Partie 3 : co-construction d'un arbre de décision</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier si les stades physiologiques et les intervalles de mesure présenté conviennent aux éleveurs.</li> <li>- Identifier la faisabilité de chaque chemin de l'arbre de décision.</li> </ul>	Base de la discussion : arbre de décision	<b>1h</b>
<b>Partie 4 : Les scénarii</b>			<b>35 minutes</b>
Présentation du simulateur	Présenter le simulateur et le type de scénarii que nous voulons.	Présentation vidéo	15 minutes
Scénarii à mettre en place	Identifier les scénarii que les éleveurs aimeraient mettre en place pour améliorer les performances de reproduction et le type d'informations souhaitées pour prendre des décisions.	Discussion	20 minutes
<b>Partie conclusion</b>	Laisser le temps aux participants de s'exprimer sur un sujet non abordé. Suite du projet, retour pour eux.	Discussion	<b>10 minutes</b>
<b>Total</b>			<b>3h</b>

Pour analyser les résultats, dans un premier temps, certains passages des focus group ont été retranscrits. La prise de note pendant les focus group et ces retranscriptions ont permis de remplir des grilles d'analyse à l'aide du logiciel Microsoft Excel®.

Une analyse thématique de ces grilles a permis de mettre en évidence les détails de chaque partie du focus group et les grandes idées abordées. Elle a permis de prendre en compte les avis divergents et convergents des participants sur chaque point et les avis majoritaires. Elle a permis également d'identifier les points de blocage et les points facilitants à l'utilisation de la NEC en élevage bovin laitier.

### **Analyser les inflexions opérées par rapport au projet déposé de l'action 3**

Initialement, il avait été prévu d'avoir un stage auprès d'éleveurs et un autre auprès de conseillers, mais finalement le couplage des enquêtes auprès de conseillers et d'éleveurs a été retenu, car cela permettait pour la stagiaire d'avoir une approche exploratoire sur les pratiques et perceptions auprès des conseillers, puis d'enquêter les éleveurs pour creuser le sujet. Il a semblé au groupe de travail de l'action 3 que cette démarche serait plus efficace pour une personne qui débutait dans le sujet. Ensuite, deux zones géographiques ont été retenues pour les enquêtes, une première en Rhône-Alpes, ciblée pour des travaux antérieurs sur la NEC, mais les contacts sollicités dans cette zone n'ont pas souhaité contribuer à notre étude. De plus, une seule stagiaire a pu être recrutée sur ce sujet, nous avons donc recentré notre étude sur le territoire du Grand Ouest de la France, territoire sur lequel l'ESA disposait d'un réseau de conseillers spécialisés dans différents domaines techniques.

Les entretiens, à cause de la crise sanitaire Covid-19 ont dû être réalisés par téléphone, et non en face à face comme c'est l'habitude pour des entretiens semi-directifs.

À la suite de ces changements, il a été choisi, plutôt que de réorganiser un stage en 2021 sur une nouvelle zone géographique, de financer un CDD en appui à l'organisation des Focus Group de l'action 3.2 en 2021 et ayant en charge d'approfondir l'exploitation des résultats issus du stage de l'action 3.1.

### **3- Synthèse des résultats obtenus par action**

#### **# Synthèse des résultats – Action 3**

L'action 3 du projet posait la question suivante : dans quelles conditions la note d'état corporel peut-elle être utilisée par les éleveurs pour le pilotage individuel de la reproduction ? A cette question les 24 éleveurs et 14 conseillers interrogés lors d'entretiens individuels et collectifs ont une réponse unanime : utiliser la NEC oui, mais pas comme seul indicateur. Il faudrait même plutôt dire utiliser l'état corporel et non la note d'état corporel : pour les éleveurs, la notation individuelle par observation visuelle ou palpation prend trop de temps pour être mise en œuvre en routine. Certains éleveurs notent, mais seulement ponctuellement avec leurs conseillers. Les éleveurs utilisent l'observation de l'état corporel pour anticiper les problèmes de reproduction grâce à la mise en place d'une alimentation adaptée pour le troupeau.

#### **Une diversité d'enquêtés qui fait un lien entre état corporel et reproduction**

Selon les éleveurs et les conseillers d'élevage, il est important de faire un lien entre état corporel et reproduction. Éviter les NEC trop basses (<2,5) et les NEC trop élevées (>3,5), ainsi que les variations d'état corporel trop importantes est essentiel selon eux pour assurer de bonnes performances de reproduction (reprise de cyclicité plus rapide, cyclicité normale, moins de mortalité embryonnaire...). Pour les enquêtés, la NEC peut alors être utilisée comme critère de mise à la reproduction. Les éleveurs mettent cependant un point d'attention, puisque selon eux, parfois le lien NEC et reproduction est à nuancer. Certaines vaches maigres n'ont pas leurs performances de reproduction dégradées.

*« [...] Je pense que c'est génétique, elles ont une note en permanence de 1,5 on va dire, j'en ai 2 le niveau production je ne peux rien leur reprocher et reproduction non plus en fait elles sont toujours comme ça. » (E5, un éleveur de vaches laitières)*

Figure 6 : Verbatim d'un éleveur indiquant un point d'attention sur le lien NEC et reproduction à nuancer.

#### **Remise en cause de l'utilisation d'un indicateur unique (la NEC) pour le pilotage de la reproduction**

A la question « Alors peut-on et faut-il utiliser la NEC comme seul indicateur pour le pilotage de la reproduction ? », « non » a été la réponse des éleveurs et des conseillers d'élevage. Le pilotage d'un troupeau repose sur l'analyse croisée de plusieurs indicateurs pour en tirer des conclusions. Pour la mise à la reproduction par exemple, il faut prendre en compte le TP, la production laitière, le nombre de jours après vêlage ou encore le bilan de reproduction par exemple.

Selon les éleveurs, il faut toujours prendre en compte plusieurs indicateurs pour prendre des décisions. Par exemple, la NEC peut aussi être utilisée comme indicateur d'alerte indiquant qu'il faut coupler son analyse à d'autres critères afin de pouvoir prendre des décisions.

**Alors, on ne peut pas réajuster les pratiques en cours de lactation pour rattraper les dégâts ?**

Selon les enquêtés, on peut, mais ce n'est pas idéal. L'anticipation permet de ne pas avoir à agir « en pompier ». Avoir une ration et une période de tarissement qui correspondent aux besoins des vaches laitières sont les solutions des éleveurs et des conseillers enquêtés pour avoir un état corporel idéal tout au long de la lactation et pour les lactations suivantes. Ces solutions permettent de ne pas avoir de répercussions sur l'état corporel et sur la reproduction des mois plus tard et ainsi améliorer les performances de reproduction. Selon les enquêtés, il est facile de dégrader l'état corporel mais très difficile de le reprendre, l'anticipation est la clé pour ne pas avoir besoin de réajuster l'état corporel en cours de lactation.

**Une observation de l'état corporel pour une gestion troupeau majoritairement privilégiée contre une gestion individuelle plus compliquée**

En élevage, l'observation de l'état corporel se fait majoritairement à l'échelle du troupeau. Par manque de temps et pour des raisons d'organisation du travail, l'observation individuelle est compliquée à mettre en place. Ainsi, les éleveurs privilégient l'observation de l'homogénéité de l'état corporel des vaches du troupeau pour décider d'un changement de pratiques. Attention, si une vache particulière s'éloigne de la moyenne du troupeau, des actions correctives ponctuelles sont susceptibles de devoir être mises en place.

C'est à nuancer avec les éleveurs qui possèdent un robot de traite : il permet d'avoir un suivi plus fin et plus individuel. Les éleveurs qui possèdent un robot pourraient alors avoir un meilleur suivi individuel de la NEC.

« Particularité du robot c'est qu'il suit la production laitière tous les jours. Et comme il la suit tous les jours, il va adapter l'alimentation de la vache donc vous n'avez pas à vous occuper de ça. » (Un éleveur de Montbéliardes dans le Doubs)

Figure 7 : Verbatim d'un éleveur indiquant les possibilités de pilotage individuel de la NEC avec un robot de traite.

Le suivi individuel de la NEC serait favorisé par l'utilisation d'un outil numérique (caméra de notation automatique par exemple). Tableau 3 et 4.

Tableau 3 : Freins et motivations à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC d'après les éleveurs.

Motivations à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC	Effectif	Freins à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC	Effectif
Suivi plus individualisé	2	Fiabilité	1
Gain de temps	1	Précision	2
Fiabilité	2	Peur d'avoir trop de données/d'informations	2
Objectivité	2	Coût	2
Détection plus rapide des évolutions	1	Manque de retour	2
		Pas la priorité car l'œil de l'éleveur plus important	1

Tableau 4 : Freins et motivations à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC d'après les conseillers

Motivations à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC	Effectif	Freins à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC	Effectif
Fiable	4	Fiabilité sur les notes extrêmes	1
Gain de temps	5	Fiabilité aujourd'hui	1
Intéressant pour voir l'évolution	4	Précision	1
Réactivité	1	Manque de valorisation	1
Précision	1	Coût	3
Plus facile d'individualiser le suivi	7		

### Alors quels leviers mettre en place pour maintenir un bon état corporel ?

Des leviers peuvent être mis en place par les éleveurs à différents moments de lactation (Figures 8 et 9). Pour les enquêtés, tout se joue majoritairement avant le vêlage : en fin de lactation et au tarissement. L'anticipation reste primordiale, les leviers utilisés sont alors essentiellement en fin de lactation afin d'assurer des performances qui correspondent aux objectifs de l'éleveur pour les lactations suivantes. Le levier alimentation est le plus important. Si tout le troupeau présente un problème d'état corporel alors il faut adapter la ration de base, en concentrant la ration en énergie par exemple (ajout de maïs épis par exemple si les vaches sont maigres). Si une vache isolée présente un problème d'état corporel, les éleveurs adaptent la complémentation.

Peu de leviers sont utilisables en début et milieu de lactation à part l'adaptation de la complémentation. L'alimentation semble le levier majoritaire, la mise en place d'une monotraite au cas par cas ou la modification de la durée de tarissement peuvent être envisagées en fin de lactation même s'il faut faire très attention à ne pas dégrader le bien-être animal et la santé.

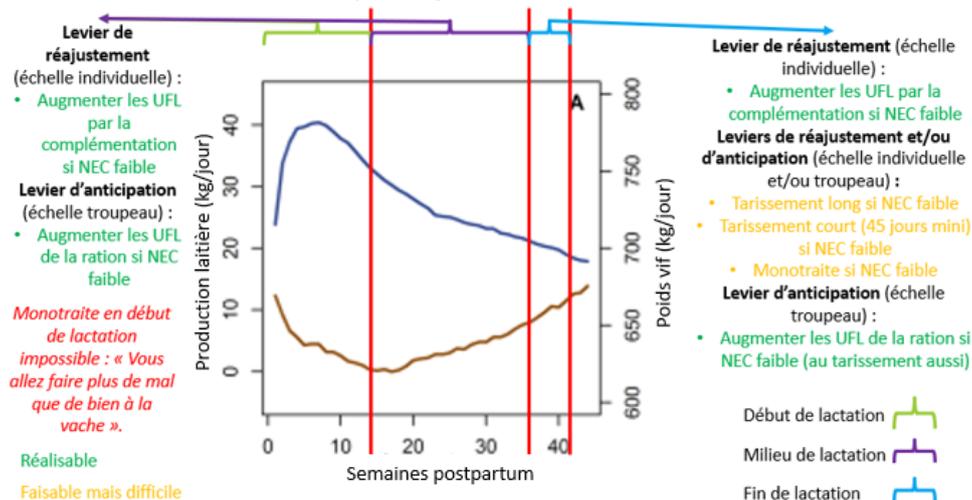


Figure 8: Leviers pouvant être mis en place par les éleveurs selon le stade de lactation.

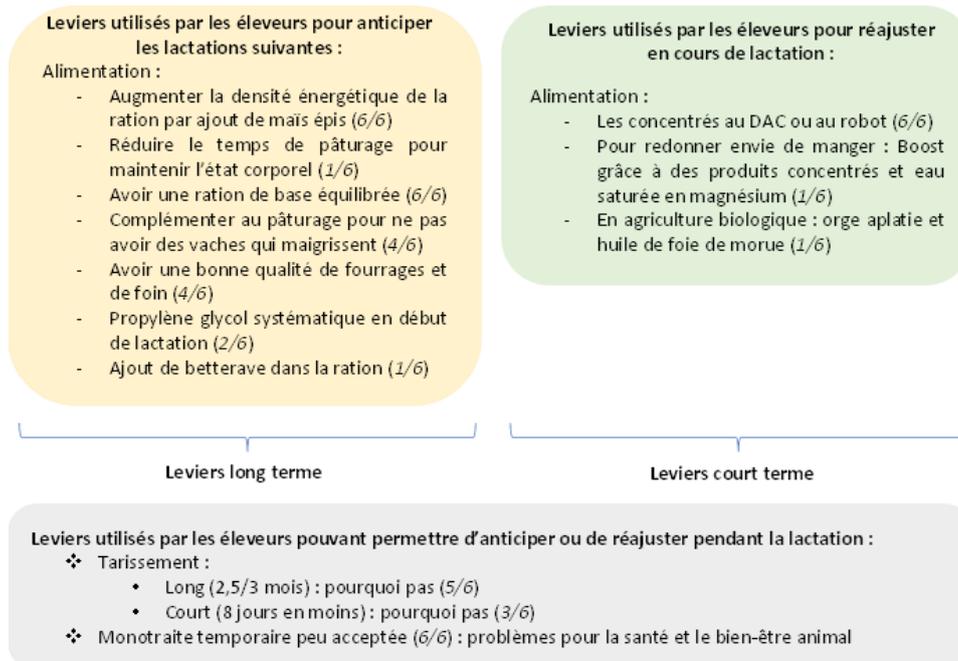


Figure 9: Listes des leviers (nombre d'éleveurs favorables) à mettre en place pour maintenir un bon état corporel à différents moments de la lactation.

### **Conclusions – Action 3**

D'après les enquêtes individuelles, très peu d'éleveurs réalisent un suivi fin et individualisé de la NEC dans le but d'améliorer les performances de reproduction des vaches, en l'absence d'outils automatisés facilement disponibles. Les éleveurs réalisent une observation non chiffrée le plus souvent et se fient à des repères basés sur une observation globale de l'animal (6/15 éleveurs), ou sur des repères anatomiques précis (8/15 éleveurs). Les notations précises sont uniquement utilisées par les conseillers (5/14 conseillers interviewés). Pour piloter la reproduction, les éleveurs combinent leurs estimations de l'état d'engraissement à d'autres indicateurs, car ils mettent en avant que ce n'est pas un indicateur unique de pilotage. L'évaluation de l'état corporel est un indicateur utilisé à des moments stratégiques, notamment la mise à la reproduction, mais également lors de périodes de transition alimentaire ou de tarissement. Les premiers entretiens et les réunions collectives ont montré que les leviers correctifs pour le pilotage de la NEC sont de trois ordres :

- i) des leviers à court terme pour le réajustement individuel de la ration (ajout de concentrés par exemple), pour corriger rapidement l'état d'engraissement en cours de lactation ;
- ii) des leviers à plus long terme, aussi de type alimentaire, mis en œuvre sur le troupeau, en vue de préparer la lactation suivante ;
- iii) des leviers mis en place aux deux échelles - niveau individuel à court terme et niveau troupeau pour préparer la lactation suivante (ajustement de la durée du tarissement, monotraite temporaire en fin de lactation...).

C'est en fin de lactation que le recours à ces leviers, notamment ceux touchant l'ensemble du troupeau, est le plus accepté, car ils permettent d'anticiper la survenue d'éventuels problèmes pour les lactations suivantes.

### **Action 3 - Analyser les écarts éventuels avec les objectifs décrits et les résultats attendus**

Dans les deux parties de cette action, les leviers mis en œuvre, et mis en évidence dans les enquêtes, pour gérer l'état corporel ne sont pas forcément activés dans le but d'améliorer la reproduction. L'amélioration des performances de reproduction est une conséquence positive indirecte. Les éleveurs ont un pilotage à l'échelle du troupeau. Les décisions sont prises et les changements de pratiques sont mis en place pour tout le troupeau. Il peut arriver qu'ils fassent un suivi individuel ponctuel lorsqu'une vache « sort du lot ». Ceci est à nuancer en distinguant le pilotage par les éleveurs qui ont un robot de traite. Le robot permet aux éleveurs d'avoir un suivi et un pilotage plus fin et plus individuel. De plus, pour le pilotage efficace du troupeau, il est important d'anticiper pour éviter les problèmes plutôt que d'agir en curatif en réajustant en cours de lactation. Cette dernière idée remet en cause la mise en place d'un arbre de décision proposant des actions correctives en cours de lactation. Un autre problème important soulevé par les éleveurs est l'exclusivité du critère NEC pour prendre des décisions. En élevage, plusieurs indicateurs doivent être couplés pour prendre la meilleure décision. Par ailleurs, il est important de prendre en compte le facteur économique qui n'a pas été développé dans le cadre du projet.

### **# Synthèse des résultats – Action 1**

L'action 1 avait pour premier objectif d'identifier des profils de NEC intra race et de regarder l'impact du profil de NEC sur les performances de reproduction des vaches.

### **Production laitière, résultats de reproduction et NEC à stade-fixe**

Les performances de production laitière, de reproduction et les NEC à stade-fixe sont décrites dans le Tableau 5, pour les vaches Holstein et Normande.

Tableau 5 : Performances de production laitière, de reproduction et NEC à stade-fixe par race de vaches (exprimés en moyenne ajustée  $\pm$  écart-type, ou pourcentage observé).

	Holstein	Normande
<b>Production laitière</b>		
Production laitière cumulée sur 44 semaines (PL44s, kg)	7 491 $\pm$ 1 816	5 532 $\pm$ 1 345
Production laitière maximale (PLmax, kg)	32,9 $\pm$ 7,7	26,5 $\pm$ 7,3
TB (g/kg)	39,9 $\pm$ 4,6	40,9 $\pm$ 3,4
TP (g/kg)	31,9 $\pm$ 2,0	33,6 $\pm$ 2,0
<b>Reproduction</b>		
Taux de vêlage après l'IA1 (%)	40	42
Taux de vêlage global (%)	73	70
IVIA1 (jours)	83 $\pm$ 24	76 $\pm$ 23
IVV (jours)	380 $\pm$ 31	378 $\pm$ 32
<b>Note d'état corporel (0-5)</b>		
Vêlage	2,95 $\pm$ 0,49	3,10 $\pm$ 0,60
28 jours post partum	2,36 $\pm$ 0,52	2,88 $\pm$ 0,60
56 jours post partum	2,24 $\pm$ 0,50	2,74 $\pm$ 0,62
98 jours post partum	2,21 $\pm$ 0,52	2,67 $\pm$ 0,62
210 jours post partum	2,36 $\pm$ 0,52	2,74 $\pm$ 0,63

### Identification de profils d'évolution de NEC entre le vêlage et 210 jours post-partum

#### En race Holstein

Les quatre profils (Figure 10) se distinguent par

- une NEC moyenne au vêlage (= NECvel)
  - 2,60 pour les profils NECvel-/perte+ et NECvel-/perte++
  - et 3,30 pour les profils NECvel+/perte+ et NECvel+/perte++
- et deux pentes de perte d'état corporel entre le vêlage et 56 jours post-partum (= perte)
  - perte faible : <0,5 point de NEC pour les profils NECvel-/perte+ et NECvel+/perte+
  - perte élevée : -1,0 point de NEC pour les profils NECvel-/perte++ et NECvel+/perte++

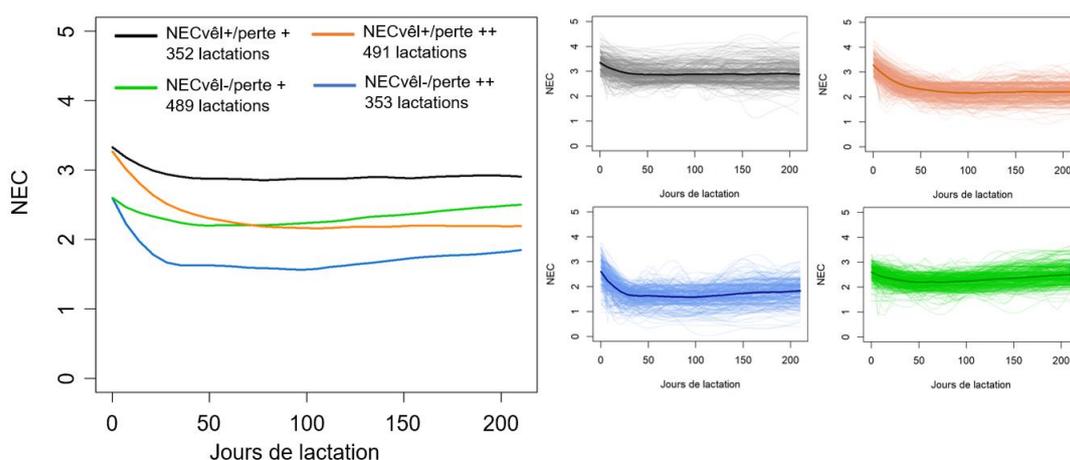


Figure 10 : Profils moyens de NEC identifiés (à gauche) et variabilité autour des profils moyens (à droite) en race Holstein.

### En race Normande

Les trois profils (Figure 11) sont caractérisés par :

- le premier, à une valeur de NEC stable pendant la lactation (autour de 3,55 pour **NECvêl+/perte0**),
- le deuxième profil par une NEC faible au vêlage (autour de 2,30) et une perte modérée en début de lactation (**NECvêl-/perte+**),
- et le dernier profil (**NECvêl+/perte++**) se différencie par une perte lente entre le vêlage (NEC de 3.44) et 98 jours post-partum (NEC de 2,68).

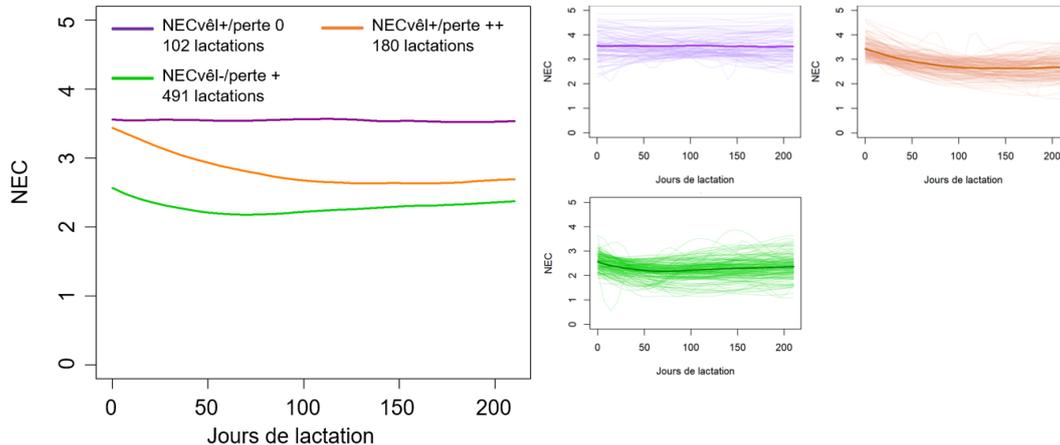


Figure 11 : Profils moyens de NEC identifiés (à gauche) et variabilité autour des profils moyens (à droite) en race normande.

### Description des profils de NEC identifiés

Pour chaque race, la répartition des vaches dans chaque profil de NEC en fonction des sites est décrite dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Répartition des vaches par race, par site et par profil de NEC

Holstein	NECvêl-/perte ++	NECvêl-/perte +	NECvêl +/perte ++	NECvêl +/perte +	Normande	NECvêl-/perte +	NECvêl+/perte ++	NECvêl +/perte 0
Le Pin Haut	14	49	49	57	Le Pin Haut	51	85	72
Le Pin Bas	32	46	68	10	Le Pin Bas	118	70	18
Méjusseaume	10	129	2	9	La Blanche Maison	31	25	12
Orcival	34	25	11	28				
Trinottières	66	88	43	60				
Trevarez A	105	106	179	107				
Trevarez P	92	46	139	81				

#### - Holstein

Les vaches de l'exploitation Méjusseaume sont majoritairement dans la classe **NECvêl-/perte+**, ce qui semble cohérent avec les pratiques alimentaires de ce troupeau. En revanche, pour les autres élevages, la répartition des individus dans les différents profils est plus équilibrée, même si très peu de vaches du Pin " Haut " et du Pin " Bas " se retrouvent respectivement dans les profils **NECvêl-/perte++** et **NECvêl+/perte+**. La proportion de vaches multipares est plus élevée dans les profils **NECvêl-/perte++** et **NECvêl-/perte+** (73 % et 60 %, respectivement) que dans les profils **NECvêl+/perte++** et **NECvêl+/perte+** (43 % et 39 %, respectivement).

#### - Normande

Le nombre de lactations dans le profil **NECvêl+/perte0** est plus faible que dans les deux autres, avec une proportion plus élevée de vaches primipares (45 % contre 38 % et 34 % dans les profils **NECvêl-/perte+** et **NECvêl+/perte++**, respectivement). Bien que des individus de toutes les exploitations se retrouvent dans les trois profils, le profil **NECvêl-/perte+** comprend surtout des vaches du Pin " Bas " (59 % des vaches de ce profil) et le profil **NECvêl+/perte0** comprend surtout des vaches du Pin " Haut " (70 % de ce profil).

## Relations entre les performances de production et de reproduction des vaches et les profils de NEC

### Production laitière

#### - Holstein

Les vaches du profil **NECvel-/perte++** ont eu la production laitière cumulée à 305 jours la plus élevée et les vaches du profil **NECvel+/perte+** la plus faible (Tableau 7). Le résultat inverse a été obtenu pour les teneurs en matière grasse et en protéines. Les deux autres profils de NEC étaient intermédiaires.

#### - Normande

En race Normande, les vaches du profil **NECvel-/perte+** ont eu la production laitière à 305 jours la plus faible (Tableau 8). Les vaches du profil **NECvel+/perte0** avaient une production laitière à 305 jours similaire à celui des vaches du profil **NECvel+/perte++** mais avaient des teneurs en matière grasse et en protéine significativement plus élevées que les deux autres profils.

### Performances de reproduction – fertilité et fécondité

La proportion de vêlages avec des problèmes sanitaires n'était pas différente entre les profils de NEC en race Normande ( $p$ -value = 0,25) et tendait à être plus faible dans les profils avec une NEC plus élevée au vêlage ( $p$ -value = 0,09) en race Holstein. Dans les deux races, l'apparition de problèmes sanitaires pendant le vêlage a un effet négatif significatif sur la capacité à vêler la saison suivante (sur la réussite à l'IA) et sur l'intervalle entre le vêlage et la première insémination (l'intervalle est plus long avec l'apparition d'un problème sanitaire au vêlage). L'intervalle entre le vêlage et le début de la saison de reproduction, centré sur le profil de NEC, a un effet positif significatif sur toutes les performances reproductives.

#### - Holstein

Le profil **NECvel-/perte++** avait l'intervalle le plus long entre le vêlage et la première insémination (+4,2 jours par rapport aux vaches du profil **NECvel+/perte++**) et avait le taux de vêlage le plus bas (-9 points par rapport au profil **NECvel-/perte+**). Le profil **NECvel-/perte+** avait l'intervalle le plus long entre le vêlage et la conception et l'intervalle vêlage-vêlage (+7 jours par rapport au profil **NECvel+/perte++**). Aucune différence entre les profils de NEC n'a été constatée pour le taux de vêlage à la première insémination.

#### - Normande

Le profil **NECvel-/perte+** avait l'intervalle le plus long entre le vêlage et la première insémination (+10 jours par rapport aux profils **NECvel+/perte++** et **NECvel+/perte0**), l'intervalle le plus long entre le vêlage et la conception et l'intervalle entre les vêlages (+9 jours par rapport au profil **NECvel+/perte++**). Le profil **NECvel+/perte0** avait un taux de vêlage significativement plus bas après une insémination (-14 points par rapport au profil **NECvel+/perte++**). Aucune différence entre les profils BCS n'a été constatée pour le taux de vêlage.

### Performances de reproduction - Activité ovariennne

#### - Holstein

Dans la race Holstein, 63% des vaches dans le profil **NECvel-/perte+** avaient un profil de progestérone alors que moins de 40% des vaches dans les autres profils de NEC avaient un profil de progestérone. Les vaches avec un profil de progestérone avaient une production laitière cumulée à 305 jours significativement plus élevée que les vaches sans profil de progestérone (+945kg) et des teneurs en matières grasses et en protéines significativement plus faibles (-2,2 g/kg et -0,7 g/kg, respectivement). Les taux de vêlage après une insémination ou le taux de

#### - Normande

Dans la race Normande, 86% des vaches avaient un profil de progestérone, toutes provenant de la ferme du Pin-au-Haras. Les vaches avec profil de progestérone n'étaient pas différentes des vaches sans profil de progestérone pour les performances de production et de reproduction. Aucune différence significative pour le début de l'activité lutéale n'a été trouvée entre les profils de NEC. **NECvel+/perte0** avait des profils de progestérone normale significativement plus bas (-20 points par rapport à **NECvel-/perte+**) et avait des profils de progestérone PLP plus élevés

vêlage global étaient significativement plus bas pour les vaches avec profil de progestérone que pour les vaches sans profil de progestérone (34% contre 46% et 69% contre 76%, respectivement). Aucune différence significative n'a été constatée pour l'intervalle entre le vêlage et la première insémination, l'intervalle entre le vêlage et la conception et l'intervalle vêlages-vêlages. Les vaches des profils de NEC avec une NEC inférieur au vêlage (NECvel-/perte++ et NECvel-/perte+) ont commencé leur activité lutéale significativement plus tard que les vaches du profil NECvel+/perte+ (+6 et +4 jours, respectivement). Les profils normaux de progestérone des vaches NECvel-/perte++ et NECvel+/perte++ étaient significativement plus bas que ceux des vaches NECvel+/perte+ (-23 et -14 points, respectivement). Le NECvel-/perte++ avait un profil de progestérone retardé plus élevé que le NECvel+/perte+ (+11 points).

(+10 points par rapport à NECvel-/perte+, p-value=0,6).

Tableau 7 : Performances de production laitière et de reproduction des vaches Holstein selon le profil de NEC, exprimées en moyennes ajustées pour les variables quantitatives et en pourcentages observés + odds ratios estimés (avec intervalle de confiance à 95 %) pour les variables binaires. Sur une même ligne, des lettres différentes (a vs b) indiquent une différence significative ( $P \leq 0,05$ ).

Holstein \ Profil de NEC	NECvel-/perte++	NECvel-/perte+	NECvel+/perte++	NECvel+/perte+
Nombre de lactations	353	489	491	352
<b>Production</b>				
Production cumulée 305 jours (kg)	7 792 a	7 291 b	7 319 b	6 963 c
Niveau de production laitière au pic (kg)	34,8 a	32,2 b	32,7 b	30,6 c
Matière utile 305 jours (kg)	548 a	524 b	520 b	502 c
Taux Matière Grasse (g/kg)	39,2 a	40,0 ab	39,8 ab	40,0 b
Taux Matière Protéique (g/kg)	31,3 a	32,1 b	31,5 a	32,5 c
<b>Reproduction</b>				
Intervalle vêlage – IA1 (jours)	87,2 b	85,3 ab	83,0 a	84,6 ab
Taux de revelage à l'A1 (%)	39	38	43	41
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	0,86 (0,64-1,15)	0,84 (0,64-1,11)	1	0,99 (0,70-1,40)
Taux de revelage (%)	68	77	71	75
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	0,64 (0,46-0,90)	1	0,79 (0,57-1,09)	0,99 (0,70-1,40)
Nombre de lactations	245	381	352	266
Intervalle vêlage-IA fécondante (jours)	100,9 ab	104,0 b	97,5 a	100,0 ab
Nombre de lactations	241	370	347	263
Intervalle vêlage-vêlage (jours)	381 ab	385 b	378 a	380 ab
<b>Activité ovarienne</b>				
Nombre de lactations	121	306	162	132
Reprise de cyclicité (jours)	26,8 b	24,8 b	23,6 ab	20,7 a
Profil de progesterone normal profile (%)	46	62	55	69
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	0,39 (0,23-0,68)	0,74 (0,46-1,18)	0,59 (0,36-0,98)	1
Phase lutéale prolongée (%)	18	17	18	10
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	1,63 (0,77-3,46)	1,18 (0,60-2,31)	1,60 (0,79-3,2)	1
Profil de progesterone retardé (%)	23	13	17	12
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	2,68 (1,30-5,54)	1,54 (0,77-3,08)	1,41 (0,71-2,81)	1

Tableau 8 : Performances de production laitière et de reproduction des vaches Normandes selon le profil de NEC, exprimées en moyennes ajustées pour les variables quantitatives et en pourcentages observés + odds ratios estimés (avec intervalle de confiance à 95 %) pour les variables binaires. Sur une même ligne, des lettres différentes (a vs b) indiquent une différence significative ( $P \leq 0,05$ ).

Normande \ Profil de NEC	NECvel-/perte+	NECvel+/perte++	NECvel+/perte0
Nombre de lactations	200	180	102
<b>Production</b>			
Production cumulée 305 jours (kg)	5 178 a	5 869 b	5 664 b
Niveau de production laitière au pic (kg)	24,2 a	28,8 b	26,9 b
Matière utile 305 jours (kg)	382 a	430 b	434 b
Taux Matière Grasse (g/kg)	40,6 a	40,6 a	42,0 b
Taux Matière Protéique (g/kg)	33,3 a	33,1 a	34,9 b
<b>Reproduction</b>			
Intervalle vêlage – IA1 (jours)	82 b	72,1 a	71,7 a
Taux de revêlage à l'IA1 (%)	44	46	32
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	0,90 (0,60-1,35)	1	0,55 (0,33-0,93)
Taux de revêlage (%)	72	72	64
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	1	0,97 (0,61-1,56)	0,65 (0,38-1,11)
Nombre de lactations	146	131	66
Intervalle vêlage-IA fécondante (jours)	97,3 b	88,2 a	91,9 ab
Nombre de lactations	144	130	65
Intervalle vêlage-vêlage (jours)	382 b	373 a	377 ab
<b>Activité ovarienne</b>			
Nombre de lactations	169	155	90
Reprise de cyclicité (jours)	27,4 a	28,2 a	29,7 a
Profil de progesterone normal profile (%)	79	72	59
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	1	0,73 (0,43-1,24)	0,41 (0,23-0,73)
Phase lutéale prolongée (%)	9	14	19
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	1	1,39 (0,68-2,85)	2,11 (0,98-4,55)
Profil de progesterone retardé (%)	7	10	13
Odds Ratio (95% Intervalle de Confiance)	1	1,48 (0,64-3,45)	1,92 (0,77-4,79)

#### Facteurs de risque pour le succès de la reproduction (revêlage après IA1) intra-profil de NEC

Le Tableau 9 présente les facteurs permettant d'expliquer le succès ou l'échec de la première insémination pour les vaches de race Holstein, dans chacun des 4 profils.

Tableau 9 : Effet des caractéristiques individuelles des vaches sur le taux de revêlage après la 1<sup>ère</sup> insémination pour chaque profil de NEC, pour la race Holstein.

Revêlage à IA1	NECvel-/perte++		NECvel-/perte+		NECvel+/perte++		NECvel+/perte0	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Production cumulée 305 jours (kg)	7 671 a	7 868 a	7 171 a	7 373 a	7 232 a	7 387 a	6 721 a	7 143 b
Matière utile 305 jours (kg)	539 a	553 a	516 a	530 a	513 a	526 a	486 a	513 b
Taux Matière Grasse (g/kg)	39,1 a	39,3 a	40,0 a	40,0 a	39,7 a	39,9 a	40,1 a	40,3 a
Taux Matière Protéique (g/kg)	31,4 a	31,2 a	32,1 a	32,1 a	31,5 a	31,5 a	32,8 a	32,3 b
Intervalle vêlage – début de saison de reproduction (jours)	62,9 a	61,7 a	66,3 a	65,0 a	63,7 a	60,5 b	66,4 a	64,4 a
Intervalle vêlage – IA1 (jours)	81,2 a	87,4 b	85,4 a	82,3 a°	81,3 a	80,1a	80,9 a	83,3 a
Profil de progesterone normal (%)	59%	40%*	65%	60%	57%	54%	82%	61%*
NEC au vêlage	2,59 a	2,60 a	2,61 a	2,60 a	3,24 a	3,28 a	3,32 a	3,34 a
NEC à l'IA1	1,64 a	1,58 a	2,28 a	2,23 b	2,21 a	2,21 a	2,89 a	2,84 a
NEC minimale	1,30 a	1,30 a	2,04 a	2,00 a	1,96 a	1,93 a	2,58 a	2,52 a
Perte maximale de NEC	-1,29 a	-1,30 a	-0,58 a	-0,59 a	-1,28 a	-1,35 b	-0,74 a	-0,82 a°
Jours de la NEC minimale	87,4 a	85,3 a	72,2 a	80,2 a	112 a	121 a°	103 a	102 a
Primipare (%)	31%	25%	41%	40%	57%	56%	66%	57%°
Evènements sanitaire vêlage (%)	13%	14%	13%	16%	10%	16%°	11%	14%
Ferme	NS		S		S		NS	

- i) Dans **NECvel-/perte++**, les vaches qui ont vêlé après une insémination avaient tendance à avoir un profil de progesterone plus normal et avaient en moyenne moins de jours entre le vêlage et la

- première insémination. Les autres paramètres ne diffèrent pas entre les vaches qui ont réussi ou échoué à la première insémination.
- ii) Dans **NECvel-/perte+**, aucun des paramètres individuels testés n'était significativement différent, mais les vaches qui ont vêlé après la première insémination ont tendance à avoir un intervalle plus long entre le vêlage et la première insémination ( $p$ -value = 0,07) et plus court entre le vêlage la NEC minimale ( $p$ -value = 0,08) que les vaches qui ont échoué lors de la première insémination. Cependant, un effet important du lieu d'élevage des vaches a été constaté. La proportion de vaches ayant vêlé après la première insémination était significativement plus faible au Pin-au-Haras "Bas" (24% des vaches ayant vêlé après la première insémination) qu'à Orcival, Trévarez "Printemps" et Méjusseume (52%, 52% et 43% des vaches ayant vêlé après la première insémination, respectivement).
- iii) En **NECvel+/perte++**, les vaches qui ont vêlé après une insémination ont une perte maximale de NEC significativement plus faible (+0,07 points) et ont tendance à avoir un intervalle plus court entre le vêlage la NEC minimale (-9 jours,  $p$ -value = 0,08) et moins de problèmes sanitaires au vêlage (-6 points,  $p$ -value = 0,06) par rapport aux vaches qui ont échoué à la première insémination. Les autres paramètres ne diffèrent pas. L'effet de l'exploitation était également significatif, mais en raison d'un nombre théorique trop faible d'individus, les données d'Orcival et de Méjusseume ont été supprimées. La proportion de vaches ayant vêlé après la première insémination était significativement plus faible aux Trinottières et au Pin-au-Haras "Bas" (21% et 29% des vaches ayant vêlé après la première insémination, respectivement) qu'à Trévarez "Printemps" et Trévarez "Automne" (52% et 47% des vaches ayant vêlé après la première insémination, respectivement).
- iv) Dans **NECvel+/perte+**, les vaches qui ont vêlé après une insémination ont en moyenne une production laitière cumulée à 305 jours et un taux de matière grasse et de protéine cumulée à 305 jours significativement plus faibles (-422 kg et -27 kg, respectivement). Elles ont tendance à avoir une perte maximale de NEC plus faible (+0,08 points,  $p$ -value = 0,09). La proportion de primipares tend à être plus élevée pour les vaches qui ont vêlé après la première insémination que pour les vaches qui ont échoué (+9 points,  $p$ -value=0,08). Les autres paramètres ne diffèrent pas.

Le Tableau 10 présente les facteurs permettant d'expliquer le succès ou l'échec de la première insémination pour les vaches de race Normande, dans chacun des 4 profils.

Tableau 10 : Effet des caractéristiques individuelles des vaches sur le taux de revêlage après la 1<sup>ère</sup> insémination pour chaque profil de NEC, pour la race normande.

Revêlage à IA1	NECvel-/perte+		NECvel+/perte++		NECvel+/perte+	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Production cumulée 305 jours (kg)	378 a	384 a	428 a	432 a	436 a	432 a
Matière utile 305 jours (kg)	40,6 a	40,6 a	40,3 a	40,8 a	41,5 a	42,4 a
Taux Matière Grasse (g/kg)	33,4 a	33,3 a	33,2 a	33,1 a	34,4 a	35,2 a°
Taux Matière Protéique (g/kg)	62,8 a	63,4 a	55,9 a	54,3 a	65,7 a	53,9 b
Intervalle vêlage – début de saison de reproduction (jours)	80,6 a	83,7 a	73,1 a	71,2 a	74,9 a	70,1 a
Intervalle vêlage – IA1 (jours)	88%	73%	78%	67%	64%	56%
Profil de progesterone normal (%)	2,56 a	2,58 a	3,40 a	3,47 a	3,48 a	3,59 a
NEC au vêlage	2,20 a	2,21 a	2,83 a	2,82 a	3,62 a	3,55 a
NEC à l'IA1	2,01 a	2,04 a	2,50 a	2,47 a	3,24 a	3,24 a
NEC minimale	-0,54 a	-0,53 a	-0,90 a	-1,00 a	-0,24 a	-0,35 a
Perte maximale de NEC	95,4 a	88,8 a	146 a	146 a	79,5 a	117 b
Jours de la NEC minimale	39%	37%	35%	33%	52%	42%
Primipare (%)	10%	18%	17%	24%	9%	24%°
Evènements sanitaire vêlage (%)	378 a	384 a	428 a	432 a	436 a	432 a
Ferme	NS		NS		NS	

- i) Dans **NECvel+/perte0**, les vaches qui ont vêlé à la première insémination ont eu plus de temps entre le vêlage et le début de la saison de reproduction et ont tendance à avoir une teneur en protéines plus faible (p-value = 0,08) et moins de problèmes sanitaires au vêlage (p-value = 0,09) que les vaches qui ont échoué à la première insémination. Les autres paramètres ne diffèrent pas.
- ii) Pour les deux autres profils de NEC (**NECvel-/perte+** et **NECvel+/perte++**), aucune différence n'a été trouvée entre les vaches qui ont vêlé à la première insémination et les vaches qui ont échoué à la première insémination pour aucun des facteurs de risque testés.

### Concordance des profils de NEC entre deux lactations successives

Pour illustrer l'évolution du profil de NEC entre les lactations successives, nous avons utilisé un diagramme de Sankey (Figure 12).

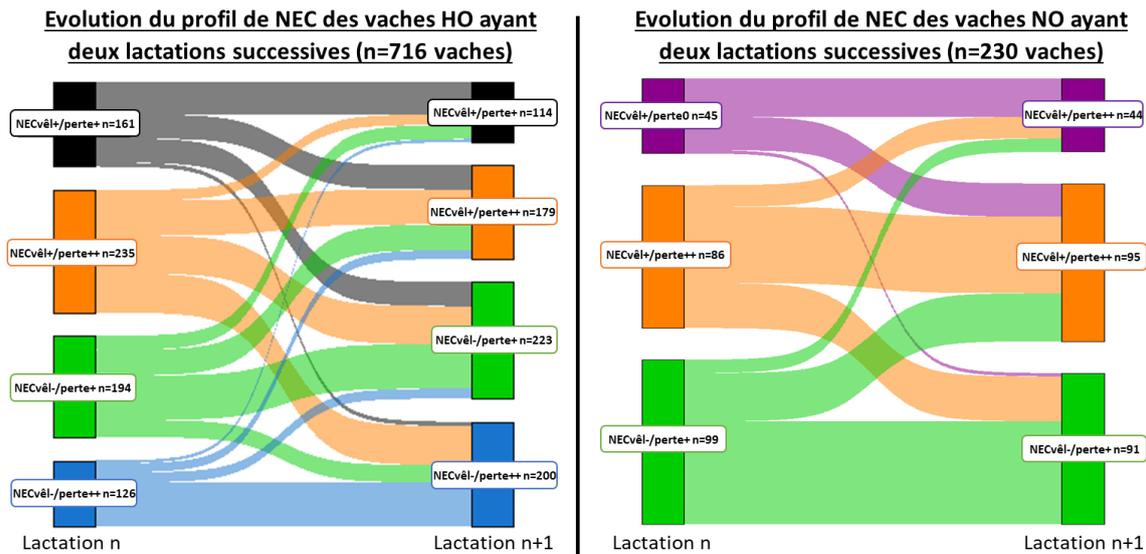


Figure 12 : Evolution du profil de NEC des vaches entre deux lactations successives, quel que soit le rang de la 1ère lactation considérée (n = 716 pour les vaches de race Holstein et n = 230 pour les vaches de race Normande).

#### - Holstein

La concordance du profil de NEC entre deux lactations successives est faible avec un coefficient Kappa de 0,22. Le diagramme de Sankey montre que les vaches Holstein dans le **NECvel-/perte++** dans la lactation n sont pour la plupart (plus de 2/3 des vaches) restées dans le même profil de NEC dans la lactation n+1. Environ 40% des vaches Holstein dans le profil **NECvel-/perte+** dans la lactation n avaient une NEC au vêlage plus élevée dans la lactation n+1 et environ 63% des vaches Holstein dans le profil **NECvel+/perte++** dans la lactation n avaient une NEC au vêlage plus basse dans la lactation n+1. Les vaches du profil **NECvel+/perte+** en lactation n sont presque également réparties entre les profils **NECvel+/perte+**, **NECvel+/perte++** et **NECvel-/perte+** en lactation n+1.

#### - Normande

Le coefficient Kappa de concordance du profil de NEC entre deux lactations successives est de 0,33. Les vaches normandes du profil **NECvel-/perte+** en lactation n sont majoritairement (63%) restées dans le même profil en lactation n+1 (Figure 2b). La moitié des vaches normandes dans le **NECvel+/perte++** ou dans le **NECvel+/perte0** en lactation n sont restées dans le même profil en lactation n+1.

### **Conclusions – Action 1**

Dans cette étude, quatre profils de NEC en race Holstein et trois en race Normande ont été identifiés.

#### **- Holstein**

Le profil le plus maigre correspond aux vaches les plus productives (+800 kg de lait en moyenne sur 44 semaines par rapport au profil des vaches ayant le meilleur état corporel). Les vaches de ce profil ont également un risque plus élevé d'anomalies de la cyclicité post-partum et d'échecs de reproduction.

#### **- Normande**

Contrairement à la race Holstein, le profil "le plus maigre" correspond aux vaches les moins productives et ces vaches ont de bonnes performances de reproduction. En revanche, les vaches du profil sans perte d'état ont un risque accru de présenter une anomalie de cyclicité et d'avoir un échec de gestation après une IA.

Les quatre profils identifiés en race Holstein sont similaires aux quatre profils identifiés lors d'une étude précédente sur des vaches Holstein dans des troupeaux commerciaux (Ponsart *et al.*, 2006). En race Normande, l'état corporel des vaches est globalement plus élevé qu'en race Holstein et dans cette race se dégage un profil de vaches que l'on pourrait qualifier de « gras » tout au long de la lactation. L'impact du profil de variation d'état corporel au cours de la lactation n'a pas été le même en fonction de la race.

Cependant, les différences de performances reproductives sont faibles entre les profils et confirment que les échecs reproductifs sont d'origine multifactorielle et difficilement prévisibles sur la seule base des profils de NEC. En revanche, il semble intéressant de contrôler la NEC pour améliorer les performances reproductives des vaches Holstein avec une NEC faible au vêlage et une perte de NEC élevée, ainsi que des vaches Normandes avec une NEC élevée au vêlage et pas de perte de NEC, notamment pour les orienter vers un profil de NEC moins risqué lors de la lactation suivante.

### **Action 1 - Analyser les écarts éventuels avec les objectifs décrits et les résultats attendus**

Comme indiqué dans la section « analyse des inflexions opérées dans l'action par rapport au projet déposé », les travaux de l'action 1 ont été menés en conformité avec le premier objectif décrit dans le projet, et les résultats obtenus sont cohérents avec ce qui était attendu. Les analyses statistiques réalisées ont permis d'identifier plusieurs profils de NEC en race Holstein et en race Normande.

Le deuxième objectif de l'action 1 était de quantifier les effets sur la reproduction de différentes stratégies de pilotage de la NEC. Cet objectif n'a pu être atteint par rapport aux résultats attendus au dépôt du dossier. En effet, les différences de performance de reproduction ont été de faible ampleur entre les profils de NEC, confirmant que les échecs de la reproduction sont d'origine multifactorielle et difficiles à prédire uniquement sur la base des profils de NEC. L'action 1 n'a donc pas permis d'aboutir à un arbre de décision 1.0 avec des stratégies potentielles claires pour piloter la NEC.

Il n'a pas été possible d'actualiser les références techniques sur la cohérence de certaines stratégies de pilotage de la NEC mises en place par les éleveurs, par rapport à leurs attentes en termes de performances de reproduction. Toutefois, l'adaptation en cours de projet de l'articulation entre les 3 actions techniques, en particulier le lien fait entre les actions 1 et 3 menées en parallèle, a permis de réorienter les travaux et d'envisager des leviers acceptables par les éleveurs, en étudiant l'enchaînement des profils de NEC entre lactations successives, ainsi que les facteurs de risque d'échec de reproduction après la 1<sup>ère</sup> IA intra-profil de NEC.

## # Synthèse des résultats – Action 2

### Démonstration d'InSiliCow

Une vidéo permet de décrire en 4 minutes le fonctionnement et les sorties du modèle InSiliCow. Cette vidéo est disponible sur l'espace web du projet. Elle a permis de présenter de façon didactique le fonctionnement d'un simulateur informatique aux éleveurs et conseillers présents lors des focus groups. Elle a été utilisée lors du webinaire de restitution finale et pourra être réutilisée pour d'autres interventions auprès des éleveurs et conseillers, mais aussi auprès des enseignants afin de présenter les approches de simulations auprès des étudiants de l'enseignement supérieur agricole.

### Simulation d'une « vache virtuelle » et d'un « troupeau virtuel »

La première étape des travaux de simulations de cette action a permis de reproduire les 596 lactations de vaches de races Holstein et Normande de l'expérimentation « Quelle Vache pour Quel Système » (QVQS). Grâce au simulateur InSiliCow, les lactations successives de chaque vache virtuelle ont pu être ajustées, en spécifiant les pratiques d'élevage (en particulier l'alimentation) et en calibrant les paramètres dits « génétiques » du simulateur. Cela permet de reproduire par exemple la production laitière et la NEC d'une vache Normande vêlant à 2 ans et recevant un niveau d'alimentation « Haut » (Figure 13 – à gauche), ou bien une vache Holstein vêlant à 2 ans et recevant un niveau d'alimentation « Haut » (Figure 13 à droite).

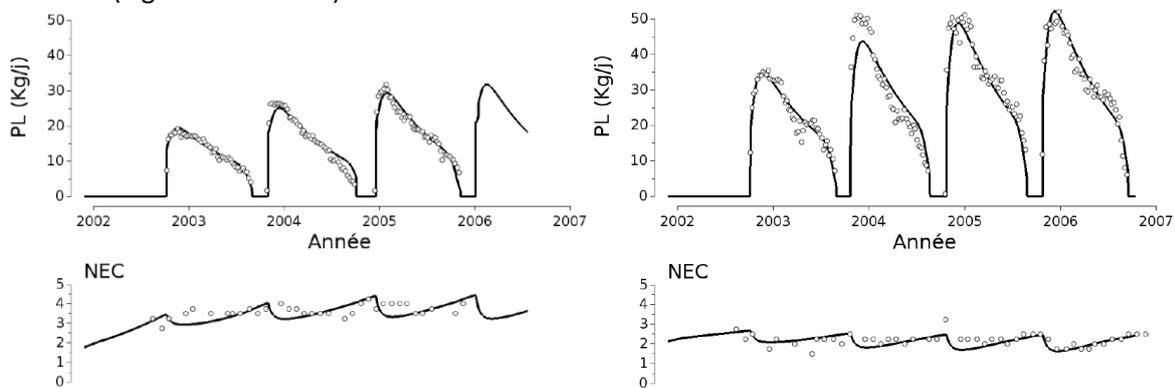


Figure 13 : Simulation de la production laitière (PL) et de la NEC d'une vache laitière Normande vêlant à 2 ans (à gauche) et d'une vache Holstein vêlant à 2 ans (à droite) recevant toutes deux un niveau d'alimentation « haut » (courbe noire : simulation ; rond blanc : observation).

Après cette étape, la variabilité dans les paramètres « génétiques » appliqués (= input) permet de représenter un troupeau virtuel à partir du simulateur qui va générer de la variabilité des performances productives et reproductives (= output, Figure 14).

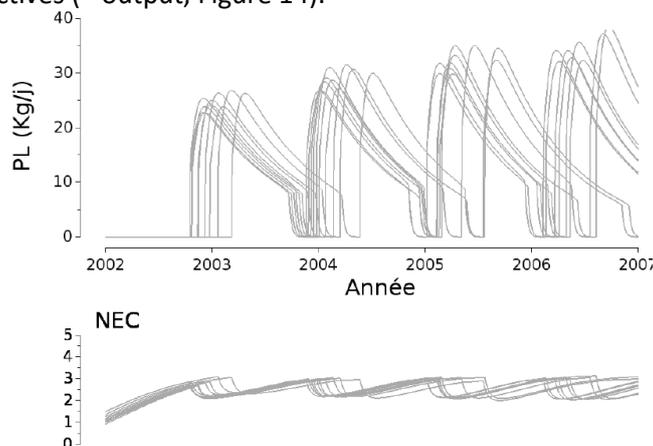


Figure 14 : Simulation de la production laitière (PL) et de la NEC d'un troupeau de 10 vaches virtuelles créés à partir de la variabilité des paramètres « génétiques » appliqués.

Il faut ensuite s'assurer de la cohérence des niveaux de variabilité obtenue entre les données observées et les données simulées. Pour les performances productives comme la production laitière, une comparaison globale des faisceaux des courbes est réalisée (Figure 15).

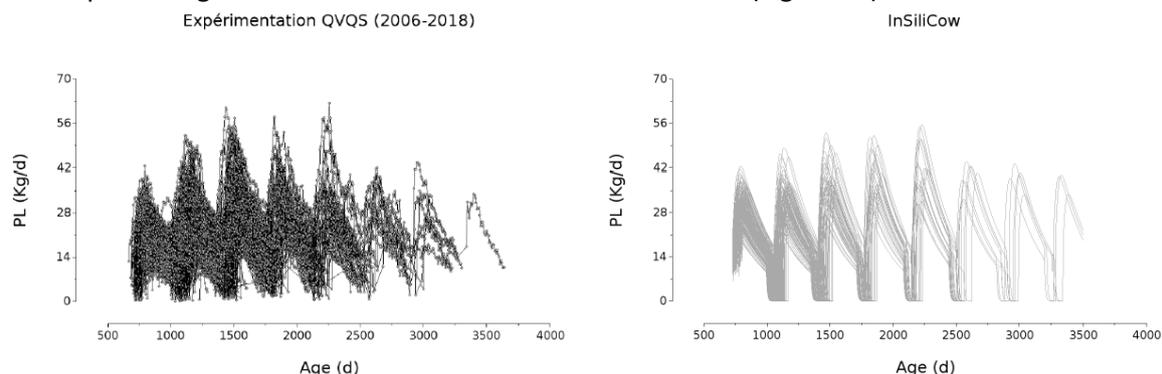


Figure 15 : Comparaison globale des faisceaux de courbes de production laitière (PL) entre les observations de l'expérimentation QVQS (en noir, à gauche) et les données simulées par InSiliCow (en gris, à droite).

Pour les performances reproductives comme l'intervalle vêlage-vêlage ou le rang d'IA fécondante, une comparaison des distributions entre les données observées et les données simulées est réalisée (Figure 16). Ces éléments permettent de positionner le niveau de confiance que l'on peut avoir dans le simulateur.

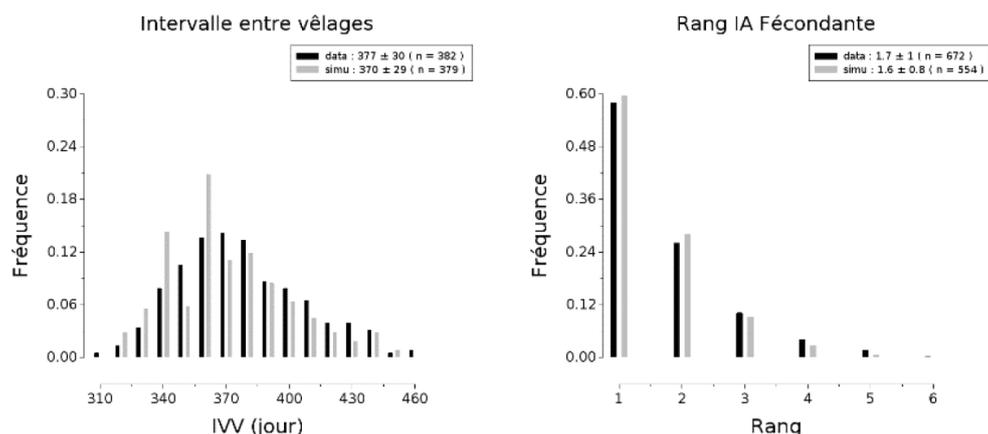


Figure 16 : Comparaison des distributions de l'intervalle vêlage-vêlage (IVV, à gauche) et du rang d'IA fécondante (à droite) entre les observations de l'expérimentation QVQS (en noir) et les données simulées par InSiliCow (en gris).

### Génération de profils de carrière de vaches virtuelles

Après la validation du fonctionnement du simulateur *InSiliCow*, des simulations ont été réalisées de profils de carrière et de performances de vaches virtuelles. Par exemple, dans la Figure 17, est illustré le profil d'une vache avec des intervalles vêlage-vêlage de 400 jours tout au long de sa carrière. Pour cette vache, nous pouvons simuler la production laitière des lactations successives (courbe noire, en haut de la figure), et représenter différents événements : vêlages (ronds pleins, en bas à gauche de la figure), fécondations (triangles pleins) et tarissement (triangles vides). Sur la droite de la Figure 17, la production laitière cumulée sur la période de 5 ans, avec sa répartition par rang de lactation, est représentée. La modulation des performances de reproduction (en jouant sur la date de fécondation) permet de simuler des profils de vaches avec des intervalles vêlage-vêlage différents, par exemple de 460 jours (en rouge, IVV plus long induit par une date de fécondation plus tardive) ou de 340 jours (en bleu, IVV plus court induit par une date de fécondation plus précoce). Dans ces simulations réalisées à durée de tarissement égale et sans imposer de saison de reproduction, on observe, que

mécaniquement, il y a plus de lait par lactation lorsque l'intervalle vêlage-vêlage est plus long. A l'inverse, il y a moins de lactations complètes sur 5 ans et moins de lait total sur 5 ans lorsque l'IVV est plus long (encadré en pointillés gris).

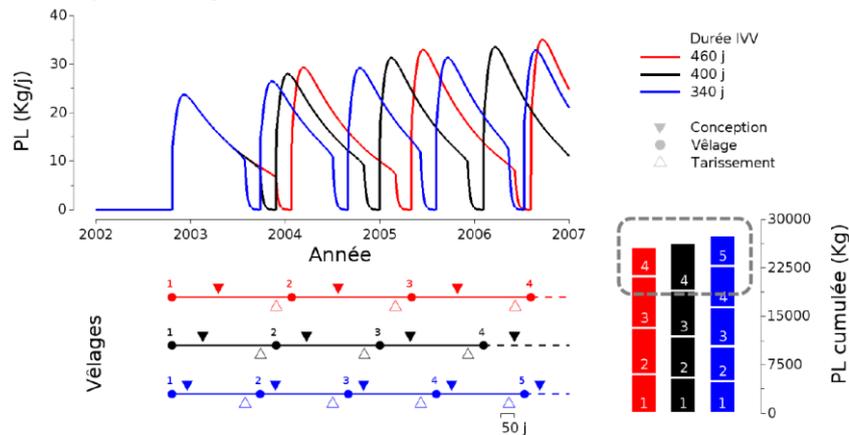


Figure 17 : Simulations des profils de carrière de vaches virtuelles ayant des intervalles vêlage-vêlage (IVV) de 400 j (en noir), 460 j (en rouge) ou 340 j (en bleu) : courbes de production laitière (PL) pendant 5 années, PL cumulée sur 5 années (en fonction de la parité, de 1 à 5) et événements de fécondation, vêlage, tarissement.

### Étude du tarissement comme un levier de pilotage la NEC pour optimiser la reproduction

Des effets de la durée de tarissement sur la production laitière sont décrits dans la littérature scientifique. Dans la Figure 18, les deux graphiques représentent la production laitière totale exprimée en pourcentage du niveau pour un tarissement conventionnel de 60 jours, en fonction de la durée de tarissement. Sur les deux graphiques de cette figure, les points (à gauche) et les lignes reliées (à droite) sont des données de la littérature, la courbe rouge correspond au comportement du simulateur. Réduire la durée de tarissement, c'est réduire la production laitière de la lactation suivante. Du point de vue physiologique, c'est un phénomène de prolifération cellulaire et de récupération de la fonction de lactation qui est implémenté dans le simulateur.

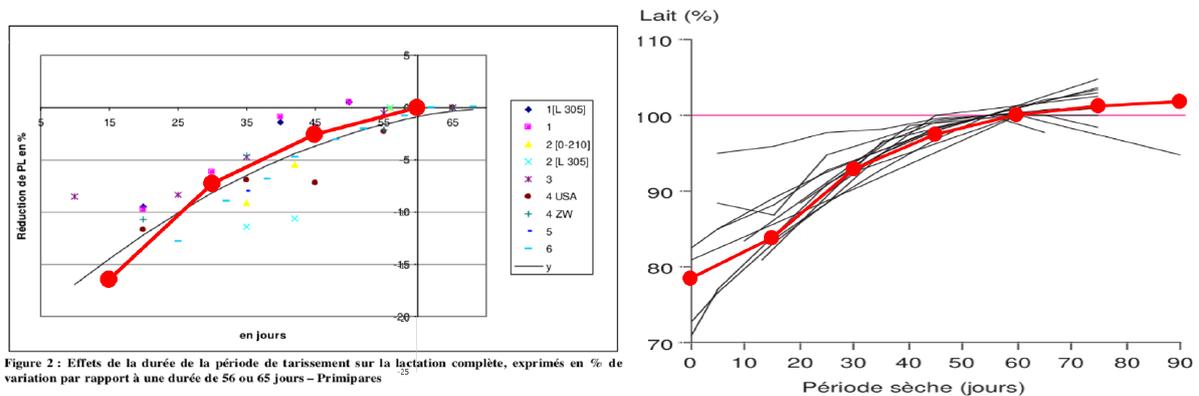


Figure 2 : Effets de la durée de la période de tarissement sur la lactation complète, exprimés en % de variation par rapport à une durée de 56 ou 65 jours – Primipares

Trencart, 2008

Rémond et al., 1997

Figure 18 : Illustration de l'effet d'une adaptation de la durée de tarissement par rapport à une durée de tarissement à 60 jours sur le niveau de production laitière (graphique de gauche : Trencart, 2008 et graphique de droite : Rémond et al., 1997).

Un effet de la durée de tarissement sur la reproduction a également été décrit dans la littérature scientifique. Sur la Figure 19, l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) est représenté en fonction de la durée du tarissement. Les séries de points reliés sont des données de la littérature (compilées à partir d'une vingtaine d'articles scientifiques) ; la courbe rouge correspond au comportement moyen du simulateur. La tendance est une réduction de l'intervalle vêlage-vêlage avec la réduction de la durée

de tarissement. La logique sous-jacente de la mécanique à l'œuvre dans le simulateur est : moins de lait, moins de réserves mobilisées, un bilan énergétique négatif moins marqué, une meilleure reprise de cyclicité. C'est en cohérence avec les observations d'une NEC plus élevée après un tarissement dont la durée est réduite. Pour des durées de tarissement aux extrêmes (encadrés en pointillés gris), le comportement du simulateur n'est pas bon et nécessite d'être amélioré. Cependant, nous pouvons retenir que pour une plage de durée de tarissement entre 30 et 90 jours le comportement du simulateur est réaliste.

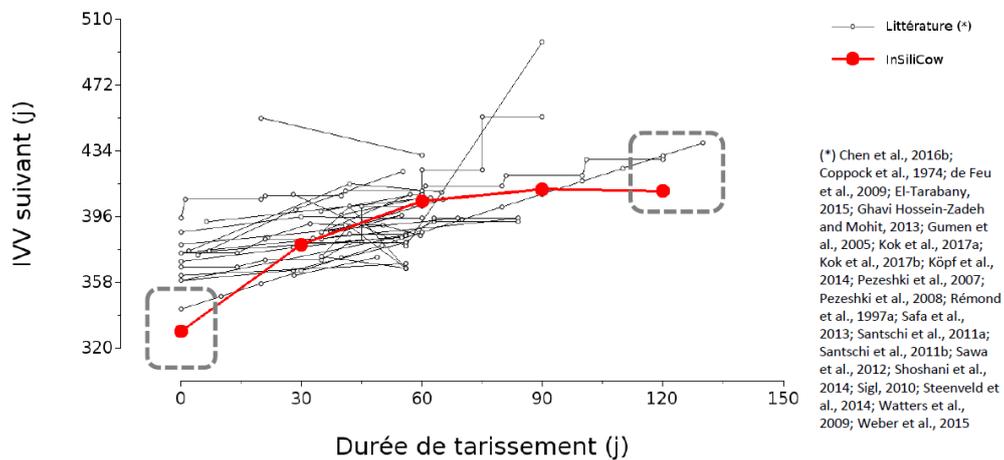


Figure 19 : Illustration de l'effet de la durée de tarissement sur l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) à partir de la compilation d'une vingtaine d'articles scientifiques.

La manipulation de la durée de tarissement a ensuite permis de générer un certain nombre de simulations afin d'évaluer les conséquences sur les lactations des vaches virtuelles. Dans la Figure 20 sont illustrées des simulations de profils de carrière de vaches virtuelles ayant des durées de tarissement de 30 jours (en noir), 60 jours (en rouge) ou 0 jour (en bleu). Par rapport à une durée de tarissement de 60 jours en parité 1 (en rouge), une durée de tarissement de 30 jours (en noir) entraîne une fécondation plus précoce, un intervalle vêlage-vêlage réduit en parité 2 ainsi qu'une réduction de la production laitière. En poussant le simulateur à l'extrême, par l'omission totale du tarissement (en bleu), l'effet est encore plus accentué.

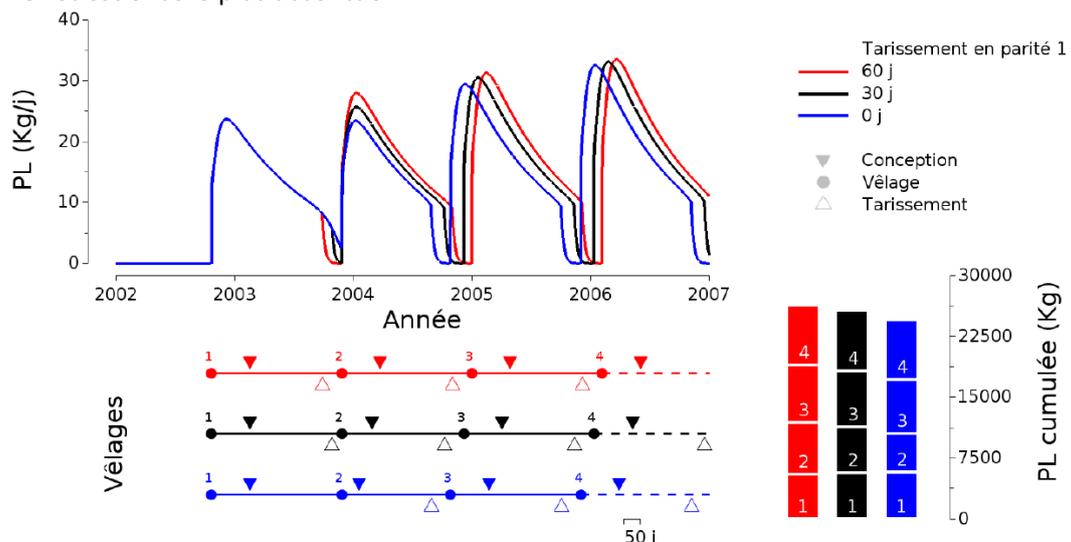


Figure 20 : Simulations des profils de carrière de vaches virtuelles ayant des durées de tarissement de 30 j (en noir), 60 j (en rouge) ou 0 j (en bleu) : courbes de production laitière (PL) pendant 5 années, PL cumulée sur 5 années (en fonction de la parité, de 1 à 4) et événements de fécondation, vêlage, tarissement.

### Définition d'une règle de conduite permettant de piloter la durée du tarissement de façon individualisée dans le simulateur

A partir des résultats décrits précédemment, dans l'objectif d'utiliser le tarissement comme un levier pour piloter la reproduction, nous avons imaginé une règle de conduite basée sur la définition d'un seuil de décision en nombre de jours après vêlage et sur l'application d'un tarissement individualisé. Si une vache est gestante avant ce seuil alors la durée de tarissement pour cette vache est fixée à 60 jours (= durée de tarissement standard). Si une vache est gestante après ce seuil, alors la durée de tarissement pour cette vache est fixée à 30 jours. Le simulateur a été utilisé pour évaluer les effets de la mise en œuvre de cette règle de décision individualisée sur les profils de carrière des vaches virtuelles.

Des simulations ont été faites avec des valeurs différentes pour le seuil de décision, en nombre de jours après vêlage (Figure 21). En rouge, un seuil de décision de 70 jours après vêlage permet de représenter une situation extrême dans laquelle toutes les dates de fécondation dépassent le seuil de décision, et une durée de tarissement de 30 jours est appliquée systématiquement à toutes les lactations. En noir, un seuil de décision de 130 jours après vêlage est une situation médiane dans laquelle certaines dates de fécondation vont dépasser le seuil (par exemple, sur cette simulation, seule la date de fécondation en parité 1 dépasse le seuil de décision). Avec cette valeur du seuil de décision, la durée de tarissement de 30 jours est appliquée « au cas par cas », différemment en fonction des lactations. En bleu, un seuil de décision de 190 jours après vêlage est une situation extrême dans laquelle aucune date de fécondation ne dépasse le seuil et le tarissement de 30 jours n'est jamais appliqué, c'est un tarissement de 60 jours qui est appliqué systématiquement à chaque lactation. Le choix du seuil de décision va influencer à la fois la production laitière et les intervalles vêlages-vêlages.

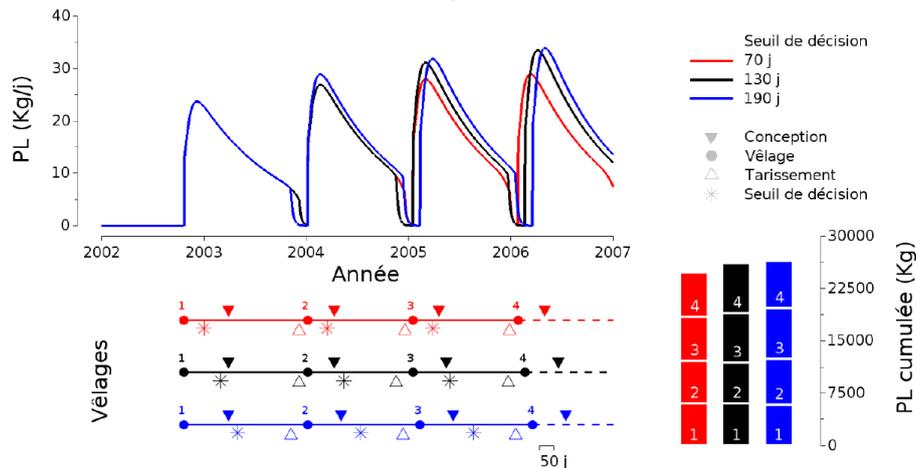


Figure 21 : Simulations des profils de carrière de vaches virtuelles selon différents seuils de décision, 130 j (en noir), 70 j (en rouge) ou 190 j (en bleu) : courbes de production laitière (PL) pendant 5 années, PL cumulée sur 5 années (en fonction de la parité, de 1 à 4) et événements de fécondation, vêlage, tarissement.

### Adaptation des profils de carrière des vaches virtuelles en fonction du seuil de décision

L'effet de ce seuil de décision étant confirmé, l'évaluation du compromis entre l'amélioration des performances de reproduction par la réduction de l'intervalle vêlage-vêlage et la dégradation des performances de production par la réduction de la production laitière est déterminante. Le simulateur a été utilisé pour évaluer ce compromis en réalisant une expérimentation virtuelle avec 12 groupes expérimentaux virtuels. Chaque groupe expérimental correspond à un seuil de décision (entre 40 et 260 jours) et intègre la simulation de 100 vaches pendant 5 lactations. Pour chaque simulation de chaque groupe, l'intervalle vêlage-vêlage moyen et la production laitière moyenne par lactation sont calculés. Pour cette expérimentation virtuelle, les conditions de simulation sont définies pour se mettre en situation de « toutes choses égales par ailleurs », avec : une alimentation standard, des lactations longues possibles, pas de saison de reproduction (donc des vêlages étalés), pas de réforme

volontaire (donc pas de rang d'IA fécondante maximum imposé), pas de réforme involontaire (les animaux ne meurent jamais), pas de renouvellement (les mêmes animaux restent dans l'expérimentation) et homogénéité génétique des animaux (pas d'effet parasite lié au potentiel laitier). Dans la Figure 22, la production laitière (PL) totale par lactation (à gauche) et l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) sont décrits en fonction du seuil de décision (en nombre de jours après vêlage). Chaque box plot résume la distribution des lactations de 100 vaches sur 5 ans. Avec la diminution du seuil de décision, il y a mécaniquement augmentation du nombre de lactations avec un tarissement de 30 jours (donc raccourci par rapport à un tarissement standard de 60 jours) et une réduction de la PL/lactation moyenne, ainsi que de l'IVV moyen.

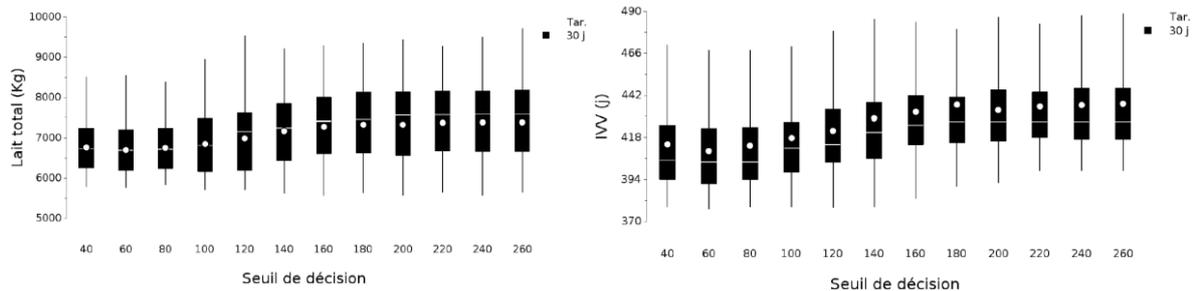


Figure 22 : Résultats de simulations illustrant l'effet de l'adaptation du seuil de décision sur la production laitière (à gauche) et l'intervalle vêlage-vêlage (à droite), chaque box plot résumant la distribution des lactations de 100 vaches virtuelles sur 5 ans.

La Figure 23 synthétise les effets conjoints du seuil de décision sur la production laitière par lactation et l'intervalle vêlage-vêlage, permettant d'évaluer le compromis entre les deux. Sur cette figure, la taille des ronds est fonction du pourcentage de lactations avec une durée de tarissement de 60 jours (conduite standard), en abscisse est représentée la perte en lait par rapport au scénario « seuil = 260 j » et en ordonnée est représentée la réduction d'IVV par rapport au scénario « seuil = 260 j ». Pour un seuil de 40 jours (valeur extrême), l'ensemble des tarissements appliqués sont d'une durée de 30 jours, ce qui favorise fortement les performances de reproduction par une réduction de l'intervalle vêlage-vêlage moyen de ces vaches de plus de 22 jours, mais avec une perte laitière de presque 10 % sur 5 années. A l'inverse, les simulations avec un seuil à 260 jours n'affectent que très peu la production laitière et l'IVV car les trois-quarts des tarissements ont une durée de 60 jours. Entre ces deux situations, un compromis entre performances de reproduction et production laitière peut ainsi être trouvé en fonction des objectifs des éleveurs. Par exemple, avec un seuil de décision de 120 jours, le pourcentage de tarissements avec une durée de 30 jours est autour de 40 %, la moyenne de production laitière par lactation est réduite d'environ 6 % et l'intervalle vêlage-vêlage moyen est réduit d'environ 15 jours.

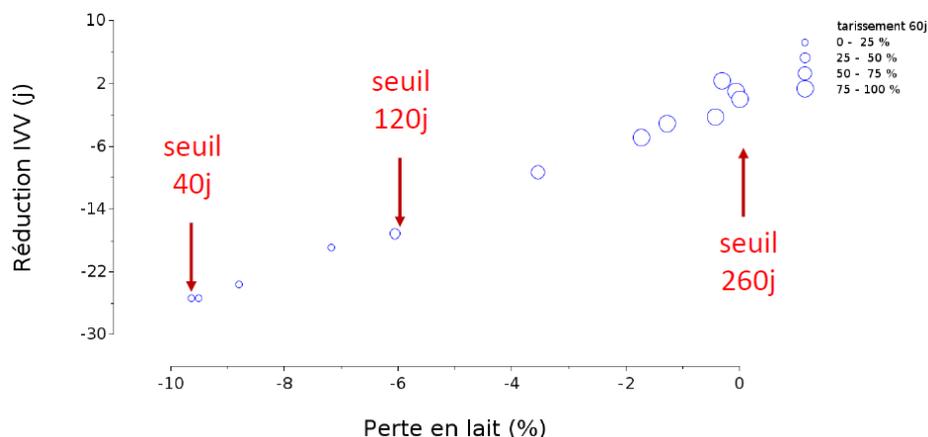


Figure 23 : Résultats de simulations illustrant les effets du seuil de décision choisi sur la production laitière, l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) et le pourcentage de tarissements de durée 60 jours.

### **Conclusions – Action 2**

Nous avons utilisé le simulateur InSiliCow pour tester le levier « durée de tarissement », ce qui a permis de mettre en évidence un compromis entre production laitière et intervalle vêlage-vêlage et de déterminer des ordres de grandeur pour quantifier ce compromis. Il serait nécessaire de répéter des expérimentations virtuelles en modélisant les effets d'autres pratiques d'élevage, ainsi que de mettre les résultats des simulations à l'épreuve du terrain.

Ce travail (ré)-ouvre le débat sur la durée de tarissement : une durée de 60 jours semble correspondre à un optimum en termes de production, mais moduler la durée de tarissement est-elle concrètement une opportunité pour améliorer les performances reproductives ?

Enfin, le simulateur InSiliCow se positionne sur un chemin vers des « jumeaux numériques » de systèmes d'élevage, ouvrant des perspectives d'exploration de scénarii de conduite. Ces approches nécessitent une confrontation permanente entre virtuel et réel avec des données de terrain pour calibrer et évaluer le simulateur et des simulations pour évaluer des options d'adaptation des pratiques.

### **Action 2 - Analyser les écarts éventuels avec les objectifs décrits et les résultats attendus**

Les effets du pilotage individualisé de la NEC sur les performances individuelles et sur celles du troupeau ont été essentiellement étudiés de façon indirecte, grâce à des simulations obtenues via la modulation individualisée de la durée de tarissement. En effet, les travaux dans le cadre de l'action 2 ont été réorientés en lien avec les attentes des éleveurs et des conseillers décrites dans l'action 3. En outre, un compromis entre la production laitière et les performances de reproduction a été mis en évidence et quantifié, permettant ainsi d'éclairer la prise de décision des éleveurs et des conseillers.

## Tables des Illustrations

Figure 1 : Articulation initiale du projet .....	1
Figure 2 : articulation finale des différentes actions du projet CowPILOT. ....	2
Figure 3 : Profil moyen de NEC des vaches des différents sites, après sélection des vaches-lactations retenues (site de Derval et Trévarez-troupeau bio pour illustration). ....	3
Figure 4 : Trajectoires individuelles de NEC et de production laitière sur la carrière pour les vaches du groupe expérimentale « Holstein » avec un niveau d'alimentation « haut » et un âge au 1er vêlage de « 2 ans » en fonction de la parité.....	6
Figure 5 : Répartition de l'intervalle vêlage-IA1 et du rang de l'IA fécondante pour toutes les vaches en niveau d'alimentation « Bas » versus « Haut ». ....	7
Figure 6 : Verbatim d'un éleveur indiquant un point d'attention sur le lien NEC et reproduction à nuancer.....	10
Figure 7 : Verbatim d'un éleveur indiquant les possibilités de pilotage individuel de la NEC avec un robot de traite.....	11
Figure 8 : Leviers pouvant être mis en place par les éleveurs selon le stade de lactation. ....	12
Figure 9 : Listes des leviers (nombre d'éleveurs favorables) à mettre en place pour maintenir un bon état corporel à différents moments de la lactation.....	12
Figure 10 : Profils moyens de NEC identifiés (à gauche) et variabilité autour des profils moyens (à droite) en race Holstein. ....	14
Figure 11 : Profils moyens de NEC identifiés (à gauche) et variabilité autour des profils moyens (à droite) en race normande. ....	15
Figure 12 : Evolution du profil de NEC des vaches entre deux lactations successives, quel que soit le rang de la 1ère lactation considérée (n = 716 pour les vaches de race Holstein et n = 230 pour les vaches de race Normande).....	20
Figure 13 : Simulation de la production laitière (PL) et de la NEC d'une vache laitière Normande vêlant à 2 ans (à gauche) et d'une vache Holstein vêlant à 2 ans (à droite) recevant toutes deux un niveau d'alimentation « haut » (courbe noire : simulation ; rond blanc : observation). ....	22
Figure 14 : Simulation de la production laitière (PL) et de la NEC d'un troupeau de 10 vaches virtuelles créés à partir de la variabilité des paramètres « génétiques » appliqués. ....	22
Figure 15 : Comparaison globale des faisceaux de courbes de production laitière (PL) entre les observations de l'expérimentation QVQS (en noir, à gauche) et les données simulées par InSiliCow (en gris, à droite). ....	23
Figure 16 : Comparaison des distributions de l'intervalle vêlage-vêlage (IVV, à gauche) et du rang d'IA fécondante (à droite) entre les observations de l'expérimentation QVQS (en noir) et les données simulées par InSiliCow (en gris). ....	23
Figure 17 : Simulations des profils de carrière de vaches virtuelles ayant des intervalles vêlage-vêlage (IVV) de 400 j (en noir), 460 j (en rouge) ou 340 j (en bleu) : courbes de production laitière (PL) pendant 5 années, PL cumulée sur 5 années (en fonction de la parité, de 1 à 5) et événements de fécondation, vêlage, tarissement.....	24
Figure 18 : Illustration de l'effet d'une adaptation de la durée de tarissement par rapport à une durée de tarissement à 60 jours sur le niveau de production laitière (graphique de gauche : Trencard, 2008 et graphique de droite : Rémond et al., 1997).....	24
Figure 19 : Illustration de l'effet de la durée de tarissement sur l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) à partir de la compilation d'une vingtaine d'articles scientifiques. ....	25
Figure 20 : Simulations des profils de carrière de vaches virtuelles ayant des durées de tarissement de 30 j (en noir), 60 j (en rouge) ou 0 j (en bleu) : courbes de production laitière (PL) pendant 5 années, PL cumulée sur 5 années (en fonction de la parité, de 1 à 4) et événements de fécondation, vêlage, tarissement.....	25
Figure 21 : Simulations des profils de carrière de vaches virtuelles selon différents seuils de décision, 130 j (en noir), 70 j (en rouge) ou 190 j (en bleu) : courbes de production laitière (PL) pendant 5 années, PL cumulée sur 5 années (en fonction de la parité, de 1 à 4) et événements de fécondation, vêlage, tarissement.....	26
Figure 22 : Résultats de simulations illustrant l'effet de l'adaptation du seuil de décision sur la production laitière (à gauche) et l'intervalle vêlage-vêlage (à droite), chaque box plot résumant la distribution des lactations de 100 vaches virtuelles sur 5 ans. ....	27
Figure 23 : Résultats de simulations illustrant les effets du seuil de décision choisi sur la production laitière, l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) et le pourcentage de tarissements de durée 60 jours. ...	27

Tableau 1 : Répartition des lactations par ferme expérimentale et par parité .....	3
Tableau 2 : Présentation de l'organisation et du déroulement des focus group. ....	9
Tableau 3 : Freins et motivations à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC d'après les éleveurs.....	11
Tableau 4 : Freins et motivations à l'utilisation d'outils numériques pour la mesure de la NEC d'après les conseillers .....	11
Tableau 5 : Performances de production laitière, de reproduction et NEC à stade-fixe par race de vaches (exprimés en moyenne ajustée $\pm$ écart-type, ou pourcentage observé). ....	14
Tableau 6 : Répartition des vaches par race, par site et par profil de NEC.....	15
Tableau 7 : Performances de production laitière et de reproduction des vaches Holstein selon le profil de NEC, exprimées en moyennes ajustées pour les variables quantitatives et en pourcentages observés + odds ratios estimés (avec intervalle de confiance à 95 %) pour les variables binaires. Sur une même ligne, des lettres différentes (a vs b) indiquent une différence significative ( $P \leq 0,05$ )......	17
Tableau 8 : Performances de production laitière et de reproduction des vaches Normandes selon le profil de NEC, exprimées en moyennes ajustées pour les variables quantitatives et en pourcentages observés + odds ratios estimés (avec intervalle de confiance à 95 %) pour les variables binaires. Sur une même ligne, des lettres différentes (a vs b) indiquent une différence significative ( $P \leq 0,05$ ). ....	18
Tableau 9 : Effet des caractéristiques individuelles des vaches sur le taux de revêlage après la 1 <sup>ère</sup> insémination pour chaque profil de NEC, pour la race Holstein. ....	18
Tableau 10 : Effet des caractéristiques individuelles des vaches sur le taux de revêlage après la 1 <sup>ère</sup> insémination pour chaque profil de NEC, pour la race normande. ....	19

**Collection**  
**Résultats**

**Edité par :**  
**l'Institut de l'Élevage**  
149 rue de Bercy  
75595 Paris Cedex 12  
[www.idele.fr](http://www.idele.fr)  
Juin 2023

**Dépôt légal :**  
3e trimestre 2023  
© Tous droits réservés  
à l'Institut de l'Élevage  
Réf. 0023 302 037  
ISSN 1773-4738



# CowPILOT - PILOTer la note d'état corporel pour OpTimiser la reproduction des vaches laitières

## Compte rendu-final 01/2019 - 06/2022 (financement CASDAR)

Le projet CowPILOT avait pour objectif général d'évaluer la possibilité de piloter individuellement la note d'état corporel afin d'optimiser la réussite de la reproduction des vaches laitières. La faisabilité de ce suivi individuel, a été questionnée auprès d'éleveurs et de conseillers, via enquêtes (entretiens semi-directifs) et des « focus groups » (partage d'expérience), qui ont permis l'identification des motivations et freins au pilotage individualisé de la NEC en élevage bovin laitier. Ainsi, les résultats ont montré que les éleveurs et techniciens de terrain connaissent la NEC... mais que son utilisation « en routine » pour gérer la reproduction reste à construire. Le pilotage individualisé de la NEC passe par l'identification précoce après vêlage de profils d'évolution de NEC à risque pour la réussite de la reproduction. A partir de 1 685 lactations de vaches de race Holstein et 482 lactations de vaches de race Normande issues de six fermes expérimentales (INRAE et réseau F@rmXP), des profils individuels d'état corporel au cours de la lactation ont pu être mis en évidence, puis mis en relation avec les performances de production et de reproduction. Quatre profils de NEC en race Holstein et 3 profils en race Normande ont ainsi été identifiés. Des vaches trop maigres en race Holstein ou trop grasses en race Normande ont présenté davantage de risque d'échouer lors de la mise à la reproduction. Même si les différences ont été de faible ampleur entre les profils, confirmant que les échecs de reproduction sont d'origine multifactorielle, la NEC au vêlage et son évolution ont influencé les performances de reproduction (taux de revêlage), mais sans expliquer l'intégralité des succès ou échecs de la reproduction. Il semblerait toutefois que d'une lactation à l'autre, le profil de NEC d'une vache peut évoluer soit vers un profil plus à risque d'échec ou vers un profil plus favorable à la réussite de la reproduction. A partir d'un arbre de décision construit à partir des données de la littérature, éleveurs et conseillers ont échangé autour des leviers d'action potentiels pour le pilotage de la NEC, et de leur acceptabilité : selon eux, il n'est pas facile d'agir sur la NEC en cours de lactation. Le résultat n'est jamais garanti. Les éleveurs y sont peu enclins. L'adaptation des durées de tarissement est apparue comme l'un des leviers acceptables pour piloter la NEC lors de la lactation suivante. L'approche par modélisation informatique (permettant de simuler des vaches virtuelles) a permis de tester ce levier de la durée de tarissement, sans bouleversement du système de production, pour influencer le profil de NEC sur la lactation suivante. Les résultats de simulation ont montré qu'une gestion individualisée du tarissement influence les performances de reproduction, (ré-)ouvrant ainsi le débat autour de la durée de tarissement optimal.

Avec le soutien financier :



Contact :  
[fabrice.bidan@idele.fr](mailto:fabrice.bidan@idele.fr)

Juin 2023  
Réf. 0023 302 037  
ISSN 1773-4738

[www.idele.fr](http://www.idele.fr)

