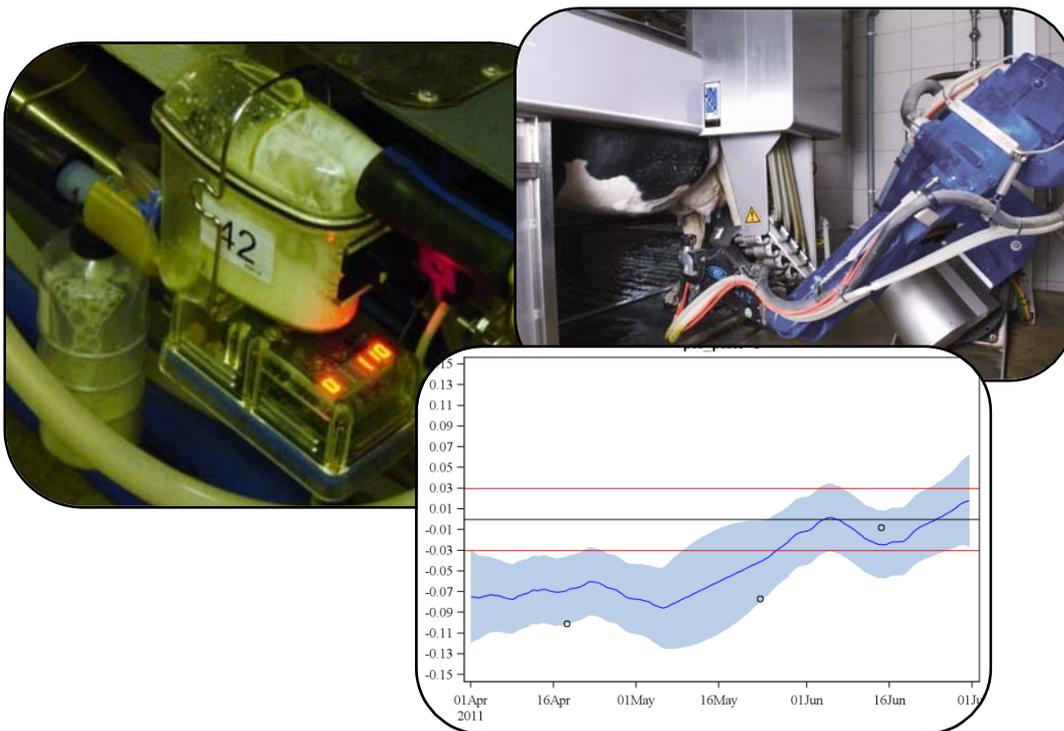


Solutions de monitoring pour la vérification des compteurs à lait électroniques de ferme et des robots de traite



Document rédigé par :

Clément Allain
Emilie Rouzaut

Réalisé avec le soutien financier de :



ICAR (International Comitee for Animal Recording)

Avec la participation de :



Remerciements particuliers :

Jacques Lassalas (INRA), Michel Fargetton (INRA), Martin Burke (ICBF & ICAR), Elodie Doutart (Idele), Damien Plédel (CA 44), Rudi De Mol (Wageningen University), Steven Sievert (QCS) and Marlene Trinderup (AgroTech).

Pour les salles de traite multi postes, les essais ont été réalisés sur l'installation de traite de la ferme de l'INRA à Méjusseume.

Pour les robots de traite, les essais ont principalement été réalisés sur la ferme expérimentale de Derval.

Sommaire

1. Introduction et contexte	1
1.1. Rôle et place des compteurs à lait électroniques	1
1.2. Vérification des CLEF aujourd'hui.....	2
1.3. Origine et objectifs de la démarche	3
2. Les solutions de monitoring	4
2.1. Salles de traite classiques et rotatives	4
2.1.1. Utilisation de la production attendue	4
2.1.1.1. Principe général	4
2.1.1.2. Choix du calcul de la production attendue	4
2.1.1.3. Utilisation de la méthode.....	5
2.1.1.4. Règles de décision	6
2.1.1.5. Conditions et recommandations d'utilisation.....	6
2.1.1.6. Avantages, inconvénients et données nécessaires	6
2.1.1.7. Exemple d'application	7
2.1.2. Utilisation du modèle de De Mol & André (2009).....	11
2.1.2.1. Principe général	11
2.1.2.2. Utilisation de la méthode.....	11
2.1.2.3. Règles de décision	12
2.1.2.4. Conditions et recommandations d'utilisation.....	12
2.1.2.5. Avantages, inconvénients et données nécessaires	12
2.1.2.6. Exemple d'application	13
2.2. Les robots de traite	15
2.2.1. Robots de traite 1 stalle	15
2.2.1.1. Principe général	15
2.2.1.2. Utilisation de la méthode.....	15
2.2.1.3. Règles de décision	16
2.2.1.4. Conditions et recommandations d'utilisation.....	16
2.2.1.5. Avantages, inconvénients et données nécessaires	16
2.2.1.6. Exemple d'application	17
2.2.2. Robots de traite multi-stalles	18
2.3. Possibilité de vérification à distance	20
2.3.1. Le logiciel Ori-Automate : échange dans les deux sens avec les salles de traite informatisées et les robots de traite	20
2.3.2. Valorisation pour la vérification des CLEF à distance.....	21
3. Conclusion et perspectives	22
3.1. Limites d'utilisation	22
3.2. Guidelines ICAR 2012	22
3.3. Déploiement et application en France	22

1. Introduction et contexte

1.1. Rôle et place des compteurs à lait électroniques

Fin 2010 en France, on dénombrait environ 25 000 compteurs à lait électroniques de ferme (CLEF) utilisés pour le contrôle de performance lait (CPL). Ces compteurs à lait électroniques se trouvent à la fois dans les salles de traite classiques ou rotatives et sur les robots de traite.

Leur fonction principale est de mesurer un poids de lait à chaque traite et pour chaque vache (figure 1). Ces données biquotidiennes, si les animaux sont équipés d'identifiants électroniques en lien avec un PC, vont être utilisées pour le management du troupeau. En particulier, la gestion de l'alimentation (DAC, rations), la détection de problèmes sanitaires (mammites, maladies métaboliques) ou de chaleurs peuvent être des valorisations directes de l'utilisation de ces données en élevage.

Les organismes de conseil en élevages (OCEL) valorisent aussi ces appareils lors du contrôle de performance lait. Les CLEF sont en effet agréés par l'International Comitee for Animal Recording (ICAR) pour mesurer précisément un poids de lait et prélever automatiquement un échantillon représentatif. Les données du CPL sont ensuite valorisées pour du conseil en élevage et utilisées pour le calcul d'index génétiques (figure 1).

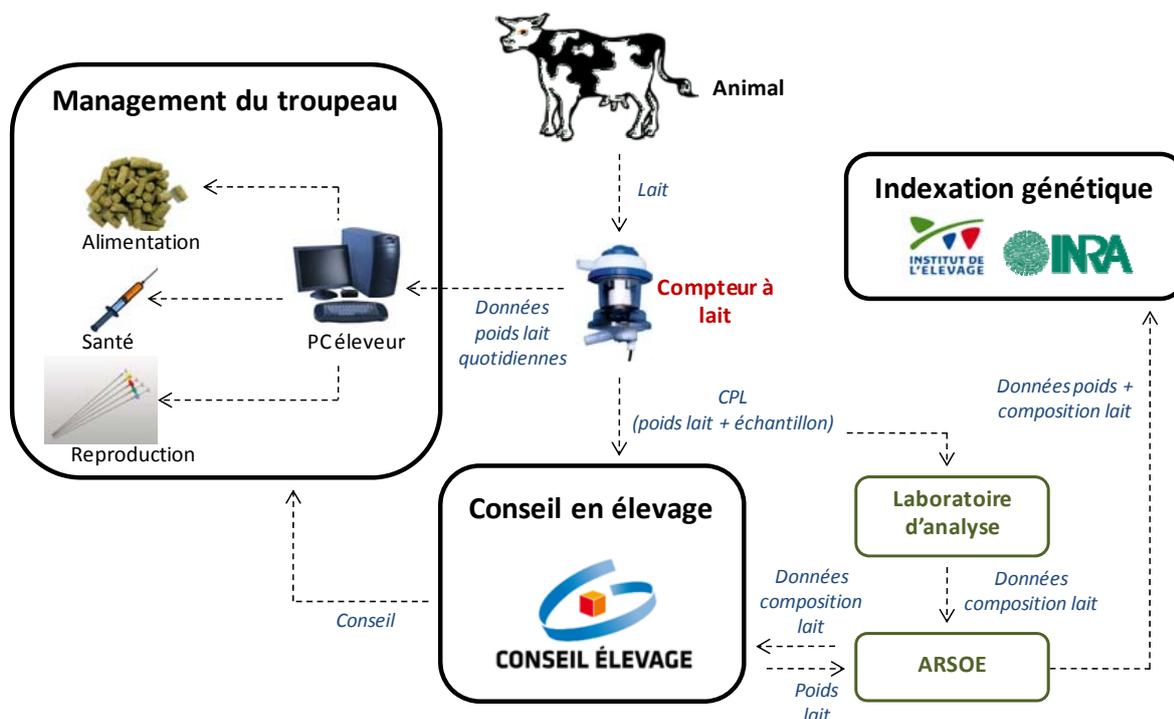


Figure 1 : rôle et place des CLEF en production laitière

Pour toutes ces raisons, l'intérêt d'avoir des compteurs à lait bien réglés est évident. Par exemple, pour les robots de traite, la distribution individuelle de concentrés par le DAC est calibrée sur la production mesurée par le CLEF. Une surestimation quotidienne de la production laitière conduit donc à la distribution d'une quantité plus importante et non efficace de concentrés.

Mais ces poids de lait sont aussi utilisés pour la sélection génétique à l'issue des contrôles de performance. Cela nécessite par conséquent des mesures précises de la production (biais accepté = +/- 3 %, selon les guidelines ICAR 2011).

1.2. Vérification des CLEF aujourd'hui

Selon le référentiel du contrôle de performance lait actuellement en vigueur en France, les CLEF utilisés pour le CPL sont donc vérifiés par les OCEL lors de leur installation (vérification initiale), puis une fois par an pour les salles de traite et deux fois par an pour les robots de traite (vérification périodique).

Ces vérifications sont aujourd'hui réalisées manuellement en faisant passer du lait (vérifications initiales et robots de traite) ou de l'eau (vérifications périodiques) dans le compteur et en comparant les valeurs mesurées par celui-ci et les poids réels, pesés par une balance électronique (figure 2).



Figure 2 : vérification manuelle d'un compteur à lait

Ces opérations, bien qu'indispensables, sont contraignantes physiquement et demandent beaucoup de main d'œuvre. De plus, le nombre d'installations de traite équipées de compteurs à lait électroniques a explosé ces dernières années, sous l'impulsion de la vente de robots de traites, pour atteindre près de 3400 installations fin 2010 (figure 3).

Dans le même temps, le nombre de techniciens agréés à la vérification des CLEF est resté quasiment stable. Afin de permettre la pérennisation de cette activité, la nécessité de simplifier les opérations de vérification manuelle pour les techniciens et de les moderniser aux yeux des éleveurs est devenue évidente.

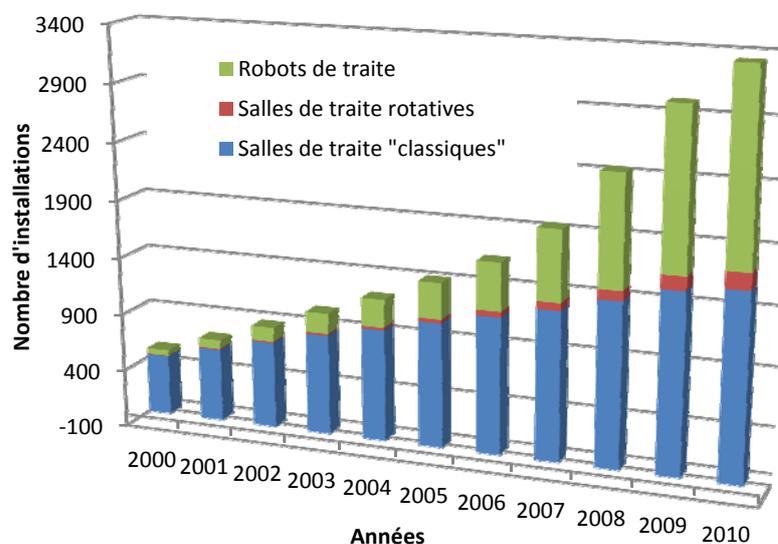


Figure 3 : évolution du nombre d'installations équipées de CLEF et adhérent au CPL officiel (source : Idele)

1.3. Origine et objectifs de la démarche

Suite à ces différents constats, l'Institut de l'Élevage a pris l'initiative de réaliser en France une étude sur les possibilités d'automatiser et de moderniser la vérification des CLEF. Ce travail, réalisé en lien étroit avec l'ICAR depuis fin 2010, avait pour objectif principal d'utiliser l'équipement (identification électronique, salles de traites informatisées, robots de traite) présent dans les élevages et d'en valoriser les données pour permettre un suivi par monitoring de la déviation des compteurs à lait.

Comme présenté en figure 4 ci-dessous, l'idée n'est pas de remplacer à 100% les méthodes manuelles actuelles, mais de proposer une solution complémentaire et plus moderne permettant d'alléger la charge de travail du personnel agréé pour réaliser ces tâches.

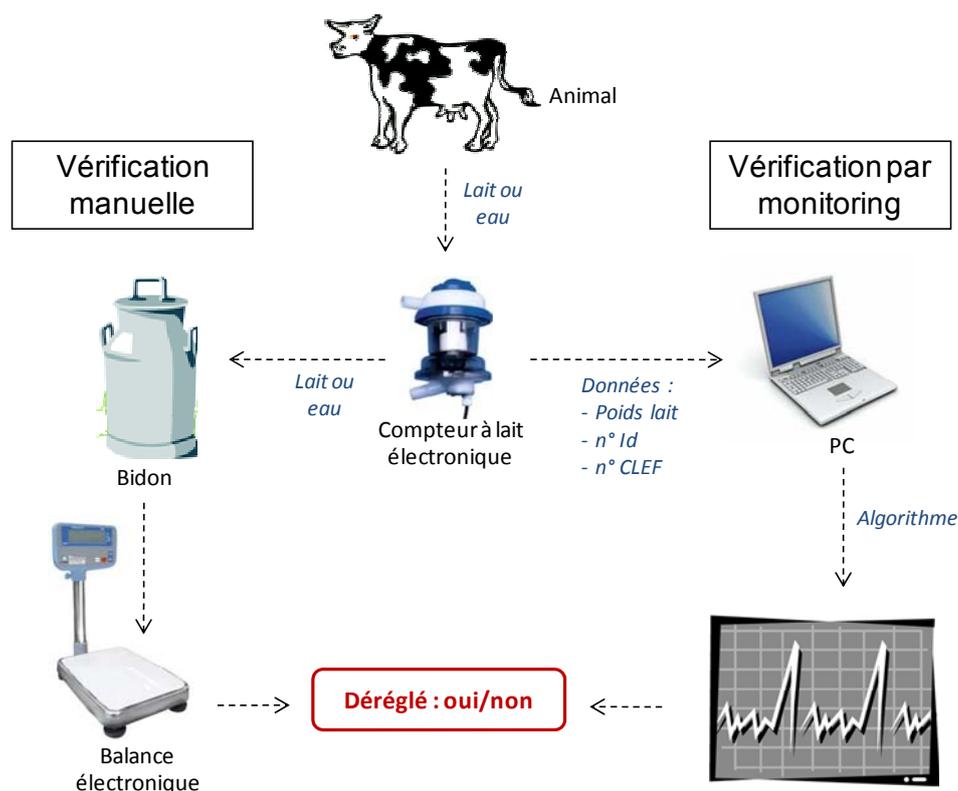


Figure 4 : perspectives d'évolution de la vérification des CLEF

Plusieurs méthodes ont été ciblées et testées, sur différents types d'installations de traite (salles de traites classiques en épis, salles de traites rotatives, robots de traite) et pendant plusieurs mois.

L'objectif premier de ce document est de présenter les méthodes sélectionnées, leurs principes de fonctionnement, les calculs réalisés et un exemple d'application en conditions réelles, basé sur les essais effectués sur le terrain.

Ce document doit permettre aux techniciens réalisant la vérification des CLEF, aux constructeurs de machines à traire ou de robots de traites et aux développeurs de logiciels, de comprendre les méthodes qui seront utilisées demain et comment elles seront appliquées.

2. Les solutions de monitoring

Plusieurs méthodes ou modèles sont proposés ici, pour différents types d'installations de traite et utilisant des données et des calculs différents. Leurs principes généraux sont présentés ci-dessous, ainsi que des exemples de résultats de leur application en conditions réelles.

2.1. Salles de traite classiques et rotatives

2.1.1. Utilisation de la production attendue

2.1.1.1. Principe général

Le principe de cette méthode consiste à calculer pour une vache donnée, sa production attendue à une traite t (figure 5). Cette production peut être calculée de différentes façons, à partir de ses x productions précédentes mesurées par les compteurs à lait de l'installation. Lors de la traite t , on compare la production attendue ainsi calculée avec la production mesurée par le compteur (ici le 16). La différence entre production attendue et production mesurée peut bien sûr être liée à plusieurs facteurs, comme des problèmes sanitaires de l'animal ou un changement d'alimentation, mais éventuellement aussi à un CLEF défaillant.

L'application de cette méthode à l'ensemble des animaux et pour tous les CLEF de l'installation permet de limiter l'effet de l'environnement et de détecter les postes suspects.

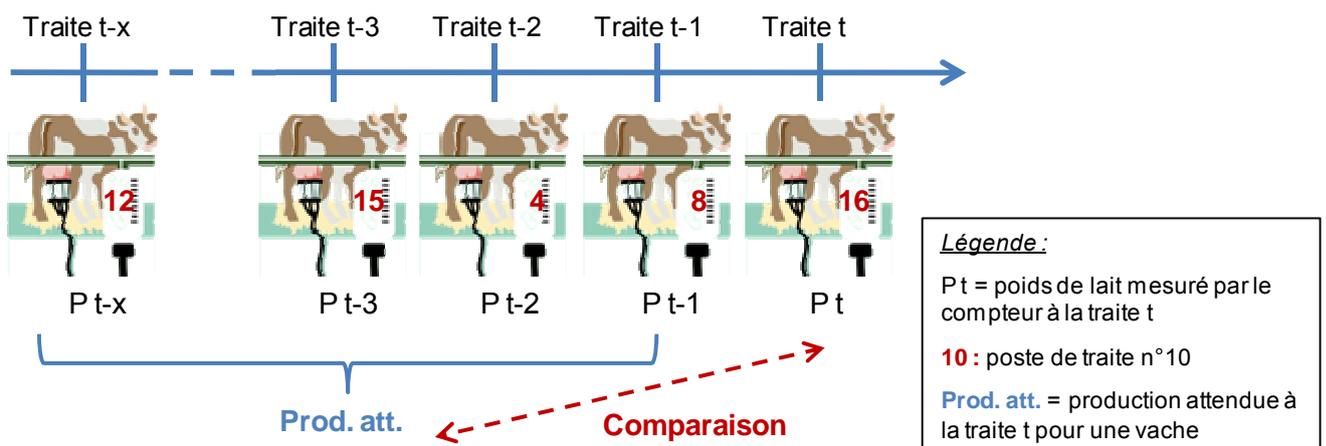


Figure 5 : principe général de la méthode utilisant la production attendue

2.1.1.2. Choix du calcul de la production attendue

Plusieurs types de calculs de production attendue à une traite sont possibles. Ainsi, parmi les constructeurs de compteurs à lait électroniques, de salles de traite ou de robots, on trouve diverses méthodes, basées soit sur la moyenne des dernières productions quotidiennes, multipliée par l'intervalle depuis la dernière traite, soit sur la moyenne des dernières productions de la traite du matin ou du soir.

En réalité, la précision de ces productions attendues peut-être améliorée par un « facteur troupeau » qui permet de corriger les effets alimentation, santé ou environnement du jour de vérification.

Le tableau 1 situé en annexe 1 présente le détail de ces 2 types de calculs, basiques (1 et 3), ou corrigés par un facteur troupeau (calculs 2 et 4).

Une comparaison des différents calculs a été effectuée à partir de données issues d'une installation rotative de 28 postes, récoltées pendant 6 mois. Pour chaque traite, une corrélation entre la production attendue et la production mesurée par les CLEF (considérée comme la référence) a été calculée. Dans ce cas, tous les compteurs de l'installation étaient bien réglés (constaté par un test au lait) et s'agissant d'une installation rotative, toutes les vaches passaient aléatoirement sur les postes à chaque traite.

Les résultats présentés dans le tableau 2 de l'annexe 1 montrent que l'utilisation d'un facteur troupeau dans le calcul de production attendue, permet d'atteindre une corrélation d'au moins 0,954 avec la production mesurée. Il n'y a pas de différence significative entre les calculs utilisant un facteur troupeau. De même, pour un type de calcul, il n'y a pas de différence significative entre l'utilisation de 5, 7 ou 10 jours (ou traites) dans le calcul.

Compte tenu de ces éléments, le meilleur compromis entre précision et nombre de données nécessaire, semble être **l'utilisation de la moyenne des 5 dernières productions (du matin ou du soir) corrigée par un facteur troupeau.**

2.1.1.3. Utilisation de la méthode

- Étape 1 : calcul de la production attendue pour une vache

Comme évoqué précédemment, le calcul recommandé de la production attendue à la traite t du jour j est le suivant, sachant que n = 1 ou 2 en fonction du moment de la traite t (matin ou soir) :

$$\text{Production attendue (kg)} = \frac{\sum_{i=j-1}^{j-5} (P_n)_i}{5} \times \frac{PT_t}{\frac{\sum_{i=j-1}^{j-5} (PT_n)_i}{5}} \quad (1)$$

Avec :

P_n : poids de lait de la vache à la traite n (n=1 pour le matin et 2 pour le soir)

PT_t : production totale du troupeau à la traite t (traite à laquelle on réalise la vérification)

PT_n : production totale du troupeau à la traite n

- Étape 2 : calcul de la déviation par vache

Pour la traite t et pour chaque vache, la différence entre la production mesurée par le compteur à lait et la production attendue est calculée de la façon suivante :

$$\text{Déviation (kg)} = \text{Production mesurée (kg)} - \text{Production attendue (kg)} \quad (2)$$

- Étape 3 : calcul de la déviation par compteur pour la traite t

Pour chaque compteur, la déviation par traite est calculée de la façon suivante.

$$\text{Déviation (\%)} = \frac{\text{Somme des déviations par vache (kg) pour ce compteur}}{\text{Somme des productions attendues (kg) de ces vaches}} \times 100 \quad (3)$$

- Étape 4 : calcul de la déviation moyenne par compteur

La déviation moyenne par compteur est calculée à partir de la moyenne des déviations calculées à l'étape 3 et pour **les 10 dernières traites (traite t comprise).**

$$\text{Déviation moyenne (\%)} = \frac{\sum_{i=t-9}^t (\text{Déviation (équation 3)})_i}{10} \quad (4)$$

2.1.1.4. Règles de décision

Si la déviation moyenne du compteur à lait, calculée lors de l'étape 4, est de **+/- 3 %**, le réglage du CLEF est considéré comme bon.

Si la déviation dépasse ces limites, la vérification du CLEF doit être confirmée manuellement par un test de substitution ou un test au lait (lorsque le test de substitution n'est pas possible).

Si plus de 20 % des compteurs de l'installation sont détectés inaptes avec cette méthode, il est conseillé de procéder à une vérification manuelle (test à l'eau ou au lait) sur l'ensemble des CLEF de l'installation.

2.1.1.5. Conditions et recommandations d'utilisation

L'utilisation de cette méthode nécessite une identification électronique fiable. Il doit y avoir également une connexion entre les compteurs à lait de la salle de traite, les vaches identifiées et l'ordinateur centralisant les données.

Cette méthode peut être utilisée en remplacement de la vérification manuelle si elle est appliquée selon la description précédente et si l'installation comporte au moins 8 postes de traite. Dans le cas contraire, elle peut être utilisée uniquement comme outil d'aide à la détection de compteurs qui nécessitent de l'attention.

Avant 30 jours de lactation, les productions par vache ne sont pas assez stables pour estimer une production attendue de façon fiable. Les données de ces vaches là sont donc supprimées avant le calcul. Par conséquent, il est recommandé de ne pas l'appliquer pendant la période de vêlage, en cas de vêlages groupés. De même, les poids de lait nuls, ne sont pas pris en compte dans les calculs

Lors de l'étape 3, avant de calculer la déviation du compteur à lait, une déviation relative est calculée pour chaque vache à chaque traite (calcul (5) ci-dessous). Si le résultat de ce calcul est en dehors de +/- 30 %, les données de cet animal, pour cette traite ne sont pas prises en compte pour le calcul (3). On peut en effet considérer ici que l'écart entre production attendue et production mesurée est lié à l'animal et non au compteur.

$$\text{Déviation relative par vache (\%)} = \frac{\text{Production mesurée (kg)} - \text{Production attendue (kg)}}{\text{Production attendue (kg)}} \times 100 \quad (5)$$

2.1.1.6. Avantages, inconvénients et données nécessaires

Les avantages et inconvénients de cette méthode sont résumés dans le tableau 3 ci-dessous, ainsi que les données qu'il est nécessaire de récupérer pour pouvoir l'appliquer. L'avantage principal est la simplicité des calculs permettant d'envisager une programmation facile dans un outil informatique de terrain.

Tableau 3 : critique de la méthode basée sur la production attendue

Avantages		Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none">- Méthode efficace- Principe simple, facile à programmer dans un logiciel- Peu de données suffisent (10 jours)		<ul style="list-style-type: none">- Ne peut pas être utilisée pendant la période des vêlages en cas de vêlages groupés- Nécessite une identification fiable des animaux	
Données nécessaires			
Obligatoires		Facultatives	
<ul style="list-style-type: none">- N° de vache- Date et heure de traite- Poids de lait- N° du poste de traite		<ul style="list-style-type: none">- Stade de lactation- Production attendue (peut être recalculée avec les données obligatoires)	

2.1.1.7. Exemple d'application

Les données de l'exemple présenté ci-dessous proviennent d'une installation rotative de 28 postes et 155 vaches (ferme de l'INRA de Méjusse). Les calculs sont détaillés pour une vache (n°4044) puis pour un poste de traite (n°5).

- Etape 1 : calcul de la production attendue pour une vache

D'après le tableau 4 ci-dessous, le calcul de production attendue pour la vache 4044 à la traite t1 du 9 juin 2011 peut-être calculée de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{Production attendue (kg)} &= \frac{\sum_{i=4 \text{ juin}}^8 \text{ juin } (P_1)_i}{5} \times \frac{PT_1 \text{ du 9 juin}}{\sum_{i=4 \text{ juin}}^8 \text{ juin } (PT_1)_i} \\ &= \left(\frac{20,2 + 18,8 + 19,2 + 16,3 + 17,2}{5} \right) \times \frac{14,4}{\left(\frac{14,7 + 14,4 + 14,4 + 14,2 + 14,4}{5} \right)} \\ &= 18,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tableau 4 : production pour la vache n°4044 du 4 au 9 juin 2011

Date	Traite	Poids de lait mesuré (kg)	Poids de lait moyen du troupeau (kg)
2011-06-04	t ₁	P ₁ =20,2	PT ₁ =14,7
	t ₂	P ₂ =12,2	PT ₂ =9,5
2011-06-05	t ₁	P ₁ =18,8	PT ₁ =14,4
	t ₂	P ₂ =10,2	PT ₂ =8,6
2011-06-06	t ₁	P ₁ =19,2	PT ₁ =14,4
	t ₂	P ₂ =10,8	PT ₂ =9,1
2011-06-07	t ₁	P ₁ =16,3	PT ₁ =14,2
	t ₂	P ₂ =10,3	PT ₂ =9,1
2011-06-08	t ₁	P ₁ =17,2	PT ₁ =14,4
	t ₂	P ₂ =10,2	PT ₂ =8,6
2011-06-09	t ₁	P ₁ =18,4	PT ₁ =14,4
	t ₂	P ₂ =10	PT ₂ =8,4

5 jours précédents

Traite t1 :
Production attendue = 18,3 kg

- Etape 2 : calcul de la déviation par vache

Pour la vache n°4044, le 9 juin 2011 à la traite t1, d'après le tableau n°4 ci-dessus, la déviation se calcule de la manière suivante :

$$\begin{aligned} \text{Déviation vache n°4044 (kg)} &= \text{Poids de lait mesuré (kg)} - \text{Poids de lait attendu (kg)} \\ &= 18,4 - 18,3 = 0,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

Une déviation relative pour cette vache peut aussi être calculée pour décider de conserver ou non cette donnée dans la suite des calculs :

$$\begin{aligned} \text{Dév. rel. vache n°4044 (\%)} &= \frac{\text{Production mesurée (kg)} - \text{Production attendue (kg)}}{\text{Production attendue (kg)}} \times 100 \\ &= \frac{18,4 - 18,3}{18,3} \times 100 = 0,5 : \text{ donnée conservée} \end{aligned}$$

- Etape 3 : calcul de la déviation par compteur pour la traite t

Les calculs réalisés lors de l'étape précédente et pour plusieurs vaches permettent d'aboutir au tableau 5 ci-après.

Ainsi, pour le CLEF du poste de traite n°5 et la traite t1 du 9 juin 2011, la déviation du compteur à lait se calcule de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \text{Déviation (\%)} &= \frac{\text{Somme des déviations par vache (kg) pour ce compteur}}{\text{Somme des productions attendues (kg) de ces vaches}} \times 100 \\ &= \frac{0,1 + 0,3 - 0,9 + 1,5}{18,3 + 14,5 + 14,7 + 14,0} \times 100 = 1,6 \end{aligned}$$

La donnée de la vache 7122 étant supprimée en raison d'une déviation relative trop élevée (31,9 %).

- Etape 4 : calcul de la déviation moyenne par compteur

D'après le tableau 6 ci-après, on peut calculer la déviation moyenne pour le compteur n°5 sur les 10 dernières traites (du 26 juin au 30 juin 2011) :

$$\begin{aligned} \text{Déviation moyenne (\%)} &= \frac{\sum_{i=t1 \text{ du } 26 \text{ juin}}^{t2 \text{ du } 30 \text{ juin}} (\text{Déviation})_i}{10} \\ &= \frac{1,5 + 1,0 + 1,9 + 2,3 + 1,8 + 2,1 + 3,2 + 2,5 + 2,2 + 2,0}{10} \\ &= 2,0 : \text{CLEF APTE} \end{aligned}$$

La déviation CLEF n°5 sur les 10 dernières traite étant comprise entre +/- 3 %, celui-ci est apte pour du contrôle de performance lait officiel.

- Représentation graphique de l'évolution de la déviation

Une représentation graphique permet de visualiser l'évolution de la déviation dans le temps et de détecter certains évènements problématiques. Elle peut être réalisée sur une période plus longue que celle utilisée pour le calcul.

La figure 6a ci-dessous présente l'évolution de la déviation du compteur n°5 précédemment mentionné, du 1^{er} avril au 30 juin 2011. La déviation moyenne est presque toujours comprise entre les + et - 3 % autorisés, avec une variabilité normale. Ce graphique montre également que les vérifications manuelles au lait réalisées dans le même temps pour des besoins expérimentaux donnent des résultats comparables.

La figure 6b, présente l'évolution d'un autre compteur, celui du poste n°1. Dans ce cas, le compteur présente une déviation importante jusqu'à début mai (de -5 à -7 %), moment auquel il a été cassé par une vache lors d'une traite. Fin mai, ce compteur cassé a été changé par l'installateur, puis le nouveau compteur a été réglé convenablement. Toutes ces informations sont visibles sur le graphique. Les vérifications manuelles au lait réalisées dans le même temps, donnent des résultats du même ordre.

En utilisant cette méthode régulièrement sur cette installation, à chaque contrôle de performance par exemple, la déviation du compteur n°1 aurait été détectée bien avant la vérification périodique annuelle et la déviation aurait pu être corrigée plus rapidement.

D'autres exemples sont présentés en annexe 3 qui montrent que cette méthode est sensible à une variation ponctuelle du réglage du compteur.

Tableau 5 : données de la traite t1 du 9 juin 2011 pour le poste n°5

Vache n°	Production attendue (kg)	Déviations par vache (kg)	Déviations relatives par vache (%)
4044	18,3	0,1	0,5
7072	14,5	0,3	2,0
7138	14,7	-0,9	-6,5
7122	13,5	4,3	31,9
8541	14	1,5	10,7

Donnée supprimée

Tableau 6 : déviations du poste n°5 pour le mois de juin 2011

Date	Traite	Déviations (%)	Déviations moyennes sur 10 traites (%)
01/06/2011	t1	-0,9	
01/06/2011	t2	-5,6	
02/06/2011	t1	1,6	
02/06/2011	t2	7,3	
03/06/2011	t1	5,8	
03/06/2011	t2	5,1	
04/06/2011	t1	-2,6	
04/06/2011	t2	-1,4	
05/06/2011	t1	0,0	
05/06/2011	t2	2,2	1,9
06/06/2011	t1	-2,9	1,2
06/06/2011	t2	5,2	1,0
07/06/2011	t1	-2,3	2,0
07/06/2011	t2	2,9	1,6
08/06/2011	t1	0,5	1,2
08/06/2011	t2	2,7	0,7
09/06/2011	t1	1,6	0,4
09/06/2011	t2	-0,4	0,8
10/06/2011	t1	-3,7	0,9
10/06/2011	t2	7,0	0,6
11/06/2011	t1	-1,1	1,0
11/06/2011	t2	10,1	1,2
12/06/2011	t1	1,2	1,7
12/06/2011	t2	11,6	2,1
13/06/2011	t1	1,0	2,9
13/06/2011	t2	2,1	3,0
14/06/2011	t1	1,0	2,9
14/06/2011	t2	-2,9	2,9
15/06/2011	t1	0,6	2,6
15/06/2011	t2	-3,1	3,0
16/06/2011	t1	0,2	2,0
16/06/2011	t2	3,2	2,2
17/06/2011	t1	3,2	1,5
17/06/2011	t2	1,0	1,7
18/06/2011	t1	5,5	0,6
18/06/2011	t2	5,2	1,1
19/06/2011	t1	-2,2	1,4
19/06/2011	t2	1,1	1,1
20/06/2011	t1	1,7	1,5
20/06/2011	t2	4,4	1,6
21/06/2011	t1	4,2	2,3
21/06/2011	t2	-1,6	2,7
22/06/2011	t1	6,1	2,3
22/06/2011	t2	3,4	2,6
23/06/2011	t1	-2,7	2,8
23/06/2011	t2	-5,6	2,0
24/06/2011	t1	4,8	0,9
24/06/2011	t2	3,4	1,6
25/06/2011	t1	-3,5	1,8
25/06/2011	t2	6,6	1,3
26/06/2011	t1	-1,3	1,5
26/06/2011	t2	8,1	1,0
27/06/2011	t1	10,0	1,9
27/06/2011	t2	-1,6	2,3
28/06/2011	t1	0,4	1,8
28/06/2011	t2	5,2	2,1
29/06/2011	t1	-2,4	3,2
29/06/2011	t2	0,4	2,5
30/06/2011	t1	1,1	2,2
30/06/2011	t2	0,2	2,0

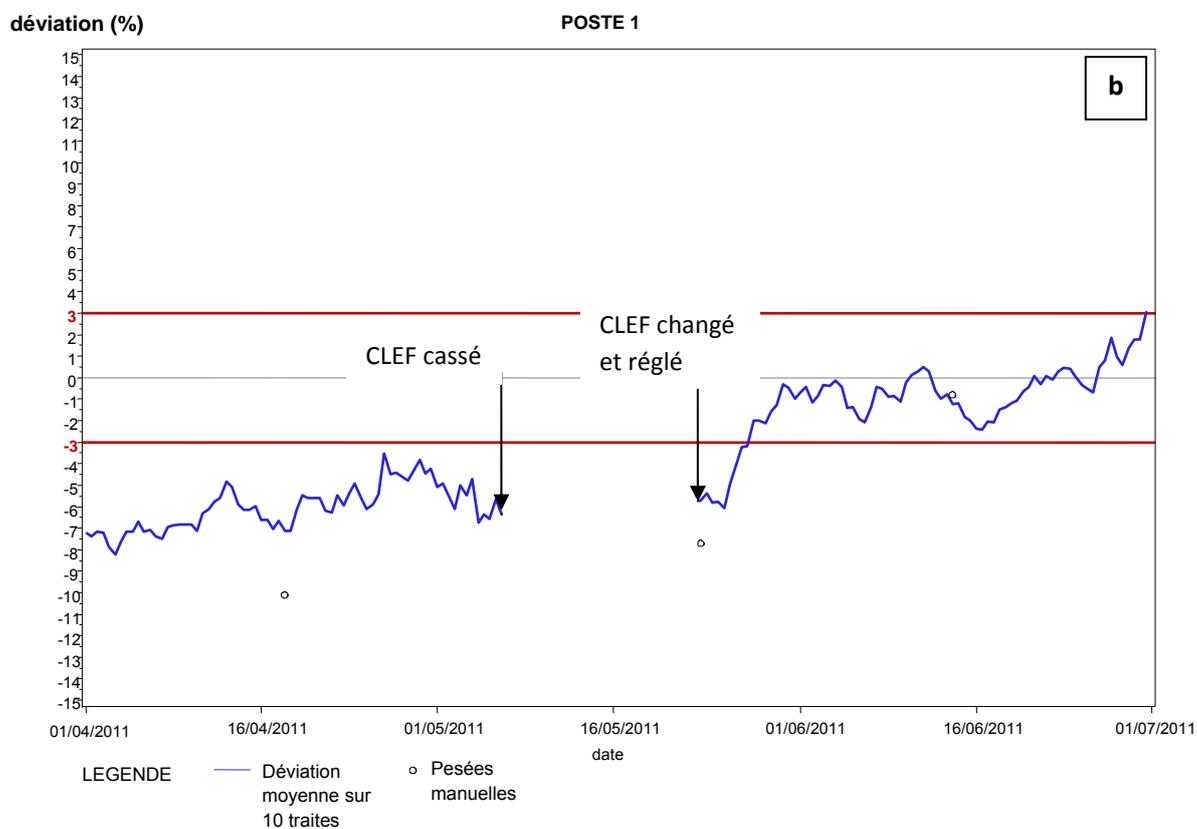
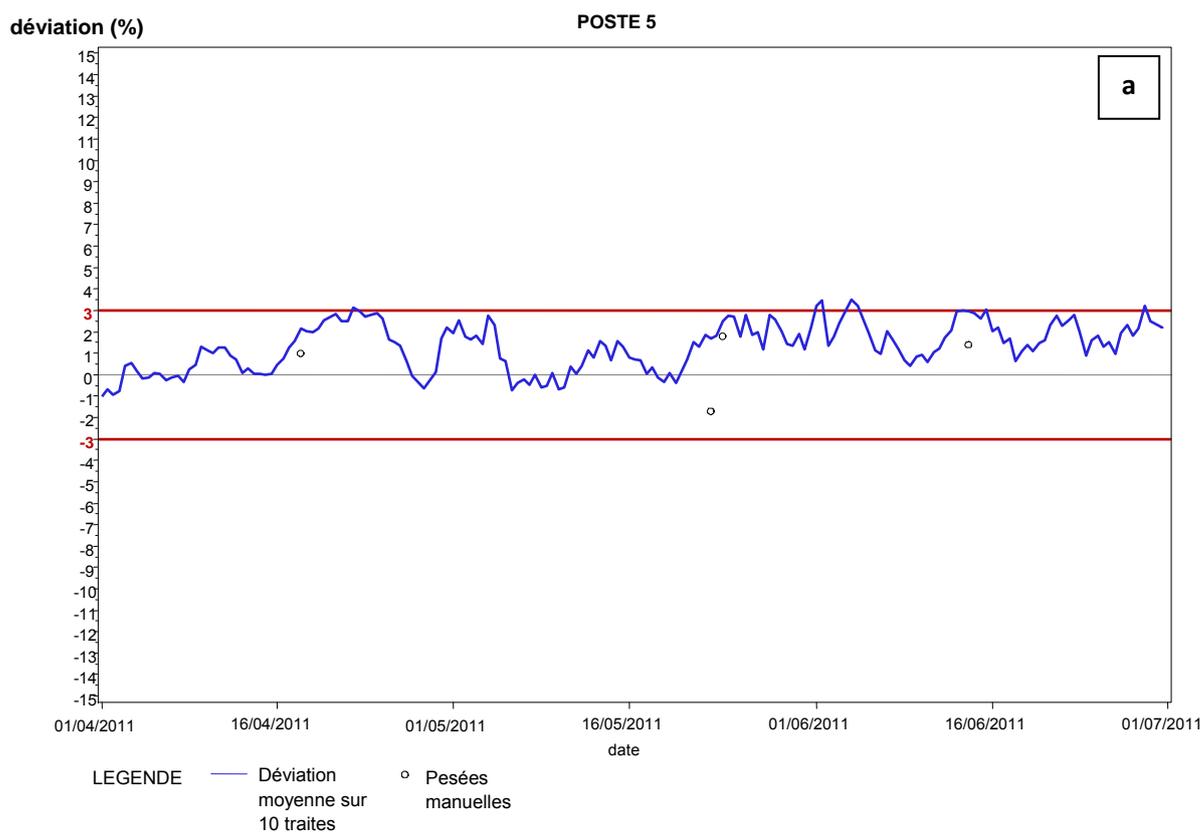


Figure 6 a et b : évolution de la déviation des postes 5 et 1 du 1er avril au 30 juin 2011

2.1.2. Utilisation du modèle de De Mol & André (2009)

2.1.2.1. Principe général

Le principe de ce modèle, schématisé en figure 7 ci-dessous, repose sur la production moyenne par poste. Lors d'une session de traite, la production moyenne par poste de traite, mesurée par le compteur à lait électronique est comparée à la production moyenne de tous les postes de l'installation. Cette comparaison est répétée pour plusieurs traites.

Lorsque la moyenne d'un poste p (Pm_p) diffère significativement de la moyenne globale (Pm_{inst}), le compteur à lait de ce poste est considéré comme dérégulé.

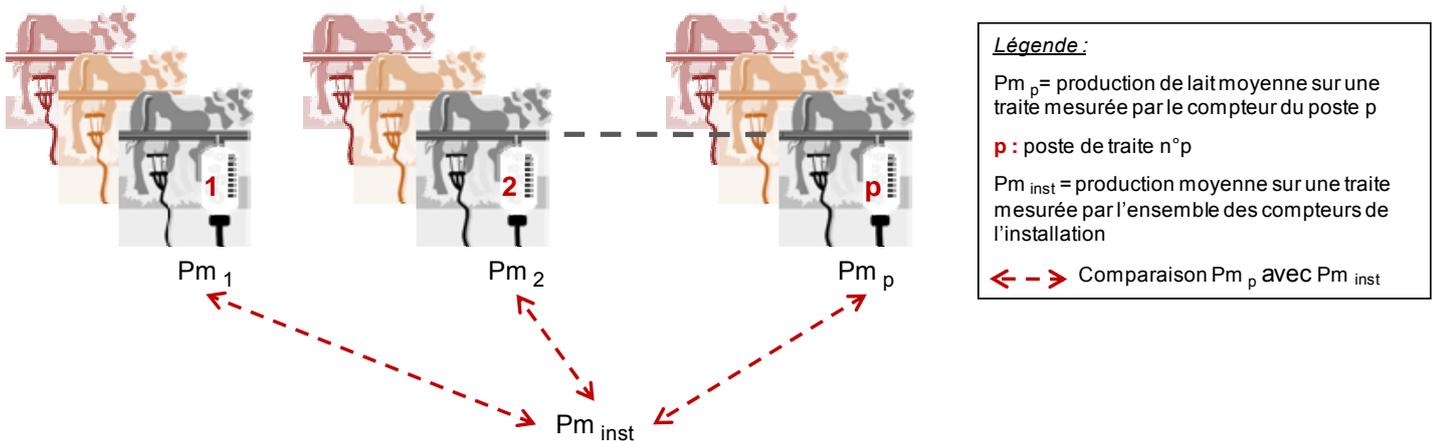


Figure 7 : Principe général du modèle de De Mol et André

2.1.2.2. Utilisation de la méthode

Cette méthode utilise un modèle dynamique linéaire (DLM, West & Harrison, 1989). Ce type de modèle est basé sur une comparaison par session de traite entre la moyenne des productions par poste avec la moyenne de tous les postes de traite. Le modèle est décrit ci-dessous :

$$\text{Déviation}_{sp} = Pm_{sp} - Pm_{inst} \quad (6)$$

Avec :

Déviation_{sp} : déviation pour le compteur du poste p et lors la session de traite s (kg)

Pm_{sp} : poids de lait moyen mesuré par le CLEF du poste p lors de la session de traite s (kg)

Pm_{inst} : poids de lait moyen mesuré par l'ensemble des CLEF de l'installation lors de la session de traite s (kg)

Il est convenu que la déviation du CLEF du poste n est un facteur de la moyenne des productions pour une session de traite. Par conséquent, l'équation (6) peut aussi s'écrire :

$$\text{Déviation}_{sp} = \mu_{sp} \times Pm_{inst} \quad (7)$$

Le facteur de déviation μ_{sp} sera proche de 0 si le compteur à lait fonctionne correctement, positif s'il surestime la production et négatif s'il la sous-estime.

Le détail des calculs utilisés dans ce modèle n'est pas expliqué ici. La description complète du modèle est détaillée en annexe 2.

2.1.2.3. Règles de décision

Une alerte est donnée par le modèle lorsque le facteur de déviation μ_{sp} est significativement différent de 0.

Lorsque c'est le cas, la vérification du compteur doit être confirmée manuellement par un test de substitution ou un test au lait (lorsque le test de substitution n'est pas possible).

Si plus de 20 % des compteurs de l'installation sont détectés inaptés avec cette méthode, il est conseillé de procéder à une vérification manuelle (test à l'eau ou au lait) sur l'ensemble des CLEF de l'installation.

2.1.2.4. Conditions et recommandations d'utilisation

L'utilisation de ce modèle nécessite la programmation de procédures spécifiques dans un logiciel statistique permettant d'analyser les DLM.

Son application n'est possible qu'en cas de connexion entre un ordinateur et les compteurs à lait de la salle de traite.

Ce modèle ne peut pas être utilisé si les animaux sont répartis sur les postes de traite par lots en fonction de leurs caractéristiques de production

Les poids de lait nuls, ne doivent pas être pris en compte dans l'analyse statistique, considérant qu'il ne s'agit pas de traites normales.

2.1.2.5. Avantages, inconvénients et données nécessaires

Les avantages et inconvénients de cette méthode sont résumés dans le tableau 7 ci-dessous, ainsi que les données qu'il est nécessaire de récupérer pour pouvoir l'appliquer. L'avantage principal de cette méthode est qu'il n'est pas nécessaire de connaître le numéro d'identification de l'animal qui est traité.

Ainsi, les élevages pour lesquels l'identification électronique des animaux n'est pas très fiable, ne sont pas exclus.

En revanche, la complexité du modèle utilisé et la nécessité d'utilisation d'un logiciel d'analyses statistiques, compliquent significativement son application et sa mise en œuvre sur le terrain.

Tableau 7 : critique du modèle de De Mol et André et données nécessaires à son application

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Méthode efficace- Ne nécessite pas de connaître le n° d'animal et donc d'avoir une identification fiable- Indépendant de la saison et du jour de vérification	<ul style="list-style-type: none">- Méthode complexe, nécessitant l'utilisation d'un logiciel d'analyse statistique- Une répartition aléatoire minimum des animaux pendant la traite est nécessaire- Non utilisable en cas de lots
Données nécessaires	
<ul style="list-style-type: none">- Date et heure de traite- Poids de lait- N° de poste de traite	

2.1.2.6. Exemple d'application

L'exemple présenté ici, qui est une application du modèle de De Mol & André, a été réalisé à l'aide du logiciel SAS (SAS, version 9.2) en utilisant la procédure UCM (Unobserver components modeling) qui permet de modéliser une série chronologique par le biais d'un DLM.

- Estimation de la tendance de la déviation

Dans le cas de la procédure UCM, la déviation est calculée et décomposée comme suit. Tous les éléments sont fonctions du temps :

$$Y_t = \mu_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

et

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \varepsilon'_{t-1} \quad (9)$$

Avec :

Y_t = Déviation moyenne du poste au temps t par rapport à la moyenne totale (série bruitée) (%)

μ_t = Composante de niveau (série lissée) ou tendance

ε_t = Erreur

La condition (8) décompose la série en deux composantes non observées : une composante de niveau μ_t et une composante irrégulière ε_t . La condition (9) quant à elle, fait l'hypothèse que la déviation (lissée) du poste par rapport à la moyenne de l'ensemble des postes est constante dans le temps à une erreur près.

Le modèle permet ainsi d'estimer la tendance de la déviation que l'on compare à 0. De plus, la procédure détecte les ruptures de tendance et fournit les dates de début de rupture.

Compte tenu de leur complexité, les calculs ne sont pas détaillés ici, seuls les graphiques de résultats sont présentés et commentés ci-après.

- Représentation graphique

Comme pour la méthode précédente, les données de l'exemple présenté ci-dessous proviennent de l'installation rotative de 28 postes de la ferme de l'INRA de Méjusseau.

La figure 8a présente la tendance de la déviation du compteur n°5 du 1^{er} avril au 30 juin 2011. Cette tendance est stable et comprise entre les limites de +/- 3% autorisées. Dans ce cas, pour une vérification réalisée le 30 juin 2011, le compteur serait considéré comme apte. Les vérifications manuelles au lait réalisées dans le même temps (points blancs sur le graphique) pour des besoins expérimentaux donnent des résultats équivalents. La tendance de la déviation estimée ici pour le CLEF n°5, correspond également à la déviation calculée avec la méthode précédente pour le même compteur à lait (figure 6a).

La figure 8b présente le même graphique mais pour un autre poste (n°1). Comme lors de l'application de la méthode précédente pour ce même compteur (figure 6b), on constate clairement que celui-ci était déréglé jusqu'à ce qu'il soit cassé, puis changé et réglé, fin mai. Là encore les résultats obtenus par l'intermédiaire de cette méthode correspondent aux pesées manuelles au lait. En effet, la déviation mesurée est contenue dans l'intervalle de confiance de la tendance de la déviation estimée ici.

Deux autres exemples sont présentés en annexe 4 et montrent que ce modèle est peu sensible à une variation ponctuelle contrairement à la méthode précédente. En effet, ici c'est la tendance générale de la déviation qui est représentée

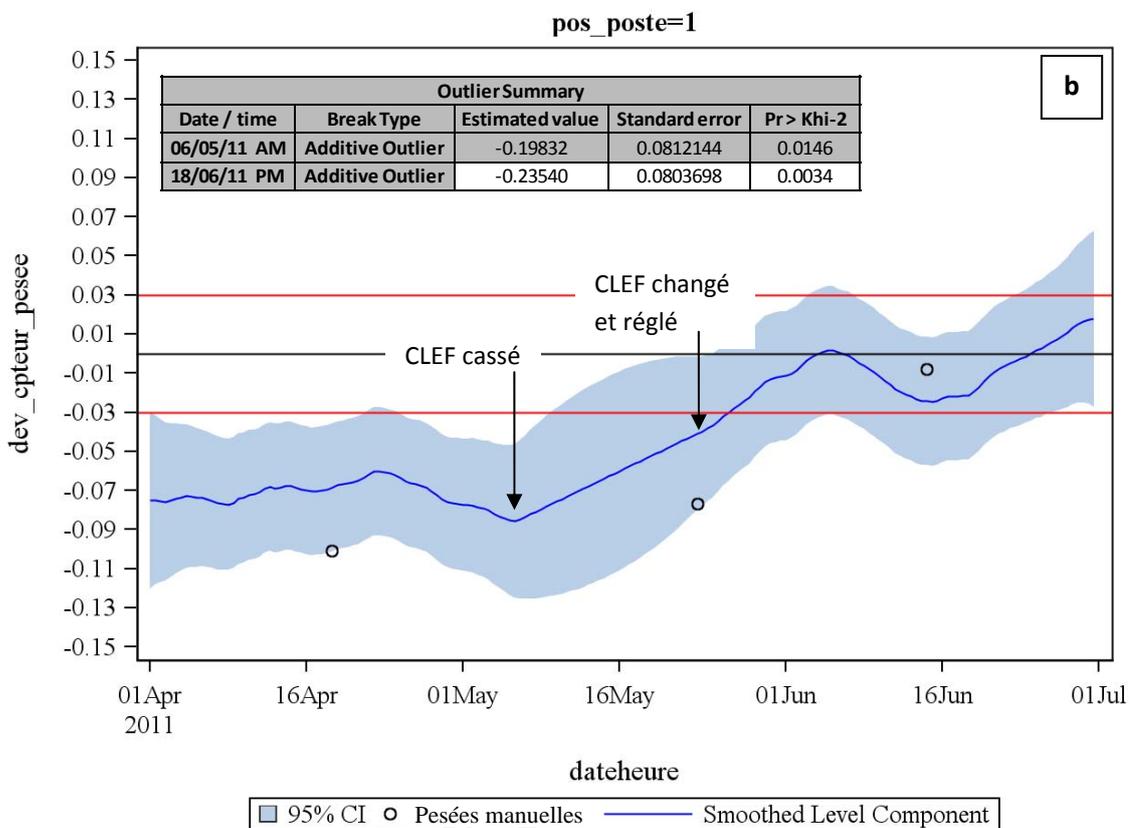
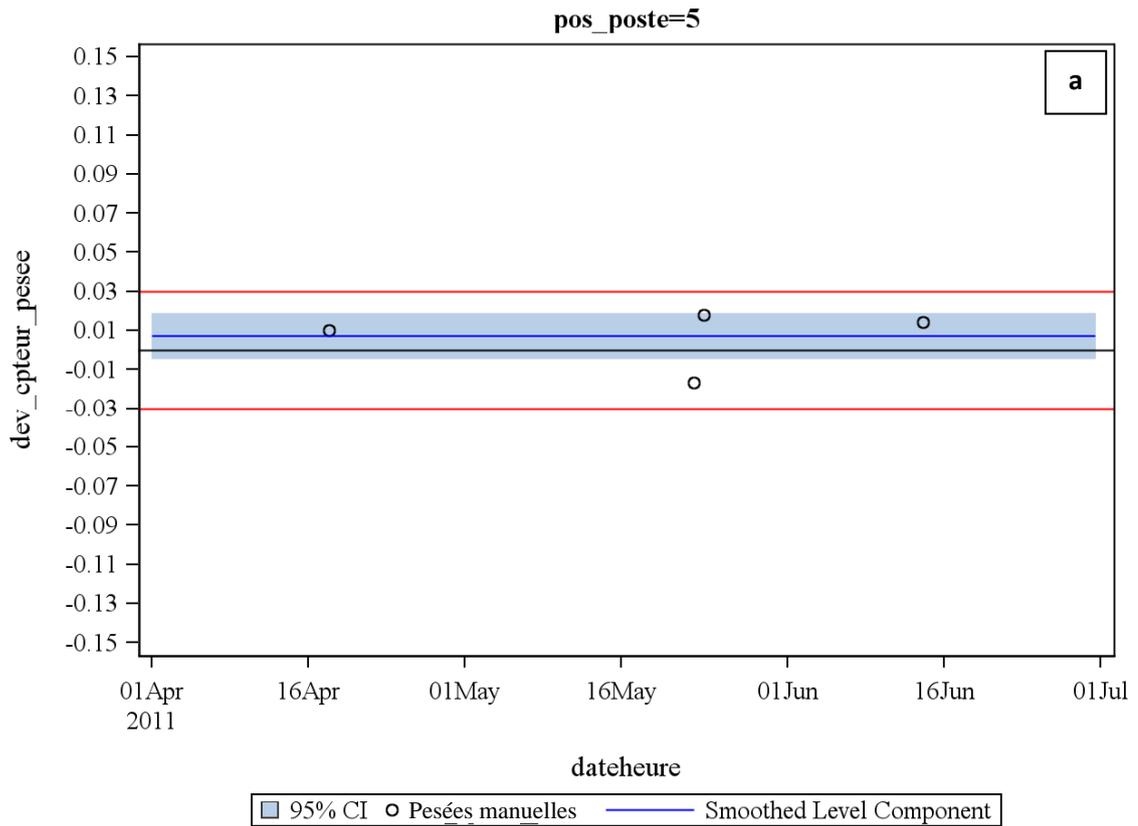


Figure 8 a et b : résultat de la procédure UCM de SAS pour les CLEF n°5 et 1

2.2. Les robots de traite

2.2.1. Robots de traite 1 stalle

2.2.1.1. Principe général

Le principe de cette méthode est schématisé ci-dessous en figure 9. Il consiste à comparer la quantité de lait collectée et mesurée par le laitier (PL_c) avec le lait produit entre deux passages du laitier et mesuré par le compteur à lait du robot de traite. Seul le lait envoyé au tank (PL_t) est utilisé pour cette comparaison. Le lait dévié (PL_d) ne pouvant pas être mesuré de manière simple et fiable.

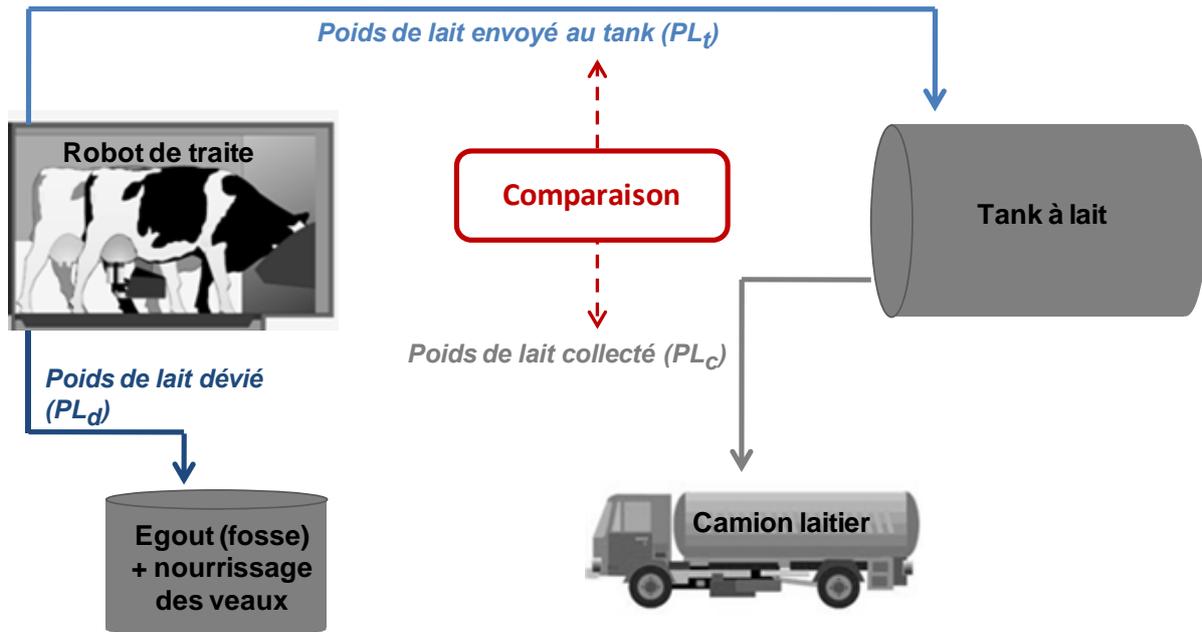


Figure 9 : Principe général de la méthode pour robot de traite

2.2.1.2. Utilisation de la méthode

- Etape 1 : calcul de la déviation du compteur à lait pour une collecte

Pour une collecte x , le calcul consiste à faire la somme des poids de lait mesurés par le compteur du robot et envoyés au tank depuis la dernière collecte $x-1$. Cette somme est ensuite comparée au poids de lait collecté lors de la collecte x .

$$\text{Déviation (\%)} = \frac{\sum_{i>x-1}^x (PL_t)_i - (PL_c)_x}{(PL_c)_x} \times 100 \quad (10)$$

- Etape 2 : calcul de la déviation moyenne sur les 3 dernières collectes

Une déviation moyenne est ensuite calculée pour les 3 dernières collectes. Pour cela, il est possible de réaliser une moyenne simple des 3 dernières déviations calculées lors de l'étape 1. Cependant, en pratique, il arrive que les collectes ne se fassent pas toujours à la même heure et parfois pas toujours dans les mêmes délais (1, 2 ou 3 jours), ce qui implique que le nombre de traites et de vaches concernées ne sont pas les mêmes d'une collecte à l'autre. Dans ce cas, il est recommandé de procéder au calcul suivant pour la déviation moyenne sur 3 collectes :

$$\text{Déviation moyenne (\%)} = \frac{\sum_{i>x-3}^x (PL_t)_i - \sum_{i=x-2}^x (PL_c)_i}{\sum_{i=x-2}^x (PL_c)_i} \times 100 \quad (11)$$

2.2.1.3. Règles de décision

Si la déviation moyenne du compteur à lait par rapport au tank est **de +/-3%**, le réglage du CLEF est considéré comme bon.

Si ce n'est pas le cas, une vérification manuelle au lait doit être effectuée pour confirmer cet écart et, le cas échéant, permettre de régler le compteur.

2.2.1.4. Conditions et recommandations d'utilisation

L'utilisation de cette méthode nécessite de connaître la destination du lait mesuré par le compteur à lait du robot de traite. De même la date et l'heure exacte de chaque collecte doit être connue. Avant de l'appliquer, il est conseillé de vérifier qu'aucune quantité de lait (consommation personnelle, veau, etc.) n'a été prélevée dans le tank entre 2 collectes.

La précision de la jauge du tank ainsi que le niveau de celui-ci doivent être vérifiés et agréés selon les normes en vigueur.

L'utilisation de cette méthode requiert la conversion du volume de lait contenu dans le tank en un poids. Pour cela, à 4°C, la densité utilisée doit être de 1,034.

Si elle est utilisée telle que précédemment, cette méthode peut remplacer la vérification manuelle tous les 6 mois. Cependant, pour une utilisation optimale, il est recommandé de l'appliquer plus souvent, par exemple à l'occasion de chaque contrôle de performance lait.

Cette méthode ne peut pas être appliquée pour une vérification initiale d'un compteur à lait de robot de traite. Elle peut servir d'outil de simplification du travail pour limiter le nombre de mesure, mais l'agrément doit être confirmé par des mesures manuelles.

2.2.1.5. Avantages, inconvénients et données nécessaires

Les avantages et inconvénients de cette méthode sont résumés dans le tableau 8 ci-dessous, ainsi que les données qu'il est nécessaire de récupérer pour pouvoir l'appliquer. Le principal avantage de cette méthode est sa simplicité d'utilisation et de mise en œuvre sur le terrain. En revanche, elle n'est pas applicable en tant que tel pour une installation de plusieurs robots de traite (cf. 2.2.2)

Tableau 8 : critique de la méthode de comparaison avec le tank à lait

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Méthode efficace- Principe simple, facile à programmer dans un logiciel- Peu de données suffisent (3 collectes)	<ul style="list-style-type: none">- Nécessite une identification fiable des animaux- Nécessite de connaître la date et surtout l'heure exacte de collecte dans le tank- N'est pas applicable pour une installation de plus d'un robot de traite
Données nécessaires	
<ul style="list-style-type: none">- N° de vache- Date et heure de traite- Poids de lait- Destination du lait (tank, égout, seau, etc.)- Date et heure de collecte du lait dans le tank- Volume de lait collecté	

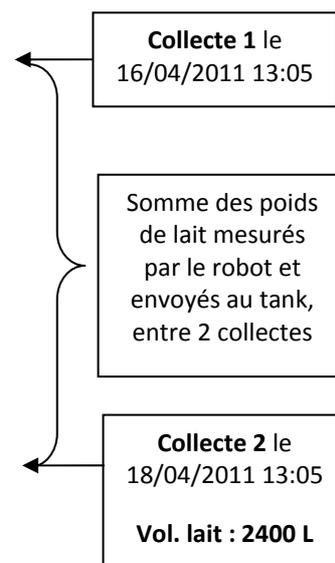
2.2.1.6. Exemple d'application

- Etape 1 : calcul de la déviation du compteur à lait pour une collecte

Le tableau 9 ci-dessous présente un exemple de données pouvant être exportées d'un robot de traite. Pour chaque animal, les informations concernant son n° d'identification, la date et l'heure de traite, le poids de lait et sa destination sont enregistrées.

Tableau 9 : Exemple de données enregistrées par un robot de traite entre 2 collectes

Début traite	Fin traite	N° Id	Poids lait (kg)	Destination lait
16/04/2011 12:31	16/04/2010 12:40	4	13,8	Tank
16/04/2011 12:40	16/04/2010 12:53	19	11,8	Tank
16/04/2011 13:29	16/04/2010 13:44	33	19,5	Tank
16/04/2011 13:44	16/04/2010 13:50	50	16,9	Drain
16/04/2011 13:51	16/04/2010 14:08	60	10,9	Tank
16/04/2011 14:08	16/04/2010 14:19	53	9,9	Tank
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
18/04/2011 11:40	17/04/2010 11:46	59	16,7	Tank
18/04/2011 11:46	17/04/2010 11:53	48	14,5	Tank
18/04/2011 11:53	17/04/2010 12:00	9	11,1	Drain
18/04/2011 12:21	17/04/2010 12:31	20	11,6	Tank
18/04/2011 12:31	17/04/2010 12:43	33	13,9	Tank
18/04/2011 13:25	17/04/2010 13:31	39	7,9	Tank



A partir du tableau précédent, il est possible de calculer facilement les différents éléments du calcul (10) présenté précédemment.

- Poids de lait collecté lors de la collecte 2 = $2400 \times 1,034 = 2481,6 \text{ kg}$
- Poids de lait mesuré entre les collectes 1 et 2 = $\sum_{i>1}^2 (PL_t)_i = 2475 \text{ kg}$
- **Déviation pour la collecte 2 (%) = $\frac{(2475 - 2481,6)}{2481,6} \times 100 = -0,3$**

L'application de ces calculs sur plusieurs collectes permet d'aboutir aux résultats présentés ci-dessous :

Tableau 10 : calculs de déviation réalisés sur plusieurs collectes

N° de collecte	Date de collecte	Heure de collecte	Volume collecté (l)	Poids de lait dans le tank (kg)	Somme des poids lait mesurés par le compteur et envoyés au tank (kg)	Déviation (%)
1	16/04/2011	13:05	/	/	/	/
2	18/04/2011	13:05	2400	2481,6	2475	-0,3
3	20/04/2011	13:05	2494	2578,8	2575	-0,2
4	22/04/2011	13:05	2434	2516,8	2509,6	-0,3
5	24/04/2011	13:05	2321	2399,9	2389,1	-0,5
6	26/04/2011	13:05	2364	2444,4	2424,9	-0,8

- Etape 2 : calcul de la déviation moyenne sur les 3 dernières collectes

A partir du tableau 10 précédent, il est possible de calculer facilement les différents éléments du calcul (11) présenté précédemment.

- Somme des poids de lait collectés lors des 3 dernières collectes (4 à 6) = 2516,8 + 2399,9 + 2444,4 = 7361,1 kg
- Somme des poids de lait envoyés au tank et mesurés par le compteur entre les collectes 3 et 6 = 2509,6 + 2389,1 + 2424,9 = 7323,6 kg
- **Déviation moyenne (%) = $\frac{(7323,6 - 7361,1)}{7361,1} \times 100 = -0,5$: CLEF APTE**

- Représentation graphique de l'évolution de la déviation dans le temps

Une représentation graphique permet de visualiser l'évolution de la déviation par rapport au tank à lait et de détecter certains événements problématiques. Elle peut être réalisée sur une période plus longue que celle utilisée pour le calcul.

Ainsi, la figure 10a présente l'évolution de l'exemple précédemment traité, sur 5 collectes. Dans ce cas, la déviation est quasi nulle et régulière.

La figure 10b présente l'évolution de la déviation d'un autre compteur et sur une période plus longue (6 mois). Dans ce cas, le compteur était correctement réglé jusqu'à fin avril. A partir de cette période, il s'est dérégulé brutalement pour une raison inexplicée, avant d'être réglé par un technicien fin juin 2011. On constate également que la méthode appliquée ici donne des résultats équivalents aux vérifications manuelles au lait réalisées dans le même temps.

2.2.2. Robots de traite multi-stalles

A l'heure actuelle, la méthode précédente n'est applicable que pour les installations équipées d'un seul robot de traite. En effet, pour les installations de traite multi-stalles, le lait issu de plusieurs robots se retrouve dans le même tank.

Cela pose plusieurs problèmes :

- Si un écart est constaté entre le lait mesuré par l'ensemble des compteurs et le lait collecté dans le tank, il n'est pas possible de savoir d'où provient l'écart sans faire de mesure manuelle sur tous les CLEF.
- Si aucun écart n'est constaté, cela ne veut pas dire qu'il n'y pas de compteur à lait dérégulé. En effet, les déviations peuvent se compenser entre plusieurs CLEF.

Par conséquent, dans le cas d'une installation de traite comprenant plusieurs robots, cette méthode ne peut pas remplacer la vérification manuelle. En revanche, elle peut être utilisée comme outil pour un suivi plus régulier, par exemple avant chaque contrôle de performance lait.

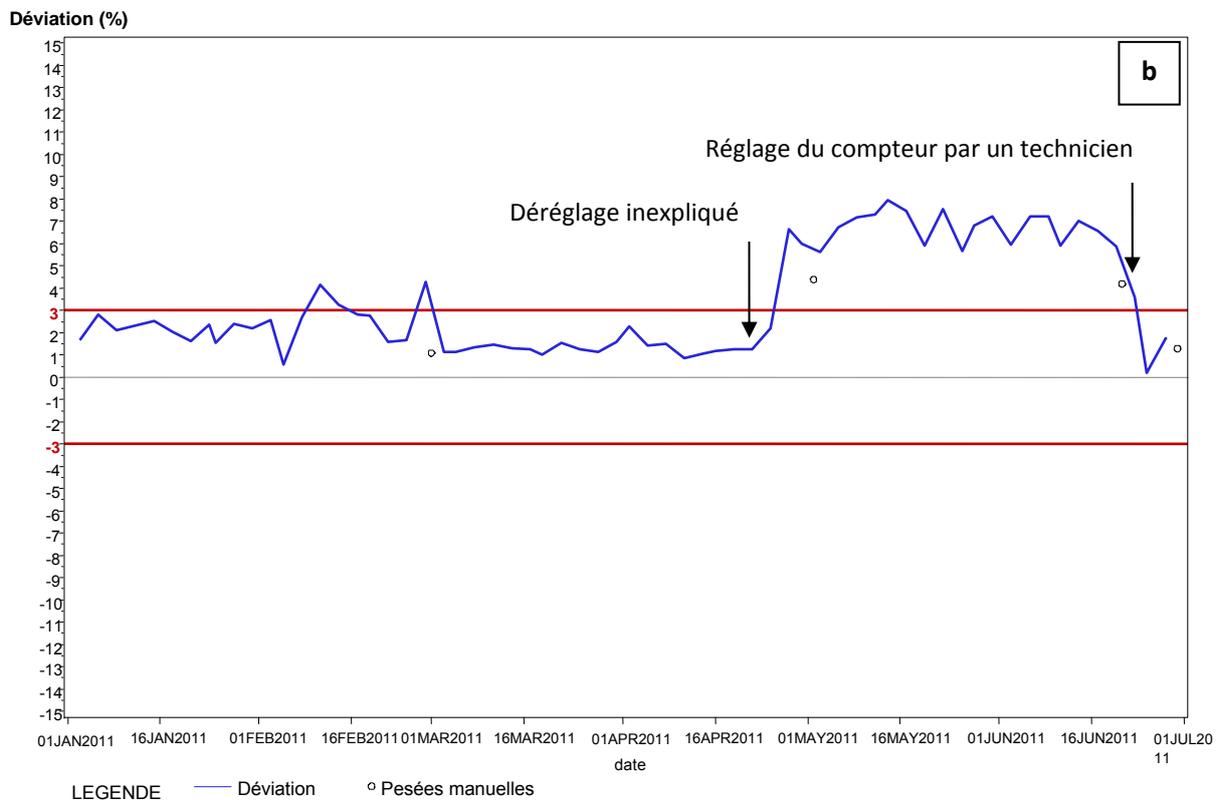
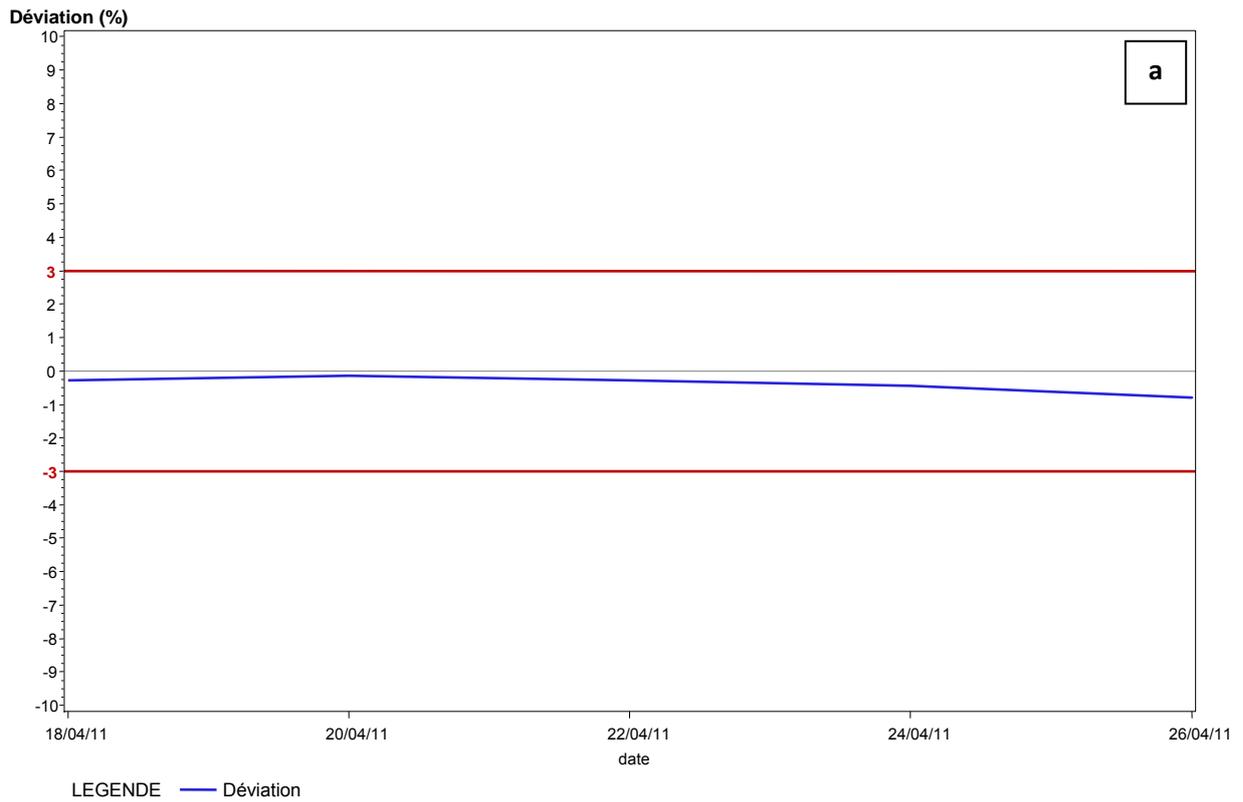


Figure 10 a et b : représentations graphiques de la déviatiion d'un CLEF de robot de traite

2.3. Possibilité de vérification à distance

Les méthodes présentées précédemment donnent de bons résultats et permettent de limiter les opérations manuelles, que ce soit pour des installations de traites classiques, rotatives ou des robots de traites. Cependant, leur utilisation, pour être appliquée et déployée facilement, doit être encore optimisée. Une des pistes possible est de valoriser les outils d'échange de données à distance afin d'automatiser la chaîne d'opération à réaliser.

2.3.1. Le logiciel Ori-Automate : échange dans les deux sens avec les salles de traite informatisées et les robots de traite

Le principe de fonctionnement du logiciel Ori-Automate, développé par France Conseil Elevage est schématisé en figure 11 ci-dessous. Il permet d'échanger des informations entre les logiciels des constructeurs d'automates (robot de traite, salle de traite, distributeur automatique d'aliment, etc...) installés chez l'éleveur et les logiciels du réseau Conseil Elevage (SIEL, SIEL BZH, Eclat, TGLait et Osmose).

Pour ce faire, le logiciel Ori-Automate est installé sur l'ordinateur de l'éleveur. L'échange de données se fait entre le logiciel géré par l'automate et les systèmes définis par chaque organisme de conseil en élevage : logiciel d'un technicien ou d'un éleveur, ces logiciels étant utilisés soit en autonome (hors ligne) soit en ligne, en connexion avec un serveur distant.

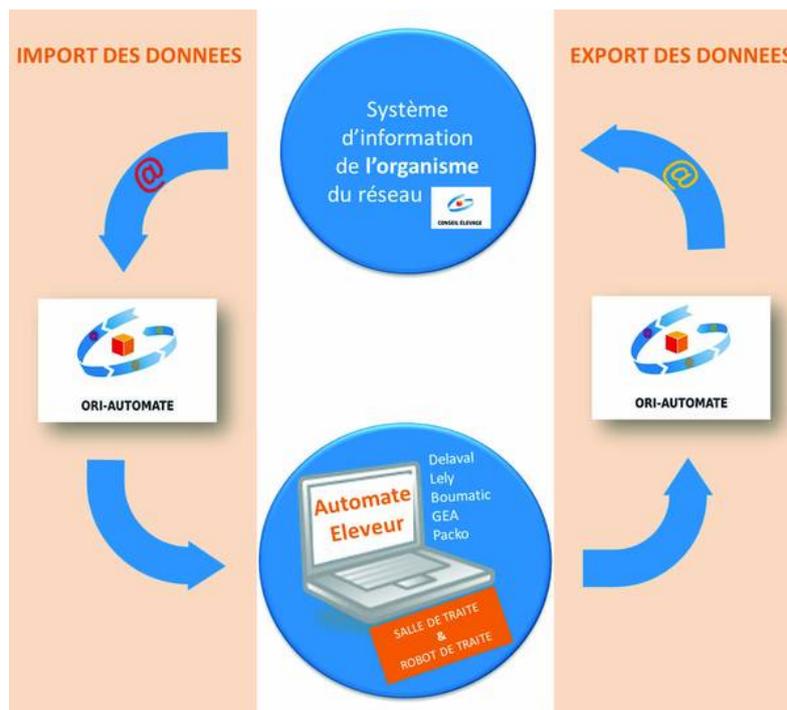


Figure 11 : principe de fonctionnement du logiciel Ori-Automate (FCEL)

Ce logiciel permet ainsi d'échanger des données de façon homogène et harmonisée, quel que soit le constructeur de robot ou de salle de traite. Le traitement de ces données, quel qu'il soit, est donc facilité.

2.3.2. Valorisation pour la vérification des CLEF à distance

Cet outil, dont la fonction première est d'alimenter les logiciels de conseil en élevage, pourrait être valorisé aussi pour la vérification et le suivi de la précision des compteurs à lait de salles de traite informatisées et de robots de traite.

Ainsi, la figure 12 ci-dessous présente la possibilité de récupérer à distance les données de traite (poids de lait, n° d'animal, n° de poste de traite, date et heure de traite, etc.) à partir du logiciel constructeur sur le PC de l'éleveur et via le logiciel Ori-Automate. Ces données, une fois sur le PC du technicien, seraient traitées dans un algorithme utilisant les méthodes décrites précédemment et permettant de déterminer si les compteurs à lait sont déréglés ou non.

L'utilisation de ce type d'outil présente plusieurs avantages :

- Le technicien ne se déplace que lorsque cela est réellement nécessaire. Il pilote à distance et décide de donner l'agrément à l'installation de traite ou de se rendre sur place si besoin. L'idée sous-jacente étant de mieux répartir ce travail de vérification des CLEF en fonction des besoins.
- La vérification peut se faire plus facilement et donc plus fréquemment qu'une ou deux fois par an. L'idéal étant de la réaliser avant ou à l'issue de chaque contrôle de performance lait.
- Cela permet de se rendre sur place dès qu'un problème est constaté et de ne pas attendre la date anniversaire de la vérification périodique. En effet, aujourd'hui si un CLEF est déréglé 1 mois après la vérification périodique, ce problème ne sera détecté que lors de la vérification suivante, soit 11 mois plus tard (ou 5 mois pour les robots de traite).
- Enfin, cela valorise les outils de l'éleveur (PC, logiciels, identification électronique, etc.) et donne une image plus moderne de l'activité de vérification des compteurs à lait électronique de ferme.

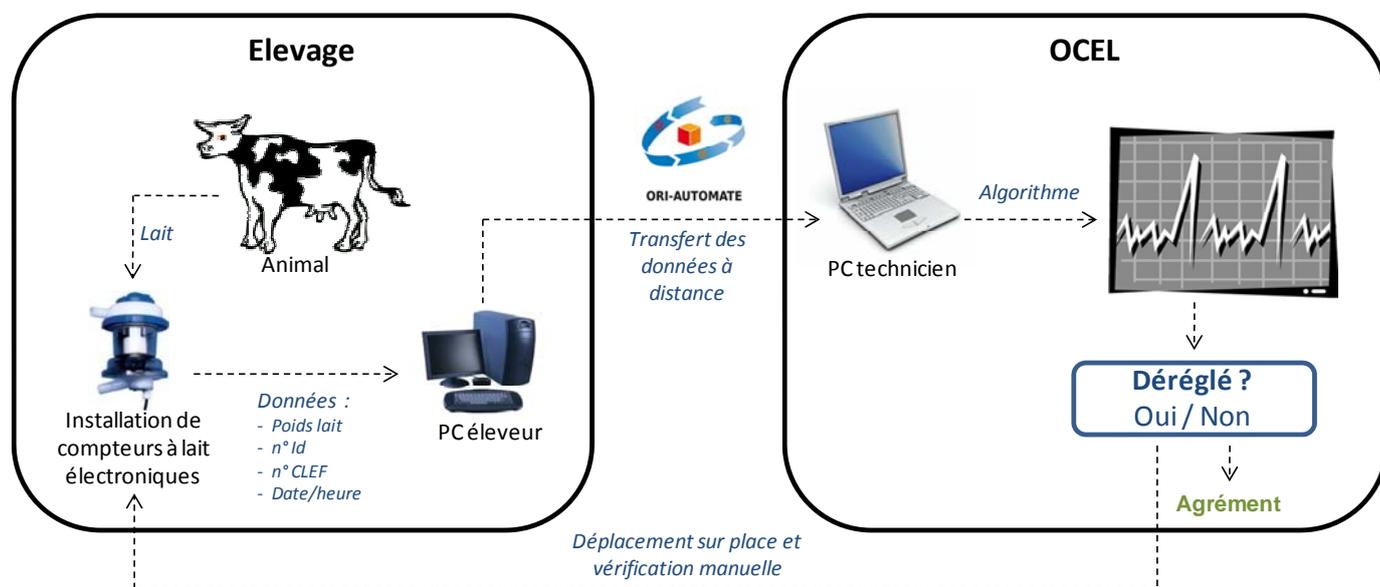


Figure 12 : Valorisation des logiciels d'échange de données à distance (exemple d'Ori-Automate de FCEL)

3. Conclusion et perspectives

3.1. Limites d'utilisation

Si les méthodes alternatives présentées en partie 2 de ce document fonctionnent bien pour les salles de traite « classiques » de moyennes ou grandes tailles et pour les robots de traite 1 stalle, elles ne sont pas adaptées pour tous les types d'installations.

En effet, les salles de traite de moins de 8 postes et les robots de plus d'une stalle ne sont aujourd'hui pas adaptées aux méthodes décrites précédemment (elles pourront toutefois les utiliser comme outils de suivi). De même, les installations de traites équipées de compteurs à lait, mais sans identification électronique ni lien avec un ordinateur, ne pourront pas bénéficier de ces méthodes de vérification par monitoring. Enfin, ces solutions doivent remplacer ou compléter les vérifications périodiques et non les vérifications initiales. Le nombre de compteurs mal réglés lors de l'installation, s'il est trop élevé, risque en effet de fausser les méthodes décrites.

Ainsi, même si des solutions existent, elles ne correspondent pas à 100% des installations de traite équipées de compteurs à lait électroniques.

Ces méthodes alternatives doivent être utilisées pour simplifier et améliorer les contrôles de routine. Elles n'effaceront pas pour autant les besoins d'entretien et de suivi technique des installations de CLEF.

3.2. Guidelines ICAR 2012

Les méthodes présentées ici, seront incluses dans la prochaine version des Guidelines ICAR en 2012. Elles viendront en complément des procédures de vérification manuelles au lait ou à l'eau appliquées aujourd'hui pour les vérifications périodiques des CLEF.

Les méthodes listées précédemment, ainsi que dans les guidelines, ne sont pas exhaustives. En effet, les constructeurs de compteurs à lait électroniques, les organismes de contrôle de performances ou les développeurs de logiciels agricoles seront libres de proposer d'autres méthodes, basées ou non sur les principes décrits ici. Elles devront bien sûr être agréées par ICAR avant d'être appliquées.

3.3. Déploiement et application en France

L'objectif est d'appliquer ces méthodes alternatives de vérification des CLEF à partir de mi-2012, le temps de développer un outil informatique adéquat. Le cas des salles de traite multi postes et des robots de traite ne seront pas traités dans le même outils et seront déployés séparément.

Une période test jusqu'à fin 2012 devra permettre aux utilisateurs de s'appropriier ces outils et de mettre en place l'organisation nécessaire dans les OCEL.

Comme indiqué précédemment, ces méthodes viendront en compléments des vérifications manuelles réalisées aujourd'hui. Elles ne seront pas obligatoires mais proposées comme une solution d'allègement et de modernisation des procédures actuelles.

Annexes

Annexe 1 : Différents types de calcul de la production attendue

Tableau 1 : présentation de différents calculs possibles de production attendue pour une vache à la traite t du jour j

1	<p>Production moyenne calculée sur les x derniers jours avec prise en compte l'intervalle depuis la traite t-1 :</p> $\left(\frac{\sum_{i=j-x}^{j-1} (P_1 + P_2)_i}{x} \right) \times \text{temps depuis la traite } t-1$
2	<p>Production moyenne calculée sur les x derniers jours avec prise en compte de l'intervalle depuis la traite t-1 et corrigée par un facteur troupeau :</p> $\left(\frac{\sum_{i=j-x}^{j-1} (P_1 + P_2)_i}{x} \right) \times \text{temps depuis la traite } t-1 \times \frac{PT_t}{\left(\frac{\sum_{i=j-x}^{j-1} (PT_1 + PT_2)_i}{x} \right) \times \text{temps depuis la traite } t-1}$
3	<p>Production moyenne calculée sur les x dernières traite du matin <u>ou</u> du soir (n= 1 ou 2) :</p> $\frac{\sum_{i=j-x}^{j-1} (P_n)_i}{x}$
4	<p>Production moyenne calculée sur les x dernières traite du matin <u>ou</u> du soir (n=1 ou 2) et corrigée par un facteur troupeau :</p> $\frac{\sum_{i=j-x}^{j-1} (P_n)_i}{x} \times \frac{PT_t}{\frac{\sum_{i=j-x}^{j-1} (PT_n)_i}{x}}$

Avec :

P_1 et P_2 : poids de lait de la vache v à la traite 1 (matin) ou 2 (soir)

PT_1 et PT_2 : production totale du troupeau à la traite 1 ou 2.

PT_t : production totale du troupeau à la traite t

x : nombre de jours ou de traites précédents le jour j ou la traite t

Tableau 2 : corrélations entre les différents types de production attendue et la production mesurée par les CLEF (données récoltées sur une installation rotative de 28 postes, 155 vaches et pendant 6 mois)

Calcul de production attendue	X=5	X=7	X=10	Nb de traites
1	0,946	0,947	0,948	52191
2	0,954	0,956	0,957	52191
3	0,935	0,936	0,935	53276
4	0,957	0,958	0,958	53276

Annexe 2 : détail du modèle de De Mol & André (2009)

This method uses a Dynamic Linear Model (DLM, West & Harrison, 1989).

The average milk yield per stand and milking session is calculated over all milkings on that stand. The resulting stand average is compared with the overall average. The deviation will be close to zero for a properly working meter. A DLM is based on a comparison per milking session of the average per stand with the overall average. This model is described here:

$$\mathbf{Deviation}_{ms} = \mathbf{AveYield}_{ms} - \mathbf{AveYield}_m \quad (1)$$

with:

$\mathbf{Deviation}_{ms}$: deviation for milking session m and stand s (kg)

$\mathbf{AveYield}_{ms}$: average milk yield for milking session m and stand s (kg)

$\mathbf{AveYield}_m$: average milk yield for milking session m (kg)

It is assumed that the stand deviation is a factor relative to the average milk yield for a milking session:

$$\mathbf{Deviation}_{ms} = \mu_{ms} \times \mathbf{AveYield}_m \quad (2)$$

The stand deviation factor μ_{ms} will be close to zero if the milk meter is recording correctly, positive if the milk meter recordings are too high or negative if the milk meter recordings are too low.

A formulation with an observation equation and system equation is needed for the application of DLM (Dynamic Linear Model).

The observation equation is:

$$\mathbf{Y}_t = \mathbf{F}_t' \boldsymbol{\theta}_t + \mathbf{v}_t, \quad \mathbf{v}_t \sim N[0, \mathbf{V}_t] \quad (3)$$

with:

\mathbf{Y}_t : observation vector

$\boldsymbol{\theta}_t$: parameter vector describing the state of the system

\mathbf{F}_t : design matrix describing the relation between the state and the observation

\mathbf{v}_t : observational error

The system equation is:

$$\boldsymbol{\theta}_t = \mathbf{G}_t \boldsymbol{\theta}_{t-1} + \boldsymbol{\omega}_t, \quad \boldsymbol{\omega}_t \sim N[0, \mathbf{W}_t] \quad (4)$$

with:

\mathbf{G}_t : system matrix, describing the relation between the current and the previous state parameters

$\boldsymbol{\omega}_t$: system error

This model is applied for each stand s and milking session m ($t \equiv m$) with the following implementation:

$\mathbf{Y}_m = \mathbf{Deviation}_{ms}$ the observed deviation for stand s and milking session m (kg)

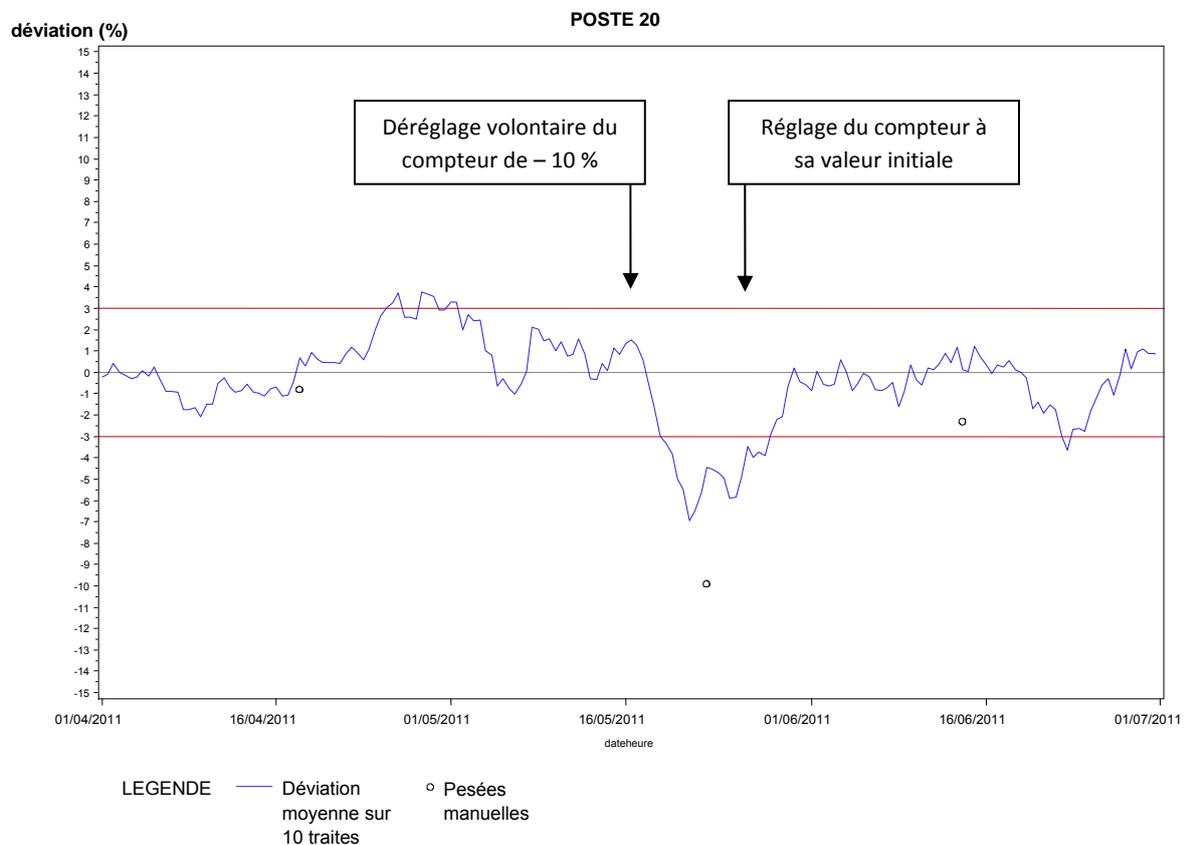
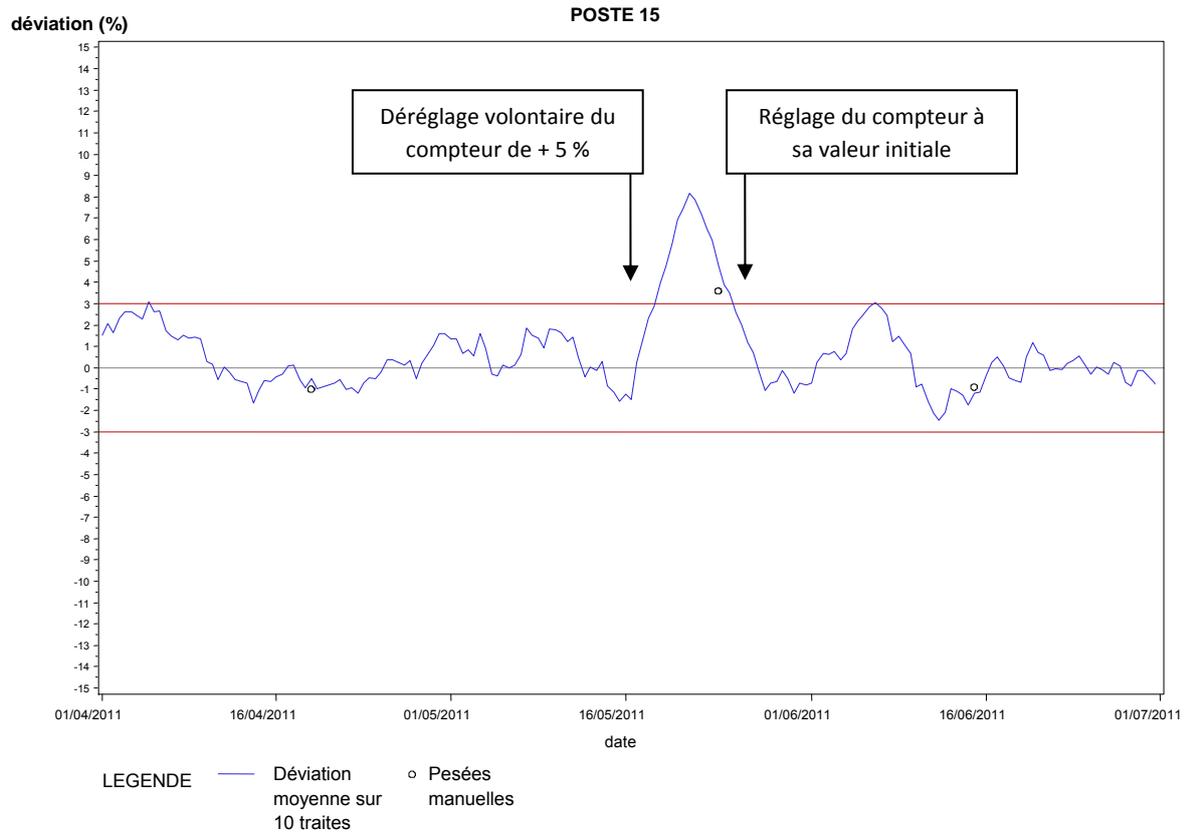
$\boldsymbol{\theta}_m = \mu_{ms}$ the stand deviation factor

$\mathbf{F}_m = \mathbf{AveYield}_m$ average milk yield for milking session m (kg)

$\mathbf{G}_m = \mathbf{I}$ identity matrix, assuming that the state is locally constant

With this implementation, the observation equation (3) states that the stand deviation factor of the overall average is observed. The system equation (4) states that it is expected that the factor does not change in time. The model estimates the stand deviation factor per stand after each milking session.

Annexe 3 : résultats d'application de la méthode basée sur la production attendue pour 2 postes déréglés volontairement



Annexe 4 : résultats d'application de la méthode basée sur le modèle de De Mol & André pour 2 postes déréglés volontairement

