

Juin 2013

Compte-rendu 00 13 38 037

Département Qualité des élevages et des produits

Service Santé et bien-être des ruminants, qualité des produits laitiers

Cécile LAITHIER, Paul OSZUST

COLLECTION RÉSULTATS

# Mise à jour du guide d'appui technique sur *Pseudomonas* en production laitière fermière : capitalisation de l'existant et recueil des besoins



INSTITUT DE  
L'ÉLEVAGE



FranceAgriMer



# **Mise à jour du guide d'appui technique sur *Pseudomonas* en production laitière fermière : capitalisation de l'existant et recueil des besoins**

**Rapport final 00 13 38 037**

**Rédaction du rapport : Cécile LAITHIER et Paul OSZUST (Institut de l'Elevage)**

**Cette étude a été conduite avec le soutien financier de FranceAgriMer.**

**Réf : SIVAL NL : 2012-0590**

**Juin 2013**

**Les travaux de ce rapport ont bénéficié de l'appui et des avis des participants au comité de pilotage du projet :**

- Philippe Roussel, Yves Lefrileux et Sabrina Raynaud (Institut de l'Élevage),
- Sylvie Morge (PEP Caprin Rhône Alpes),
- Françoise Leriche (VetAgro-Sup),
- Marion Pétrier (CTFC),
- Emilien Fatet (Actilait),
- Guillemette Allut (Centre Fromager de Bourgogne),
- Agnès Chabanon (FRESYCA),
- Hélène Tormo (El-Purpan),
- Julie Barral (LRE)

INTRODUCTION GENERALE .....	5
<b>PARTIE 1 : CAPITALISATION DE L'EXISTANT .....</b>	<b>7</b>
1. LES <i>PSEUDOMONAS</i> : CONSEQUENCES D'UNE CONTAMINATION DANS LES FROMAGES ET CARACTERISTIQUES.....	8
2. IMPORTANCE ET VARIABILITE DES <i>PSEUDOMONAS</i> DANS LES LAITS CRUS .....	12
3. LES SOURCES D'ENSEMENCEMENT DES LAITS EN BACTERIES .....	15
4. LA FORMATION DE BIOFILMS BACTERIENS .....	19
5. LES OUTILS D'APPUI TECHNIQUE POUR LA GESTION DE L'ACCIDENT <i>PSEUDOMONAS</i> .....	22
6. LA REGLEMENTATION SUR LA QUALITE "DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE" ET SUR LES PROCEDES ET PRODUITS DE TRAITEMENT DE L'EAU .....	26
7. LES SOLUTIONS DE TRAITEMENT DE L'EAU POUR UN OBJECTIF DE DESINFECTION : PRESENTATION ET DOMAINES D'APPLICATIONS.....	27
<b>PARTIE 2 : MATERIELS ET METHODES .....</b>	<b>37</b>
1. ENQUETE QUALITATIVE AUPRES DES TECHNICIENS FROMAGERS EN FROMAGERIE FERMIERE.....	38
2. LES TESTS D'EFFICACITE DES SYSTEMES UV ET PEROXYDE D'HYDROGENE POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU A LA STATION EXPERIMENTALE DU PRADEL .....	43
3. LES SUIVIS D'EXPLOITATIONS AYANT INSTALLE UN SYSTEME DE TRAITEMENT DE L'EAU PAR PEROXYDE D'HYDROGENE .....	47
<b>PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>51</b>
<b>1ERE PARTIE DES RESULTATS : INTERPRETATION DE L'ENQUETE AUPRES DES TECHNICIENS.....</b>	<b>52</b>
1. LA TYPOLOGIE POST-ENQUETE DES TECHNICIENS .....	52
2. LES DIFFERENCES ET LES SIMILITUDES ENTRE LES TROIS GROUPES DE TECHNICIENS.....	57
3. L'UTILISATION DE LA DOCUMENTATION .....	59
4. RESUME DES GROUPES DE TECHNICIENS ET DE LEURS CARACTERISTIQUES .....	60
5. DEMARCHE D'INTERVENTION DES TECHNICIENS PLF.....	61
6. RESUME DES DEMARCHES D'INTERVENTION DES GROUPES DE TECHNICIENS.....	72
7. L'EVALUATION PAR LES TECHNICIENS DE L'EFFICACITE DE LEURS INTERVENTIONS D'APPUI TECHNIQUE POUR LE PROBLEME <i>PSEUDOMONAS</i> .....	73
8. EVALUATION, AMELIORATION DES OUTILS D'APPUI TECHNIQUE ET LES BESOINS DES TECHNICIENS....	75
9. L'EXPERIENCE DES TECHNICIENS SUR LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE TRAITEMENT DE L'EAU DANS LES EXPLOITATIONS.....	81
10. L'ACCIDENT DU AUX <i>PSEUDOMONAS</i> VECU PAR LES PRODUCTEURS, DU POINT DE VUE DES TECHNICIENS .....	83
CONCLUSION GENERALE SUR L'ENQUETE .....	88
<b>IIEME PARTIE DES RESULTATS : LES EXPERIMENTATIONS A LA STATION EXPERIMENTALE DU PRADEL ....</b>	<b>90</b>
1. LA CONTAMINATION INITIALE DE L'EAU POUR LES TROIS PERIODES DE L'ETUDE.....	90
2. L'EFFICACITE BACTERICIDE DES TRAITEMENTS DE L'EAU .....	93
3. CONTAMINATION MOYENNE DU LAIT.....	97
4. CONCLUSION DES ETUDES MENEES A LA STATION EXPERIMENTALE DU PRADEL .....	98
<b>IIIEME PARTIE DES RESULTATS : LES SUIVIS EN EXPLOITATIONS.....</b>	<b>99</b>
1. LES SOLUTIONS CORRECTIVES MISES EN PLACE ET LE CONSTAT SUR L'ACCIDENT .....	99
2. LES FACTEURS A RISQUE DANS LES EXPLOITATIONS : L'AUDIT TECHNIQUE .....	102
3. PRESENTATION DES RESULTATS D'ANALYSES .....	106
4. CONCLUSION DES SUIVIS D'EXPLOITATIONS .....	108
<b>DISCUSSION DES RESULTATS.....</b>	<b>109</b>
1. L'ENQUETE AUPRES DES TECHNICIENS .....	109
2. LES EXPERIMENTATIONS A LA STATION EXPERIMENTALE DU PRADEL .....	109

<b>PARTIE 4 : PROPOSITIONS D' ACTIONS A MENER .....</b>	<b>111</b>
<b>1. VISION GLOBALE DES AXES D'AMELIORATION ET DES ACTIONS A MENER .....</b>	<b>112</b>
<b>2. LE TRAVAIL DE RECHERCHE SUR LA GESTION DES <i>PSEUDOMONAS</i> EN FROMAGERIE FERMIERE POUR LA TECHNOLOGIE LACTIQUE.....</b>	<b>113</b>
<b>3. L'EXPERIMENTATION SUR LE TERRAIN AU SERVICE DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>116</b>
<b>4. LES INVESTIGATIONS ET LE TRAVAIL DE SYNTHESE SUR LA QUESTION DES <i>PSEUDOMONAS</i> EN FROMAGERIE FERMIERE.....</b>	<b>118</b>
<b>5. DISCUSSIONS ET RISQUES A PREVOIR .....</b>	<b>121</b>
 <b>CONCLUSION : SYNTHESE ET PERSPECTIVES.....</b>	 <b>123</b>
 <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	 <b>125</b>
 <b>ANNEXES. ....</b>	 <b>131</b>

## **Introduction générale**

La contamination du lait et/ou des fromages par les *Pseudomonas* (bactérie d'altération) cause des défauts sévères de goût, de couleur (annexe 1), de texture et d'odeur, notamment sur les fromages à pâte lactique. Les producteurs fromagers caprins, qui représentent la moitié des éleveurs de chèvres, sont donc confrontés à cette problématique puisque cette technologie lactique est dominante dans leur filière.

Les accidents de fromagerie causés par les *Pseudomonas* sont *a priori* très pénalisants pour les producteurs car ils peuvent entraîner la non commercialisation des produits finis alors que la vente des fromages constitue l'essentiel voire la totalité du revenu des producteurs fermiers. De fait, il est nécessaire pour les exploitants fromagers fabricant des fromages à pâte lactique au lait de chèvre, d'être accompagnés dans la maîtrise de l'accident de fromagerie dû aux *Pseudomonas* pour assurer la qualité des fromages.

La gestion des *Pseudomonas* en fromagerie fermière a déjà fait l'objet d'études. Le travail réalisé par l'Institut de l'Élevage avec les représentants des éleveurs caprins, les techniciens fromagers ainsi que d'autres partenaires techniques, a abouti en 2004 à la réalisation d'un guide de maîtrise des principaux accidents de fromagerie à la ferme. Ce guide a été complété en 2007 avec d'autres accidents de fromagerie. Il comprend un chapitre sur la gestion de l'accident dû aux *Pseudomonas* en fromagerie fermière, pour la technologie lactique (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Malgré la méthodologie d'intervention et les outils d'appui technique développés dans le guide de maîtrise des accidents en fromagerie fermière (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007), les remontées faites par 14 techniciens fromagers du réseau PLF (Produits Laitiers Fermiers) lors d'une enquête montrent que le problème *Pseudomonas* n'est pas totalement maîtrisé sur le terrain. Cette enquête a été réalisée et restituée lors des "journées PLF" de 2011, journées de formation organisées par l'Institut de l'Élevage pour favoriser les échanges entre techniciens et les informer.

Dans cette enquête, 7 techniciens disent résoudre le problème difficilement. Ils attribuent les causes majoritaires du problème à la contamination de l'eau par les *Pseudomonas* qui se déposent sur les surfaces de la machine à traire et des équipements de fromagerie. Les biofilms présents dans la machine à traire et sur les ustensiles de fromagerie peuvent se décrocher et contaminer de façon secondaire le lait ou les fromages, notamment quand les pratiques de nettoyage du matériel sont inadéquates. Ces biofilms peuvent être persistants et s'avérer difficiles à enlever. Des pratiques de nettoyage du matériel insuffisantes ou des problèmes de paramètres de fabrication peuvent être des facteurs importants dans l'apparition de l'accident dû aux *Pseudomonas* d'après ces techniciens (LAITHIER, 2011).

Cependant, toutes les causes de contamination ne sont pas toujours identifiées et ce d'autant plus si l'intervention du technicien est tardive. Les techniciens interrogés se questionnent sur les connaissances de la filière sur ce problème et sur l'efficacité des outils technique développés. Ils sont aussi *a priori* demandeurs de davantage d'informations sur l'utilisation d'un système de traitement de l'eau pour la gestion des *Pseudomonas* à savoir (LAITHIER, 2011) :

- Le coût des systèmes
- L'efficacité des systèmes
- Les différents systèmes de traitement possibles et leurs avantages

La problématique est d'identifier les axes de progrès et les actions à mener pour améliorer l'appui technique concernant la résolution des accidents de fromagerie dus aux *Pseudomonas* ainsi que l'accompagnement des producteurs pour ce problème spécifique.

Il s'agit dans le cas de cette étude préalable de faire un **état des lieux approfondi sur** :

- Les connaissances sur les *Pseudomonas* et leur gestion en fromagerie fermière,
- Les systèmes de traitement de l'eau utilisés en exploitations agricoles et dans d'autres domaines ; ceux conseillés par le techniciens fromagers,
- La qualité des eaux du réseau de distribution publique,
- Les pratiques et les besoins des techniciens fromagers, plus largement de la filière sur le problème,
- L'évaluation des outils d'appui technique dédiés à la gestion des *Pseudomonas*,
- Les informations concernant les producteurs fromagers fermiers caprins vis-à-vis des accidents *Pseudomonas*.

Pour ce faire, un travail bibliographique est destiné à capitaliser l'existant sur les connaissances des *Pseudomonas* en fromagerie fermière. Ces recherches bibliographiques sont aussi axées sur les outils d'appui technique pour le problème en question et sur la qualité microbiologique de l'eau de réseau de distribution publique qui est utilisée pour le nettoyage dans les exploitations fromagères fermières. Ensuite, l'enquête qualitative approfondie auprès de techniciens fromagers du groupe PLF permet de collecter leur expertise et leurs besoins sur la problématique. La troisième étude est le test d'efficacité, mené en ferme expérimentale et fermes privées, des systèmes de traitement de l'eau par UV (Ultra-violet) et peroxyde d'hydrogène. Pour terminer et conclure, une partie est dédiée à la définition d'axes de travail pour faire progresser la filière dans la maîtrise des *Pseudomonas* en fromagerie fermière au lait de chèvre pour la technologie lactique.

**Partie 1 : Capitalisation de l'existant**

# 1. Les *Pseudomonas* : conséquences d'une contamination dans les fromages et caractéristiques

## 1.1. Les *Pseudomonas* et les conséquences d'une contamination dans les fromages

Dans la filière fromagère, notamment pour le lait de vache, l'appauvrissement des microflore du lait cru a engendré une augmentation en proportion des microflore psychrotrophes par rapport aux autres microflore dont particulièrement les *Pseudomonas* (LERICHE et FAYOLLE, 2004). Les *Pseudomonas* rencontrés dans les laits de tank et dans les fromages, sont des bactéries principalement aérobies, à gram négatif et psychrotrophes (ARSLAN et al., 2011 ; KIM et al., 2006).

Le genre *Pseudomonaceae* regroupe 150 espèces très hétérogènes et se divisent en 5 groupes d'homologie ou groupes génomiques notés de I à V (tableau 1) parfois divisés en sous-groupes appelés biovars ou pathovars (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

Tableau 1 : Les groupes génomiques des *Pseudomonas* (LERICHE ET FAYOLLE, 2004)

Groupes d'homologie	Espèces type
I	<i>P. aeruginosa</i> , <i>P. fluorescens</i> (several biovars), <i>P. syringae</i> (many pathovars), <i>P. cichorii</i> , <i>P. putida</i> , <i>P. chlororaphis</i> , <i>P. stutzeri</i> (non fluorescent), <i>P. mendocina</i> (non fluorescent), <i>P. alcaligenes</i> (non fluorescent), <i>P. pseudoalcaligenes</i> (non fluorescent), <i>P. agarici</i> , <i>P. angulata</i> , <i>P. fragi</i> , <i>P. synxantha</i> , <i>P. taetrolens</i> , <i>P. mucidolens</i> , <i>P. oleovorans</i> , <i>P. resinovorans</i>
II	<i>P. cepacia</i> , <i>P. gladioli</i> , <i>P. caryophylli</i> , <i>P. (Burkholderia) pseudomallei</i> , <i>P. (Burkholderia) mallei</i> , <i>P. solanacearum</i> , <i>P. pickettii</i> , <i>P. pyrrocinia</i> , <i>P. andropogonis</i>
III	<i>P. (Comamonas) acidovorans</i> , <i>P. (Comamonas) testosteroni</i> , <i>P. saccharophila</i> , <i>P. facilis</i> , <i>P. delafieldii</i> , <i>P. alboprecipitans</i> , <i>P. palleronii</i>
IV	<i>P. diminuta</i> , <i>P. vesicularis</i>
V	<i>Xanthomonas</i> spp. including <i>X. (Pseudomonas) maltophilia</i> , <i>P. geniculata</i> , <i>P. gardneri</i>

Les *Pseudomonas* sont responsables, en transformation laitière, de la détérioration de produits à longue conservation du lait (fromages), du fait leur métabolisme : production d'enzymes et de pigments. Les pigments produits sont la pyoverdine dans le cas des *Pseudomonas Fluorescens* (couleur jaune fluorescent), la pyocyanine (bleu-vert) dans le cas des *Pseudomonas Aeruginosa*, ou encore le pigment phénazinique (orangé) dans le cas des *Pseudomonas Aureofaciens*. Des métabolites de type pyrazine sont produits causant de mauvaises odeurs de pomme de terre (COSTA et al., 2001 ; LERICHE et FAYOLLE, 2004) ainsi que des substances mucoïdes qui entraînent un défaut d'implantation des microflore de surface recherchées (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

De manière empirique, l'accident de fromagerie dû aux *Pseudomonas* s'identifie généralement par l'apparition de taches fluorescentes jaunes à marron-orangées, mais il implique aussi des défauts de goût de rance et d'amertume (ARSLAN et al., 2011 ; LERICHE et FAYOLLE, 2004). De nombreuses espèces de *Pseudomonas* sont retrouvées dans les fromages (ARSLAN et al., 2011) mais l'espèce prédominante est celle des *Pseudomonas Fluorescens* (WANG et JARAYAO, 2001 ; ARSLAN et al., 2011).

L'espèce *Pseudomonas aeruginosa* peut être pathogène et peut provoquer des infections chez les personnes immunodéprimées ou chez les nourrissons (ARSLAN et al., 2011 ; ANSES, 2010). Cette espèce peut aussi contaminer les produits alimentaires comme le lait cru et les fromages (ANSES, 2010). Cependant, aucune espèce de *Pseudomonas* n'est impliquée dans des toxi-infections alimentaires malgré des contaminations potentiellement élevées (ANSES, 2010 ; BORNERT, 2000).

## **1.2. Caractéristiques des *Pseudomonas***

### 1.2.1. Caractéristiques nutritionnelles

Les *Pseudomonas* constituent un groupe avec une grande diversité et adaptabilité dans leurs voies métaboliques et sont résistants à de nombreux facteurs (milieux pauvres en nutriments, traitement thermique, antibiotiques...etc). Ils ont la possibilité d'échanger ou d'acquérir aisément du matériel génétique (mutations ou acquisition d'éléments génétiques exogènes) pour s'adapter à différentes conditions de milieu et à différents milieux comme l'eau, le sol ou les produits alimentaires (LERICHE et FAYOLLE, 2004 ; ANSES, 2010).

Tous catalase positive, les *Pseudomonas* vivent dans des conditions aérobies (métabolisme oxydatif avec l'oxygène comme accepteur final d'électrons) mais certaines espèces ont la capacité de se multiplier sans oxygène (LERICHE et FAYOLLE, 2004). La plupart des espèces sont chimio-organotrophes (utilisent des composés organiques) mais n'ont pas besoin de facteurs de croissance (molécules organiques spécifiques). Certaines espèces peuvent être chimio-lithotrophes facultatives et utiliser des molécules d'H<sub>2</sub> ou de CO<sub>2</sub> comme source d'énergie (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

A l'inverse des bactéries lactiques, les *Pseudomonas* n'utilisent pas le lactose. Cependant, ils peuvent utiliser l'acide lactique produit par les bactéries lactiques lorsqu'il y a un manque d'éléments carbonés dans le milieu. Cette compensation peut ralentir la décroissance de l'acidité en transformation fromagère (KIVES et al., 2005). Aussi, les *Pseudomonas* sont incapables de fermenter le glucose, ce qui est un des critères d'identification des *Pseudomonas* (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

### 1.2.2. Caractéristiques de croissance

Les *Pseudomonas* sont des germes psychrotrophes, ils se développent à des températures minimales autour de 0°C avec un optimum de croissance à 30 °C (RAJMOHAN et al., 2002). *Pseudomonas aeruginosa* fait exception car son optimum de croissance est voisin de 37°C (LERICHE et FAYOLLE, 2004). Concernant leur sensibilité à la température, les *Pseudomonas* montrent ici aussi une grande résistance. En effet, il existe des souches de *Pseudomonas* capables de se multiplier normalement dans un lait qui a été chauffé à 55°C durant 30 minutes (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

Le développement des *Pseudomonas* est inhibé en dessous de pH 4 et est ralenti entre pH 4 et pH 5. Ils sont exigeants en eau libre car leur développement est favorisé lorsque l'activité de l'eau est supérieure à 0,98 (BORNERT, 2000). Mais il n'existe pas de données précises concernant des valeurs limites d'activité de l'eau et de pH en dessous desquelles leur développement est stoppé (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

En fromagerie fermière et pour les fromages à coagulation lactique, une étude a été réalisée sur l'influence de la prématuration du lait cru de chèvre (ensemencement du lait de la traite du soir, stocké une nuit à des températures entre 8 et 16 °C avant transformation). Cette étude a montré que les *Pseudomonas* se multiplient à toutes les températures lors de cette étape mais plus significativement à des températures élevées de prématuration. Leur multiplication est d'autant plus élevée que leur concentration dans le lait au départ est élevée (BARRAL et al., 2010).

### 1.2.3. L'activité enzymatique de *Pseudomonas*

Les *Pseudomonas* sont impliqués dans les accidents de fromagerie du fait de leur production d'enzymes extracellulaires protéolytiques et lipolytiques thermorésistantes qui dégradent les fromages (ARSLAN et al., 2011 ; COSTA et al., 2001). L'activité enzymatique libre dans le milieu les éléments nutritionnels azotés et carbonés nécessaires aux *Pseudomonas* pour se développer (KIVES et al., 2005). Ces enzymes sont alors responsables de la détérioration de la qualité des fromages en altérant leur goût et leurs propriétés de coagulation. En effet, les enzymes protéolytiques dégradent les caséines du lait et sont responsables du goût d'amertume si elles sont présentes en grande quantité. Les enzymes lipolytiques catalysent la dégradation des triglycérides en acides gras libres qui provoquent d'autres défauts de goût (ARSLAN et al., 2011).

Il s'avère que les dégâts sur les produits laitiers liés à la production d'enzymes, sont majoritairement liés aux protéases produites, notamment lorsque les *Pseudomonas* se sont développés à température de lait refroidi aux alentours de 7°C (WANG et JARAYAO, 2001).

Une étude a été menée par COSTA et al. (2001) sur du lait cru de vache frais, inoculé avec des *Pseudomonas fluorescens* RV 10 afin d'obtenir une concentration initiale en *Pseudomonas* en début d'étude de 4 à 6 .10<sup>3</sup> UFC/ml (lait réfrigéré entre 2°C et 10°C). Les résultats de cette étude montrent que l'activité protéolytique augmente significativement au début de la phase stationnaire de multiplication des bactéries, lorsque la taille de la population de *Pseudomonas* atteint un niveau supérieur à 10<sup>7</sup> UFC/ml pour le lait entre 4 et 10°C. En dessous de 4°C, la population de *Pseudomonas* se développe légèrement et l'activité protéolytique est moins élevée qu'entre 4°C et 10°C. Le risque de protéolyse est donc en partie relatif à la taille de la population de *Pseudomonas* (COSTA et al., 2001).

Une étude effectuée par WANG et JARAYAO (2001), sur des laits de tank réfrigérés de fermes américaines (lait de vache), montre que l'activité protéolytique est plus faible à 32°C qu'à 22°C. Cette étude montre que l'abaissement de la température du lait peut stimuler la production d'enzymes protéolytiques par les bactéries même s'il ralentit la multiplication de ces bactéries par ailleurs. C'est-à-dire que la production de protéases est plus importante à basse température qu'à température plus élevée pour une même population de bactéries (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

Le refroidissement du lait peut donc induire une forte protéolyse en aval de la transformation par la production de protéases en grande quantité pendant le refroidissement pour le stockage du lait à basse température, dès lors que la population de *Pseudomonas* est suffisamment grande (LERICHE et FAYOLLE, 2004 ; WANG et JARAYAO, 2001 ; COSTA et al., 2001).

L'activité protéolytique est favorisée à pH 6 (RAJMOHAN et al., 2002) et par une teneur importante du lait en calcium (COSTA et al., 2001). Aussi, ces enzymes sont dites thermorésistantes, c'est-à-dire qu'elles sont capables de conserver une partie de leur activité après des traitements thermiques comme le traitement UHT (Ultra Haute Température). En effet, après un traitement à 140°C durant 5 secondes, ces enzymes sont capables de conserver 20 à 40% de leur activité (GAUCHER et al., 2011).

## **2. Importance et variabilité des *Pseudomonas* dans les laits crus**

### **2.1. Diversité des microflores en fromagerie fermière et facteurs de variabilité**

Les laits crus sont naturellementensemencés par différents types de microflores, en proportions différentes. Des staphylocoques, des bactéries corynéformes et des bactéries lactiques sont systématiquement mis en évidence. De façon générale, on distingue les microflores d'intérêt technologique (les bactéries lactiques et les flores d'affinage), les bactéries pathogènes (*Listeria monocytogenes* par exemple) et les bactéries d'altération (HERMIER et al., 1992).

Cette classification n'est pas absolue, certaines bactéries peuvent être considérées comme d'intérêt dans une technologie et indésirables dans d'autres (COLLECTIF, 2011). Bien que la biodiversité des microflores du lait ne soit pas mesurable avec précision, la description des microflores du lait cru est un axe de compréhension des accidents de fabrication en fromagerie. En effet, la composition microbienne du lait est dépendante de l'écosystème microbien particulier à chaque exploitation (COLLECTIF, 2011).

La connaissance des microflores du lait et les paramètres influant sur leur variabilité sont importants pour la maîtrise de la transformation. Une étude sur 48 exploitations caprines (3 prélèvements de lait de la traite du soir par exploitation) sur 3 zones géographiques en France montre que les laits de la traite du soir sont de manière générale peu chargés (40% en dessous de 5000 UFC/ml). De plus, ils sont 10 à 100 fois moins chargés que les laits refroidis de mélange des 2 traites (soir et matin). Dans cette étude, une grande diversité de groupes microbiens sont retrouvés dont les microflores majoritaires sont les microflores présentes à la surface des trayons (staphylocoques à coagulase négative, microcoques et corynébactéries) et ensuite les bactéries lactiques qui sont d'intérêt technologique (TORMO et al., 2007).

Cependant, il existe une grande variabilité des niveaux de microflores dénombrées entre les exploitations et dans une exploitation donnée. Des profils microbiens de lait peuvent être tout de même mis en relation avec les pratiques des producteurs (pâturage, hygiène autour de la traite plus ou moins modérée, nettoyage/désinfection plus ou moins drastique de la machine à traire) ainsi qu'avec les caractéristiques des exploitations (TORMO et al., 2007).

La saison influe aussi sur les microflores retrouvées dans les laits. Le niveau des microflores est moins élevé en hiver qu'au printemps excepté pour les staphylocoques à coagulase négative. L'impact de la saison (variation de température et durée du jour) se superpose avec le stade de lactation qui a également un effet sur les niveaux des microflores (TORMO, 2010).

Actuellement, les laits crus de vache et de chèvre ont en moyenne des niveaux de microflore totale bas (moins de 10 000 germes totaux/ml) par rapport aux années 1970-1980 (TORMO et al., 2006).

## **2.2. Les microflores d'intérêt technologique du lait cru pour la fabrication de fromages de type lactique**

On retrouve, parmi les microflores d'intérêt technologique dans les fromages issus de la technologie lactique, des bactéries lactiques, des bactéries de surface des trayons, des levures et des penicilliums qui sont une microflore fongique (HERMIER et al., 1992 ; COLLECTIF, 2011 ; TORMO et al., 2007).

Cette diversité de micro-organismes est utilisée pour la conservation et la transformation du lait (coagulation, acidification, affinage), et détermine les caractéristiques organoleptiques des différents produits finaux de part leurs propriétés acidifiantes et les autres composés produits (COLLECTIF, 2011 ; DE BUYSER et al., 2005).

Les microflores utiles ou microflores d'intérêt technologique jouent un rôle dans l'acidification des fromages avec les bactéries lactiques et dans l'affinage des fromages avec par exemple les microcoques, les bactéries corynéformes et les levures et moisissures (TORMO et al., 2006).

Les bactéries lactiques ne se développent pas dans le tank mais au moment de la transformation fromagère. L'ajout de ferments lactiques dans le lait permet de renforcer le nombre de bactéries lactiques, qui se développeront suffisamment par la suite pour acidifier le milieu et inhiber le développement des bactéries indésirables, dont les bactéries psychrotrophes (ECK et GILLIS, 2006).

Dans le lait, ces bactéries lactiques sont généralement des lactocoques, des lactobacilles, des leuconostocs ou encore des entérocoques (tableau 2) :

Tableau 2 : Niveaux des microflores d'intérêt technologique pour la transformation fromagère (COLLECTIF, 2011)

	Lait de vache (en UFC/ml)	Lait de chèvre (en UFC/ml)
Lactocoques	10-100	100-1000
Lactobacilles	10-100	100
Leuconostocs	10-100	100-1000
Entérocoques	10-100	100-1000

## **2.3. Les microflores indésirables du lait cru : focus sur les *Pseudomonas***

Lors de l'accident de fromagerie étudié, ce sont les *Pseudomonas fluorescens* qui sont abusivement mis en cause car ils sont très souvent détectés. En réalité, plusieurs espèces de *Pseudomonas* sont rencontrées dans un même lait cru (LERICHE et FAYOLLE, 2004). En effet, LE MENS et al. (2004) identifient dans une étude, des *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas putida* à la surface de fromages fermiers (espèce caprine, technologie lactique).

En moyenne, on retrouve entre 100 et 1000 UFC/ml *Pseudomonas spp* dans le lait de vache et entre 10 et 100 UFC/ml dans le lait de chèvre (COLLECTIF, 2011).

L'étude réalisée par TORMO et al. (2007) dans 48 exploitations caprines (3 prélèvements de lait de traite du soir par exploitation) montre une présence ponctuelle de *Pseudomonas*

*spp* à un niveau moyen faible (14 UFC/ml) mais avec une importante variabilité intra et inter exploitations. Dans cette étude, la variabilité des *Pseudomonas* n'a pas été expliquée par les profils microbiens des laits qui ont été identifiés dans cette étude. Il est donc difficile de cerner très précisément les facteurs dans les exploitations qui favorisent la contamination du lait par les *Pseudomonas*.

Dans l'unité de recherche sur la typicité des produits alimentaires à VetAgroSup à l'ENITA de Clermont-Ferrand (Ecole Nationale d'Ingénieurs en Travaux Agricoles), d'autres travaux ont été réalisés pour le fromage du Saint-nectaire et montrent aussi une forte variabilité des niveaux de contamination des laits en *Pseudomonas* (LERICHE et FAYOLLE, 2004).

A l'heure actuelle, il n'a pas été démontré statistiquement que les dénombrements de *Pseudomonas* dans le lait varient en fonction des mois ou de la saison de l'année du fait de la trop grande variation des dénombrements intra et inter exploitations. L'apparition saisonnière des défauts sur les fromages ne peut donc pas être expliquée par ces variations (LERICHE et FAYOLLE, 2011).

#### **2.4. Seuils d'appréciation du niveau de *Pseudomonas* dans les laits**

Les *Pseudomonas spp* sont dénombrés en fromagerie pour apprécier le risque d'accident car ils sont responsables de défauts de texture, de goût, d'odeur et de couleur. Cependant, il existe peu de données qualitatives et quantitatives sur les *Pseudomonas* dans les fromages. Il est donc difficile de mettre en relation précisément les niveaux de *Pseudomonas* dans les fromages avec les défauts organoleptiques qui y sont reliés (LERICHE et FAYOLLE, 2004). De plus, le développement des *Pseudomonas* au sein des systèmes microbiens laitiers est toujours peu connu (LERICHE et FAYOLLE, 2011).

Le CTFC et LA CHAMBRE D'AGRICULTURE DU CHER (2010) a mené une étude dans 10 exploitations qui montre, pour la technologie lactique, que les *Pseudomonas spp* sont présents à au moins une étape de la production de lait et/ou de la transformation. Dans cette étude, certains fromages contaminés à hauteur de  $10^3$  à  $10^4$  UFC/g par les *Pseudomonas* n'avaient pas de défauts caractéristiques des *Pseudomonas*. A l'inverse, des fromages avec des dénombrements inférieurs en *Pseudomonas* avaient des défauts caractéristiques des *Pseudomonas*. Il manque donc des données sur la mise en relation des niveaux de *Pseudomonas* dans les fromages avec l'apparition des défauts organoleptiques.

Des seuils d'appréciation de la contamination en *Pseudomonas* ont été déterminés dans le cadre de la fabrication du fromage Saint-nectaire (pâte pressée non cuite) qui est une technologie dite "sensible" (tableau 3) :

**Tableau 3 :** Appréciation du niveau de contamination par les *Pseudomonas* dans le caillé et le lait pour la fabrication du fromage du Saint-nectaire (LERICHE ET FAYOLLE, 2008)

Niveau de contamination en UFC/g dans le caillé et en UFC/ml dans le lait	Dénombrement <i>Pseudomonas spp</i> dans le caillé et le lait
<100	Faible
Entre 100 et 1000	Moyen
>1000	Elevé

### **3. Les sources d'ensemencement des laits en bactéries**

L'ensemencement naturel du lait fait partie intégrante de la transformation fromagère (figure 6). Des laits faiblement chargés en microflore totale ont des capacités fromagères médiocres. Cependant, il est incontestable de devoir maîtriser les microflores du lait (nombre et diversité) pour éviter la surcharge du lait par des bactéries indésirables (pathogènes ou d'altération) (MONTEL et al., 2003).

La contamination de la matière première et/ou du produit final par les bactéries d'altération (dont les *Pseudomonas*) ainsi que leur développement sont liés à des pratiques d'élevage insatisfaisantes, des défaillances dans le schéma technologique ou des pratiques d'hygiène non adaptées (ARSLAN et al., 2011). Mais aussi, l'utilisation de l'eau pour le nettoyage des équipements internalise la contamination du lait par les *Pseudomonas* par la formation de biofilms de la machine à traire (JAHID et HA, 2012).

#### **3.1. L'ensemencement du lait à l'élevage**

Le lait intra-mammaire est stérile (hors cas d'infection mammaire) et est ensemencé naturellement au contact de la surface du trayon et de la machine à traire (figure 1). Ces sources de contamination sont entretenues par les fèces et la litière au contact de la peau des trayons, l'eau, le sol, les matériaux, les bâtiments qui sont en interaction avec les animaux et les installations de traite (MICHEL, 2005).

La diversité des microflores des laits crus naît de la relation des laits avec leur environnement d'élevage. La diversité et la quantité des bactéries présentes dans le lait dépendent par exemple de la nature du troupeau, de l'état de propreté de la litière, des microflores présentes dans l'air autour des animaux, de l'état de santé et de propreté des animaux, des pratiques de traite et d'hygiène des trayons et des procédures de nettoyage de la machine à traire (MONTEL et al., 2003 ; TORMO et al., 2006).

Les pratiques de nettoyage de la machine à traite influencent de façon très importante la nature des microflores. La nature des matériaux et la conception de la machine à traire amplifient les effets du nettoyage sur la diversité des bactéries présentes dans les installations de traite. Par exemple, l'utilisation d'eau à température très élevée pour le nettoyage diminue la présence de *Pseudomonas*. Ou encore, l'utilisation de détergents alcalins lors d'un nettoyage à 50°C favorise les bactéries psychrotrophes. Egalement, un manque d'étanchéité entre des parties hors "circuit lait" mais communiquant avec lui (canalisation à vide) peut favoriser la contamination du lait par les *Pseudomonas* en laissant pénétrer de l'eau "sale" (CHATELIN et RICHARD, 1983). On peut aussi noter que les pratiques très draconiennes pour le nettoyage de la machine à traire ont tendance à appauvrir les laits en microflores notamment en bactéries d'intérêt technologique, mais aussi peuvent modifier l'équilibre entre microflores d'intérêt technologique et bactéries d'altération (TORMO et al., 2007).

Dans l'étude de TORMO et al. (2007), il a été mis en évidence une classe de lait, avec un niveau élevé de microflores d'intérêt technologique et contenant moins de staphylocoques à coagulase positive que la moyenne. Ces laits sont reliés à des petites exploitations avec des pratiques d'hygiène modérées autour de la traite. Les pratiques du producteur autour de la traite sont donc très importantes pour la gestion des microflores du lait cru.



Figure 1 : Schéma des différentes sources possibles de contamination du lait ou des fromages par *Pseudomonas* en fromagerie fermière (CHABANON et POUGHEON, 2010)

### **3.2. Le lactosérum utilisé pour l'ensemencement**

Traditionnellement, le lactosérum de la fabrication du jour précédent est utilisé en technologie lactique fermière pour l'ensemencement du lait cru du jour pour renforcer son aptitude acidifiante (technique de repiquage). Cette technique contribue à la diversité organoleptique des fromages des producteurs (LAITHIER et al., 2011).

Dans une étude menée par BARRAL et al. (2005), 73 lactosérums issus de 5 exploitations fromagères caprines ont été analysés. Les microflores majoritaires des lactosérums sont les lactocoques (300 000 à 3 milliards d'UFC/ml).

Dans l'étude du CTFC et CHAMBRE D'AGRICULTURE DU CHER (2010), des dénombrements de *Pseudomonas spp* dans des échantillons de lactosérums de 10 exploitations suivies ont été effectués. Les dénombrements montrent une grande variabilité avec des valeurs faibles jusqu'à des valeurs extrêmement élevées :

- Pour les 5 échantillons de lactosérum analysés le jour du prélèvement, les dénombrements de *Pseudomonas spp* sont entre 1500 et 280000 UFC/ml
- Pour les 3 prélèvements analysés le jour après prélèvement, les dénombrements de *Pseudomonas spp* sont en 100 et 38000 UFC/ml
- Pour les 2 autres analyses effectuées respectivement 3 et 4 jours après le jour du prélèvement, les contaminations en *Pseudomonas spp* sont respectivement inférieures à 100 UFC/ml et 1000 UFC/ml (situation moins représentative du lactosérum utilisé dans les exploitations du fait de l'évolution des équilibres microbiens après plusieurs jours)

### **3.3. L'eau utilisée pour le nettoyage : réservoir potentiel de *Pseudomonas***

L'eau utilisée pour le nettoyage, le rinçage en salle de traite et dans l'atelier de fromagerie peut provenir soit d'un captage privé, soit du réseau public voire des deux (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007). Dans le cas de l'eau de réseau public, des traitements sont effectués en amont du réseau afin que l'eau réponde aux critères de potabilité en vigueur. Généralement, l'eau brute est traitée en suivant plusieurs étapes : prétraitement, clarification, affinage et désinfection. La désinfection est le plus souvent chimique par chloration du fait du coût peu élevé (LEBLEU, 2007).

L'eau, dite « destinée à la consommation humaine » est utilisée pour la boisson mais aussi dans les entreprises fabricant des denrées alimentaires, pour le nettoyage des surfaces. Cette eau est issue du réseau d'eau public (ou d'un captage privé) et doit répondre aux normes de potabilité en vigueur régies par le décret 2001-1220 du 20 Décembre 2001 (annexe 2). Cette eau est utilisée dans les exploitations fromagères pour le nettoyage de la machine à traire et des équipements de fromagerie (pas nécessairement en élevage pour les animaux). Elle doit donc répondre aux normes de potabilité puisqu'elle est utilisée sur des surfaces en contact avec des produits alimentaires (le lait et les fromages). Cette eau qui est utilisée dans les entreprises de transformation alimentaire doit obligatoirement être une eau potable dont la qualité est réglementée par ce décret en question (LERICHE et FAYOLLE, 2008).

Les *Pseudomonas* ne sont actuellement pas un critère de contrôle sanitaire de l'eau potable (ANSES, 2010). De fait, l'utilisation d'eau de distribution publique ne garantit pas l'absence de *Pseudomonas* malgré les traitements effectués par les collectivités. Une charge bactérienne réside dans l'eau, notamment au niveau de la surface des canalisations au contact de l'eau : les biofilms. Ces biofilms sont extrêmement difficiles à détruire. De plus, l'usage en continu de produits oxydants chlorés pour la désinfection a conduit les bactéries à développer des phénomènes de résistance qui limitent l'efficacité de ces produits (BLOCK, 2003). Actuellement, la qualité microbiologique de l'eau n'est pas maîtrisée au delà de la législation (BLOCK, 2003).

Les réseaux d'eau ne sont pas des milieux clos. Même si l'eau refoulée à la sortie des usines de potabilisation est en principe totalement désinfectée, elle est de nouveau contaminée lors de son séjour dans les canalisations des réseaux, en particulier par certaines espèces dont les *Pseudomonas* (BOURBIGOT et al., 1984).

Les données de résultats des analyses de l'eau de distribution publique disponibles en France concernent principalement les *Pseudomonas aeruginosa* (LERICHE et FAYOLLE, 2008). Selon la base de données SISE-Eaux, les *Pseudomonas* (*spp* et *aeruginosa*) sont retrouvés dans environ 4% des échantillons de 100ml. Les prélèvements sont effectués aux points de captage, en sortie d'usine de traitement et au niveau du réseau de distribution, c'est à dire les adductions d'eau privées (les usines agroalimentaires, habitations, fermes et gîtes) et les adductions d'eau des lieux publics. Le 90<sup>ème</sup> percentile des dénombrements mesurés est de 200 UFC/100ml pour *Pseudomonas aeruginosa* et de 100UFC/100ml pour *Pseudomonas spp* (90% des valeurs sont en dessous du 90<sup>ème</sup> percentile). Cependant les niveaux de contamination varient très fortement selon les sites de prélèvement et l'ancienneté du réseau. On peut ainsi retrouver des contaminations de plusieurs centaines d'UFC/100ml dans certains cas (ANSES, 2010).

Dans le cas des puits privés, les contaminations peuvent être importantes. Suivant l'état des puits (zones tampons autour des puits pour éviter l'infiltration d'eaux usées, débris organiques présents dans les puits...), une quantité très variable de *Pseudomonas* peut-être présente (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Dans les études menées pour le fromage Saint-nectaire, qui est une technologie sensible, il a été défini des seuils caractérisant les niveaux de contamination de l'eau utilisée pour le nettoyage et désinfection de la machine à traire et des ustensiles de fromagerie (LERICHE et FAYOLLE, 2008) :

- Eau peu contaminée : < 100 UFC/L
- Eau moyennement contaminée : < 1000 UFC/L
- Eau fortement contaminée : >1000 UFC/L

## 4. La formation de biofilms bactériens

### 4.1. Généralités sur les biofilms

Les biofilms sont des communautés microbiennes complexes dont les bactéries ont des caractéristiques très différentes de ces mêmes bactéries à l'état planctonique. Ils sont rencontrés très régulièrement sur différents types de matériaux ou surfaces (métaux, plastiques, végétaux, peau humaine). La quasi-totalité (99%) des bactéries sont capables de former des biofilms en adhérant à une surface ou en se fixant à une interface humide (PAROT, 2007). Par exemple, sur les feuilles de végétaux, les bactéries sont à 80% sous forme de biofilms (JAHID et HA, 2012).

La formation de biofilms se fait en 5 phases : attachement réversible, adhésion irréversible (production de polymères extracellulaires qui sont des exopolysaccharides), formation de micro-colonies, maturation et détachement (figure 2). Cette dernière phase de détachement apparaît lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables (manques d'oxygène, de nutriments dans un biofilm épais), ou lorsque des forces dues aux conditions hydrodynamiques sont trop fortes (PAROT, 2007).

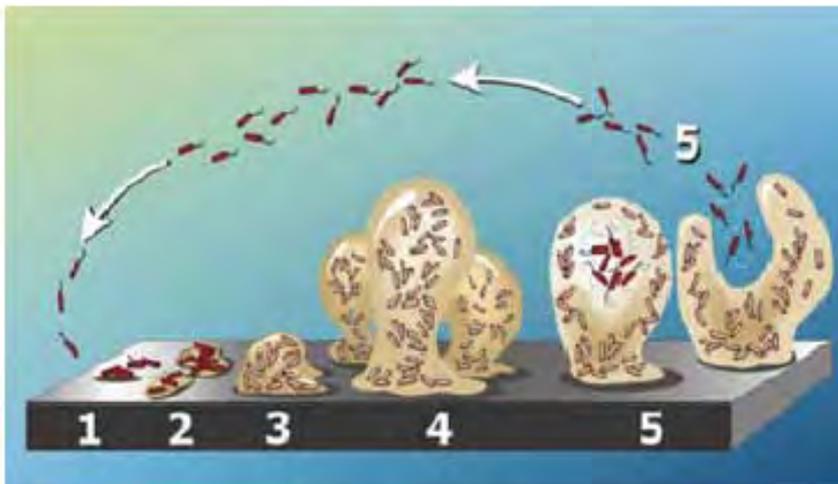


Figure 2 : Schéma de la formation d'un biofilm bactérien (PAROT, 2007)

Etape 1 : attachement réversible des bactéries

Etape 2 : adhésion irréversible et production d'exopolysaccharides

Etape 3 : formation de micro-colonies

Etape 4 : Maturation du biofilm et mise en place de la structure tridimensionnelle du biofilm

Etape 5 : Détachement du biofilm

Ces biofilms peuvent exister sous forme pluri-bactérienne ou mono-bactérienne (PAROT, 2007) mais la forme mono-bactérienne existe plus rarement en conditions naturelles (JAHID et HA, 2012). Les biofilms sont plus difficiles à éliminer que les mêmes bactéries sous forme planctonique. En effet, les bactéries sous forme de biofilm sont résistantes aux agents biocides (désinfectants, produits de nettoyage) du fait de leur attachement à une surface et à

leur production de polymères extracellulaires qui limitent la pénétration des produits dans la matrice du biofilm (BERNHARD, 2003).

En conditions de laboratoire dans l'étude de ALTMAN et al. (2009), un traitement de chloration (forte oxydation) n'éradique pas totalement les biofilms de *Pseudomonas fluorescens* inoculés sur les lamelles de polychlorure de Vinyle. Il diminue largement la charge bactérienne mais les biofilms persistent. De plus toujours à la fin de la chloration le dénombrement de *Pseudomonas fluorescens* devient supérieur au dénombrement initial avant traitement.

Le procédé de formation d'un biofilm ne prend que quelques heures. Dans différentes applications et notamment en transformation alimentaire, il est impossible de désinfecter suffisamment souvent pour contrer cet attachement rapide des bactéries. Aussi, la force mécanique d'un fluide sur la surface où est implanté le biofilm, va détacher des bactéries qui vont alors se retrouver à l'état planctonique dans le fluide. Ce qui favorise la formation des biofilms sont les dépôts de matières organiques sur les surfaces et les différents matériaux qui composent ces surfaces. Bien que le dénombrement de bactéries à l'état planctonique ne soit pas directement lié à la formation des biofilms, il donne un indice sur leur niveau d'implantation (BERNHARD, 2003).

De nombreux facteurs conditionnent la présence de biofilms : nutriments présents, quantité d'oxygène, matériau du support, vitesse des fluides dans les canalisations. Ils sont donc très divers et chaque domaine d'activité concerné par ce problème doit déterminer la meilleure méthode de désinfection (BERNHARD, 2003). Les principes sur lesquels reposent une désinfection efficace sont tout d'abord d'effectuer une désinfection avant que les biofilms ne soient trop fortement développés, en utilisant souvent des désinfectants qualifiés de "forts". Aussi, il est nécessaire d'utiliser des matériaux qui limitent la fixation des bactéries (BERNHART, 2003). Par exemple, le PVC est un matériau sur lequel le développement de biofilms est très significatif (ALTMAN et al., 2009).

#### **4.2. Les biofilms dans les systèmes laitiers et présence de *Pseudomonas***

Les *Pseudomonas* ont cette capacité de produire des polymères extracellulaires qui permettent leur adhésion aux matériaux des canalisations de lait de la machine à traire (WANG et JARAYAO, 2001). De manière générale dans l'industrie agroalimentaire, les bactéries sont 100 à 1000 fois plus résistantes aux méthodes de désinfection usuelles quand elles sont sous forme de biofilm et non sous forme planctonique (JAHID et HA, 2012).

L'efficacité des traitements des surfaces dépend de différents facteurs que sont : la fréquence de traitement, les types de produits utilisés pour le nettoyage et la désinfection, le temps de contact, la température d'application, le pH, la charge bactérienne et l'âge du biofilm (JAHID et HA, 2012).

Les résultats de l'étude réalisée par LAITHIER et al. (2004) montrent que les biofilms sont présents à tous les niveaux dans les ateliers fromagers fermiers : machine à traire, tank à lait, bacs de caillage, moules. Dans l'étude, différentes microflores ont été identifiées et dénombrées dans les biofilms : leuconostocs, entérocoques, lactocoques, microcoques, corynébactéries, différentes souches de *Listeria*, des staphylocoques coagulase positive ou négative et des *Pseudomonas fluorescens*.

Les microflores acidifiantes, les microcoques et corynébactéries sont majoritaires dans les biofilms des équipements de fromagerie par rapport aux microflores pathogènes et aux microflores d'altération comme les *Pseudomonas fluorescens* (LAITHIER et al., 2004).

Dans le cas des producteurs fromagers, les biofilms véhiculent donc en majorité des microflores utiles et présentent en général une bonne aptitude à l'acidification et au repiquage (LAITHIER et al., 2004). Cependant, une absence totale de *Pseudomonas* tout au long de la chaîne d'élevage et de transformation est impossible, ils sont généralement présents (COLLECTIF, 2011). Les microflores d'altération peuvent en ce sens devenir envahissantes (LAITHIER et al., 2004).

Les résultats de cette même étude montrent aussi que les *Pseudomonas fluorescens* sont en moyenne minoritaires mais avec une grande variabilité selon les prélèvements. Les *Pseudomonas fluorescens* sont majoritairement présents dans les biofilms où la population de bactéries est élevée et variée (LAITHIER et al., 2004).

Dans la formation de biofilms, il existe des interactions positives entre les *Lactococcus lactis spp* et les *Pseudomonas*, lorsque que les concentrations des 2 espèces de bactéries dans le lait sont relativement faibles et que la formation du biofilm est à son début. De plus, ces bactéries ne sont pas en compétition car les *Lactococcus lactis spp* sont anaérobies et utilisent le lactose à l'inverse des *Pseudomonas*. Il y a alors une augmentation de l'attachement des *Lactococcus lactis spp* dans le biofilm, non proportionnellement à la quantité de *Pseudomonas*. Les *Lactococcus lactis* profitent de la bonne capacité des *Pseudomonas* à former des biofilms et l'acide lactique produit va être utilisé par les *Pseudomonas* en tant que substrat carboné. Ce partenariat va favoriser le développement des 2 genres de bactéries mais non simultanément. De la même manière, il a été démontré que les biofilms formés par *Pseudomonas* peuvent favoriser l'attachement d'autres types de bactéries comme *Listeria monocytogenes*, *Lactobacillus amylophilus*, *Lactobacillus casei*, *Acinetobacter* (KIVES et al., 2005).

Pour résumer, les microflores indigènes se développent au sein de ces biofilms qui se forment sur les surfaces humides (la machine à traire, tank à lait, planches d'affinage). Les biofilms sont donc recherchés pour véhiculer les microflores d'intérêt technologique mais peuvent aussi véhiculer les microflores indésirables. En fromagerie fermière, l'objectif est de récupérer les microflores utiles (Lactocoques,...etc) des biofilms. Des procédés novateurs de décontamination sélective pour la machine à traire se développent pour tendre vers la maîtrise des biofilms, qui reste toutefois une question complexe. Aujourd'hui, les écosystèmes microbiens sont une composante essentielle dans la typicité des fromages fermiers tout en assurant le bon équilibre entre microflores d'intérêt technologique, microflores d'altération et microflores pathogènes (LAITHIER et al., 2005).

## **5. Les outils d'appui technique pour la gestion de l'accident *Pseudomonas***

L'accident de fromagerie lié aux *Pseudomonas* est un accident multifactoriel. Bien qu'il puisse y avoir une cause et un vecteur principal, il y a des interrelations entre différents facteurs et conditions qu'il faut comprendre pour effectuer un diagnostic précis. Cette partie fait état des travaux coordonnés par le Pôle fromager AOC Massif Central et du guide accident de fromagerie en technologie lactique sur *Pseudomonas* coordonné par l'Institut de l'Elevage.

### **5.1. Le diagnostic *in situ* dans l'exploitation agricole d'après le guide d'intervention sur l'accident de fromagerie *Pseudomonas***

Le but du diagnostic est de déterminer les causes de l'accident afin de mettre en place les mesures correctives adéquates. Le guide d'intervention est un guide qui informe les techniciens sur l'apparition de l'accident et sur les caractéristiques des *Pseudomonas*. Il constitue un arbre de décision sur les modes de contamination et de développement (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Les réservoirs de *Pseudomonas* sont la terre, l'herbe, les fourrages, la litière des animaux, l'eau de nettoyage de la machine à traire et des équipements de fromagerie. Les vecteurs de contamination en *Pseudomonas*, sont l'eau de nettoyage contaminée, le lait contaminé, la peau des trayons, les poussières dans l'élevage, les manchons et les griffes de la machine à traire, les biofilms bactériens de la machine à traire, les biofilms à la surface des ustensiles de fromagerie (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Les paramètres de fabrication, l'humidité et la température dans la fromagerie sont aussi des paramètres importants à prendre en compte pour le développement des *Pseudomonas* sur les fromages (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Les réservoirs et les vecteurs sont reliés entre eux. Pour mieux comprendre le cheminement des *Pseudomonas*, le guide présente les scénarii de contamination (figure 3) avec des indicateurs permettant de diagnostiquer les sources plausibles de contamination (tableau 4) afin d'orienter les actions correctives des techniciens lors de leurs interventions (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Le guide présente aussi et de façon succincte les possibilités de développement des *Pseudomonas* en fonction des paramètres de fabrication et selon des procédures mal adaptées de nettoyage de la machine à traire et des ustensiles de fromagerie (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Cet arbre de décision permet d'aider les techniciens à mettre en place des actions correctives pour contrer les sources de contamination et modifier les facteurs favorisant le développement : manque d'égouttage, défaut d'acidification, mauvais dosage de sel ou salage hétérogène, conditions de préparation du lait inadaptées, paramètres d'ambiance en fromagerie à rectifier.

De fait, les actions correctives s'établissent sur de nombreux plans (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007) :

- L'hygiène et technique de traite, l'entretien de l'habitat des animaux, les procédures de nettoyage et désinfection de la machine à traite et des ustensiles de fromagerie ainsi que le renouvellement de pièces de la machine à traite et équipements de fromagerie usagés,
- La préparation du lait,
- L'entretien des canalisations de lait et d'eau et l'entretien des puits privés d'eau,
- L'ajustement des paramètres d'ambiance en fromagerie par le chauffage ou la climatisation des différentes salles,
- L'installation du système de traitement de l'eau par rayonnement UV,
- Le réajustement des paramètres de fabrication (égouttage, salage, acidification, préparation du lait, dose de ferment...) et le changement de ferment lactique.

**Tableau 4:** Sources de contamination par les *Pseudomonas* dans les exploitations fromagères fermières (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007)

<b>Sources de contamination par les <i>Pseudomonas</i></b>	<b>LES INDICATEURS</b>
<b>Lait dans la cuve contaminé par les biofilms de la machine à traite et/ou la peau des trayons (propreté de l'habitat), les poussières durant la traite, les griffes et manchons, l'hygiène de traite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- De nombreux lots de fabrication contaminés</li> <li>- Grande partie de fromages contaminés dans un même lot</li> <li>- Répartition homogène des taches</li> <li>- Apparition rapide de l'accident</li> </ul>
<b>Matériel au contact des fromages (biofilms sur le matériel de fromagerie)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localisation particulière des taches (stries correspondant aux claies, une seule face touchée)</li> <li>- Observation de la forme des taches (en lignes, en point)</li> <li>- Apparition à l'affinage</li> </ul>
<b>Paramètres d'ambiance de fromagerie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gouttelettes de condensation</li> <li>- Localisation des taches sur une pile (pile supérieure des fromages)</li> </ul>
<b>Biofilm de la machine à traite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observation de l'état du filtre de la machine à traite et de sa couleur (couleur fluorescente mise en évidence sous lampe UV)</li> </ul>

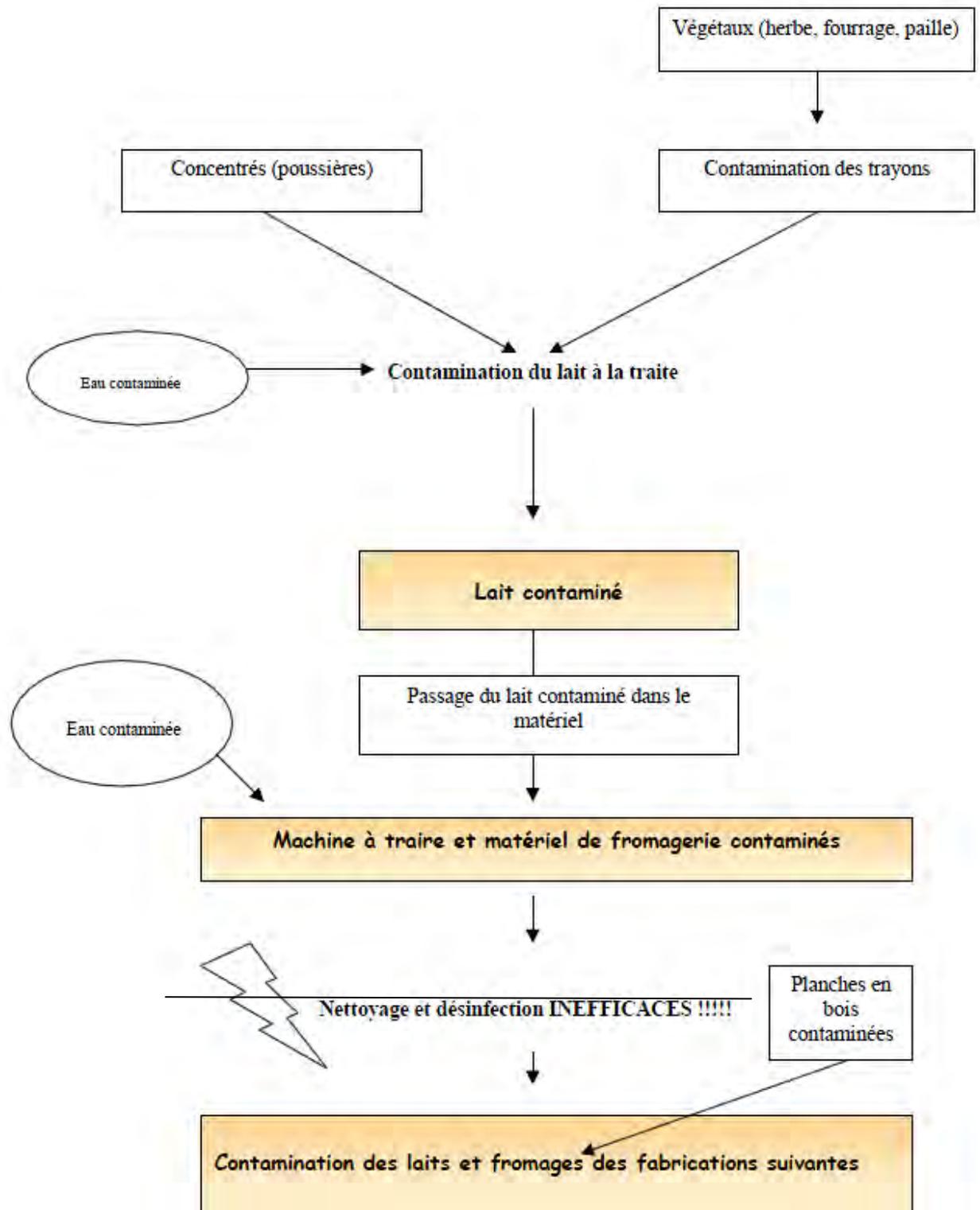


Figure 3 : Scénarii de contamination du lait et des fromages par les *Pseudomonas* en fromagerie fermière (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007)

## **5.2. Le deuxième niveau d'expertise : les analyses**

Les prélèvements faits *in situ* dans les exploitations et leurs analyses permettent de confirmer le premier niveau d'expertise mais aussi d'approfondir le diagnostic de l'accident si le problème n'a pas été résolu avec le premier niveau (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007).

Le guide méthodologique du Pôle fromager AOC Massif Central, préconise différentes analyses pour caractériser l'accident et définir des axes de maîtrise pour la technologie du fromage du Saint-nectaire, pâte pressée non cuite au lait de vache (LERICHE ET FAYOLLE, 2008) :

- CT0 : fromages (caillé, fromage frais, fromage affiné)
- CT1 : le lait (premiers jets de canne, lait de mélange avant emprésurage)
- CT2 : eau à différents points d'utilisation (prélèvement dans des flacons stériles contenant du thiosulfate de sodium)
- CT3 : les surfaces suspectées

Le dénombrement des *Pseudomonas spp* doit être réalisé sur milieu CFC.

Le guide échelonne les niveaux de contamination de façon standard :

- Inférieur à 100 : faiblement contaminé
- Entre 100 et 1000 : moyennement contaminé
- Plus de 1000 : très contaminé (risque d'accident fort)
- Les unités sont : UFC/g de fromage (CT0) ; UFC/ml de lait (CT1) ; UFC/l d'eau (CT2) ; UFC/cm<sup>2</sup> de surface (CT3)

Les techniciens peuvent alors confirmer si les défauts sur le fromage proviennent réellement de la contamination par les *Pseudomonas* (CT0). Ils peuvent ensuite décider de cibler, simultanément ou non, leurs actions correctives sur les paramètres technologiques, le nettoyage et désinfection, le traitement de l'eau.

Il n'est pas possible d'utiliser cet étalonnage pour la technologie lactique chez les éleveurs caprins car c'est une technologie fromagère différente et une espèce animale différente.

## **6. La réglementation sur la qualité "des eaux destinées à la consommation humaine" et sur les procédés et produits de traitement de l'eau**

L'eau peut provenir du réseau public d'eau potable ou de puits privés, mais elle doit répondre dans tous les cas aux normes de potabilité en vigueur. Les systèmes de traitement de l'eau sont utilisés dans les exploitations fromagères fermières avec un objectif de désinfection et d'élimination des *Pseudomonas* qui sont véhiculés par l'eau et qui conduisent en partie à la formation des biofilms dans la machine à traire et sur les équipements de fromagerie.

### **6.1. La qualité de l'eau de réseau public**

La qualité de l'eau distribuée dans les réseaux publics est encadrée par la directive européenne 98/83/CE du 3 Novembre 1998, et concerne la réglementation sur « les eaux destinées à la consommation humaine ». Cette directive a été transposée en droit français par les articles L. 1321-1 et R. 1321-1 du code de la santé publique (DAVEZAC et al., 2008) et le décret 2001-1220 (LEGIFRANCE, 2012a ; JUERY, 2004).

La Direction générale de la santé a sollicité l'AFSSA (Agence Française pour la Sécurité Sanitaire des Aliments) en 2008 pour la réalisation d'un appui scientifique et technique pour la révision des paramètres microbiologiques de la directive 98/83/CE. Dans cette révision de la directive, il était question d'étudier les risques sanitaires liés à la présence de *Pseudomonas spp* dans l'eau de réseau (ANSES, 2010).

Il n'existe aucune preuve sur le fait que la consommation de l'eau des réseaux publics contaminée par *Pseudomonas aeruginosa* puisse être à l'origine d'infections par voie orale pour des populations normales (non immunodéprimées). Les risques de santé humaine liés à la présence de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau de réseau "destinée à la consommation humaine" ont donc été évalués, à la suite d'un rapport en 2010, comme faibles par le groupe de travail de l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), anciennement appelée AFSSA. Cependant, ils restent mal connus pour les populations sensibles (ANSES, 2010).

Aucune valeur paramétrique pour *Pseudomonas aeruginosa* ne sera établie, pour l'instant, pour la gestion de la qualité de l'eau de réseau même s'il est un indicateur de l'état des réseaux d'eau. Concernant les autres espèces de *Pseudomonas*, il n'existe pas assez de données pour calculer un risque lié à leur présence dans l'eau de réseau (ANSES, 2010).

Actuellement, seul *Pseudomonas aeruginosa* fait l'objet d'une méthode d'analyse normalisée (NF EN ISO 16266) dans l'eau. En revanche, il n'existe pas de "méthode universelle" (ANSES, 2010) permettant de dénombrer les *Pseudomonas spp* (ANSES, 2010).

Les règles de cette législation s'appliquent « aux eaux destinées à la consommation humaine » mais aussi aux installations privées de distribution, qui sont définies dans l'article 2 de la directive 98/83/CE du 3/11/98 comme « les canalisations et appareillages installés entre les robinets qui sont normalement utilisés pour la consommation humaine et le réseau

de distribution, mais seulement lorsqu'ils ne relèvent pas de la responsabilité du distributeur d'eau [...] » (INERIS, 2012).

Les limites des références qualité doivent être respectées aux points d'utilisation de l'eau, c'est-à-dire, les robinets et vannes chez les utilisateurs comme stipulé dans l'article 3 du décret 2001-1220. Si l'eau ne respecte pas les limites de qualité, c'est l'utilisateur de l'eau qui sera tenu pour responsable, s'il est établi que la cause du problème provient des installations privées, installées par l'utilisateur (JUERY, 2004 ; LEGIFRANCE, 2012a).

## **6.2. Autorisation de mise sur le marché de procédés innovants**

La mise sur le marché de produits ou procédés innovants pour le traitement de l'eau est soumis à une autorisation de mise de le marché comme stipulé dans l'article R. 1321-50 du code de la santé publique (ANSES, 2012). L'entreprise est tenue de prouver l'innocuité pour l'Homme et l'efficacité du produit ou du procédé qu'elle a développé comme le témoigne l'extrait de l'article ci-dessous.

Extrait de l'article R. 1321-50 du code de la santé publique :

« Les produits et procédés mis sur le marché et destinés au traitement de l'eau destinée à la consommation humaine doivent, dans les conditions normales ou prévisibles de leur emploi, être conformes à des dispositions spécifiques définies par arrêté du ministre chargé de la santé, visant à ce que :

1- Ils ne soient susceptibles, intrinsèquement ou par l'intermédiaire de leur résidus, de présenter directement ou indirectement un danger pour la santé humaine ou d'entraîner un altération de la composition de l'eau [...]

2- Ils soient suffisamment efficaces [...] » (LEGIFRANCE,2012b)

## **6.3. Les produits et procédés de traitement rencontrés dans la désinfection de l'eau**

Il existe une liste de procédés et produits de traitement des eaux rencontrés et autorisés dans le domaine de la potabilisation des eaux. Cette liste figure dans la circulaire du 28 Mars 2000 DG5/VS4 n°2000-166 (JUERY, 2004) (annexe 3).

Cette liste fait également l'objet de normes liées à différents systèmes utilisables dans le traitement des eaux destinées à la consommation humaine (tableau 5). Ces normes sont regroupées dans un ouvrage de l'AFNOR « traitement des eaux destinées à la consommation – produits et procédés » (septembre 2009 – ISBN : 978-2-12-179421-1) (AFNOR, 2012).

## **7. Les solutions de traitement de l'eau pour un objectif de désinfection : présentation et domaines d'applications**

Le traitement de l'eau est, dans de nombreux domaines et industries, un élément essentiel dans leur fonctionnement. Ainsi, de nombreux systèmes de traitement ont été

développés pour des applications différentes (traitement des effluents, désinfection, recyclage). L'application d'intérêt en atelier fromager fermier est la désinfection quand l'eau provient du réseau d'eau potable. Il est donc nécessaire de mieux connaître plusieurs systèmes de traitement de l'eau pour apporter à long terme dans les exploitations, les solutions les plus adaptées.

**Tableau 5 :** Liste de procédés de désinfection des eaux utilisés dans le traitement des eaux pour la production d'eau destinée à la consommation humaine

Procédés ou produit de traitement de l'eau	Normes AFNOR (source : site internet de l'AFNOR)	Commentaires issu du circulaire DG5/VS4 n°2000-1666
Chlore	NF EN 937 (SEPTEMBRE 2009)	
Hypochlorite de sodium	NF EN 901(AOUT 2007)	
Chlorite de sodium	NF EN 938 (MAI 2009)	
Dioxyde de chlore	NF EN 12671 (AVRIL 2009)	Doit-être fabriqué in situ à partir d'acide chlorhydrique et de chlore ou chlorite(s)
Ozone	NF EN 1278 JUILLET 2010	Fabriqué in situ à partir d'air ou d'oxygène
Peroxyde d'hydrogène	NF EN 902 (MAI 2009)	Combinaison interdite avec l'ozone pour le traitement des pesticides
Traitement ultra-violet	NF EN 14897+A1 (SEPTEMBRE 2007) – basse pression de rayonnement	
Filtration membranaire (micro, ultra, nano et OI)	NF EN 14652 + A1 (SEPTEMBRE 2007)	

L'efficacité des systèmes dépend de la qualité initiale de l'eau à traiter (pH, dureté, teneur en matières organiques, teneur en éléments réduits), et de l'installation (dimensionnement, dosage, état et matériaux des canalisations). Chaque exploitant agricole, travaillant dans un contexte particulier, doit être la cible d'une étude approfondie pour l'installation d'une solution de traitement de l'eau, notamment concernant la provenance de l'eau et sa qualité pour apporter la solution la plus adaptée dans un objectif de désinfection (FULBERT, 2012).

### **7.1. La filtration membranaire :**

La filtration par membrane est un moyen de traitement physique des fluides qui se fait à température ambiante, sans utilisation de produits chimique, ce qui limite la consommation d'énergie et le rejet de déchets. Les membranes sont des barrières physiques qui autorisent un passage des composés selon leur taille. Différentes technologies de filtration ont été développées et sont effectives dans différents domaines comme par exemple l'industrie agroalimentaire, bio-industrie, traitement des eaux usées (LEBLEU, 2007).

La séparation s'effectue sous l'action d'une force motrice (potentiel électrique, gradient de concentration, d'activité ou de pression). Dans le cas de la microfiltration, ultrafiltration et nanofiltration, la force motrice du système est la différence de pression de part et d'autre de

la membrane (figure 4). Ces méthodes sont donc regroupées sous le terme "procédés baromembranaires" (LEBLEU, 2007).

Les technologies membranaires de traitement de l'eau sont très hautement techniques. Elles doivent être conçues par des concepteurs hautement qualifiés pour atteindre un objectif donné précis tout en évaluant les risques de colmatage et de dégradation de la membrane. Ainsi, le concepteur de la solution doit déterminer la technologie de membrane la plus adaptée à la situation (type de membrane, matériaux, comment est appliquée la pression,...etc) ainsi que le système dans lequel est placée cette membrane (prétraitement, comment est nettoyée la membrane,...etc). Ces risques sont déterminés par la qualité physico-chimique de l'eau (BERLAND et JUERY, 2002) :

- Matières organiques en suspension et leur potentiel colmatant : colmatage de la membrane
- Variation de température de l'eau : changement de la perméabilité de la membrane
- Dureté de l'eau : précipitation de  $\text{CaCO}_3$  et autres sels si eau dure
- Fer, manganèse pouvant précipiter
- Autres : alcalinité de l'eau, conductivité, quantité d'eau à traiter
- Personnes disponibles pour surveiller le système et vérifier son intégrité
- Quantité d'eau à traiter et disponibilité de la ressource : taux de récupération

## 7.2. L'ultrafiltration :

L'ultrafiltration de l'eau est un procédé de séparation de l'eau contenant des particules par un principe de tamisage par une membrane organique ou minérale. Un gradient de pression de part et d'autre de la membrane va entraîner la séparation entre l'eau et les particules plus grosses que le diamètre des pores de la membrane. La circulation de l'eau est sous pression et tangentielle à la membrane et évite que les dépôts bouchent les pores de la membrane (DALANZY, 2004).

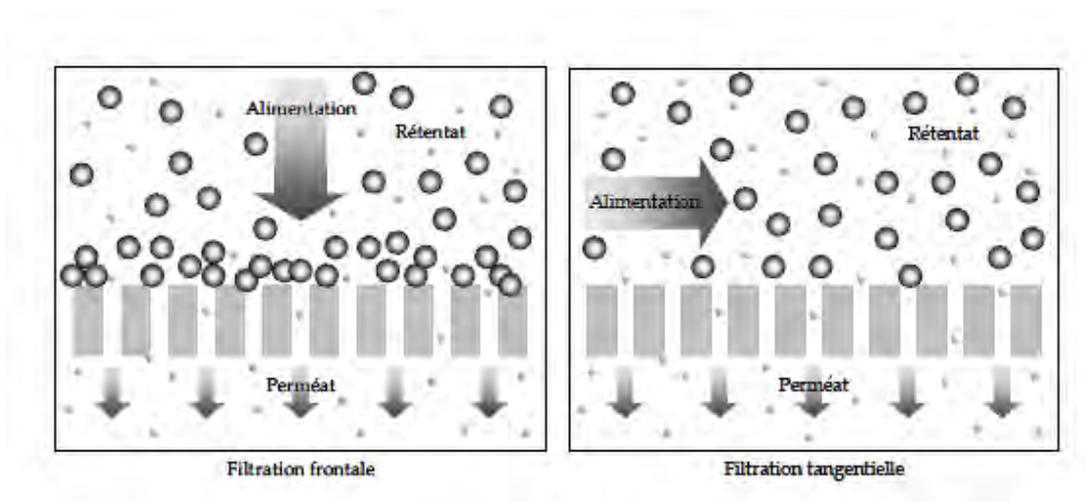


Figure 4 : Schéma du gradient de filtration réalisable avec les procédés de filtration membranaire (LEBLEU, 2007)

Les membranes sont caractérisées par le diamètre de leurs pores, la répartition des pores, l'épaisseur de la couche filtrante et le matériau de la membrane. Elles sont

constituées d'une couche support et d'une couche filtrante (DALANZY, 2004). La taille des molécules filtrées se situe entre 0.01µm à 0.1 µm (LEBLEU, 2007 ; ARMAND, 2000). La taille des particules qui peuvent être retenues est inférieure à la taille d'une cellule bactérienne (LEBLEU, 2007).

Les autres avantages de cette installation sont la production d'une eau de très bonne qualité. Ce système est utilisé dans de nombreux domaines comme l'industrie agroalimentaire, les bio-industries...etc. De plus les applications sont diverses et peut servir, par exemple, à la désinfection des eaux, au traitement des eaux de conserverie de poisson, au recyclage des eaux de lavage, traitement des eaux blanches en laiteries (DALANZY, 2004).

### **7.3. La nanofiltration :**

Le principe de la nanofiltration est similaire à l'ultrafiltration (ARMAND, 2000). Mais la nanofiltration est plus fine que l'ultrafiltration. En effet, la taille des pores va de 0.01 à 0.001 µm (LEBLEU 2007 ; ARMAND, 2000). De ce fait, aucune bactérie n'a possibilité de traverser la membrane (LEBLEU 2007). La pression est entraînée par la circulation sous forte pression de l'eau parallèlement à la membrane (circulation tangentielle).

La membrane est constituée d'une couche support macroporeuse assurant le maintien, d'une couche permettant la liaison entre la couche support et la dernière couche, active en nanofiltration (DALANZY, 2004). Cette technique est utilisée pour la séparation de petites molécules dans la pharmacie, les biotechnologies et l'agroalimentaire pour le traitement des effluents (DALANZY, 2004). Elle est aussi utilisée pour la production d'eau de consommation, par exemple dans la commune de Méry-Sur-Oise depuis 1999, mais l'eau produite nécessite d'être reminéralisée pour être consommée (ARMAND, 2000).

En revanche, ces technologies (nano ou ultra) n'ont pas encore fait l'objet de recherche pour être adaptées aux exploitations agricoles (désinfection efficace sur les *Pseudomonas* et système adapté aux très faibles débits d'eau). Actuellement, la filtration membranaire reste réservée à l'industrie pour diverses applications (FOUREL, 2012).

### **7.4. Le traitement de l'eau par les ultra-violets :**

Le traitement de l'eau par UV est une méthode très utilisée pour la désinfection des eaux utilisées en agroalimentaire. C'est une méthode qui vise la destruction par rayonnement UV des bactéries par altération de leur ADN, qui est maximum pour un rayonnement de longueur d'onde de 260 nm. Le rayonnement ultra-violet (longueur d'onde de 254 nm) des lampes basses pression monochromatique sont les plus efficaces pour l'inactivation des bactéries. Des lampes moyenne pression polychromatiques qui émettent entre 300 et 400nm sont moins efficaces (GENOUD et PERROT, 2010).

Ces systèmes sont relativement moins chers que les autres systèmes, notamment du fait de la faible maintenance (changement de la lampe) et de la faible consommation énergétique des lampes. Il n'y a pas de rejet dans l'eau (de produits résiduels ou sous-produits de traitement), donc aucune toxicité et aucun goût ni odeur lié au traitement (GENOUD et PERROT, 2010 ; JUERY, 2004).

Egalement, il n'y a aucune corrosion des matériaux en contact avec l'eau traitée. La seule limite de la lampe UV est son manque d'efficacité pour le traitement d'eau avec des qualités physico-chimiques non adaptées (dureté ; turbidité). Elle doit être claire (peu de matières en suspension) pour que le système soit efficace (GENOUD et PERROT, 2010 ; JUERY, 2004). Aussi, une eau dure (>25°f) favorisera les dépôts calciques dans le réacteur, diminuant l'efficacité du rayonnement. En revanche, une eau douce (< 15°f) favorisera la corrosion des surfaces, facilitant ainsi l'implantation de biofilms (LERICHE et FAYOLLE, 2010).

L'UV désinfecte l'eau seulement au niveau de la lampe et n'a donc pas d'effet rémanent (JUERY, 2004 ; FULBERT, 2012). Ce système n'a donc aucun impact sur la maîtrise de la contamination par les biofilms dans les canalisations. Des matériaux non poreux sont donc très recommandés (PVC ; raccord en polypropylène) pour faciliter la désinfection préalable au traitement et limiter l'attachement des bactéries sur les surfaces (FULBERT, 2012).

De plus, l'UV est efficace si le système a été bien dimensionné (selon le débit d'eau maximum instantané), lorsque l'eau a été filtrée avant traitement selon un gradient de filtration en amont, pour éviter que des particules de matières organiques et d'autres particules en suspension responsables de la turbidité de l'eau masquent le rayonnement UV. La turbidité doit être inférieure à 1 NTU et avoir moins de 2mg/L de matières en suspension (matières organiques et autres particules) pour maximiser l'exposition des bactéries au rayonnement UV (LERICHE ET FAYOLLE, 2010). Il n'y a pas de valeur limite de teneur en matière organique uniquement (mesurée par le COT). Ce COT influe aussi sur la stabilité bactériologique de l'eau car les microorganismes peuvent se développer sur cette matière organique. La situation idéale pour la désinfection par UV chez les producteurs fromagers est l'absence de matière organique (LERICHE ET FAYOLLE, 2010).

Un autre paramètre important la teneur en Fer (valeur limite réglementaire : 0,02 mg/L), qui peut s'oxyder (présence d'oxygène, chaleur de la lampe quand l'eau stagne) et former des dépôts sur la gaine autour de la lampe qui masquera le rayonnement UV. La présence de fer peut être accompagnée par le manganèse (valeur limite réglementaire : 0,05 mg/L) qui peut donner une coloration noire à l'eau gênant le rayonnement UV (LERICHE ET FAYOLLE, 2010 ; FULBERT, 2012).

Les systèmes de désinfection par UV (figure 5) sont les systèmes les plus couramment rencontrés en exploitations fromagères fermières. Les études menées par FATET et MICHEL (2010) montrent une bonne efficacité bactéricide sur les *Pseudomonas* en conditions réelles. Les études de terrain montrent aussi que le système peut s'avérer inefficace si les précautions d'installation et d'emploi du système ne sont pas respectées. Pour que le système soit efficace, l'eau doit être prétraitée pour être douce et claire, le dispositif doit-être correctement placé, la puissance de la lampe suffisante au regard du débit d'eau et les canalisations désinfectées (FATET et MICHEL, 2010).



Figure 5 : Photo d'un dispositif de traitement de l'eau par rayonnement UV et filtration amont à la station expérimentale du Pradel

## **7.5. L'ozonation**

L'ozonation est une technique issue de technologies de potabilisation de l'eau et est aussi utilisée dans le traitement des eaux usées (EAWAG, 2012a). Aujourd'hui, elle est utilisée dans des usines de potabilisation de l'eau de grande taille (BLOCK, 2003).

L'ozone ( $O_3$ ) un oxydant puissant qui permet la dépollution de l'eau d'éléments organiques. L'efficacité de l'ozonation est due à l'ozone lui-même qui oxyde certains composés mais surtout à la production de radicaux hydroxyles qui sont des oxydants forts efficaces sur différents types de composés. Ces radicaux libres se forment lorsque l'ozone entre en contact avec l'eau et se solubilise. Ce processus s'applique aussi aux microorganismes, ce qui fait de l'ozone un bon désinfectant (EAWAG, 2012a).

Son pouvoir désinfectant (au spectre très large) est supérieur au chlore et est également très efficace contre les virus (JUERY, 2004). Son efficacité dépend de l'eau (pH ; température ; quantité de matière organique dans l'eau) et de la dose utilisée (EAWAG, 2012a ; ZAVISKA et al., 2009). Son efficacité décroît rapidement à des pH et des températures élevées. Aussi, étant un composé instable, l'ozone se décompose rapidement (15 à 20 minutes) et n'a pas un effet rémanent long (JUERY, 2004).

L'ozone est un gaz très réactif et extrêmement irritant. Il faut donc veiller à protéger les personnes travaillant autour d'un tel système en évitant la libération en phase gazeuse de l'ozone dissout (EAWAG, 2012a). De plus, ce système est contraignant car l'ozone est faiblement soluble dans l'eau et la consommation énergétique d'un tel système est forte

(ZAVISKA et al., 2009), car il nécessite une tension entre 15000 et 20 000 Volts entre les électrodes de l'ozonateur. Ce système est donc réservé aux grandes usines de traitement de l'eau ou aux grandes industries (JUERY, 2004).

Il est possible d'associer l'ozonation avec un système de lampe UV qui, en phase aqueuse, permet d'accélérer la production d'espèces oxydantes comme les radicaux hydroxyles (ZAVISKA et al., 2009). Cependant, un traitement de l'eau par ozonation peut conduire à la production de sous-produits d'oxydation que sont les bromates lorsque l'eau est chargée en bromures. Cette quantité de bromates est réglementée par le décret 2001-1220 (JUERY, 2004).

## **7.6. Le peroxyde d'hydrogène**

Le peroxyde d'hydrogène est mieux connu sous le nom d'eau oxygénée et est un oxydant fort ayant un effet bactéricide direct. Des systèmes de pompes doseuses de peroxyde d'hydrogène sont déjà utilisées pour le traitement de l'eau dans les exploitations agricoles fromagères (figure 6).



Figure 6 : Photo d'un dispositif de traitement de l'eau par injection de peroxyde d'hydrogène dans l'eau par un système de pompe doseuse à la station expérimentale du Pradel

Il est aussi intéressant de voir que cette méthode peut-être couplée à un système de lampe UV. Ce procédé d'oxydation avancé a l'avantage de cumuler l'effet bactéricide direct issu du rayonnement UV ainsi que du pouvoir d'oxydation du peroxyde d'hydrogène. De plus, la photolyse du peroxyde d'hydrogène par le rayonnement entraîne la formation de composés oxydants plus puissants que le peroxyde d'hydrogène lui-même (hydroxyles

notamment) qui détruisent bactéries, virus et micropolluants (ZAVINSKA et al., 2009 ; LAKRETZ et al., 2011).

Ce système peut apparaître comme un système efficace pour le contrôle des biofilms et assurer une eau de haute qualité (LAKRETZ et al., 2011) dont l'effet bactéricide est plus fortement rémanent que le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seul (ZAVINSKA et al., 2009). Aussi, l'effet bactéricide est d'autant limité que l'eau est chargée en matières organiques et autres particules qui réagissent avec le peroxyde d'hydrogène. Le traitement est optimisé si l'eau est filtrée pour la séparer des matières organiques (CHEVALIER et al., 2010).

Il est à noter que la quantité de peroxyde d'hydrogène résiduelle ne doit pas dépasser 0,5 mg/l d'eau traitée dans le contexte du traitement des eaux pour leur potabilisation ou du traitement des effluents industriels (ZAVINSKA et al., 2009).

Dans les exploitations avicoles, où l'eau d'abreuvement des animaux doit avoir une charge microbienne minimum, ce système s'avère être un bon désinfectant lorsque la concentration résiduelle en bout de réseau chez l'exploitant est de 20 à 50 mg/L d'eau (CHEVALIER et TRAVEL, 2007). De plus il a un effet rémanent car il se décompose lentement en eau et en oxygène et agit sur les biofilms pour les décrocher des parois des canalisations (CHEVALIER et TRAVEL, 2007).

## **7.7. La chloration**

La chloration est le système le plus largement répandu pour la désinfection des eaux potables de réseaux. Cette technique utilise des produits à base de chlore (hypochlorite de sodium, dioxyde de chlore, chlore gazeux) qui sont des oxydants. Elle est efficace contre la plupart des bactéries (pathogènes notamment) en oxydant la structure des organismes de façon réversible ou irréversible selon la dose de produit appliquée (BLOCK, 2003 ; JUERY, 2004).

Pour les systèmes de chloration mis en place en exploitations agricoles, le chlore libre résiduel monte entre 0,3 et 0,6 mg/L selon la qualité du captage (notamment dans des cas de puits privés) avec des tests terrain. C'est cette quantité résiduelle qui est le témoin de la rémanence du traitement (FULBERT, 2012 ; CHEVALIER et al., 2010).

Selon le décret 2001-1220, l'eau chlorée ne doit pas présenter de désagrément de goût ou d'odeur (JUERY, 2004). Dans les réseaux d'eau potable publique en général, le chlore résiduel est maintenu aux environs de 0,2 mg/l (BLOCK, 2003 ; JUERY, 2004) mais des chlorations supplémentaires peuvent être envisagées si nécessaire (JUERY, 2004).

Ce système est assez limité car de plus en plus, des bactéries développent des mécanismes de résistances du fait de l'utilisation en continu sans toujours détruire totalement les bactéries. De plus, le chlore qui traite l'eau par oxydation, peut favoriser le développement de biofilms car il réduit le poids moléculaire de composés organiques qui sont alors plus facilement disponibles pour les bactéries (LAKRETZ et al., 2011).

Concernant le chlore, l'efficacité est déterminée par la dose utilisée et le temps de contact mais surtout par la qualité de l'eau qui ne doit pas être chargée en matière organique, en fer et en manganèse qui réagissent avec le chlore, le mobilisent, limitant alors la quantité de chlore destiné à l'oxydation des bactéries (FULBERT, 2012 ; CHEVALIER et al., 2010).

Aussi, le pH de l'eau influe sur la forme active de chlore présente lors du traitement (FULBERT, 2012 ; JUERY, 2004). L'efficacité n'est donc pas absolue. La qualité microbiologique d'eau traitée par chloration n'est donc pas totalement maîtrisée (BLOCK, 2003).

Le traitement par chloration (hors dioxyde de chlore) peut générer la production de produits organo-chlorés type trihalométhanes lorsque le chlore est trop fortement dosé et que l'eau à traiter est fortement chargée en composés organiques (GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU, 2002 ; JUERY, 2004). Ce phénomène peut se produire dès lors que quelques dizaines de milligrammes de matières organiques par litre sont présents dans l'eau à traiter (JUERY, 2004). Ces trihalométhanes contenues dans l'eau peuvent entraîner une toxicité hépatique et rénale si l'exposition est suffisante et prolongée. Ils ont aussi un effet cancérigène (GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU, 2002). Le teneur de l'eau pour sous-produits d'oxydation est limitée par le décret 2001-1220 (JUERY, 2004). Dans le cas du dioxyde de chlore, il peut y avoir après traitement un résiduel de chlorite, dont la quantité dans l'eau est aussi réglementée (JUERY, 2004).

### **7.8. Le charbon actif**

Le charbon actif (existant sous différentes formes : en poudre, en grains, en fibres) est un matériau très poreux (plus de 1000m<sup>2</sup>/gr de surface spécifique) qui permet l'adsorption de différents substances organiques ou minérales. Cette technique est très utilisée dans les technologie d'épuration des fluides dans l'industrie et mais aussi dans les stations d'épuration (EAWAG, 2012b ; LE PAPE, 2003). Elle permet d'enlever de l'eau, des substances comme les biocides, les médicaments,...etc (EAWAG, 2012b).

Aussi, il s'avère que le charbon actif de part ses caractéristiques physico-chimiques permet aux bactéries de s'y fixer et de s'y développer. Des recherches ont été menées pour apporter effet bactéricide à ces technologies de charbon activé en les traitant à l'argent par exemple qui est un élément aux propriétés bactéricides (LE PAPE, 2003).

Le charbon actif peut aussi être utilisé pour absorber les sous produits d'oxydation dans certains systèmes de traitement de l'eau (EAWAG, 2012a).



## **Partie 2 : Matériels et méthodes**

# **1. Enquête qualitative auprès des techniciens fromagers en fromagerie fermière**

## **1.1. Objectifs de l'enquête**

- Connaître le contexte de travail des techniciens et leurs contraintes de terrain
- Evaluation de la partie du guide d'appui technique (INSTITUT DE L'ELEVAGE (COORD.), 2007) sur la gestion de l'accident de fromagerie due aux *Pseudomonas* pour la technologie lactique
- Connaître les pratiques des techniciens vis-à-vis de l'accident *Pseudomonas* et donc leur démarche d'intervention pour la résolution de l'accident
- Evaluer le niveau de connaissance et de compétence des techniciens sur le problème
- Connaître l'efficacité ainsi que les forces et les faiblesses des systèmes de traitement de l'eau conseillés par les techniciens aux producteurs
- Cerner les améliorations possibles du modèle d'appui technique et recueillir en ce sens les propositions des techniciens
- Cerner les besoins des techniciens (formation, outils techniques, nouvelles connaissances) pour l'accompagnement des producteurs
- Connaître la situation des producteurs face à ce problème au travers des techniciens

## **1.2. Méthodologie d'enquête**

### 1.2.1. Hypothèses testées dans l'interprétation de l'enquête

**Hypothèse n°1** : Les outils d'appui technique possèdent des manques qui empêchent les techniciens et les producteurs de déterminer toutes les causes du problème. Cela signifie que la pertinence, l'efficacité et l'adéquation terrain des outils d'appui technique sont insuffisantes. Il faut cerner les améliorations possibles concernant les techniques de maîtrise du problème et les méthodes d'accompagnement des producteurs par les techniciens.

**Hypothèse alternative principale** : Les outils d'appui technique ne sont pas la cause de la difficulté des techniciens à résoudre le problème de façon pérenne. On cherche alors à savoir si un déficit de connaissance sur le problème, un faible niveau de sensibilisation des producteurs ou un manque de temps des techniciens ne permettent pas de résoudre le problème de façon définitive.

### 1.2.2. Le type d'enquête et le guide d'entretien

L'enquête est de type qualitative et semi-directive, ce qui permet de comprendre la diversité des points de vue (COLLECTIF, 2012) des techniciens. L'analyse du contenu recueilli lors de chaque entretien va permettre de répondre aux objectifs donnés et de confirmer l'hypothèse de base ou d'envisager l'hypothèse alternative.

Les questions sont recensées et organisées dans le guide d'entretien (annexe 4). Le guide a été construit en 3 étapes majeures. Tout d'abord, il a été nécessaire d'effectuer des recherches bibliographiques pour connaître le problème et établir les objectifs de l'enquête, afin de formaliser les thèmes et les questions de la première version du guide d'entretien. Ce

travail a été validé en interne à l'Institut de l'Elevage, notamment avec l'appui d'une sociologue travaillant pour le service « Travail en élevage et approches sociales ». Par la suite, le questionnaire a été testé auprès d'un premier technicien afin de connaître précisément la durée de l'entretien et déceler les questions non adaptées. A la suite de ce test, aucun ajustement du guide n'a été nécessaire et les réponses du premier enquêté ont été prises en compte.

Ces étapes ont été nécessaires afin d'élaborer un guide d'entretien définitif, identique pour tous les techniciens afin de faciliter la collecte d'informations et l'analyse sur les différents thèmes de l'enquête (tableau 6).

**Tableau 6 : Thèmes abordés lors des entretiens**

<b>Les thèmes abordés lors des entretiens</b>	
<b>Thèmes</b>	<b>Données collectées</b>
<b>- Description des profils des techniciens (formations, parcours professionnels, leur goût du métier) et de leur expérience vis-à-vis de l'accident <i>Pseudomonas</i></b>	--> Caractérisation des différents profils
<b>- La démarche d'intervention des techniciens pour l'accident de fromagerie dû aux <i>Pseudomonas</i> et évaluer le niveau de connaissance et de compétences des techniciens</b>	--> Connaître les pratiques et définir une typologie sur les différentes approches --> Evaluation du niveau de connaissances vis-à-vis de <i>Pseudomonas</i> --> Connaître l'avis des techniciens sur les résultats de leurs interventions
<b>- Les systèmes de traitement de l'eau conseillés par les techniciens</b>	--> Efficacité des systèmes utilisés et leurs forces et leurs faiblesses pour leur utilisation dans des exploitations fromagères
<b>- L'évaluation et les améliorations possibles des outils d'appui technique, en particulier du guide d'appui technique "<i>Pseudomonas</i>" coordonné par l'Institut de l'Elevage</b>	--> Recueillir le jugement des techniciens sur les outils d'appui technique --> Connaître les axes d'amélioration proposés par les techniciens et cerner leurs besoins
<b>- L'accident dû aux <i>Pseudomonas</i> vécu par les producteurs, du point de vue des techniciens</b>	--> L'ampleur du problème dans la filière ainsi que dans une exploitation à l'échelle individuelle --> Le niveau de sensibilisation des producteurs --> Le suivi des producteurs par les techniciens

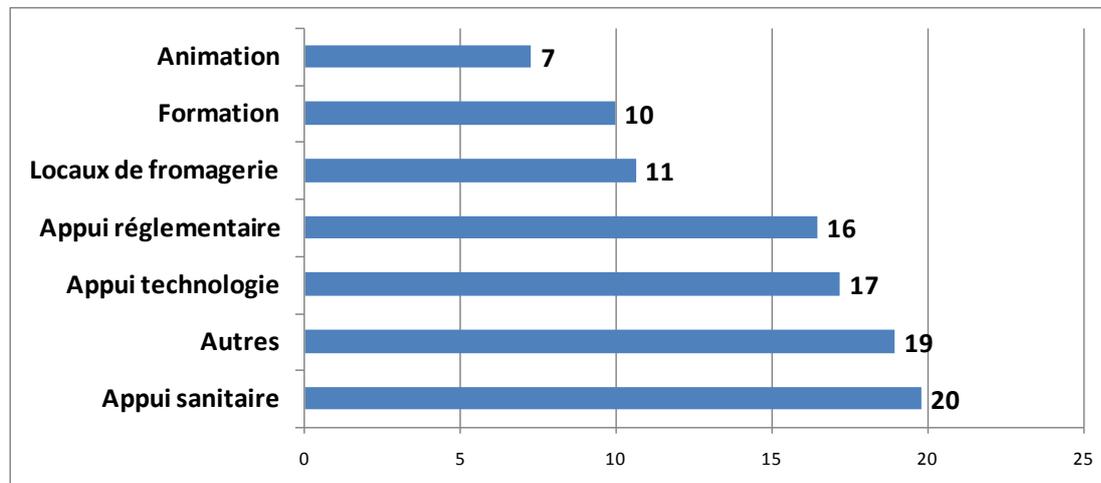
### 1.2.3. Le choix des cibles et l'échantillonnage

Le recensement des techniciens est une donnée accessible directement à l'institut de l'élevage dans une base de données au format Access détenue par l'animatrice du réseau de techniciens « Produits Laitiers Fermiers » (PLF). Il s'agissait de sélectionner ceux intervenant en technologie lactique grâce à la base de données du réseau et via la connaissance du réseau de l'animatrice.

Il était important de choisir une large diversité de techniciens travaillant en production fromagère, qu'ils soient spécialistes ou non. Le but était d'enquêter des techniciens faisant de l'appui technique et technologique en production fromagère (type lactique), qu'ils soient spécialistes ou non. L'échantillon devait être assez grand (plus de 12), pour obtenir suffisamment d'informations (effet de saturation) mais n'a pas besoin de représentativité au sens statistique. L'objectif premier de l'échantillonnage est d'obtenir la diversité nécessaire pour couvrir toute la diversité de réponses autour de la problématique lors de l'analyse.

Ainsi, le choix des techniciens s'est appuyé sur une enquête effectuée en 2009 au sein du réseau PLF pour mieux connaître le métier des techniciens, ses évolutions et les attentes des techniciens vis-à-vis du réseau. Sur environ 180 enquêtes envoyées aux personnes du réseau concernées (techniciens du réseau travaillant directement auprès des producteurs laitiers fermiers en France), 57 réponses avaient été obtenues. Cet échantillon était globalement représentatif en termes d'espèces, de régions, de structures. L'enquête mettait en lumière une diversité de profils d'activité des techniciens :

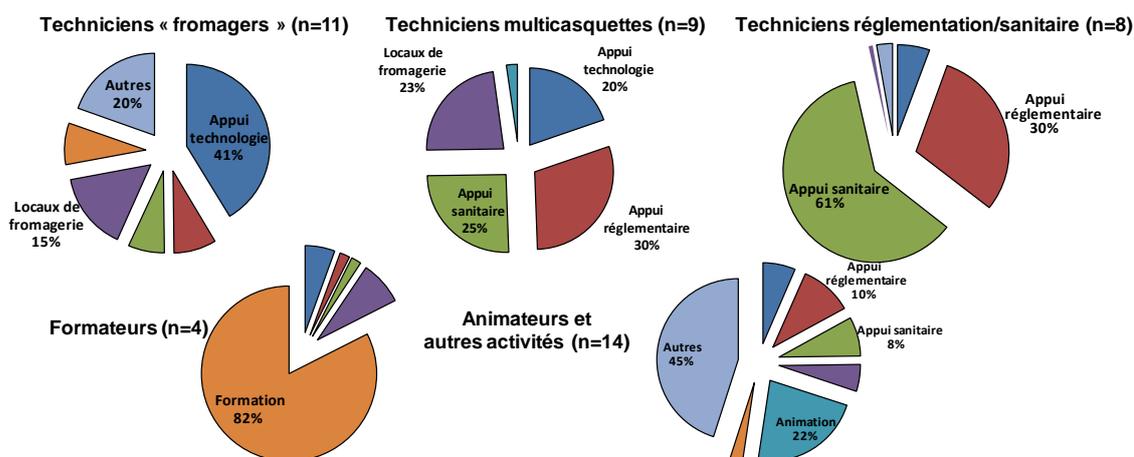
En moyenne, les techniciens passent 65% de leur temps à l'activité laitière fermière, sachant qu'un tiers y passe moins de 40% de leur temps. Si on ne s'intéresse qu'à la part de leur activité consacrée aux produits laitiers fermiers, leur temps de travail se répartissait de la façon suivante (figure 7) :



**Figure 7 :** Répartition des activités en % au sein de l'activité laitière fermière (n=46)

L'activité de conseil se répartit de manière équivalente entre l'appui réglementaire, sanitaire, technologique et d'autres activités. La rubrique « autres activités » regroupe des fonctions très variées telles que la promotion/communication, la vente de produits, l'expérimentation, les plans de contrôle AOC, l'organisation de concours, l'appui à de nouveaux projets d'installation, les tâches administratives. La formation, l'animation, les interventions sur les locaux de fromagerie interviennent à un deuxième niveau. Dans le questionnaire, les items formation et animation n'étaient pas répertoriés d'emblée comme activité à préciser, ce qui a pu influencer sur le taux de réponses obtenu.

Toujours en ne tenant compte que de la part d'activité consacrée aux produits laitiers fermiers, cinq profils d'activité avaient pu être dégagés (figure 8).



**Figure 8 :** Les 5 profils d'activité fermière au sein du réseau « Produits Laitiers Fermiers »

Les 5 profils d'activité différents des techniciens faisant de l'appui technique en production laitière fermière sont : les techniciens « fromagers », les techniciens « multi-casquettes », les techniciens « réglementation/sanitaire », les techniciens « formateurs » et les techniciens « animateurs ». Tous font de l'appui technique en fromagerie mais à des fréquences d'intervention différentes (LAITHIER, 2010).

Il a été choisi de simplifier cette typologie, les techniciens fromagers seront identifiés comme des techniciens spécialisés car ils font de l'appui technologique à plus de 40% dans l'ensemble de leurs fonctions. Les autres techniciens, qui font de l'appui technologique mais dans de moindres mesures (moins de 40% (2/5) environ de l'ensemble de leurs fonctions) seront identifiés comme des techniciens non spécialisés.

Sur la base de cette typologie simplifiée, 14 techniciens au total (8 spécialisés et 6 non spécialisés) ont été interrogés en ne retenant que ceux accompagnant des producteurs fermiers fabriquant pour partie des fromages à coagulation lactique et en veillant à ce que les principales technologies lactiques fermières et régions fermières lactiques (Rhône Alpes, Poitou Charente, PACA, Languedoc Roussillon, Centre, Bourgogne, Midi Pyrénées (Lot en particulier)) soient représentées.

Les techniciens ont été enquêtés soit par téléphone (techniciens très éloignés ou déjà connus par le stagiaire chargé de réaliser les enquêtes) ou directement en face à face dans le bureau des techniciens concernés.

#### 1.2.4. L'interprétation des réponses à l'enquête et les outils d'interprétation

Les questions de l'enquête sont de type descriptive pour faire un état des lieux sur la démarche d'intervention et les pratiques des techniciens ainsi que pour apporter des informations sur la totalité des thèmes de l'enquête. La synthèse des réponses a pour but de nous permettre d'apprécier et de mesurer les points de vue des techniciens sur les différents thèmes abordés dans l'enquête. Egalement, elles permettent de comprendre les difficultés de résolution du problème par les techniciens et à quoi ils les attribuent.

L'interprétation des réponses (figure 9) a été faite après l'enregistrement vocal des entretiens et retranscription des réponses sur un tableur. Les réponses ont été analysées par thème, sans grille d'interprétation prédéfinie (analyse ouverte). Ensuite, les réponses ont été interprétées selon 3 niveaux :

- Le premier niveau d'interprétation est descriptif : les réponses des techniciens sont synthétisées et décrites
- Le deuxième niveau d'interprétation consiste à savoir si les techniciens évoquent spontanément ou non un point particulier de la problématique.
- Le troisième niveau est l'engagement des enquêtés dans la mise en œuvre de l'appui technique pour maîtriser la contamination des fromages par *Pseudomonas* : efficacité attribuée, pertinence, adéquation avec les contraintes terrains, intentions de mise en œuvre...etc.

Dans cette enquête qualitative, une typologie *a posteriori* (après enquête) a été réalisée pour observer si elle concorde ou diffère de la typologie *a priori* (avant enquête) qui classe les techniciens comme spécialisés ou non spécialisés en appui technique fromager.

Puisque l'analyse est dite "ouverte" (sans grille d'interprétation prédéfinie), la création des indicateurs d'interprétation est postérieure à la phase d'enquête. Ces indicateurs d'interprétation (ou outils d'interprétation) permettent d'objectiver les réponses des groupes de techniciens ou de l'ensemble des techniciens, selon les thèmes. Ces indicateurs peuvent être descriptifs ou explicatifs. Des tableaux croisent et dénombrent les réponses des techniciens sur des thèmes précis. D'autres indicateurs montrent l'intensité qu'attribuent les techniciens à leurs réponses (tableaux et processus). Un dernier type d'indicateur, la matrice SWOT, a été utile pour évaluer de l'avis des techniciens l'utilisation des systèmes UV de traitement de l'eau dans les exploitations fromagères fermières. Cette matrice SWOT (Strengths, weaknesses, opportunities, threats) est un outil permettant de synthétiser les forces et les faiblesses internes des systèmes de traitement de l'eau par UV et de synthétiser les opportunités et les menaces de ces systèmes par rapport à leur utilisation.

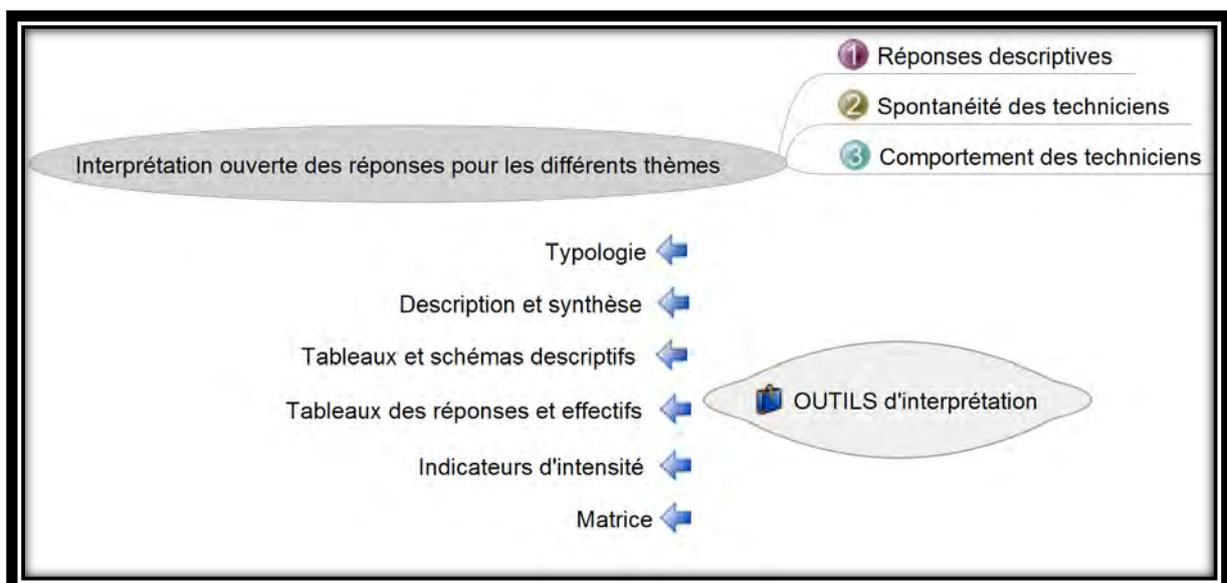


Figure 9 : Schéma de l'interprétation des réponses à l'enquête et les outils d'interprétation

## **2. Les tests d'efficacité des systèmes UV et peroxyde d'hydrogène pour le traitement de l'eau à la station expérimentale du Pradel**

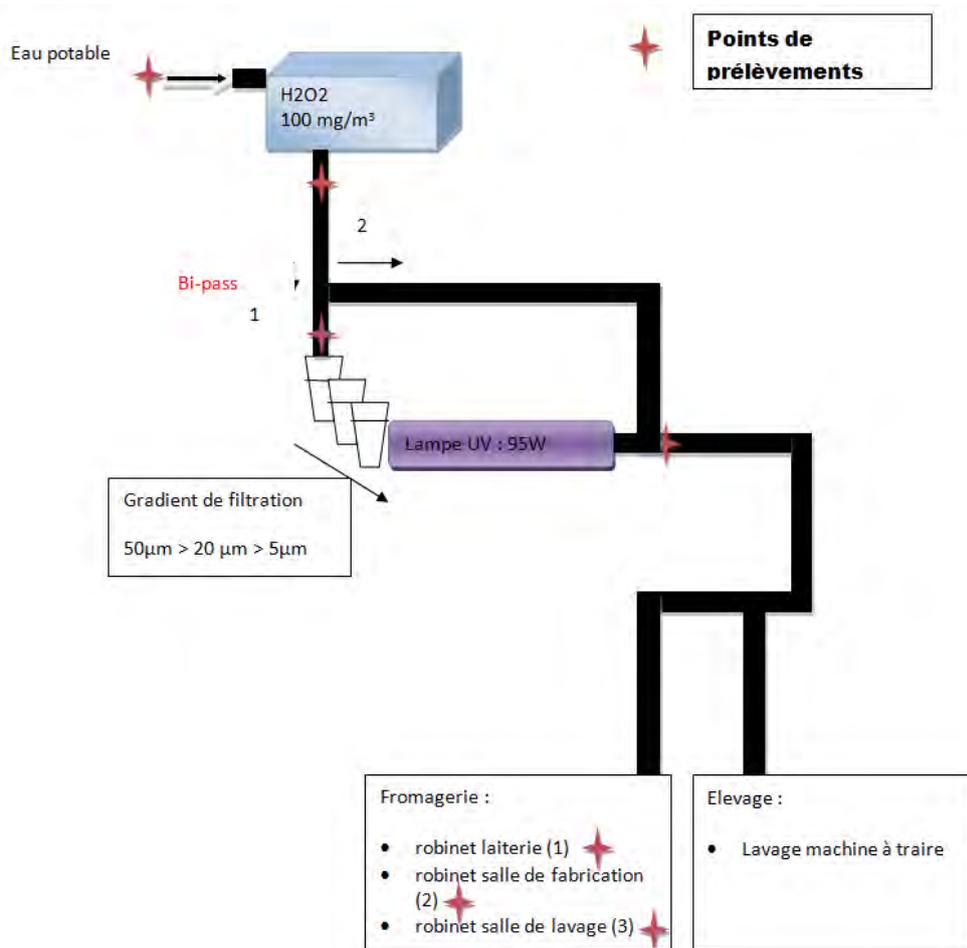
### **2.1. Objectifs de l'expérimentation à la station expérimentale du Pradel**

- Evaluer l'efficacité de l'effet bactéricide du système de traitement de l'eau par UV et du système par peroxyde d'hydrogène
- Observer la rémanence de l'effet bactéricide des systèmes de traitement de l'eau par UV et par peroxyde d'hydrogène
- Observer les niveaux de contamination du lait en *Pseudomonas* lorsqu'un système de traitement de l'eau est en place
- Effectuer un suivi de la pluviométrie en parallèle des mesures de contamination de l'eau et analyser les liens éventuels

L'objectif principal est l'évaluation de l'efficacité des systèmes de désinfection de l'eau sur les *Pseudomonas*, par UV (avec ou sans désinfection au préalable) d'une part et par peroxyde d'hydrogène d'autre part dans les conditions d'une exploitation fromagère caprine. La rémanence de chaque système a aussi fait l'objet d'une évaluation avec le dénombrement des *Pseudomonas* dans l'eau prélevée aux différents points d'utilisation de l'eau dans l'exploitation.

### **2.2. La démarche expérimentale**

Les deux systèmes de traitement UV et peroxyde d'hydrogène ont été mis en place sur la même branche de circuit d'eau qui sert au nettoyage de la MAT, salle de traite et locaux de transformation (figure 10). La pompe à peroxyde d'hydrogène est au plus près de l'eau d'origine alors que le système UV est plus proche de l'eau utilisée mais la distance entre les deux points de traitement sera faible (inférieure à 6 mètres). Ce dispositif permet d'utiliser soit le traitement par peroxyde d'hydrogène (bi-pass pour ne pas utiliser l'UV) soit par UV.



Remarque : la figure ne possède pas d'échelle. Les distances ne sont pas respectées.

**Figure 10 :** Schéma de la disposition des systèmes de traitement de l'eau installés à la ferme expérimentale du Pradel et points de prélèvements de l'eau

La démarche expérimentale a consisté à prélever des échantillons d'eau et de lait à la ferme expérimentale du Pradel durant 3 périodes d'étude différentes (tableaux 7 et 8). Les périodes n°1 et n°2 ont pour objectif de tester l'efficacité du système de traitement de l'eau par UV et la période n°3 a pour objectif de tester l'efficacité de la solution de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène.

Les périodes n°1 et n°2 se différencient par la désinfection des canalisations qui a été effectuée avant la période n°2 sans que le système UV ait été arrêté (sauf durant la désinfection). Cela permet de comparer une situation où les biofilms bactériens sont sans doute présents dans les canalisations, avec une situation *a priori* libre de biofilms bactériens.

Durant ces 3 périodes, des dénombrements de *Pseudomonas* ont été effectués sur milieu CFC, milieu gélosé additionné de Cétrimide, de Fusidine et Céphalosporine. F. LERICHE, enseignant-chercheur à l'ENITA de Clermont-Ferrand à VetAgroSup (2012), explique que ce milieu est actuellement le plus adapté pour le dénombrement des *Pseudomonas* dans les produits alimentaires dont le lait.

Les prélèvements d'eau ont été réalisés sur l'eau de réseau utilisée pour le nettoyage du matériel de fromagerie, pour le lavage des mains à l'atelier de fabrication et l'eau utilisée pour le nettoyage de la machine à traire et du tank. Les échantillons ont été prélevés, à l'entrée de l'eau dans l'exploitation, avant et après les dispositifs de traitement de l'eau et à différents points d'utilisation de l'eau en aval des dispositifs de traitement de l'eau (figure 10). Aussi, des prélèvements d'eau sur un réseau d'eau annexe (lance à incendie) ont été effectués à des fins de comparaison avec le réseau principal d'eau traitée (tableau 7).

Ensuite des prélèvements de lait de mélange (tank) et de lait de purge ont été effectués en même temps que les prélèvements de l'eau de réseau pour observer la tendance, si elle existe, qui relie la contamination en *Pseudomonas* de l'eau et du lait pour chaque période de l'étude.

Aussi, des analyses physico-chimiques de l'eau ont été faites car la qualité physico-chimique de l'eau constitue un paramètre important dans l'efficacité des systèmes de traitement de l'eau.

Les relevés journaliers de pluviométrie ont aussi été analysés pour établir, s'il existe, le lien entre la pluviométrie et la contamination de l'eau de réseau entrante dans l'exploitation.

La désinfection de toutes les canalisations au peroxyde d'hydrogène été effectuée le :

- 22 mai et 28 juin :
  - Introduction de CID CLEAN, 2% du contenu des canalisations
  - Temps de contact : 3h30

**Tableau 7** : Les différentes périodes de traitement de l'étude menée à la ferme expérimentale du Pradel

Période n°1	Période n°2	Période n°3
<u>12 avril au 11 mai</u>	<u>29 mai au 28 juin</u>	<u>2 juillet au 2 août</u>
<b>Désinfection de l'eau par UV <u>sans</u> désinfection préalable des canalisations</b>	<b>Désinfection de l'eau par UV <u>avec</u> désinfection préalable des canalisations le 22 mai</b>	<b>Désinfection de l'eau par injection d'une solution commerciale de peroxyde d'hydrogène</b>
<b>Dates des prélèvements de l'eau et du lait (tank et purge)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 prélèvements avril-mai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 prélèvements mai-juin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 prélèvements juillet-août</li> </ul>
<b>Dates de prélèvement de l'eau à la lance à incendie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 prélèvements mi-avril</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 prélèvements mai-juin</li> </ul>	
<b>Date d'analyse des caractéristiques physico-chimiques de l'eau</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 prélèvements mi-avril</li> </ul>		

Tableau 8 : Démarche expérimentale et modes de prélèvement

Prélèvements	Analyses pratiquées	Mode de prélèvement	Conservation et méthode d'analyse
<b>Entrée d'eau dans l'exploitation (eau à l'entrée du système de traitement H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dénombrement <i>Pseudomonas spp</i></li> <li>Analyses physico-chimiques (turbidité, dureté, mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Fer total, absorbance à 25nm, transmittance UV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flacons stériles de 500ml contenant du thiosulfate de sodium</li> <li>Désinfection alcool de l'embouchure du robinet de prélèvement et des mains du manipulateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en glacière des échantillons (4°C)</li> <li>Echantillons amenés au laboratoire CERES (Villeneuve-de-Berg) dans les 6 heures</li> </ul>
<b>Eau en sortie du traitement H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dénombrement <i>Pseudomonas spp</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Premiers jets d'eau recueillis, avant toute activité dans l'exploitation (eau potentiellement la plus contaminée)</li> </ul>	
<b>Eau à l'entrée du système UV</b>			
<b>Eau en sortie du système UV</b>			
<b>Eau utilisée à la laiterie</b>			
<b>Eau utilisée en salle de fabrication (lavage des mains)</b>			
<b>Eau utilisée en salle de lavage</b>			
<b>Lait de mélange (tank)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dénombrement <i>Pseudomonas spp</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flacons à anse de 180ml stériles</li> <li>Désinfection des mains à l'alcool</li> <li>Prélèvement directement dans le tank et dans le seau du lait de purge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Milieu d'analyse pour les dénombrements de <i>Pseudomonas spp</i> : CFC</li> </ul>
<b>Lait de purge (machine à traire)</b>			
<b>Eau de la lance à incendie (réseau d'eau annexe)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dénombrement <i>Pseudomonas spp</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protocole idem aux autres prélèvements d'eau</li> <li>Premiers jets d'eau recueillis</li> <li>Eau recueillie après écoulement</li> </ul>	

### **2.3. Le travail d'interprétation**

L'interprétation des résultats de l'étude est une analyse descriptive des données. En effet, il n'est pas possible d'effectuer un traitement statistique des données du fait du nombre relativement faible de prélèvements d'échantillons. Les résultats ne sont donc pas généralisables mais sont des informations importantes et nécessaires pour la filière fromagère fermière.

## **3. Les suivis d'exploitations ayant installé un système de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène**

### **3.1 Objectifs des suivis d'exploitations**

- Mieux connaître l'efficacité du système de traitement par peroxyde d'hydrogène,
- Observer les niveaux de contamination aux points clés dans les exploitations considérées comme ayant *a priori* résolu le problème des *Pseudomonas* (sachant qu'un système de traitement de l'eau est en place).

### **3.2 Prospection et identification des producteurs**

Dans chaque étude de cas, le problème s'était déjà produit (accident qui a été par le passé récurrent et dont l'impact économique a été important d'après les exploitants). Leurs situations ont fait l'objet d'un appui technique qui a mené les producteurs à installer un traitement de l'eau au peroxyde d'hydrogène. Les exploitations ont été choisies à proximité du laboratoire CERES à Villeneuve-de-Berg (07) pour pouvoir transporter les prélèvements rapidement. La prospection s'est faite selon le réseau de producteurs la technicienne au PEP caprin (Rhône-Alpes). Trois producteurs ont été sélectionnés.

### **3.3 Planning et organisation des suivis d'exploitations**

Les suivis d'exploitations se sont déroulés sur une période de deux semaines (tableau 9). Chaque exploitation s'est vue dédier une journée "J0" lors de la première semaine (le 15, 16 et 19 octobre). Ensuite, pour synchroniser le reste des prélèvements et mesures, les trois exploitations ont été suivies durant quatre journées supplémentaires ("J+1 à J+4") pour suivre une fabrication de fromages, lors de la seconde semaine (22 au 25 Octobre). Les trois exploitations ont été visitées lors des 4 derniers jours de suivis (J+1 à J+4).

Tableau 9 : Planning des suivis d'exploitations « *Pseudomonas* »

Jours	Prélèvements	Mesures	Autre
J-3 à J-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lait (3 soit 1 par jour)</li> </ul>		
J0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biofilm machine à traire (1)</li> <li>Aerocontamination (1)</li> <li>Eau (3)</li> <li>Lait (1)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Audit technique</li> <li>Suivi du nettoyage de la machine à traire</li> </ul>
J+1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Surface (2)</li> <li>Eau (3)</li> <li>Lait (1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suivi de température (lait traite du soir à l'ensemencement)</li> </ul>	
J+2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eau (3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mesure pH à l'emprésurage et enregistrement pH durant caillage</li> <li>Température et humidité des salles de fromagerie</li> <li>Début de suivi de fabrication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suivi de fabrication                             <ul style="list-style-type: none"> <li>lait de la traite du soir du J+1 avec le lait de la traite du matin du J+2</li> </ul> </li> </ul>
J+3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eau (3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH au moulage</li> <li>Température et humidité des salles de fromagerie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moulage à J+3</li> </ul>
J+4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eau (3)</li> <li>Fromage (1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH au démoulage</li> <li>Température et humidité des salles de la fromagerie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Démoulage à J+4 (matin)</li> </ul>

### 3.4 L'interprétation des résultats des analyses des échantillons collectés

Les études de cas ne peuvent pas faire l'objet d'un traitement statistique. Une description des données a été faite afin de mettre en relief le diagnostic de chaque ferme sur les facteurs potentiels favorisant l'apparition de l'accident et pour acquérir des données sur des

situations particulières. Egalement, l'efficacité de l'effet bactéricide du système de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène dans des conditions réelles en exploitations fromagères a été investiguée.

Les suivis ayant été faits après l'installation des systèmes de traitement de l'eau, le constat de la situation avant cette mesure corrective a été faite selon les dires des producteurs. Lors des suivis, il a été question de décrire toutes les mesures qui ont été prises pour la correction du problème et un constat sur l'accident a été fait afin d'évaluer la pertinence des actions de correction mises en place en particulier, le système de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène.

### **3.5 L'audit technique des exploitations**

Les données collectées ont permis d'avoir « une image » des exploitations pour évaluer les facteurs potentiels d'apparition de l'accident.

Les points d'investigation abordés lors de ces audits techniques effectués pour les suivis :

- Description générale de l'exploitation (organisation, nombre de personnes, description du troupeau et caractéristiques de l'exploitation)
- Les pratiques d'élevage
  - Conduite de l'alimentation (type d'aliments ; pâturage...etc.)
  - Etat de la litière (propreté ; fréquence de paillage...etc.)
  - Ambiance dans les bâtiments d'élevage (humidité, trace de moisissure...etc)
  - La traite (type et techniques de traite ; lieu de traite et sa propreté ; hygiène de traite)
- L'entretien de la machine à traire (état des matériaux ; encrassement ; fréquence de changement des pièces...etc.)
- Conception de la machine à traire (longueur lactoduc...etc.)
- Suivi du nettoyage de la machine à traire
- Maturation du lait (type de récipient ; température)
- Provenance de l'eau utilisée pour le nettoyage de la machine à traire et à la fromagerie
- Pratiques des fromagers pour les nettoyages des équipements de fromagerie
- Hygiène du personnel
- Suivi de fabrication

Le document d'audit technique a été réalisé en se basant sur différents documents d'audit d'élevage élaborés par l'Institut de l'Elevage pour d'autres problématiques. Il a été adapté à la question des *Pseudomonas* afin d'effectuer sur le terrain une expertise pour chaque exploitation, pour diagnostiquer les facteurs potentiels pouvant favoriser l'apparition de l'accident. Ce diagnostic a été effectué avec l'appui de la technicienne expérimentée en fromagerie du PEP Caprin Rhône-Alpes.

La fabrication suivie, pour les trois exploitations, s'est étalée du 23 au 25 Octobre. (Le lait mis en fabrication est le lait de mélange de la traite du soir du 22 Octobre et de la traite du matin du 23 Octobre).



## **Partie 3 : Résultats et discussion**

# **1<sup>ère</sup> partie des résultats : interprétation de l'enquête auprès des techniciens**

## **1. La typologie post-enquête des techniciens**

Initialement, les techniciens fromagers fermiers ont été répartis en 2 groupes de 7 personnes. Les techniciens spécialisés effectuent plus de 40% d'appui technique fromager dans leur temps de travail et les techniciens non spécialisés effectuent moins de 40% d'appui technique fromager dans leur temps de travail. Les techniciens ont été reclassés selon leur approche du problème étudié.

### **1.1. Le groupe n°1 : les techniciens avec une approche exhaustive et précise**

#### 1.1.1. Présentation du groupe n°1

Le groupe n°1 est majoritaire car il contient 8 personnes sur les 14 techniciens PLF enquêtés (figure 11). Les personnes du groupe n°1, de tout niveau d'expérience dans le domaine de la transformation fromagère fermière, effectuent un appui technique très complet où tous les points d'investigation liés à un problème de *Pseudomonas* sont évalués.

La fréquence à laquelle ils rencontrent l'accident de fromagerie lié aux *Pseudomonas* n'est pas mesurable précisément par les techniciens. Les interventions *in situ* dans les exploitations ne sont pas dénombrées et le nombre d'appuis techniques donnés par téléphone n'est pas non plus comptabilisé. Quatre de ces techniciens estiment que le nombre d'accidents de fromagerie de forte ampleur liés aux *Pseudomonas* est important mais n'est pas quantifié. Deux personnes évaluent le nombre d'accidents de fromagerie "graves" à une dizaine de cas par an. Ils laissent comprendre que les *Pseudomonas* sont une réelle préoccupation des producteurs.

#### 1.1.2. Caractérisation du groupe n°1

Les techniciens appartenant à ce groupe sont :

- En majorité de techniciens spécialisés dans l'appui technique fromager (6/8)
  - Par conséquent, il est normal d'observer qu'ils sont les techniciens rencontrant le problème le plus fréquemment (estimation par 2 personnes à une dizaine de cas "graves", nécessitant une expertise très approfondie)
- Des personnes ayant des niveaux d'expérience différents dans le domaine de la transformation fromagère :
  - Moins de 5 ans : 1 personne
  - Entre 5 et 20 ans : 4 personnes
  - Plus de 20 ans : 3 personnes

- Des personnes ayant des profils de formation initiale différents. Ils ont une « sensibilité pour la transformation fromagère » de part leur fonction majoritaire (appui technique fromager)
  - Profil Bac+2/3 : 3 personnes ayant fait une formation en ENIL (Ecole Nationale d'Industrie Laitière)
  - Profil Bac+5 : 3 ingénieurs agricoles et 2 personnes ayant une maîtrise dans le domaine de l'agriculture et de l'agroalimentaire
- Le goût pour la documentation dépend des personnes (relatif à la personnalité de chacun)

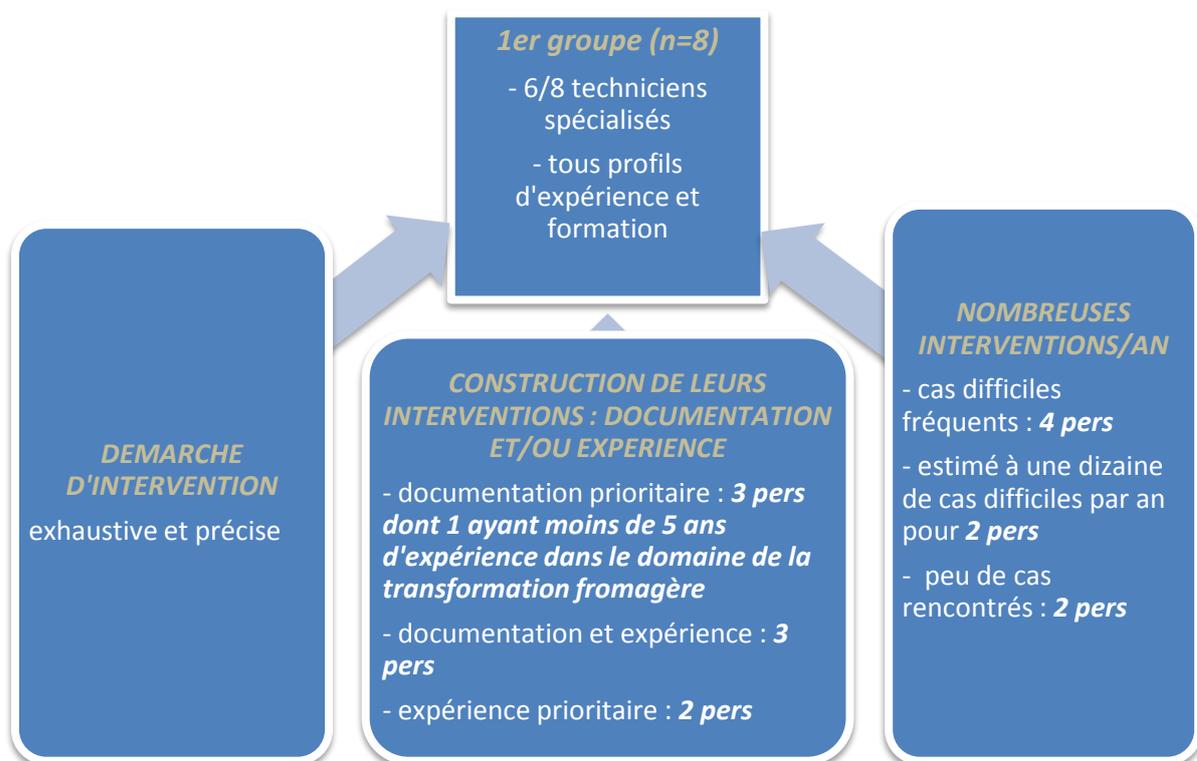


Figure 11 : Schéma de présentation du groupe n°1 de techniciens du réseau PLF

## **1.2. Le groupe n°2 : les techniciens qui ciblent leurs interventions**

### **1.2.1. Présentation du groupe n°2**

Le groupe n°2 a une approche dite « ciblée ». Les 3 personnes du groupe (figure 12) ont un angle d'attaque prioritaire et s'intéressent dans un deuxième temps aux autres points clés. Ce groupe estime rencontrer ce problème « rarement », estimé à « un ou deux cas difficiles par an » par 1 personne.

### 1.2.2. Caractérisation du groupe n°2

Les techniciens appartenant à ce groupe sont :

- Des techniciens plutôt non spécialisés en appui technique fromager (2/3 personnes)
  - Leur temps de travail n'est pas obligatoirement et majoritairement de l'appui technologique fromager.
  - Les autres fonctions prédominantes des enquêtés non spécialisés en appui technique fromager du groupe sont :
    - la formation pour les techniciens n°9 (non spécialisé)
    - l'animation d'une AOP pour le technicien n°10 (non spécialisé) :
- Des personnes ayant reçu une formation initiale en transformation fromagère. Ils ont une « sensibilité pour la transformation fromagère » de part leur formation initiale et ont un niveau de formation Bac+2 à Bac+3
  - 2 personnes ont reçu une formation initiale en ENIL
  - Les 3 personnes ont un profil Bac+2/3 (BTS ou DUT ou Licence)
- Expérimentés dans leurs fonctions mais les niveaux d'expérience sont variables
  - Entre 5 et 20 ans d'expérience : 1 personne
  - Plus de 20 ans d'expérience : 2 personnes
- Le goût pour la documentation est variable selon les personnes.

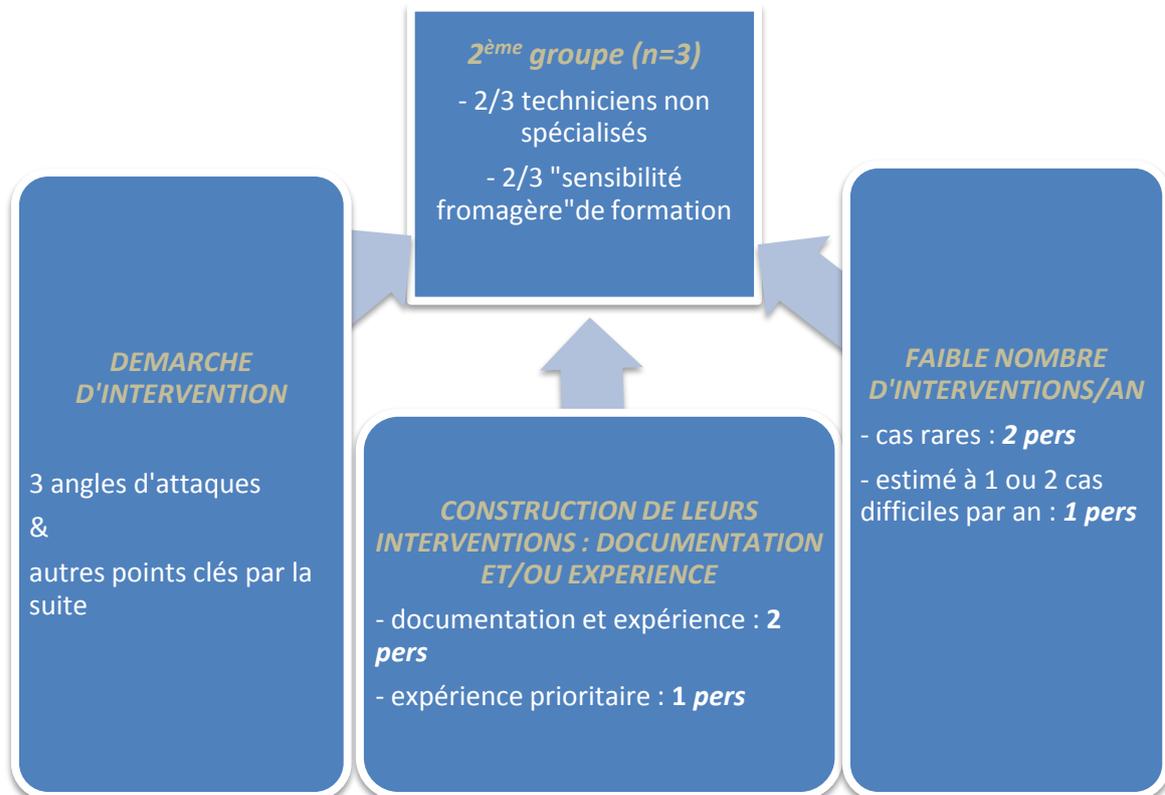


Figure 12 : Schéma de présentation du groupe n°2 de techniciens du réseau PLF

### **1.3. Le groupe n°3 : les techniciens sans méthode précise et spécifique pour le problème des *Pseudomonas***

#### **1.3.1. Présentation du groupe n°3**

Les 2 personnes du groupe n°3 (figure 13) ont une approche globale et systémique de l'exploitation. Pour ces techniciens, l'intérêt de l'appui technique est large. Il doit couvrir au maximum les pratiques à risques des producteurs, que ce soit à l'élevage ou à la fromagerie, et doit répondre aux différentes questions des producteurs au même moment.

Leurs interventions se basent sur les observations et les dires des producteurs et moins sur la mesure précise de paramètres de fabrication ou de paramètres d'ambiance dans la fromagerie. Les interventions sont aussi moins détaillées que dans le cas du groupe n°1. Ces personnes estiment rencontrer le problème entre 2 et 5 fois par an mais n'évaluent pas la gravité de l'accident.

#### **1.3.2. Caractérisation du groupe n°3**

Les personnes de ce groupe sont :

- Des techniciens non spécialisés dans l'appui technique fromager (2/2)
- Expérimentés dans leurs fonctions
  - Plus de 20 ans d'expérience dans leur métier : 2 personnes
- De formation initiale agricole
  - Profil Bac+2 : 1 personne
  - Profil ingénieur agricole : 1 personne
- Des personnes pour qui la documentation s'utilise au même titre que l'expérience pour construire les interventions (2/2)

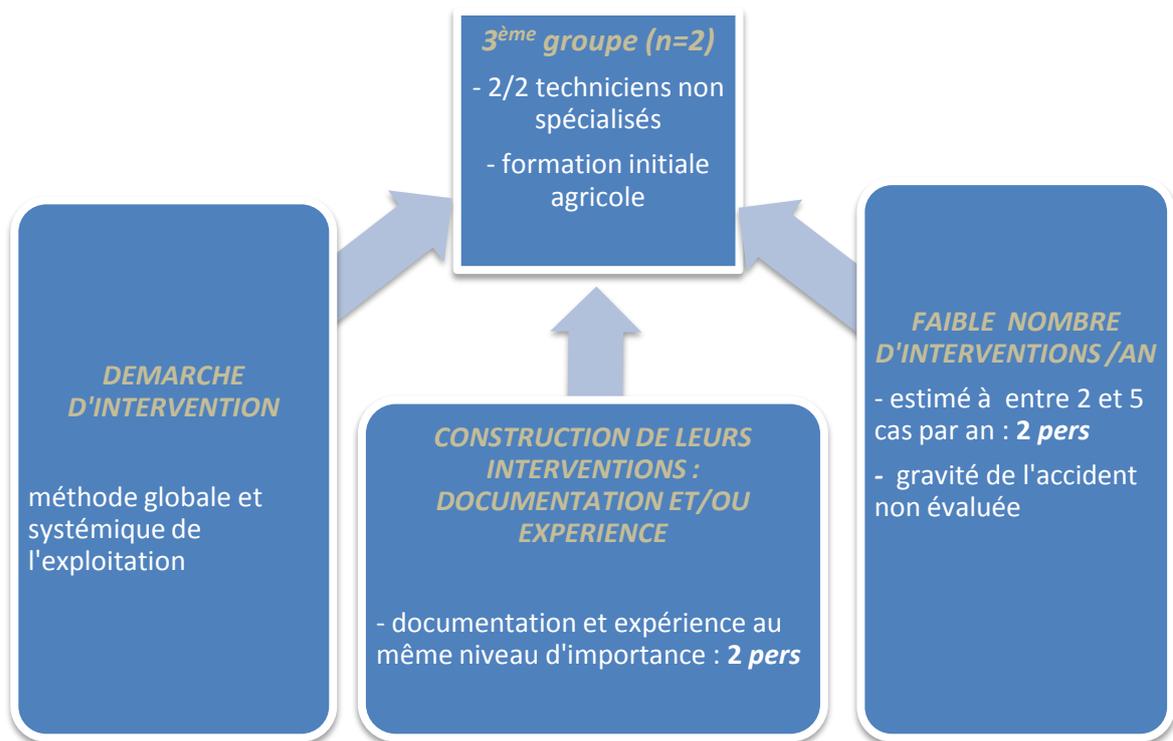


Figure 13 : Schéma de présentation du groupe n°3 de techniciens du réseau PLF

#### 1.4. L'enquêté non classé

Le technicien n°14 n'a pas pu être regroupé avec d'autres techniciens car son approche est atypique en comparaison des autres enquêtés. En effet, Il a travaillé 20 ans comme producteur caprin. Son expérience de producteur a donc conditionné son expertise. Bien que documenté et qu'il assiste aux échanges entre techniciens dans le réseau PLF, son approche est différente de ses collègues techniciens fromagers. Elle est centrée sur l'élevage et les « dérives du producteur » dans l'exploitation. De plus, ses compétences sont plus largement dirigées vers l'élevage que vers la transformation fromagère.

Bien que ce technicien soit différent des autres, le nombre de cas de *Pseudomonas* qu'il rencontre n'est pas anecdotique (5 à 6 cas par an).

## **2. Les différences et les similitudes entre les trois groupes de techniciens**

Les différents groupes de techniciens partagent la même vision sur la description des défauts liés aux *Pseudomonas*. Cet accident de fromagerie est donc bien identifié par ces acteurs. En revanche, ils ne partagent pas tout à fait les mêmes connaissances et décrivent des caractéristiques de la bactérie différemment.

### **2.1. La description des accidents de fromagerie liés aux *Pseudomonas***

#### 2.1.1. Description des défauts sur les fromages

- Couleur jaune pouvant varier du rose au marron avec différentes intensités
- Problème d'implantation des microflores de surface : défaut de texture ou « poissage » de la croûte des fromages
- Odeur (pomme de terre)
- Amertume et mauvais goûts peuvent s'ajouter ou non aux précédents défauts (à relativiser selon le goût du consommateur pour l'un des techniciens du groupe n°2)
- La présence de *Pseudomonas* peut aussi entraîner un ralentissement de l'acidification et une mauvaise aptitude du lactosérum au repiquage (témoignage unique du technicien n°2 - groupe n°1)

#### 2.1.2. Les types de fromages les plus sensibles au sein de la catégorie lactique

- Petite ou grande taille de fromage
- « Crémeux », peu séchés

#### 2.1.3. La gravité de l'accident

- Variable
- Les défauts sur les fromages peuvent pénaliser financièrement les exploitants car les fromages ne sont alors plus commercialisables (plusieurs fabrications touchées et détruites)
- L'accident peut-être anecdotique: problème ponctuel et fromages commercialisables malgré leurs défauts

Les propos des techniciens se recoupent dans la description des défauts sur les fromages. Il n'y a aucune contradiction entre les groupes ou les personnes.

La proportion de cas avec un impact modéré (fromages à défauts mais commercialisables) ou de cas graves pour lesquels il faut jeter les fromages, n'a pas pu être évaluée. Mais les cas "graves" sont fortement pénalisants financièrement pour les producteurs d'après les techniciens. Cependant, cet impact économique n'a pas pu être quantifié par les techniciens.

## **2.2. Les différences dans la connaissance des *Pseudomonas* entre les groupes**

### 2.2.1. Le groupe n°1

Il est le mieux informé. Il décrit spontanément et rapidement les principales caractéristiques des *Pseudomonas* :

- Différentes souches impliquées dans l'accident (*fluorescens*, *putida*...)
- Psychrotrophes (température optimale aux alentours de 20°C),
- Résistants aux antibiotiques et à certaines méthodes de désinfection
- Ubiquistes
- Largement véhiculés par l'eau, formation de biofilms
- Production d'enzymes responsables des dégâts
- Grand pouvoir adaptatif

### 2.2.2. Le groupe n°2

Il évoque moins de caractéristiques des *Pseudomonas* si on le compare au groupe n°1 :

- Psychrotrophes (optimum 20°C)
- Ubiquistes
- Largement véhiculés par l'eau (nécessité d'utiliser une solution de traitement de l'eau)

En revanche, les techniciens de ce groupe ajoutent des informations pratiques liées à la gestion des *Pseudomonas* dans les exploitations :

- Formation de biofilms : désinfection difficile à réaliser parfaitement
- Défauts sur les fromages très reconnaissables : couleur, goût, aspect

### 2.2.3. Le groupe n°3

Ce groupe se rapproche du groupe n°2 dans la connaissance des *Pseudomonas* :

- Ubiquistes
- Largement véhiculés par l'eau

Aussi, Ils décrivent des éléments qui sont immédiatement utiles dans l'intervention :

- Les *Pseudomonas* sont favorisés par le froid et l'humidité
- Le nettoyage et le séchage de la machine à traire et du matériel de fromagerie sont des points essentiels
- Les *Pseudomonas* sont résistants aux produits de désinfection : procédures drastiques parfois nécessaires

La connaissance des caractéristiques de la bactérie n'est pas un facteur qui détermine l'approche des techniciens. Le niveau de connaissance des caractéristiques de la bactérie découle principalement du niveau de spécialisation des techniciens en appui technique fromager et donc de la fréquence à laquelle ils sont confrontés au problème.

### **3. L'utilisation de la documentation**

Sur les 14 personnes enquêtées, 10 ont affirmé utiliser la documentation technique. Parmi la documentation technique utilisée, on trouve :

- Le guide technique sur les accidents de fromagerie à la ferme coordonné par l'Institut de l'Elevage et sa partie dédiée à la gestion des *Pseudomonas* : 10 personnes l'utilisent
- Les guides du Pôle fromager AOC Massif Central : connus par 5 personnes
- L'utilisation de documents personnels, de collègues ou d'autres structures (FRESYCA ; PEP Caprin Rhône-Alpes) : 3 personnes

L'expérience dans le métier et le goût pour la documentation n'influencent pas l'approche des techniciens car on retrouve toutes les configurations entre type d'approche, expérience et goût pour la documentation.

Relevons que les techniciens qui utilisent la documentation technique ne s'en servent pas en routine durant leurs interventions. Cette documentation technique n'est pas strictement suivie et chaque technicien a sa façon de l'utiliser. Les techniciens utilisent la documentation technique en apprentissage pour développer leur expertise et/ou en préparation de leurs interventions pour se remémorer les points clés. Enfin, toutes les personnes affirment valoriser l'échange entre collègues et les formations, qui sont des outils fondamentaux pour acquérir des compétences et des connaissances pour leur métier.

#### **4. Résumé des groupes de techniciens et de leurs caractéristiques**

Les vues de tous les techniciens sur la forme de l'accident se recourent à savoir que la couleur est le premier défaut. Egalement, l'odeur est caractéristique et la microflore de surface désirée ne s'implante pas correctement. L'amertume est un défaut qui n'est pas systématique et qui est à relativiser selon le goût du consommateur. Les fromages lactiques peu égouttés et humides ou « crémeux » ont été jugés comme étant les plus sensibles aux *Pseudomonas* au sein de la technologie lactique.

La documentation technique est pour 10 techniciens un moyen important pour s'informer. Il est à noter que les personnes utilisant la documentation (tous les groupes confondus) peuvent être très expérimentées ou moins, spécialisées ou non en appui technique fromager. Ainsi on observe que le goût pour la documentation n'est pas un élément qui détermine l'approche d'un technicien et qui n'est pas non plus relié à l'expérience.

Le guide d'intervention sur les accidents de fromagerie à la ferme coordonné par l'Institut de l'Élevage est très souvent utilisé. Il est aussi complété par d'autres documents issus d'autres structures (Pôle fromager AOC Massif Central en particulier) et de collègues. Il est important de noter que le public enquêté est constitué de personnes qui favorisent l'échange entre techniciens et les formations. En effet, toutes les personnes enquêtées utilisent ces moyens pour s'informer. La documentation technique est un support pour apprendre et se rappeler mais n'est pas strictement utilisée et suivie lors des interventions.

Enfin, le niveau d'expérience et le goût pour la documentation dans leur métier ne conditionnent pas les techniciens dans leurs approches. C'est leur niveau de spécialisation en appui technique fromager et leur formation initiale qui les dirigent vers une approche plutôt qu'une autre. La résultante est que le groupe n°1, spécialisé en appui technique fromager (6/8 personnes), est le groupe qui rencontre le problème le plus fréquemment, et qui connaît le mieux la bactérie. Ce groupe est constitué de personnes avec des profils différents de formation initiale. Leur "sensibilité fromagère" provient de leur activité qui est majoritairement de l'appui technique fromager. Le groupe n°2 est un groupe plutôt de personnes non spécialisées (2/3 personnes), avec une "sensibilité" pour la transformation fromagère de part leur formation (2/3 ayant une formation initiale reçue en ENIL). Le groupe n°2 est constitué de personnes de profil Bac+2/3. Le groupe n°3 est un groupe avec des personnes non spécialisées en appui technique fromager, avec une formation initiale agricole. Les techniciens du groupe n°3 ont une affinité pour le domaine de la transformation fromagère moins forte que les groupes n°1 et n°2 et ont une approche plus globale et systémique de l'exploitation.

## **5. Démarche d'intervention des techniciens PLF**

### **5.1. Le schéma d'intervention du groupe n°1 : une intervention "tout azimut"**

#### 5.1.1. Le diagnostic du groupe n°1 : le groupe majoritaire

Les techniciens de ce groupe se concentrent sur un grand nombre de points d'expertise. Ils se basent alors sur les dires des producteurs, leurs propres observations, les mesures et le prélèvement d'échantillons pour les différentes analyses possibles (tableau 8 et tableau 9). Les points d'expertise sont investigués dans un ordre différent selon les personnes mais tous ont le même tronc commun d'expertise, avec quelques différences sur le niveau d'exhaustivité entre les individus.

#### 5.1.2. Les deux cas d'intervention

La première étape est l'appel téléphonique à l'initiative du producteur. En général, les techniciens ne font des appuis techniques pour *Pseudomonas* que si les producteurs les sollicitent.

- **1<sup>er</sup> cas** : L'expertise (diagnostic et conseil) se fait par téléphone. Il peut y avoir plusieurs échanges téléphoniques. Les techniciens ont des contraintes de disponibilité, de distance (cas des techniciens indépendants) ou connaissent parfaitement les exploitations. Les mesures données par téléphone sont peu précises mais peuvent suffire dans les cas simples et ponctuels.
- **2<sup>ème</sup> cas** : Les techniciens se déplacent dans l'exploitation, systématiquement pour les cas difficiles et récurrents, et lorsque le conseil par téléphone a été insuffisant. Une expertise approfondie est alors nécessaire. Les producteurs ne sont jamais laissés sans accompagnement.

Différents points d'investigation sont abordés au téléphone et sont habituellement :

- Le descriptif des fromages (goût, odeur, visuel)
- Le procédé de fabrication (pratiques et paramètres)
- Le moment d'apparition du problème
- La présence ou non d'une solution de traitement de l'eau
- Le « test du filtre à lait » (jaunissement d'un filtre de machine à traire usagé est-il constaté après quelques jours?)
- Le "test du Saint-Morêt®" : fromage stérile que l'on met au contact de l'eau, du lait, de l'ambiance de la fromagerie pour vérifier la présence de *Pseudomonas* après incubation du fromage stérile à température ambiante durant plusieurs jours.

#### 5.1.3. L'expertise sur le terrain

L'objectif de l'expertise sur le terrain est d'effectuer un audit complet pour déterminer le conseil le plus adapté et efficace à la situation du producteur. L'expertise sur le terrain se déroule après les échanges téléphoniques et si nécessaire.

L'étape préliminaire de la visite permet de définir la situation du producteur :

- Observation des fromages et constat de l'accident (aspect, goût, odeur)
- Observation de l'environnement (fromagerie et exploitation)
- Discussion générale avec le producteur pour l'amener à s'exprimer sur la situation, à bien expliquer ses pratiques (nettoyage...etc) et son procédé de fabrication

Les points d'expertise peuvent ensuite être divisés en 3 types (tableau 8 et tableau 9) :

- Les observations
- Les mesures *in situ*
- Les prélèvements d'échantillons pour analyses

#### *5.1.3.1. Les observations effectuées par plus de la moitié des techniciens du groupe n°1*

Elles sont prévues pour apprécier la situation et non pas pour la mesurer. Elles permettent aux techniciens d'identifier des points clés d'intervention :

- Paramètres d'ambiance dans les salles de fromagerie (température, sensation d'humidité, ventilation)
- Propreté des lieux et des ustensiles de fromagerie
- Propreté machine à traire et du tank à lait
- Vérification des pratiques de nettoyage par questionnaire (machine à traire, tank, salles de fromagerie et ustensiles)
- Circulation des fluides (conception machine à traire, circuit d'acheminement du lait vers le tank, eau et sa distribution)

L'ambiance de la salle de traite durant la traite (empoussièremment, humidité) et les pratiques d'élevage (paillage, propreté des animaux, fréquence de curage, propreté des trayons lors de la traite) sont des observations qui sont effectuées par moins de la moitié du groupe.

#### *5.1.3.2. Les mesures des paramètres de fabrication effectuées par plus de la moitié des techniciens du groupe n°1*

- Le pH et l'acidité en degrés Dornic à l'emprésurage et au moulage pour évaluer la vitesse d'acidification.
- La température du lait à l'emprésurage ainsi que la température et l'hygrométrie des salles de la fromagerie (salle de fabrication, séchoir, hâloir et chambre froide) permettent d'évaluer et de modifier les conditions de développement des micro-organismes pour favoriser les microflore d'intérêt (bactéries lactiques durant la coagulation et *Geotrichum* après le démoulage des fromages).
- La durée des étapes de fabrication, la dose de lactosérum (issu de l'exploitation ou d'une exploitation voisine) ou de ferments sont aussi des paramètres à ajuster pour minimiser le problème.

Le salage, la dose de présure, la perte de poids des fromages (ressuyage, séchage) et le couple durée/température de stockage des fromages sont des mesures effectuées par moins de la moitié des techniciens. Les techniciens ne peuvent pas mesurer la perte de poids des fromages pour évaluer l'intensité du ressuyage et du séchage. En effet, les techniciens ne peuvent pas revenir plusieurs fois dans l'exploitation à des moments précis pour faire les mesures (contraintes de disponibilités et de coût).

#### 5.1.3.3. Les analyses pour déceler la présence de *Pseudomonas*

- Eau (6 personnes du groupe n°1)
- Lait d'une traite nonensemencée (5 personnes du groupe n°1)
- Caillé (1 personnes du groupe n°1)
- Fromages (4 personnes du groupe n°1)
- Lactosérum (1 personnes du groupe n°1)
- Lait UHT : biofilms de la machine à traire (2 personnes du groupe n°1)
- Surfaces (3 personnes du groupe n°1)
- Lait traite du soir et lait après prématuration : effet prématuration c'est à dire la contamination avant et après prématuration (1 personne du groupe n°1)

Le prélèvement d'eau sur plusieurs jours consécutifs (préférable du fait de la variabilité de la contamination de l'eau) est un protocole de prélèvement difficile à mettre en place sur le terrain (témoignage de 3 techniciens de ce groupe).

Dans le groupe n°1, personne n'affirme pouvoir interpréter les résultats des analyses concrètement. Les études menées au Pôle fromager AOC Massif Central ont établi des seuils d'alerte pour le fromage du Saint-nectaire, donnant une indication aux techniciens, mais qui ne sont pas totalement adaptés à la technologie lactique du fait de « l'effet technologie » (avis technicien n°7). En l'absence de valeurs seuils aux points clés de maîtrise sur lesquelles se baser en technologie lactique, les résultats des analyses sont jugés empiriquement pour identifier les réservoirs principaux de contamination :

- Jugement binaire : présence/absence
- Comparaison empirique entre les différents échantillons eau /lait /fromage
- Jugement empirique : contamination faible/forte

Pour les techniciens, les analyses servent aussi de preuves auprès des producteurs lorsque les niveaux de contamination sont de l'ordre de  $10^3$  à  $10^4$  UFC (Unité Formant Colonie) par unité de surface, poids, volume. Mais les niveaux de contamination ne permettent pas d'évaluer strictement la gravité de l'accident ou de hiérarchiser l'importance des sources ou vecteurs de contamination en l'absence de valeurs seuils. De plus, la variabilité des niveaux de contamination en *Pseudomonas* des échantillons entre les exploitations et dans une même exploitation ne permet pas aux techniciens d'acquérir des références de terrain par eux-mêmes (témoignage du technicien n°4).

Tableau 10 : Les différentes étapes des interventions des 8 techniciens du groupe n°1 dans les exploitations (première partie)

TECHNICIENS ENQUÊTES	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8
Téléphone :								
<ul style="list-style-type: none"> <li>• discussion générale / écoute de la demande du producteur               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ constat producteur / questionnaire divers : accident <i>Pseudomonas</i></li> <li>○ description du process et des paramètres si le producteur les contrôle</li> <li>○ test du filtre à lait</li> <li>○ test du Saint-Morêt</li> </ul> </li> </ul>	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚
Visite :								
<ul style="list-style-type: none"> <li>• discussion avec le producteur (aspect relationnel + investigations par questionnaire) après constat du problème               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ description des étapes du process</li> <li>○ paramètres de fabrication</li> <li>○ connaître les habitudes de fonctionnement en général (nettoyage, pratiques en fromagerie, à la traite)</li> </ul> </li> </ul>	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚
<ul style="list-style-type: none"> <li>• observation :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ fromages (aspect, goût)</li> <li>○ ambiance :                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ salles de fromagerie et salle tank</li> <li>▪ salle de traite pendant la traite</li> <li>▪ ventilation</li> </ul> </li> <li>○ propreté :                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ salles de fromagerie</li> <li>▪ ustensiles de fromagerie</li> <li>▪ machine à traire et tank (points critiques)</li> <li>▪ des trayons au moment de la traite</li> </ul> </li> <li>○ vérification pratiques d'hygiène et nettoyage                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ salles de fromagerie et salle tank</li> <li>▪ ustensiles de fromagerie</li> <li>▪ machine à traire</li> </ul> </li> <li>○ chemin d'acheminement du lait jusqu'à la fromagerie – modalité de stockage du lait</li> <li>○ Conception de la machine à traire</li> <li>○ eau et sa distribution</li> <li>○ élevage                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ paillage</li> <li>▪ état de propreté des animaux</li> <li>▪ fréquence de curage (question)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚

Tableau 11 : Les différentes étapes des interventions des 8 techniciens du groupe n°1 dans les exploitations (deuxième partie)

TECHNICIENS ENQUÊTES	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5	n°6	n°7	n°8
Visite								
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesures :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ paramètres de process                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ pH</li> <li>▪ acidité</li> <li>▪ vitesse d'acidification</li> <li>▪ températures lait à l'emprésurage</li> <li>▪ salage</li> <li>▪ dose lactosérum ou ferment</li> <li>▪ Dose de présure</li> <li>▪ températures et hygrométrie des salles dans la fromagerie</li> <li>▪ durée stockage et température</li> <li>▪ durée des étapes</li> <li>▪ perte de poids (égouttage/séchage)</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>								
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyses :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ eau</li> <li>○ lait</li> <li>○ caillé</li> <li>○ fromages</li> <li>○ lait UHT</li> <li>○ lactosérum</li> <li>○ surfaces</li> <li>○ lait traite du soir / lait mélange : effet prématuration</li> </ul> </li> </ul>								

#### 5.1.4. Résumé du plan de résolution du groupe n°1

##### ➤ Pour minimiser le problème :

- Rectifier et maîtriser le procédé de fabrication pour favoriser les microflores utiles au dépend des *Pseudomonas*
- Nettoyage adapté de la machine à traire, des canalisations de lait, du tank à lait
- Nettoyage des points critiques de la machine à traire (action manuelle)
- Nettoyage adapté des ustensiles de fromagerie
- Eliminer les eaux stagnantes : rectifier les contre-pentes de la machine à traire
- Maintenance de la machine à traire (changement des pièces usées)
- Changement des équipements de fromagerie trop usés

##### ➤ Une mesure radicale :

- Désinfection à l'acide peracétique de la machine à traire et des équipements de fromagerie. Mais cette mesure est prise avec précaution, et n'est utilisée que dans les cas difficiles et récurrents car l'utilisation d'une désinfection forte (acide peracétique) élimine aussi les microflores utiles, pouvant entraîner par la suite

des défauts d'acidification et des défauts d'implantation des microflores de surface. De ce fait, certains ne préconisent pas cette méthode.

➤ **La dernière solution pour traiter le fond du problème :**

- Une solution de traitement de l'eau (UV le plus commun). Elle est perçue comme la solution pour traiter le fond du problème à mettre en place en dernier recours du fait de l'investissement nécessaire pour le producteur. De plus, aucune garantie n'est apportée aux producteurs pour une résolution définitive du problème. En effet, des techniciens témoignent de la résurgence du problème malgré l'installation d'un système de traitement de l'eau.

➤ **L'élevage est un point d'investigation pour moins de la moitié du groupe n°1 :**

- Concernant les conseils sur les pratiques d'élevage, peu de techniciens (3/8 dans le groupe n°1) donnent des indications aux producteurs pour améliorer les conditions d'élevage afin de limiter la contamination potentielle du lait par la peau des trayons lors de la traite ou par aérocontamination à la pose ou dépose des manchons.

Pour les techniciens du groupe n°1, tous les leviers sont à utiliser suivant la situation de chaque producteur. Leurs interventions peuvent être qualifiées d'interventions « tout azimut ». Leur démarche est progressive et vise à ne pas oublier de mesures qui pourraient minimiser ou régler le problème. Tous les techniciens décrivent un déroulé d'intervention qui leur est propre mais expliquent la nécessité de savoir s'adapter à chaque cas. En effet, les interventions sont progressives avec plusieurs séries de conseils au téléphone puis lors de la visite. Aucun d'entre eux ne semble utiliser un arbre de décision directif pour actionner ou non certains leviers d'action. Leur démarche est une démarche d'expert avec une approche très exhaustive, précise et progressive.

## **5.2. Le schéma d'intervention du groupe n°2 : un traitement ciblé du problème**

Le groupe n°2 regroupe 3 personnes qui sont tous des cas particuliers. Elles ont un schéma d'intervention différent mais ont le point commun de cibler leur expertise pour donner leur conseil. Leur diagnostic commence avec une clé d'entrée première, et par la suite, le conseil s'ouvre sur d'autres points dans l'exploitation. Concernant l'utilisation de l'outil téléphonique, il en va de même que pour le groupe n°1. C'est-à-dire qu'ils optent pour un travail sur le terrain dans les cas difficiles et récurrents.

Dans ce groupe, 2 techniciens utilisent les analyses. Le technicien n°10 les utilise mais affirme que les analyses ont un simple rôle de preuve vis-à-vis des producteurs sur la présence des *Pseudomonas*. Pour le technicien n°11 qui utilise les analyses aussi, l'interprétation des résultats est empirique, sans référentiel.

### 5.2.1. Le technicien qui cible la technologie en premier

Après avoir confirmé que le problème de fromagerie pour lequel il est sollicité est bien un problème de *Pseudomonas*, il va découper chaque étape du procédé de fabrication du producteur et identifier toutes les dérives de la technologie. Il va ensuite conseiller le producteur pour rectifier ces dérives afin de favoriser les bactéries utiles. Ainsi, c'est la compétition entre les bactéries lactiques et les *Pseudomonas* qui corrige le problème. Il rectifie par exemple avec les producteurs le pH (à l'emprésurage et au moulage), la température de coagulation, l'égouttage et le séchage. Il indique aussi la nécessité de respecter la durée des étapes qui est très importante dans la gestion de la fabrication.

Ensuite, si le problème persiste, il va rectifier les pratiques de nettoyage (au niveau de tout le matériel de fromagerie) des producteurs et va se concentrer sur l'ambiance des salles de la fromagerie (température et hygrométrie). A l'image des autres techniciens, il reste modeste dans sa démarche. Il se focalise en premier sur la gestion des paramètres technologiques. Ensuite, si le problème est très persistant, il se dirige sur d'autres aspects du problème (nettoyage de tout le matériel et paramètres d'ambiance dans les salles de fromagerie). Il ajoute que ce n'est pas une démarche mécanique. Au contraire, c'est une démarche progressive.

Pour lui aussi, la solution de traitement de l'eau est son dernier recours pour régler le problème. Il assure qu'elle est efficace mais il préfère tout d'abord corriger la base du travail du producteur : la technologie (figure 14).

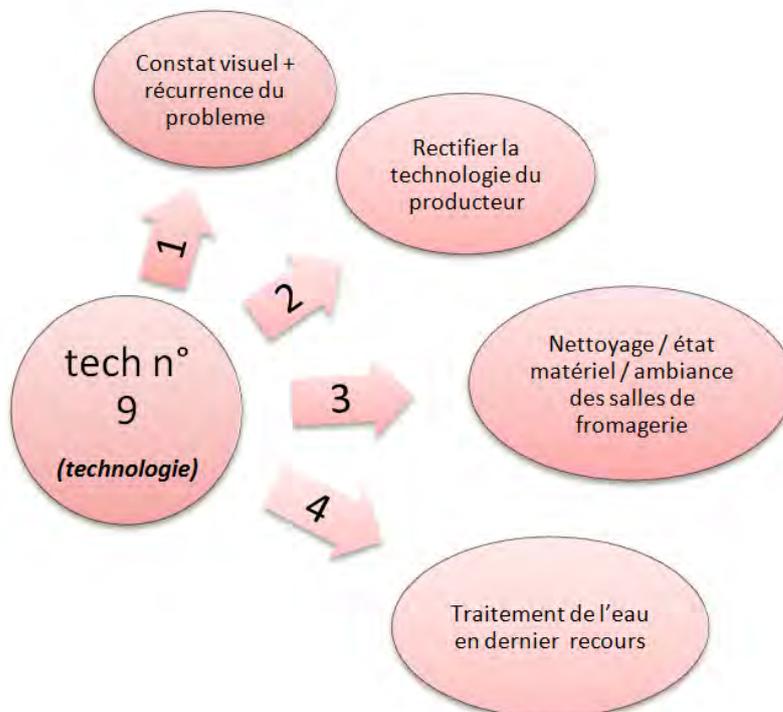


Figure 14 : Schéma des 4 étapes hiérarchisées (notées de 1 à 4) de l'intervention du technicien du groupe n°2 qui cible la technologie en premier

### 5.2.2. Le technicien qui cible d'abord les pratiques de nettoyage

Le technicien n°8 a une démarche simplifiée au niveau du diagnostic (figure 15). Cela lui permet d'être assez systématique concernant les mesures correctives qu'il conseille. Une fois qu'il a identifié le problème comme étant un problème de *Pseudomonas*, il conseille en premier lieu un nettoyage drastique de la machine à traire, du tank et de tout l'équipement de fromagerie avec une ou plusieurs procédures acides (multiplication par 3 ou 4 de la dose usuelle). Cette mesure permet de « détartrer », ce qui montre que les biofilms sont un vecteur majeur de contamination.

Ensuite, dans les cas les plus difficiles, il préconise une désinfection de la machine à traire et de toute la fromagerie (équipements, sols, murs) à l'acide peracétique. Il déplore qu'avec cette méthode, les microflores indigènes soient détruites et que l'équilibre microbien de l'exploitation soit aussi détruit. Il est alors nécessaire d'ensemencer à nouveau la fromagerie et les équipements (de préférence sans utiliser des ferments du commerce). Il qualifie cette méthode d'industrielle. Il assure que ces méthodes ne garantissent pas aux producteurs d'éradiquer le problème à long terme. Pour lui aussi, ces méthodes de nettoyage drastiques sont une manière de minimiser le problème.

L'ultime conseil qu'il donne aux producteurs est l'installation d'un système UV de traitement de l'eau avec une désinfection au préalable des canalisations. Il affirme que ce moyen est le plus efficace pour lutter contre les *Pseudomonas*. Pour la même raison que le groupe n°1, c'est son dernier conseil car il implique un investissement qui n'est pas négligeable pour les producteurs et qui ne garantit pas que le problème ne ressurgisse pas.

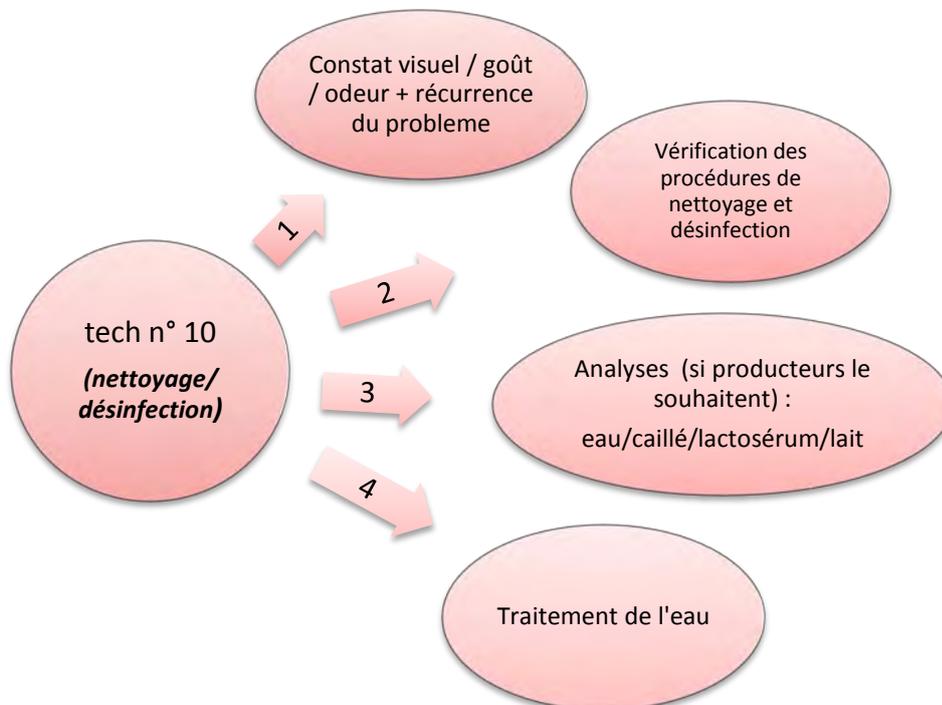


Figure 15 : Schéma des 4 étapes hiérarchisées (notées de 1 à 4) de l'intervention du technicien du groupe n°2 qui conseille en premier des mesures de nettoyage et désinfection de la machine à traire et du matériel de fromagerie

### 5.2.3. Le technicien qui encourage très fortement une solution de traitement de l'eau

Ce technicien va observer les fromages (couleur jaune, brune et défauts de goût) et apprécier la gravité de l'accident. Il va demander aux producteurs avant sa visite d'effectuer le test du filtre à lait (observation de jaunissement du filtre ou non 3 à 4 jours après utilisation du filtre). Il fait faire le test du fromage (conservation d'un fromage destiné à un affineur durant 4 jours et observation de la couleur du fromage) lorsque les fromages sont vendus à des affineurs pour identifier si le problème apparait chez le producteur ou l'affineur. Ensuite, il effectue des analyses d'eau pour confirmer si le problème y est lié, ce qui est majoritairement le cas pour des problèmes récurrents ajoute t-il.

Si l'accident ne se produit que très ponctuellement, il va effectuer ce qu'il appelle « le conseil de base » qui consiste à rectifier le procédé de fabrication à la manière des autres techniciens, à corriger les pratiques de nettoyage et à améliorer l'ambiance dans les salles de fromagerie. Il va aussi conseiller une désinfection complète de la machine à traire à l'acide peracétique ou à l'eau de javel.

Pour les accidents récurrents ayant un impact économique important, il va effectuer ce « travail de base » mais il va en premier lieu encourager fortement le producteur à demander des analyses d'eau et à se diriger vers l'installation d'une solution de traitement de l'eau (traitement de l'eau par UV). Pour lui, la plupart des cas de *Pseudomonas* proviennent de l'eau et nécessitent l'installation sans hésitation d'un traitement de celle-ci (figure 16).

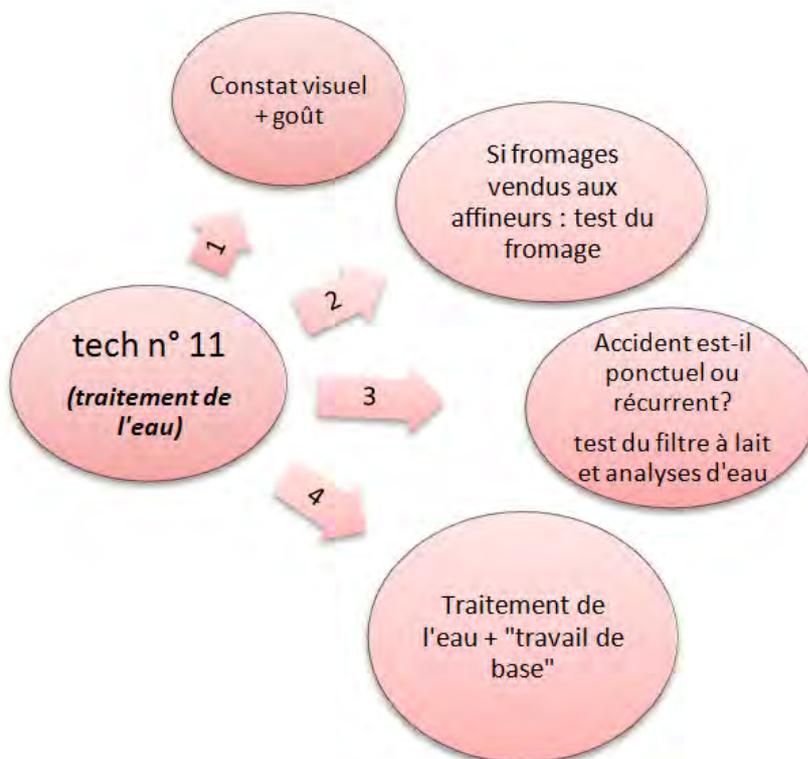


Figure 16 : Schéma des 4 étapes hiérarchisées (notées de 1 à 4) de l'intervention du technicien du groupe n°2 qui encourage fortement l'installation d'un système de traitement de l'eau

#### 5.2.4. Résumé de l'approche du groupe n°2

Les techniciens de ce groupe ont chacun une clé d'entrée primaire quand ils abordent un problème lié aux *Pseudomonas*. Ensuite, chacun étoffe son expertise avec d'autres leviers d'action, moins nombreux que pour les personnes du groupe n°1.

Le traitement de l'eau est perçu comme étant la mesure plus efficace mais à mettre en place en dernier du fait du coût que cela implique pour le producteur. L'idée que l'eau soit la source de contamination principale est dans ce groupe aussi largement diffusée.

#### 5.3. Le schéma d'intervention du groupe n°3

Le groupe n°3 réunit 2 techniciens qui ont une démarche d'intervention globale et systémique de l'exploitation. Les techniciens ne font aucune analyse et ne conseillent pas de solution de traitement de l'eau par manque d'expérience ou de connaissances sur ce sujet. En effet, le douzième technicien affirme n'avoir rencontré aucun cas assez grave qui aurait justifié l'installation d'un système de traitement de l'eau et le treizième technicien explique que l'eau est une question très spécifique qui nécessite des compétences particulières.

Leur expertise est tournée principalement vers l'observation sur le terrain et l'entretien avec les producteurs. Les personnes du groupe n°3 préfèrent se déplacer plutôt qu'intervenir par téléphone. Ils se concentrent sur le procédé de fabrication, le nettoyage des ustensiles de fromagerie et de la machine à traire et les pratiques d'élevage après avoir constaté visuellement l'accident ou après qu'il ait été décrit par les producteurs.

Ce groupe donne des conseils moins exhaustifs que le groupe n°1. Les 2 techniciens du groupe expliquent ne se concentrer et ne corriger que les pratiques à risques des producteurs. Les personnes du groupe n°3 aident ainsi les producteurs à corriger :

- Les paramètres de fabrication et les paramètres d'ambiance des salles de fromagerie
- Les pratiques de nettoyage de la machine à traire, équipements de fromagerie et les bonnes pratiques d'hygiène
- Les pratiques d'élevage : pratiques de traite (pose/dépose des manchons), état litière et état de propreté des animaux (uniquement pour le douzième technicien)

Le groupe n'évalue pas les risques liés aux différentes sources de contamination avec les analyses. L'un affirme que le coût des analyses est un frein important pour les producteurs. L'autre personne exprime que les analyses ne sont pas utiles sans référentiel et que les niveaux de contamination du lait et des fromages ne sont pas les uniques facteurs qui conditionnent la gravité de l'accident du fait des interactions dans le lait entre les différentes bactéries.

#### 5.4. L'intervention de l'enquêté non classé

Le dernier enquêté n'a pas été classé dans l'un des groupes. Il a une approche « producteur ». Son expérience en tant que producteur a conditionné sa façon de conseiller les exploitants.

Les points qu'il aborde et les conseils qu'il donne couvrent l'élevage et la fromagerie :

- Il inspecte l'environnement et les pratiques d'élevage en premier (propreté de la mamelle, ventilation du bâtiment, alimentation durant la traite, bon état de la litière...etc).
- Lorsque la fromagerie est étudiée, ce sont les procédures de nettoyage qui sont prioritaires. Les conseils sur le nettoyage de la machine à traire et des équipements de fromageries sont semblables aux conseils des techniciens les plus exhaustifs sur ce point (température de l'eau, dose de produit, choc base/acide, points critiques de la machine à traire...etc).
- Le procédé de fabrication est abordé mais n'est pas le point prioritaire.

Il est intéressant de noter que cet enquêté affirme manquer de connaissances. Il travaille sur ce qu'il appelle les « fondamentaux » et la partie traitement de l'eau ne fait pas partie de son expertise.

## **6. Résumé des démarches d'intervention des groupes de techniciens**

La conclusion majeure qui peut être apportée à l'étude est la diversité des approches du problème. Le groupe principal a une approche très complète. Cette démarche peut être qualifiée de démarche "tout azimut" où tous les points clés de maîtrise sont étudiés. Le groupe n°2 cible l'appui technique et chaque personne dans le groupe a une clé d'entrée première du problème puis se focalise par la suite sur d'autres points de maîtrise. Les 2 personnes qui constituent le groupe n°3 ont une approche moins spécifique que les précédents groupes sur le problème. Ce dernier groupe a une approche systémique, globale de l'exploitation pour faire un appui technique. Le dernier enquêté est à part, car il s'appuie sur son passé de producteur. Concernant le déroulé d'intervention, chaque personne de chaque groupe a sa propre façon de faire mais tous ont une démarche progressive. Cela montre que les techniciens sont experts dans leur métier et qu'ils adaptent leurs interventions au cas des producteurs en gardant leur approche exhaustive ou ciblée ou globale de l'exploitation.

On remarque que les principaux points d'expertise sont les procédures de nettoyage/désinfection de la machine à traite ainsi que sa conception, le nettoyage et désinfection des équipements de fromagerie et le procédé de fabrication. Les solutions proposées à ces niveaux sont en général prévues pour minimiser le problème. Le traitement de l'eau est conseillé par la majorité des techniciens (11/14), en solution ultime, nécessitant un investissement mais qui a l'avantage de traiter le fond du problème dans la majorité des cas d'après les techniciens. Cependant, les systèmes de traitement de l'eau ne garantissent pas toujours l'éradication du problème de façon définitive et certains techniciens citent des exemples où les systèmes de traitement de l'eau ne résolvent pas définitivement les problèmes de *Pseudomonas* des producteurs.

Enfin, les résultats des analyses ne sont pas interprétés avec précision pour cause d'absence de valeurs d'alerte adaptées. Ces résultats des analyses ont un rôle de preuve auprès des producteurs (sensibilisation), et sont interprétés empiriquement (présence/absence, très contaminé/peu contaminé). Les techniciens ne peuvent pas juger de la gravité de l'accident aux différents points de maîtrise. Aussi, on constate que les pratiques d'élevage en amont de la machine à traite ne sont étudiées que par une minorité des techniciens.

## 7. L'évaluation par les techniciens de l'efficacité de leurs interventions d'appui technique pour le problème *Pseudomonas*

L'intérêt est de recueillir les différents avis donnés spontanément par les techniciens sur leurs performances lorsqu'ils prennent du recul sur la situation. Il est alors possible d'apprécier l'efficacité globale de leurs interventions pour résoudre l'accident de fromagerie lié aux *Pseudomonas* (tableau 12).

Tableau 12 : Avis évoqués spontanément par les techniciens sur leurs résultats

Avis des techniciens sur le résultat global de leurs interventions	Groupe n°1	Groupe n°2	Groupe n°3+ enquêté non classé
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problème minimisé</li> <li>• Les interventions sont efficaces mais il n'y a aucune garantie que le problème ne réapparaisse pas</li> </ul>	Avis évoqués 4 fois		<p>Avis évoqués 1 fois : l'essentiel des défauts disparaissent mais le problème n'est pas entièrement résolu</p> <p>Enquête non classé : problème minimisé avec les leviers qu'il utilise mais le producteur doit rester attentif</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démarche progressive</li> <li>• La persévérance permet de stopper le problème et de gagner la confiance des producteurs</li> <li>• La démarche peut-être longue pour résoudre le problème</li> </ul>	Avis évoqués 1 fois	Avis évoqués 2 fois	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peu de retour des producteurs donc difficile d'évaluer les résultats</li> </ul>	Avis évoqué 2 fois		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas assez de cas rencontrés pour juger</li> </ul>	Avis évoqué 1 fois		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problème en général résolu</li> </ul>	Avis évoqué 1 fois : problème résolu grâce à un traitement de l'eau	Avis évoqué 1 fois : problème résolu grâce à un traitement de l'eau	Avis évoqué 1 fois : les mesures sur le procédé de fabrication et la rectification des procédures de nettoyage et désinfection suffisent

### **7.1. La minimisation des problèmes**

Les interventions sont en général efficaces d'après les techniciens mais ne garantissent pas aux producteurs l'éradication du problème. Le problème peut-être *a priori* résolu, et réapparaître à moyen ou long terme.

### **7.2. Un problème qui persiste, mais dans une moindre mesure**

Il y a des situations où l'activité commerciale des producteurs redevient normale après les interventions des techniciens mais des défauts peuvent réapparaître ponctuellement sur les fromages. Certains techniciens évoquent leur persévérance dans les conseils apportés pour réussir à améliorer la situation. Ils rajoutent aussi que le problème est résolu, souvent après plusieurs interventions à la demande des producteurs (téléphoniques et *in situ*).

Il est important que les producteurs donnent un retour aux techniciens sur leurs interventions. Deux avis de techniciens dénotent le fait que les producteurs ne donnent pas toujours de retour aux techniciens sur leurs interventions, ne permettant pas aux techniciens de connaître l'efficacité de leurs conseils ou de donner une nouvelle série de conseils si nécessaire.

### **7.3. Des avis divergents sur l'efficacité du traitement de l'eau**

Les techniciens n'attribuent pas une efficacité de 100% au traitement de l'eau sur le terrain. Dans l'ensemble des groupes n°1 et n°2, 2 techniciens affirment que le problème est généralement résolu à l'aide d'un traitement de l'eau. Cependant, au sein du groupe n°1, il y a 2 avis pour lesquels la solution de traitement de l'eau n'est pas toujours parfaitement efficace. Aucun levier n'est donc à négliger et il apparaît important de mieux connaître l'influence des contaminations apportées par l'eau et de l'efficacité de son traitement vis-à-vis de l'accident.

## **8. Evaluation, amélioration des outils d'appui technique et les besoins des techniciens**

Dans cette partie, il est question d'étudier la diversité de points de vue des techniciens sur le guide technique coordonné par l'Institut de l'Elevage pour l'accident lié aux *Pseudomonas*. Il sera aussi question de cerner les besoins de chaque groupe de techniciens. Tous les techniciens connaissent le guide et ont été interrogés pour ce thème. Les avis recueillis sont spontanés, et les avis personnes n'utilisant pas le guide n'ont pas été dissociés de celles qui l'utilisent (limite de l'interprétation).

### **8.1. L'évaluation des outils d'appui technique par les techniciens : focus sur le guide technique coordonné par l'Institut de l'Elevage**

#### 8.1.1. L'évaluation par le groupe n°1

Les avis du groupe n°1 sur le guide technique coordonné par l'Institut de l'Elevage sont nombreux et diversifiés. La plupart des techniciens (5/8) trouvent le document efficace, pertinent et adapté aux réalités du terrain même si le document n'est pas utilisé directement sur le terrain. Ces personnes expliquent que ce n'est pas un guide qui s'utilise sur le terrain mais qu'il est destiné à se préparer aux interventions futures.

La critique majeure concernant la moitié du groupe est le manque d'informations (pratiques, références pour les analyses, bibliographiques) et d'exemples de cas concrets d'accidents dus aux *Pseudomonas*. Ces techniciens, très curieux, sont à la recherche de nouvelles informations pour enrichir leur expertise afin de s'adapter au cas qu'ils rencontrent (voir partie ci-dessous sur leurs interrogations et leurs besoins).

#### 8.1.2. L'évaluation par le groupe n°2

Les personnes du groupe n°2 connaissent le guide technique coordonné par l'Institut de l'Elevage mais ne le critiquent pas réellement. Ils remettent en question la forme du guide qui est désuète. Au regard du contenu du document, ils sont satisfaits. Sachant que les techniciens de ce groupe se focalisent sur certaines clés d'entrée du problème, on comprend qu'ils trouvent dans ce guide les informations essentielles à leurs interventions, qu'ils complètent par la suite avec d'autres documents (personnels ou de collègues) ou avec des échanges avec d'autres personnes. Pour les personnes qui se prononcent, le guide technique coordonné par l'Institut de l'Elevage couvre tous les points clés du problème.

#### 8.1.3. L'évaluation par le groupe n°3 et par l'enquête non classé

Pour ces 3 derniers acteurs, les avis sont très partagés et il n'est pas possible d'extraire une tendance. Les 3 personnes s'entendent pour dire que le guide donne des solutions efficaces pour le problème. Néanmoins, les avis sont divergents sur les autres questions (guide adapté au terrain, la nécessité d'avoir plus d'informations ou non)

Les réponses des 3 groupes sont recensées dans le tableau 13.

**Tableau 13:** Jugement du guide technique coordonné par l'Institut de l'Elevage pour l'accident de fromagerie lié aux *Pseudomonas*

	Groupe n°1	Groupe N°2	Groupe n°3+ enquête non classé
• Document lourd	I		I
• Pas de hiérarchisation des thèmes	I		I
• Manque d'informations pratiques • Ex : Manque de références de terrain sur les résultats des analyses	IIII		I
• Manque d'informations théoriques (bibliographie)	I		
• Manque d'exemples concrets détaillés	II		
• Améliorer la forme du document : plus attrayant	I	I	
• Apporter de nouvelles connaissances	II		I
• Suffisant dans l'approche scientifique du problème			
• Tous les aspects du problème sont abordés		II	I
• Guide pertinent et efficace	IIII	II	III
• Guide peu pertinent ni efficace	III		
• Guide adapté au terrain	IIII	II	I
• Guide peu adapté au terrain	III		II

Chaque « I » correspond à 1 avis.

## **8.2. Le jugement global du guide technique d'intervention coordonné par l'Institut de l'Elevage et les améliorations possibles**

### 8.2.1. Un outil efficace et pertinent

Au niveau de tous les groupes confondus, on note un retour positif sur le document technique de l'Institut de l'Elevage. En effet, 10 techniciens trouvent le document efficace et pertinent dans l'ensemble malgré de nouvelles informations à lui apporter. Huit techniciens jugent que le contenu du document est applicable pour effectuer un appui technique sur le problème, c'est à dire que son contenu est adapté au terrain.

### 8.2.2. Un outil dont la forme est désuète

Seulement 2 avis indiquent que le document manque de hiérarchisation dans l'importance des différents aspects du problème. En revanche, la forme du guide est à reprendre car elle n'est pas une interface attrayante pour l'utilisateur (sans illustration, forme vieillissante).

### 8.2.3. Un outil, deux visions d'utilisation

Deux personnes critiquent le guide : « lourd, un pavé », « trop dense ». A l'inverse, dans le groupe n°1, 4 personnes expliquent que le contenu n'est pas suffisamment détaillé. Deux visions s'opposent. Le guide peut donc se destiner à rendre opérationnel un débutant ou être utilisé par un technicien confirmé pour se remémorer des informations.

### 8.2.4. Un outil qui pourra être le support d'informations nouvelles

Les techniciens du groupe n°1, sont demandeurs en informations pratiques sur la gestion de l'accident (ex : seuils d'alerte aux points clés d'intervention), théoriques sur le germe (ex : effet de compétition avec les bactéries d'intérêts) et des exemples de cas concrets. Pour les autres groupes, le guide est jugé suffisant dans les éléments donnés sur les points de maîtrise qu'ils utilisent pour gérer le problème. Quelque soit la personne, le guide coordonné par l'Institut de l'Elevage n'est pas la seule source d'information. Les techniciens consolident aussi leur expertise dans le cadre d'échanges avec les collègues, les formations et les autres documents (personnels, structures professionnelles, collègues).

Démontré dans les parties précédentes, le guide n'est pas utilisé comme une méthode préconçue ou un arbre de décision mais comme une source d'information pour s'approprier les leviers d'action pour la gestion des *Pseudomonas*. De plus, les commentaires des techniciens nous indiquent que le guide est un appui précieux pour les débutants et très utile pour les techniciens confirmés.

Ce document est perçu comme un outil pouvant rendre opérationnel un technicien débutant immédiatement ou alors pour se remémorer les points clés à une personne confirmée dans le domaine.

## 8.3. Les besoins d'outils techniques des techniciens et leurs interrogations

### 8.3.1. Les besoins des techniciens en outils d'appui technique

#### 8.3.1.1. *Groupes n°1 et n°2*

Les techniciens des groupes n°1 et n°2 n'ont pas un besoin de méthode directive d'intervention. Ils sont à la recherche d'un contenu informatif quelque soit la forme (articles, guides techniques, journées d'échange). Ils sont en veille documentaire permanente et souhaite obtenir de l'information en continue pour mettre à jour leurs connaissances.

Ces 2 groupes valorisent tout autant l'échange entre techniciens, qui apparait comme un besoin commun des techniciens car il recoupe les besoins du groupe n°3 également. Le groupe n°1 et n°2 affirment l'utilité des journées d'échanges mais expliquent que leurs coûts en temps et en déplacement, ainsi que la nécessité d'être disponible au bon moment sont des freins.

#### 8.3.1.2. *Le groupe n°3*

Les autres techniciens, privilégient l'échange entre techniciens et la formation technique pour acquérir l'expertise nécessaire à l'exercice de leur métier. La documentation les intéresse également et en particulier les documents techniques de synthèse (point commun avec le groupe n°2). Ils sont demandeurs de formations techniques par opposition aux autres groupes qui tendent vers une auto-formation en continu.

Le tableau 14 donne une vision par groupe sur les besoins des techniciens en attribuant une note d'intensité à chaque type de besoin pour chaque groupe.

Tableau 14 : Les besoins des différents groupes de techniciens

Besoins/groupe	n°1	n°2	n°3	Enquête non classé
<b><u>Besoins d'informations :</u></b>	+++	++	+	++
• Nouvelles découvertes sur les <i>Pseudomonas</i>				
• Rappels sur les caractéristiques de la bactérie				
• Mieux connaître l'accident (facteurs favorisants)				
• Mieux connaître les différentes solutions (traitement de l'eau ; nettoyage/désinfection) et explications				
• Seuils d'alerte pour <i>Pseudomonas</i> pour l'interprétation des analyses				
• Exemples de cas concrets				

<u>Besoins de documents de synthèse</u>	+	++	++	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthèse de cas : se baser sur l'expérience</li> <li>• Fiches techniques synthétiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ « théorie » de la bactérie et de l'accident (rappels)</li> <li>○ Mémo des points d'expertise</li> <li>○ Les leviers d'action</li> <li>○ Les solutions expliquées</li> </ul> </li> </ul>				
<u>Groupe de travail – échange entre techniciens sur leur expérience</u>	++	++	+++	+++
<u>Formations techniques sur le problème</u>	++	+	+++	+++
<u>Obtenir des informations en continue</u>	+++	+++	+	++

Légende :  
+ : besoin faible du groupe  
++ : groupe intéressé  
+++ : groupe fortement demandeur  
Case vide : besoin indéterminé

### 8.3.2. Liste des questions spontanément abordées durant l'enquête par les techniciens

A l'heure actuelle, les techniciens expliquent qu'ils existent des points mal connus sur la question :

- Quelle est l'ampleur du problème chez les producteurs?
- Quelle est l'importance de l'aérocontamination?
- Quel est l'impact quantitatif de la qualité de l'eau sur l'accident?
- Un référentiel de valeurs de seuils critiques ou de seuils de tolérance est-il envisageable (lait, fromages, surfaces, eau) ?
- Quel est l'impact réel de la contamination en *Pseudomonas* de la litière par l'utilisation d'asséchants de litière (ou des prairies par l'utilisation de fertilisants)
- Une meilleure connaissance des mesures correctives
- Les différents systèmes de traitement de l'eau et leur efficacité
- Est-il possible d'envisager un travail avec les communes pour gérer la qualité de l'eau?

Pour cette raison, il n'est pour l'heure, pas indispensable de mettre à jour le guide coordonné par l'Institut de l'Elevage. Des fiches techniques précises sur le problème, portant sur différents aspects (la bactérie et l'accident, les leviers d'action, les traitements de l'eau, les protocoles de prélèvement), peuvent cependant apporter un rappel de connaissances qui sera apprécié par plusieurs personnes de l'équipe PLF.

Concordant avec l'une de leurs questions, les lacunes des techniciens pour interpréter avec précision les résultats des analyses montrent qu'il est utile d'établir des valeurs seuils

(seuils d'alerte) aux points clés de maîtrise du problème. Ces données leur permettraient de relier les niveaux de contamination du lait et des fromages avec l'apparition de l'accident et de diriger leurs actions en priorité sur la partie fromagerie (procédé de fabrication, nettoyage des ustensiles, paramètres d'ambiance dans la fromagerie) ou sur la machine à traire (nettoyage et désinfection, entretien et maintenance).

Un autre parallèle entre les questions des techniciens et les pratiques d'intervention est la méconnaissance de la contamination venant de l'élevage (aérocontamination, contamination par la peau des trayons). Ce sont des points peu évalués par les techniciens.

Egalement, le besoin d'acquérir des informations porte sur une meilleure connaissance des moyens de maîtrise de l'accident et sont en priorité : les systèmes de traitement de l'eau, les protocoles de prélèvement et en particulier de l'eau (clairement définis), les méthodes les plus adaptées de nettoyage-désinfection (ustensiles de fromagerie et machine à traire) et les leviers d'action les plus efficaces.

Enfin, les techniciens sont désireux d'avoir des informations concernant la contamination de l'eau dans les exploitations fermières et de mieux connaître l'impact de la contamination de l'eau sur l'accident.

## **9. L'expérience des techniciens sur la mise en place d'un système de traitement de l'eau dans les exploitations**

Comme vu dans la deuxième partie sur les pratiques des techniciens, un traitement de l'eau est préconisé aux producteurs en dernier recours (du fait de la nécessité d'investissement) même si l'eau est souvent supposée comme la source de contamination principale. Seuls les groupes n°1 et n°2 de techniciens (11 personnes – approche exhaustive et précise, approche ciblée) suivent les producteurs dans l'installation d'un traitement de l'eau.

Mis à part un technicien qui encourage le producteur à installer un système de traitement de l'eau en premier recours, les autres se dirigent vers cette solution :

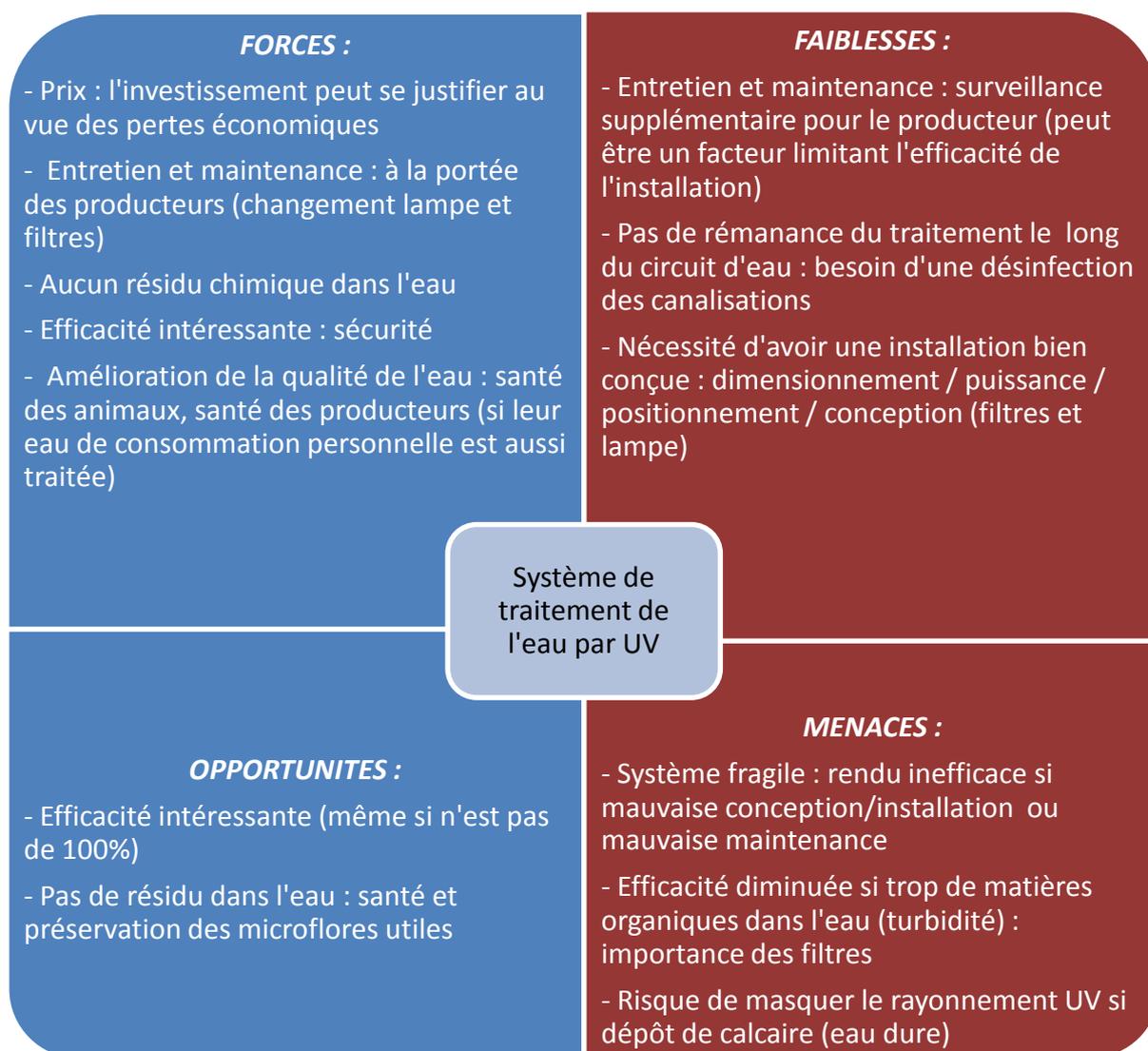
- Si les premiers leviers d'action activés n'ont pas été suffisants
- Si le problème revient régulièrement et de façon grave
- Si les analyses d'eau révèlent une contamination relativement importante (empirique)
- Lors de la construction d'un atelier de fromagerie (préventif)

Pour tous, le système à lampe UV est le système préconisé. Trois techniciens parmi les enquêtés proposent aussi un système d'injection de peroxyde d'hydrogène mais désirent plus d'informations à ce sujet pour mieux connaître son efficacité. A ce jour, il est donc seulement possible d'évaluer le système de traitement par UV car il est bien connu par les techniciens (figure 17).

D'après les techniciens qui conseillent l'installation d'un système de traitement de l'eau par UV, ce système est opérationnel et efficace lorsque tous les paramètres suivants sont réunis :

- Conception adaptée de l'installation avec désinfection préalable des canalisations
- Dimensionnement adapté de la lampe UV (puissance) et des filtres (nombre et gradient de filtration)
- Maintenance et entretien de l'installation (surveillance)

Du fait de ces contraintes, l'efficacité de ce système sur le terrain n'est pas de 100%. Les techniciens rajoutent que la qualité physico-chimique de l'eau est un facteur important pour adapter une installation de traitement de l'eau par UV (eau dure/douce et quantité de matières organiques dans l'eau). Aussi, l'explication aux producteurs pour effectuer la maintenance du système de traitement est primordiale. Les techniciens témoignent aussi que le traitement de l'eau est une question spécifique qu'il est encore nécessaire d'approfondir en connaissant d'autres systèmes que le système UV, leurs coûts, leur efficacité, les bonnes conditions de mise en place et d'utilisation (dimensionnement, positionnement du système, pré-filtration, entretien).



**Figure 17 :** Analyse SWOT du système de traitement de l'eau par UV vu par les techniciens

## **10. L'accident dû aux *Pseudomonas* vécu par les producteurs, du point de vue des techniciens**

Pour mieux définir la situation des producteurs face à cet accident, on synthétisera les réponses des techniciens autour des questions relatives aux producteurs. C'est l'avis des techniciens qui est collecté et non pas l'avis des producteurs qui peut être sensiblement différent. Cette vision est donc le cumul des 3 groupes de techniciens fromagers enquêtés.

### **10.1. Hypothèse de recrudescence de cas d'accident de *Pseudomonas***

Les avis sont assez partagés (tableau 15). La plupart des techniciens ont un avis sur cette question à l'exception de 3 personnes. Il n'est pas possible de confirmer une recrudescence de cas de *Pseudomonas* sur le retour d'expérience des techniciens. Certains techniciens vont confirmer cette hypothèse du fait de leur ressenti professionnel (réponse empirique) mais aucun n'est capable de quantifier leur affirmation.

Deux personnes, issues du groupe n°1 et n°2 infirment l'idée d'une recrudescence à court terme. Ils expliquent que le problème est apparu il y a plusieurs années (environ 10 ans) et qu'ils ne peuvent pas confirmer une augmentation du nombre de cas d'une année à l'autre.

L'enquêté non classé et 1 personne du groupe n°1, ne confirment pas que la bactérie est de plus en plus présente dans les exploitations mais témoignent qu'il y a une augmentation de la préoccupation des producteurs pour ce problème. Un technicien du groupe n°1 témoigne du fait que le nombre de cas est variable d'une année à l'autre.

Il est donc difficile de confirmer quantitativement une réelle montée en puissance de la présence des *Pseudomonas* chez les producteurs fromagers fermiers mais il s'avère que, pour les techniciens qui se prononcent sur la question, les producteurs ont un réel besoin en appui technique.

Tableau 15 : Synthèse des avis sur l'hypothèse d'une recrudescence de cas de *Pseudomonas*

	<b>Confirmation de l'hypothèse</b>	<b>Nuances apportées à leurs commentaires</b>
<b>Groupe n°1</b>	Oui : 3 Non : 1 Nspp : 2	+ 1 technicien : pas de recrudescence à court terme – problème apparu il y a un « peu plus d'une dizaine d'années »  + 1 technicien qui ne sait pas si la bactérie est de plus en plus présente mais qui constate un réel besoin en appui technique des producteurs
<b>Groupe n°2</b>	Oui : 1 Non : 1	+ 1 technicien : problème apparu il y a plusieurs années mais pas d'augmentation de cas à court terme (1, 2 ou 3 ans)
<b>Groupe n°3</b>	Nspp : 2	L'un des techniciens n'infirme pas cette possibilité mais ne veut pas se prononcer car ne peut pas la quantifier

<b>Enquête non classé</b>	Non : 1	<p>Pas de recrudescence du nombre de cas, mais le problème devient de plus en plus préoccupant pour les producteurs du fait de la hausse des exigences qualité des débouchés commerciaux.</p> <p>Les producteurs laitiers vendant le lait aux laiteries pour de la transformation fromagère sont aussi confrontés au problème du fait de la mise en place de grille de paiement du lait avec un critère « <i>Pseudomonas</i> ».</p>
---------------------------	---------	---

*nspp : ne se prononce pas*

## **10.2. Les raisons de l'augmentation du besoin en appui technique de la part des producteurs**

Les avis des techniciens se rejoignent sur le fait que les *Pseudomonas* sont un problème présent et une préoccupation forte des producteurs. Il n'a pas été possible pour les techniciens de quantifier cette recrudescence hypothétique de cas. Il paraît plus juste de dire que les techniciens doivent répondre à une demande grandissante en appui technique de la part des producteurs.

Les causes principales de l'augmentation du besoin d'appui technique, d'après les techniciens, s'additionnent (tableau 16) :

- Exigences en qualité des débouchés commerciaux en hausse, ce qui obligent les producteurs à plus de rigueur en production (d'où la demande auprès des techniciens)
- Appauvrissement des microflore du lait qui favorise probablement les bactéries psychrotrophes dans la compétition entre bactéries
- Maîtrise toujours incomplète du problème (problématique de l'eau, solutions de traitement de l'eau, les actions les plus efficaces, l'interprétation des analyses)

Tableau 16 : Les hypothèses explicatives de la hausse du besoin en appui technique des producteurs

Hypothèses explicatives de la situation (avis donnés spontanément)	Groupe n°1	Groupe n°2	Groupe n°3 et enquête non classé
Recrudescence confirmée par leur ressenti professionnel (pas de quantification) :	III	I	
Appauvrissement des microflore des laits ; déséquilibre bactérien favorable aux bactéries psychrotrophes dont <i>Pseudomonas</i> (la proportion de <i>Pseudomonas</i> a augmenté dans la microflore totale)	III		I
Compréhension parfois incomplète du problème	II		I
Exigences en qualité des débouchés commerciaux croissantes : préoccupations de qualité	II		I

### **10.3. La situation des producteurs vis-à-vis cet accident, vue par les techniciens**

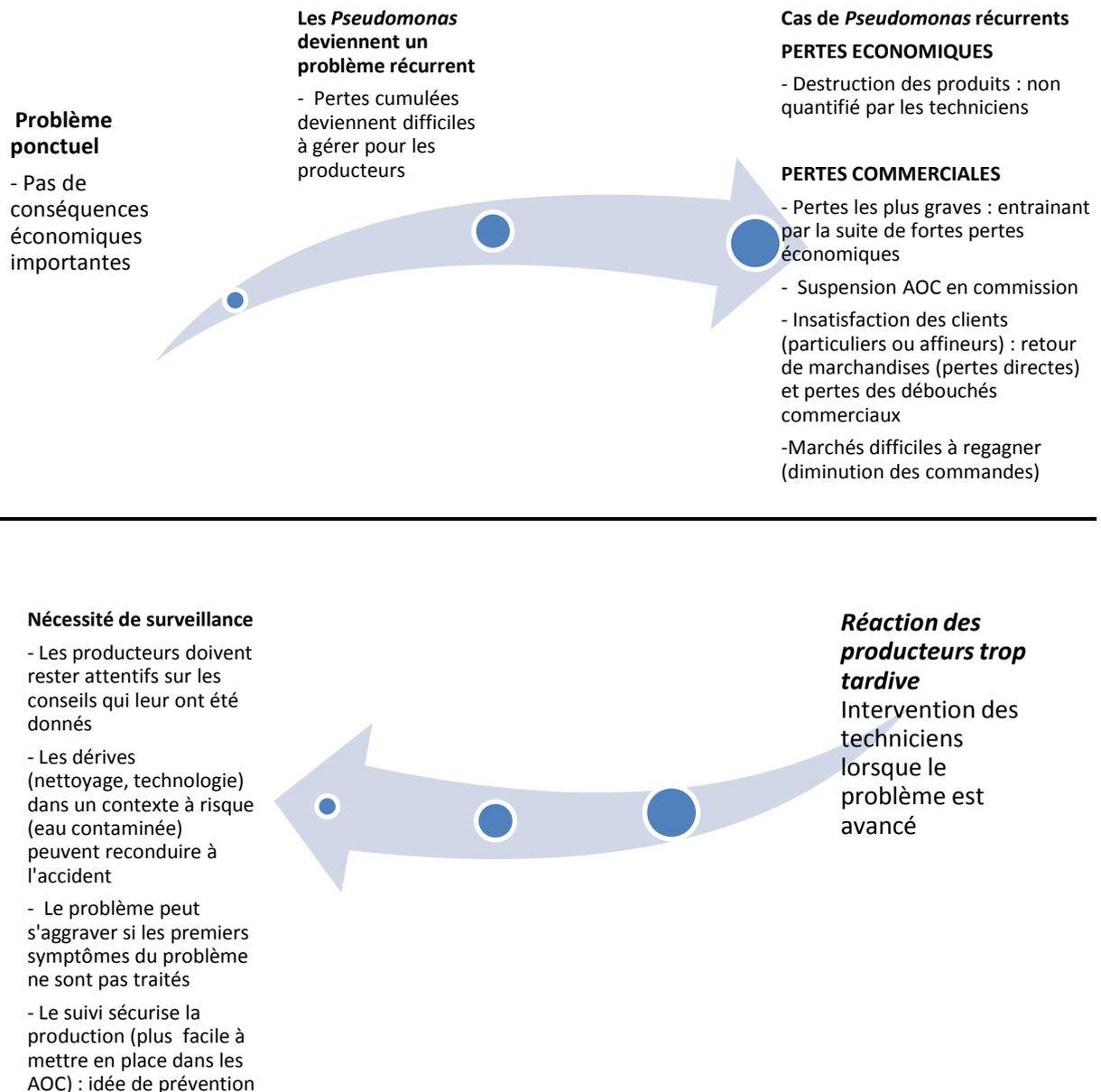
Il est appréciable de se pencher sur les producteurs et sur ce qui peut décrire l'accident *Pseudomonas*, les concernant. Ces informations permettent d'approcher le problème du côté des producteurs.

#### **10.3.1. Evaluation qualitative des dégâts économiques dans les exploitations**

Les techniciens ne peuvent pas quantifier les pertes économiques que subissent les producteurs lorsqu'ils sont confrontés à l'accident (chiffre d'affaires annuel perdu à cause des *Pseudomonas*). Cependant, les diversités des réponses permettent d'établir un premier indicateur pour illustrer ce gradient de gravité de l'accident.

Le processus (figure 18) est un indicateur général qui schématise les différentes situations des producteurs. Ce schéma est qualitatif car les techniciens ne peuvent pas quantifier les pertes économiques des producteurs. Mais il faut noter la dynamique de l'accident, qui peut s'aggraver au fil du temps. Ce sont les pertes cumulées qui vont engendrer des difficultés économiques. Egalement, un grave problème est la perte de débouchés commerciaux du fait de l'insatisfaction des clients. Les clients peuvent être des particuliers ou des affineurs qui sont plus exigeants. En effet, les affineurs achètent les fromages non affinés et peuvent voir apparaître les défauts. Il en résulte un retour de marchandises et éventuellement une perte du débouché commercial si le problème persiste. Ce dernier impact est le plus pénalisant pour les producteurs car leurs marchandises sont perdues et leurs commandes diminuent d'autant. Pour les exploitations en AOC, les commissions peuvent parfois suspendre les producteurs de l'AOC le temps que le problème soit réglé.

La situation des producteurs face à ce problème est mal connue (nombre de producteurs touchés, gravité de l'accident, quantification des pertes économiques, proportion de producteurs qui règlent le problème sans appui technique s'il y en a). Il est difficile pour les techniciens d'avoir un avis sur l'ampleur du problème dans la filière (nombre de producteurs concernés) ou chez un exploitant donné (pertes économiques).



**Figure 18 :** Gradient de gravité des accidents de fromagerie liés aux *Pseudomonas*, moment d'intervention des techniciens et surveillance du problème

### 10.3.2. Le niveau de sensibilisation des producteurs sur le problème des *Pseudomonas*

Il est difficile de connaître le niveau de sensibilisation des producteurs au problème. La question de rendre les producteurs plus autonomes sur la gestion des *Pseudomonas* fait l'objet de divergence entre les techniciens enquêtés.

Une majorité de techniciens (9 personnes) affirment que les producteurs gagneraient à être plus autonomes en étant formés sur la gestion des *Pseudomonas* en fromagerie. Cependant, les autres techniciens ayant un avis différent (5 personnes) affirment que dans les faits, une grande partie des producteurs est constituée de personnes "de terrain" qui n'ont pas la volonté de se former en prévention d'un risque. D'après ces derniers techniciens,

la formation n'intéresse pas les producteurs à moins qu'ils n'aient été confrontés au problème une première fois. L'un des techniciens confirme cette idée avec l'exemple d'une formation proposée aux producteurs à ce sujet, qui n'a pas été plébiscitée.

Il est donc difficile d'imaginer développer, pour l'instant, des formations pour sensibiliser et former les producteurs sans connaître leurs avis.

### 10.3.3. Le suivi des producteurs par les techniciens pour le problème des *Pseudomonas*

De manière générale, tous les techniciens enquêtés effectuent des appuis techniques pour la gestion des *Pseudomonas* auprès des producteurs seulement si ceux-ci sollicitent les techniciens, en premier lieu par téléphone. Les interventions ne sont pas spontanées de la part des techniciens. En effet, les techniciens doivent partager leur temps de travail entre diverses fonctions dont l'appui technique. Les techniciens n'interviennent que lorsqu'un producteur a un problème et qu'il le signale. De plus, le nombre de producteurs dans la zone d'action de chaque technicien est souvent trop grand pour qu'un technicien puisse, après chaque appui technique qu'il a effectué, revenir vers le producteur pour observer les résultats de l'appui technique et donner une nouvelle série de conseils si nécessaire. L'intervention d'un technicien fromager et le retour sur l'intervention du technicien sont donc à l'initiative des producteurs.

Les techniciens montrent une grande implication dans leur travail, ils ne délaissent pas les producteurs qui sollicitent un appui technique lorsqu'ils sont dans une situation d'accident de fromagerie difficile à maîtriser comme certains cas d'accidents dus aux *Pseudomonas*. En effet, les techniciens (11/14) expliquent pouvoir se rendre disponibles ou solliciter un collègue disponible quand ils sont appelés par les producteurs pour ce problème de *Pseudomonas*.

## **Conclusion générale sur l'enquête**

A la suite de l'enquête, de la description des démarches d'intervention des techniciens et de l'état des lieux sur la problématique des *Pseudomonas* en fromagerie fermière (technologie lactique), il est clair que les outils d'appui technique développés ne sont pas la cause des difficultés que les techniciens rencontrent sur le terrain pour la résolution des accidents de fromagerie dus aux *Pseudomonas*. C'est un déficit de connaissances qui est en cause. Le suivi des producteurs par les techniciens est rigoureux et les producteurs ne sont pas laissés sans assistance. Le niveau de sensibilisation des producteurs est actuellement mal connu. La formation pour rendre les producteurs plus autonomes est intéressante mais il est d'abord nécessaire de connaître la volonté des producteurs pour se former sur la gestion des *Pseudomonas*.

La progression sur la question des *Pseudomonas* en fromagerie fermière peut être apportée, en priorité, par l'acquisition de nouvelles informations techniques sous forme d'acquisition de valeurs seuils pour mieux interpréter les résultats des analyses. Il s'agit de relier des niveaux de contamination pour les analyses usuelles (lait de traite, lait UHT passé dans la machine à traire, fromage) avec l'apparition de l'accident. Ce référentiel ou "valeurs seuils" permettrait aux techniciens d'aiguiller leur intervention et de prioriser les actions correctives qu'ils conseillent.

Les points mal connus du problème (aérocontamination, contamination par la peau des trayons, aptitude à l'acidification et au repiquage des laits contaminés) sont des informations d'intérêt pour les techniciens qui méritent d'être étudiées. Ensuite, il est indispensable d'apporter à tous les techniciens un rappel sur les protocoles de prélèvement de l'eau.

Aussi, un éclairage sur les alternatives au système UV et des données sur les niveaux de contamination de l'eau par les *Pseudomonas*, rencontrés chez les producteurs fromagers fermiers (technologie lactique - lait de chèvre) sont importants. Egalement, des données sur les installations de traitement de l'eau seraient des éléments intéressants pour permettre aux techniciens de conseiller ces systèmes (coût d'installation, de fonctionnement, de maintenance, informations pratiques...etc). Ces informations leur permettraient d'améliorer l'accompagnement des producteurs dans leurs situations (explications aux producteurs et accompagnement dans l'installation d'un système de traitement de l'eau si nécessaire).

Il est d'intérêt aussi de mieux connaître l'ampleur du problème, ainsi que de l'impact économique des accidents de fromagerie dus aux *Pseudomonas*, chez les producteurs fermiers de fromages à pâte lactique au lait de chèvre en France. Ces informations pourraient permettre aux techniciens et à la filière de mieux appréhender la gravité du problème et de connaître précisément le contexte des producteurs face au problème. Aussi, il serait intéressant de connaître le niveau de connaissance des producteurs sur le problème et d'évaluer leur volonté de se former pour la gestion des *Pseudomonas*. En effet, les données collectées à ce sujet via les techniciens fromagers ne donnent pas suffisamment de réponses et méritent d'être complétées par les témoignages des professionnels.

Une autre demande, de certains techniciens fromagers, est la création de fiches synthétiques qui découpent la problématique des *Pseudomonas* selon les thèmes essentiels (*Pseudomonas* et caractéristiques, les protocoles de prélèvements et analyses en particulier pour l'eau, les procédures de nettoyage et désinfection de la machine à traite et à la fromagerie, les leviers d'action les plus efficaces).

Concernant le développement de nouveaux outils d'appui technique pour la gestion des *Pseudomonas* en fromagerie fermière, les documents actuels semblent répondre aux attentes des techniciens fromagers pour l'instant. Une mise à jour ne semble pas utile du fait de l'état des connaissances actuelles. La priorité est donc à l'acquisition et à la diffusion d'informations et de résultats des études qui peuvent être menées sur des thèmes précis évoqués ci-dessus avant d'envisager une mise à jour du guide d'appui technique coordonné par l'Institut de l'Élevage. Ces informations pourront ensuite être transmises via des journées d'échanges, des publications techniques ou scientifiques, des fiches de synthèse.

## **II<sup>ème</sup> partie des résultats : les expérimentations à la station expérimentale du Pradel**

Trois périodes ont été suivies, durant cette étude, à la ferme expérimentale du Pradel sur les systèmes de traitement de l'eau par rayonnement UV et par injection de peroxyde d'hydrogène. Ces systèmes de traitement sont les solutions les plus utilisées dans les exploitations fromagères pour la gestion des *Pseudomonas*, en particulier le système UV déjà étudié par le pôle AOP Massif Central en filière Saint Nectaire. De plus, des suivis d'exploitations ont été effectués en parallèle à ces études. Ils ont été réalisés dans des situations où les producteurs ont régulièrement subi l'accident et où un système de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène a été installé. Cette solution ayant montré de l'intérêt sur le terrain, il est important de l'étudier précisément pour en connaître les forces et les limites.

Les dénombrements sont interprétés par classe de contamination, car la limite supérieure de détection est de 3000 UFC/100ml (représentée par la valeur 3000 UFC/100ml dans les données brutes).

### Echelle de contamination dans cette étude :

- 0 ≤ x ≤ 10 UFC/100ml d'eau : faible contamination
- 10 ≤ x ≤ 100 UFC/100ml d'eau : contamination moyenne
- 100 ≤ x ≤ 1000 UFC/100ml d'eau : forte contamination
- x ≥ 1000 UFC/100ml d'eau : très forte contamination

## **1. La contamination initiale de l'eau pour les trois périodes de l'étude**

### **1.1. Contamination initiale de l'eau**

C'est la contamination de l'eau initiale, soit l'eau entrante au point le plus amont dans l'exploitation qui est étudiée ici. Les dispositifs de traitement sont installés en série sur le réseau d'eau de la ferme. Cependant, une valve "bi-pass" permet de dériver l'eau traitée au peroxyde d'hydrogène pour que celle-ci ne passe pas dans le réacteur UV qui doit rester allumer en permanence, pour empêcher un double traitement de l'eau. De cette manière, l'eau prélevée et analysée est le reflet de l'utilisation soit du système UV, soit du système au peroxyde d'hydrogène (annexe 7).

- **Durant la période UV seul** (du 12 avril au 11 mai) : les contaminations initiales sont systématiquement au dessus de 100 UFC/100ml et 5/8 des analyses sont au dessus de 1000 UFC/100ml.
  - L'eau est donc fortement à très fortement contaminée durant cette période.
- **Durant la période UV+désinfection des canalisations préalable des canalisations** (du 29 mai au 28 juin) : pour 1/8 des analyses, la contamination est supérieure à 1000UFC/100ml et pour 1/8 des analyses la contamination est entre

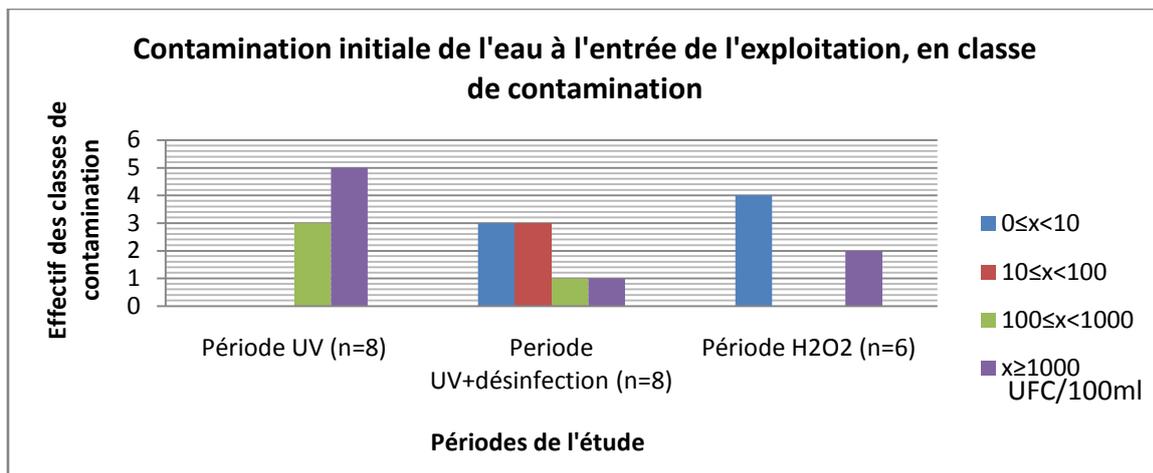
100 et 1000 UFC/100ml. Ensuite, la contamination est entre 10 et 100 UFC/100ml pour 3/8 des analyses et entre 1 et 10 UFC/100ml pour 3/8 des analyses.

- La contamination de l'eau est irrégulière.

- **Durant la période de traitement par peroxyde d'hydrogène** (2 juillet au 2 août) : pour 4/6 des analyses, la contamination initiale est en dessous du seuil de détection. La contamination est alors considérée à un niveau de 0 UFC/100ml soit dans la classe de contamination " $0 \leq x \leq 10$  UFC/100ml". On constate un épisode entre le 18 et 25 juillet où les contaminations dépassent les 1000 UFC/100ml pour 2/6 des analyses.

- La contamination de l'eau dans la période n°3 n'a été détectée que sur seulement 2/6 des analyses pour lesquelles elle peut être considérée dans l'étude comme très forte.

Les périodes de l'étude ne sont pas comparables entre elles du fait de la différence des niveaux de contamination de l'eau à l'entrée de l'exploitation (figure 19). Il n'est donc pas possible de comparer les différentes périodes, ni de comparer l'efficacité du traitement UV avec celle du traitement par peroxyde d'hydrogène.



**Figure 19 :** Diagramme de la contamination initiale de l'eau selon les trois périodes de l'étude (données exprimées en classe de contamination)

## 1.2. Le lien entre la contamination initiale de l'eau et la pluviométrie

Dans cette étude, il n'est pas possible d'établir un lien simultané entre la pluviométrie et le niveau de contamination initiale de l'eau en *Pseudomonas* (figure 20). Les contaminations en *Pseudomonas* sont très variables et ne concordent pas systématiquement avec la variation de pluviométrie. Ce graphique nous permet d'observer une tendance : lors des périodes n°1 et n°2 de l'étude, qui ont été les plus pluvieuses, des contaminations de l'eau en *Pseudomonas* ont été observées pour la majorité des échantillons à l'inverse de la période n°3 de l'étude. En tendance, on observe que les dénombrements de *Pseudomonas* les plus élevés (classe 4) ont été enregistrés pour des précipitations moyennes cumulées pendant 7 jours précédant l'analyse d'eau supérieures à 20 mm (figure 21). Mais l'écart-type est proche de la moyenne dans toutes les situations, la variabilité des précipitations est très importante et davantage de données sont nécessaires pour formuler des conclusions.



## 2. L'efficacité bactéricide des traitements de l'eau

### 2.1. Etude de la période n°1 : UV sans désinfection

#### 2.1.1. Etude de l'abattement de la contamination avant et à la sortie du dispositif UV

La période n°1 (12 Avril au 11 Mai) a été le test du système de traitement par rayonnement UV sans désinfection préalable des canalisations qui est nécessaire pour s'affranchir de la contamination post-traitement par le décrochement de *Pseudomonas* des biofilms présents dans les canalisations.

Les données collectées pour cette période sont difficiles à interpréter (figure 22) :

- La contamination de l'eau à son entrée dans l'exploitation et la contamination de l'eau prélevée juste avant le système de traitement : forte à très forte.
- Les 4 premières analyses après UV : aucun abattement de la contamination pour 3 des 4 premières analyses (12 au 20 Avril)
- Les 4 dernières analyses après UV : l'eau passe d'une contamination forte à très forte à une contamination moyenne pour 2 des 4 dernières analyses et en dessous du seuil de détection pour 2 des 4 dernières analyses (sans opération de désinfection sur le dispositif durant la période).

La lampe UV ayant été mise en route 15 jours après son installation, il se peut que le dispositif UV ait été biofilmé (et en particulier au niveau de la valve de prélèvement). Bien que la pluviométrie ait été forte en début de période, l'analyse de turbidité de l'eau était toujours inférieure à 1 (prélèvements du 5, 16, 17, 18 et 19 avril). La turbidité n'a donc pas gêné le rayonnement de la lampe UV. La transmittance du rayonnement était de 89,4% le 17 avril, et au dessus de 93,5% le 5, 16, 18 et 19 avril. La transmittance n'explique donc pas la différence du niveau de contamination après traitement entre les 4 premières analyses d'eau après le dispositif UV et les 4 dernières.

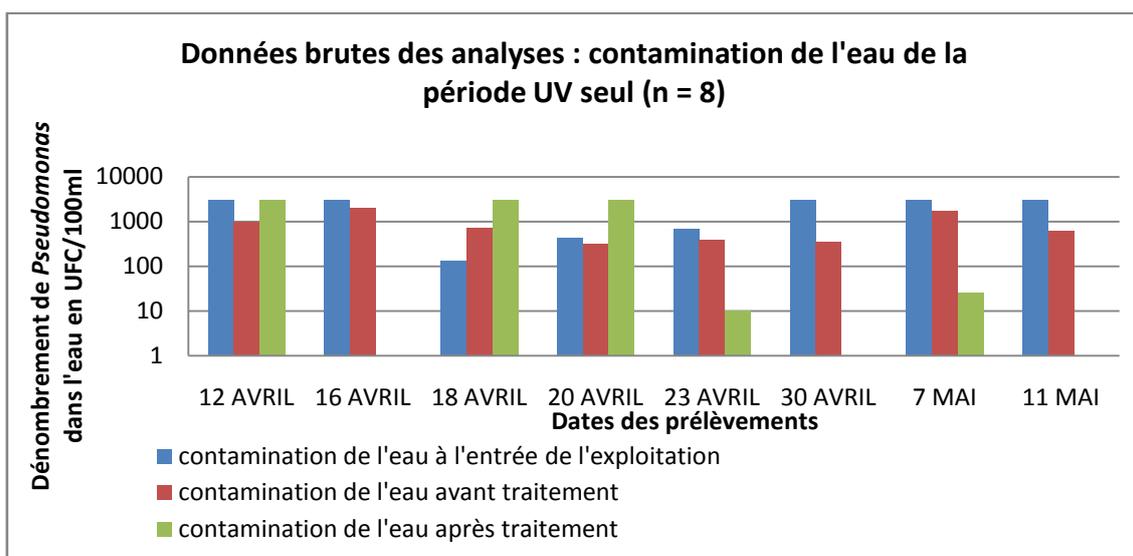


Figure 22 : Diagramme de la contamination avant et en sortie du dispositif UV pour la période n°1 de l'étude (données brutes)

### 2.1.2. Etude de l'impact du système UV seul sur la contamination de l'eau aux points d'utilisations

On retrouve souvent une eau contaminée aux points d'utilisation de l'eau. Les niveaux de contamination sont variables. L'eau au robinet de la salle de fabrication est systématiquement très fortement contaminée pour 6/8 des analyses. Pour les autres points d'utilisation, l'eau va de faiblement contaminée à très fortement contaminée.

## 2.2. Etude de la période n°2 : UV + désinfection préalable

### 2.2.1. Etude de l'abattement de la contamination avant et à la sortie du dispositif UV

La période n°2 (29 Mai au 28 Juin) a été le test du même dispositif UV en ayant procédé préalablement à une désinfection des canalisations afin de détruire les biofilms bactériens.

- La contamination avant le dispositif (eau entrante dans l'exploitation et eau avant le dispositif) est irrégulière et va de faiblement contaminée à très fortement contaminée
- L'eau est plus contaminée à l'entrée du dispositif de traitement qu'au point amont du circuit d'eau de l'exploitation : effet probable de l'« eau stagnante » au niveau de la valve de prélèvement et/ou effet d'un décrochement de bactéries de biofilms résiduels ou nouveaux avant le dispositif de traitement.
- L'eau après le système de traitement est systématiquement faiblement contaminée ou la contamination est inférieure au seuil de détection : **abattement excellent** (figure 23)

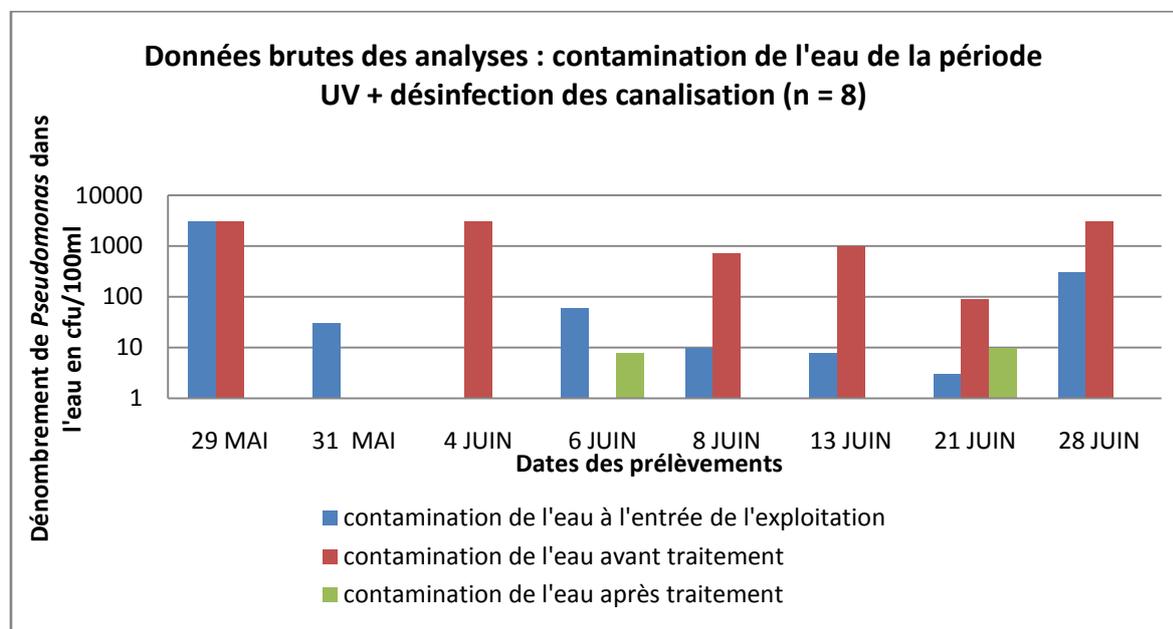


Figure 23 : Diagramme la contamination avant et en sortie du dispositif UV pour la période n°2 de l'étude (données brutes)

### 2.2.2. Etude de l'impact du système UV+ désinfection préalable sur la contamination de l'eau aux points d'utilisation

Aux autres points d'utilisation, l'eau est faiblement contaminée mis à part pour une unique analyse de l'eau du robinet de lavage. La procédure de désinfection permet probablement de limiter la contamination par détachement des bactéries des biofilms en détruisant la majeure partie des biofilms. Ensuite, le fonctionnement du système UV détruit les bactéries et le développement de biofilms est de ce fait limité en aval du dispositif de traitement.

L'eau du robinet de la salle de fabrication reste très fortement contaminée pour 6/8 des analyses. Il est possible que l'eau soit plus contaminée du fait que l'utilisation de l'eau à ce point est moindre. L'eau reste stagnante plus longtemps au niveau du robinet, ce qui pourrait permettre aux *Pseudomonas* résiduels de se développer.

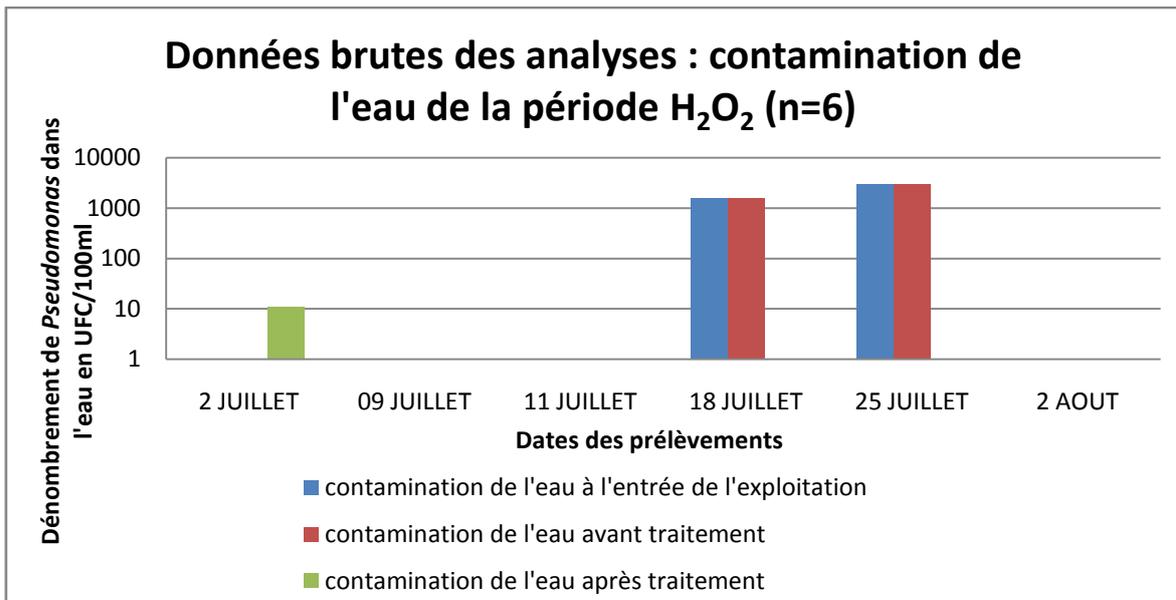
Dans cette étude, l'UV accompagnée d'une désinfection des canalisations semble être un moyen efficace de lutte contre les *Pseudomonas* qui sont véhiculés dans l'eau et sur toute la longueur du circuit. Cette période montre l'utilité de la désinfection des canalisations lors de l'utilisation d'un système UV pour contrer la contamination via le décrochement de bactéries des biofilms. Ce résultat recoupe les études de FATET et MICHEL (2011). Dans cette période de l'étude, l'eau utilisée est désinfectée et le développement nouveau de biofilms limité en aval du dispositif.

## **2.3. Etude de la période n°3 : le peroxyde d'hydrogène**

### 2.3.1. Etude de l'abattement de la contamination avant et à la sortie du dispositif UV

La période n°3 (2 Juillet au 2 Aout) a été le test d'un système de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène par pompe doseuse. La mise en route du dispositif a été effectuée tout de suite après l'arrêt du dispositif UV. Egalement, une désinfection des canalisations a été effectuée le 28 Juillet.

Il est difficile de conclure sur l'efficacité du traitement du fait d'une contamination initiale de l'eau qui est faible malgré un épisode de très forte contamination (>1000 UFC/100ml le 18 et 25 Juillet). Aucune contamination de l'eau après traitement n'est détectée mis à part au prélèvement du 2 Juillet où elle est faible. On remarque qu'aucune contamination n'est détectée après traitement lors des 2 analyses où l'eau prélevée avant le système de traitement est fortement contaminée. Ces résultats sont encourageants et méritent d'être complétés par d'autres suivis du fait de la faible contamination initiale de l'eau (figure 24).



**Figure 24 :** Diagramme de la contamination avant traitement par peroxyde d'hydrogène et en sortie du dispositif de traitement (données brutes)

### 2.3.2. Etude de l'impact du système UV sur la contamination de l'eau aux points d'utilisation

Même lors de l'épisode de forte contamination de l'eau initiale, la contamination est inférieure au seuil de détection pour toutes les analyses d'eau au robinet de la laiterie et au robinet de la salle de lavage.

L'eau prélevée au niveau du robinet de la salle de fabrication est contaminée pour 3/6 des analyses dans cette période n°3. La contamination est pour 1 analyse supérieure à 1000 UFC/100ml et entre 100 et 1000 UFC/100ml pour 2 analyses. Dans les autres périodes aussi, l'eau prélevée à ce point est aussi l'eau la plus contaminée du circuit d'eau. Ceci peut s'expliquer par la faible utilisation de ce robinet, ce qui favorise le développement des *Pseudomonas* résiduels par la stagnation de l'eau au niveau du robinet malgré le traitement de l'eau et la désinfection des canalisations.

Il n'est pas possible ici de conclure et d'évaluer de manière objective l'effet bactéricide du système et son effet rémanent car la contamination initiale de l'eau n'a pas mis la solution de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène dans des conditions de test suffisantes pour conclure.

### 3. Contamination moyenne du lait

Tableau 15 : Contamination des laits de purge et de mélange selon les différentes périodes de l'étude

Moyenne (et écart-type) en UFC/ml de lait (pas de filtration)	Lait de purge	Lait de mélange
• Période UV seul	1,5 .10 <sup>4</sup> (2,0 .10 <sup>4</sup> )	7,0 .10 (1,2 .10 <sup>2</sup> )
• Période UV + désinfection	1,8 .10 <sup>3</sup> (2,7 .10 <sup>3</sup> )	2,6 .10 (2,7 .10)
• Période H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	8,0 .10 (1,2 .10 <sup>2</sup> )	1,1 .10 (3,6)

n = 8 pour chaque période

#### Interprétation du tableau 15 :

- La contamination moyenne du lait de purge est systématiquement plus forte que celle du lait de mélange
- Le niveau de contamination du lait de purge diminue au fil des périodes. Cela confirme que le niveau de contamination de l'eau utilisée pour le nettoyage de la machine à traire est certainement en lien avec la présence plus ou moins importante de biofilms de la machine à traire.

Les résultats s'expliquent par le double-facteur qui est le niveau de contamination initiale de l'eau associé au système de traitement de l'eau en place durant la période et à son efficacité. Ces facteurs ne sont pas indépendants et mettent en avant la nécessité de tester les systèmes dans des contextes similaires de contamination pour comparer l'efficacité des traitements.

#### **4. Conclusion des études menées à la station expérimentale du Pradel**

Les études réalisées apportent des éléments d'évaluation sur chacun des deux systèmes de traitement d'eau. Le traitement de l'eau par UV semble être une solution efficace sous réserve que les canalisations aient été correctement désinfectées.

Le traitement par peroxyde d'hydrogène semble d'intérêt lui aussi. Cependant, les conditions d'essai (faible contamination de l'eau entrante) ne permettent pas de juger objectivement de son efficacité. L'approfondissement de cette étude est donc à envisager.

Aussi, on note que la contamination de l'eau par les *Pseudomonas* peut être différente en fonction du point de prélèvement, le même jour de prélèvement. Les biofilms ont donc probablement un rôle majeur dans la présence de *Pseudomonas* dans l'eau.

Ces études ont aussi confirmé que le niveau de contamination de l'eau utilisée pour le nettoyage de la machine à traire impacte directement la contamination du lait de purge, qui est *a priori* liée à la formation de biofilms contenant des *Pseudomonas* dans la machine à traire.

## III<sup>ème</sup> partie des résultats : les suivis en exploitations

### 1. Les solutions correctives mises en place et le constat sur l'accident

<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Exploitation n°1</u> <u>Exploitation fromagère caprine</u></li><li>➤ GAEC familial : 3 associés + 1 apprentie</li><li>➤ 144 animaux (140 déclarés)</li><li>➤ Production de 112 000L</li><li>➤ Transformée à 100%</li><li>➤ 500L max transformés par jour</li><li>➤ Interruption de Nov à Fev</li></ul> <p><b><u>Apparition de l'accident</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ En 2009</li><li>➤ A la suite d'un chantier de la société d'approvisionnement sur les canalisations en eau (plus gros diamètre)</li><li>➤ Fréquence variable</li><li>➤ Aucun caractère saisonnier</li></ul> <p><b><u>Description des défauts</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Avant l'affinage</li><li>➤ Problème d'acidification</li><li>➤ Ralentissement et blocage de l'acidification</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>Exploitation n°2</u> <u>Exploitation fromagère caprine</u></li><li>➤ Entreprise familiale : 2 associés + 1 salarié</li><li>➤ 158 animaux (140 déclarés)</li><li>➤ 126 000L<ul style="list-style-type: none"><li>○ 50 000L vendus</li><li>○ Le reste est transformé</li></ul></li><li>➤ 280L max transformés par jour</li><li>➤ Production tout l'année</li></ul> <p><b><u>Apparition de l'accident</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ En 2011</li><li>➤ Fréquence variable</li><li>➤ Aucun caractère saisonnier</li></ul> <p><b><u>Description des défauts</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apparition tardive à l'affinage</li><li>➤ Sur les 2 faces des fromages</li><li>➤ Couleur et amertume</li><li>➤ Au sein d'un même lot : contamination variable</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exploitation n°3 <u>Exploitation fromagère caprine</u></li><li>➤ GAEC : 3 associés</li><li>➤ 67 (80 en déclarés)</li><li>➤ 52 000L</li><li>➤ Transformé à 100%</li><li>➤ 250L max transformés par jour</li><li>➤ Interruption de Dec à Fev</li></ul> <p><b><u>Apparition de l'accident</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ En 2011 : très pénalisant</li><li>➤ Fréquence variable : « souvent en été » (température haute) d'après les producteurs</li><li>➤ Caractère saisonnier : été est la saison la plus critique (fréquence et gravité)</li></ul> <p><b><u>Description des défauts</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Apparition tardive à l'affinage (3 semaines)</li><li>➤ Sur 1 face des fromages</li><li>➤ Au sein d'un même lot : contamination variable</li><li>➤ Couleur et l'amertume</li></ul>
--	--	--

## 1.1. Exploitation n°1

Une seule mesure a été prise pour la correction de l'accident de fromagerie apparu en 2009 :

- Installation d'une pompe à Peroxyde à Peroxyde d'hydrogène (installateur Geosane)
  - En 2009
  - Concentration en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 105 mg/m<sup>3</sup> sans interruption (produit commercial CID CLEAN)
  - 15 premiers jours de traitement : concentration à 150 mg/L (équivalent à une désinfection des canalisations)

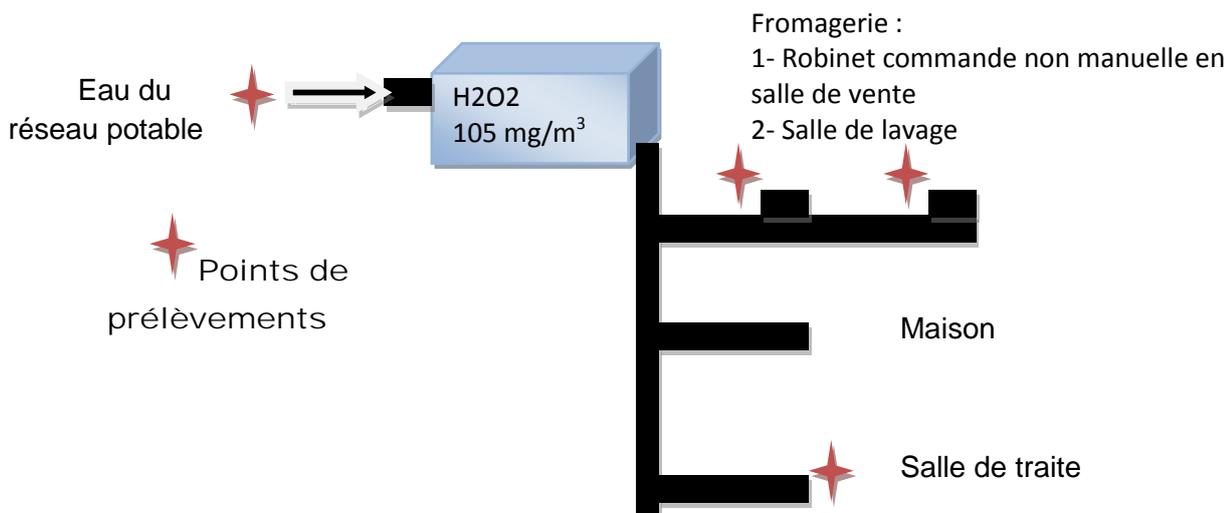


Figure 25 : Schéma de l'installation de traitement de l'eau de l'exploitation n°1

### Constat après la mesure corrective :

Le problème a été totalement réglé, selon les producteurs. Lors du suivi, aucun défaut sur les fromages ou le caillé n'a été constaté. Depuis, seuls des problèmes d'implantation de *Mucor* apparaissent mais éliminés facilement par un ensemencement du lait en *Geotrichum* systématique.

## 1.2. Exploitation n°2

Afin d'éliminer le problème de *Pseudomonas* dans leur exploitation, ces producteurs ont procédé :

- Au nettoyage drastique de la canalisation à vide de la machine à traire
- Au changement d'une partie du lactoduc (tuyau annelé plastique)
- A l'utilisation de ferments du commerce en période d'accident
- A l'installation d'une pompe doseuse à Peroxyde d'hydrogène (installateur Geosane)
  - En 2012
  - 125 mg/m<sup>3</sup> sans interruption (produit commercial CID CLEAN)
  - Aucune désinfection des canalisations

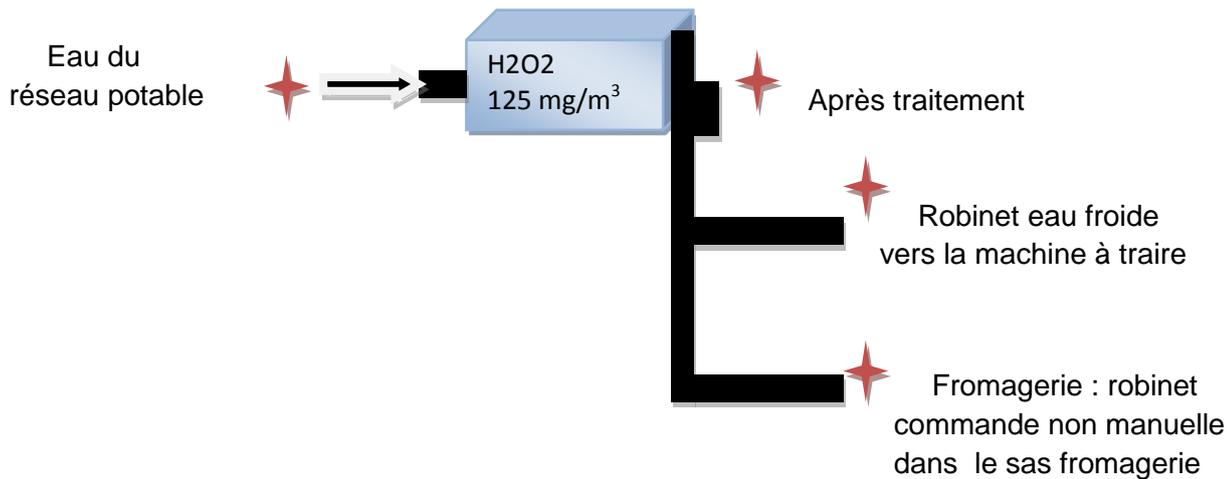


Figure 26 : Schéma de l'installation de traitement de l'eau de l'exploitation n°2

#### Constat après les mesures correctives

Les mesures correctives ont largement minimisé le problème. Dans un premier temps, elles se sont avérées parfaitement efficaces mais les exploitants déplorent que le problème revient, avec une fréquence et gravité variable. Egalement, les producteurs témoignent de la présence de *Mucor* sur les fromages. Lors des suivis, des tâches jaunes caractéristiques des *Pseudomonas* et du *Mucor* ont été observées sur plusieurs fromages.

### **1.3. Exploitation n°3**

Dans la troisième exploitation, les producteurs ont procédé :

- Au changement du lactosérum ou à l'utilisation de ferments du commerce en période d'accident
- A la multiplication par 1,5 de la dose de produit de nettoyage pour la machine à traire en période d'accident
- A l'installation du pompe doseuse de peroxyde d'hydrogène (installateur CTH)
  - En 2012
  - 140 mg/m<sup>3</sup> sans interruption (produit commercial OXOTOP)
  - Erreur dans le dosage durant les premiers jours (non comptés) : 1400 mg/L (Pseudo-désinfection)

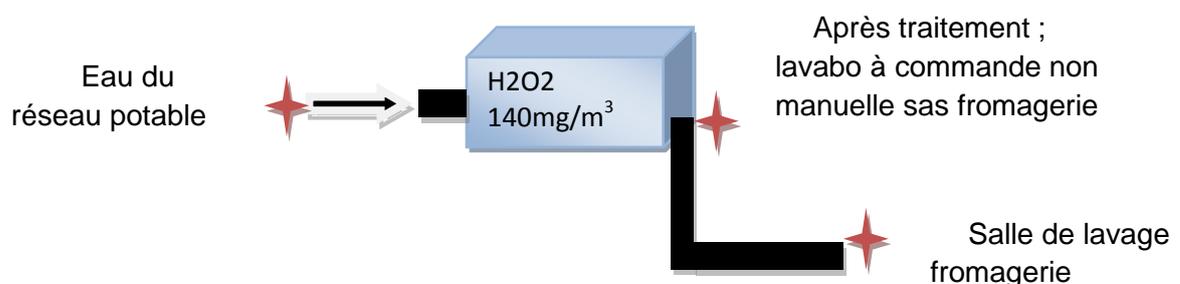


Figure 27 : Schéma de l'installation de traitement de l'eau de l'exploitation n°3

### Constat après les mesures correctives

De même que pour la deuxième exploitation, les solutions ont grandement diminué le problème mais l'efficacité n'est pas de 100%. Des défauts de couleur subsistent pour certaines fabrications (observé durant les suivis). Malgré les mesures, les exploitants sont obligés de jeter des fromages, insatisfaits de leur qualité (couleur et goût) surtout en période estivale (chaude).

## **2. Les facteurs à risque dans les exploitations : l'audit technique**

Il est important d'évaluer les facteurs à risques dans les exploitations, susceptibles de permettre aux *Pseudomonas* de se développer et de conduire à l'accident de fromagerie en question (tableau 16).

### **Exploitation n°1 :**

- Bâtiment d'élevage et litière humides
- Entrée d'air lors de la dépose des manchons pendant la traite
- Vigilance sur le lactoduc du fait de sa longueur : 46m (eau résiduelle après le nettoyage)

### **Exploitation n°2 :**

- Entrée d'air forte durant la traite (pose et dépose)
- Hygiène pendant la traite à améliorer (salle de traite et animaux)
- Nettoyage de la machine à traire peu efficace (température de nettoyage trop faible le jour de l'enquête)
- Vigilance sur le long lactoduc > 25m (possibilité d'eau résiduelle)

### **Exploitation n°3 :**

- Mauvaise ambiance dans le bâtiment d'élevage (humidité et odeur d'ammoniac forte)
- Entrée d'air pendant la traite (dépose des manchons)
- Nettoyage de la machine à traire peu efficace (température de nettoyage trop faible le jour de l'enquête)

Tableau 16 : Facteurs de risque identifiés en élevage dans les 3 exploitations suivies

Facteurs de risques	EA n°1	EA n°2	EA n°3
<b>Etat de la litière</b>	Utilisation d'asséchant pour litière  Litière humide autour des abreuvoirs	Pas de problème identifié	Paille et refus
<b>Ambiance des bâtiments d'élevage</b>	Bâtiment humide (mur en bois)	Pas de problème identifié	Bâtiment mal ventilé  Odeur d'ammoniac et sensation de confinement
<b>Etat des animaux</b>	Animaux propres	Certains animaux avec mamelles sales	Animaux propres
<b>Technique de traite</b>	Entrées d'air importantes : dépose (arrachage), pas de coupure du vide.  Pas d'élimination des premiers jets	Entrées d'air importantes : à la pose, arrachage des manchons à la dépose, pas de coupure du vide.  Pas d'élimination des premiers jets	Entrées d'air importantes : arrachage des manchons à la dépose, pas de coupure du vide  Pas d'élimination des premiers jets
<b>Hygiène lors de la traite</b>	Pas de problème identifié	Ambiance confinée Pailles et souillures durant la traite (fosse et quais)	Pas de problème identifié
<b>Entretien MAT</b>	Pas de problème identifié	Pas de problème identifié	Pas de problème identifié
<b>Suivi nettoyage MAT</b>	Pas de problème identifié	Déficiance mise en évidence : T°C trop faible en fin de cycle (37,2°C), coupelles de lavage sales après le lavage	Déficiance mise en évidence : T°C trop faible en début du cycle (43,3°C)
<b>Conception de la MAT</b>	Lactoduc long (>46m) Nombreux coudes (raccords) (7)	Lactoduc très long (>25m) et en plastique	Lactoduc long (>20m) Nombreux coudes (raccords) (7)
<b>Report du lait</b>	Pas de problème identifié	Pas de problème identifié	Pas de report : 2 emprésurage/jour

Tableau 17 : La technologie : suivis de fabrication du 23/10/12 au 25/10/12

<b><u>Exploitation n°1</u></b>	<b><u>Exploitation n°2</u></b>	<b><u>Exploitation n°3</u></b>
<p><u>1 - Lait traite de soir le 22/10</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stocké à 10,9°C (refroidissement en 2h30)</li> <li>- Ensemencé le matin pendant la traite (1,2% LS)</li> </ul> <p><u>2 - Lait de mélange le 23/10</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dose présure (à 520 mg) : 8 ml pour 100L</li> <li>- Lait : 19°C ; pH = 6,51</li> <li>- Salle de fabrication à 21,0°C et 89,8% d'humidité</li> </ul> <p><u>3 – pH 10 H après emprésurage :</u> 5,18</p> <p><u>4 - Moulage</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 22h après emprésurage</li> <li>- Caillé : 20,6°C ; pH = 4,48</li> </ul> <p><u>5 – Egouttage le 24/10 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 24h en faisselles</li> <li>- Salle de fabrication à 20,2°C et 91,6% d'humidité</li> </ul> <p><u>6 – Fromage démoulé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fromage : 18,4°C ; pH = 4,4</li> </ul> <p><u>7 - Ressuyage du fromage frais :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 48h</li> <li>- Implantation de <i>Geotrichum</i></li> <li>- Le 25/10 : salle de fabrication à 20,5°C et 85% d'humidité</li> </ul> <p><u>8 - Séchage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 à 7 jours</li> <li>- Le 25/10 : séchoir à 14,5°C et 80% d'humidité</li> </ul> <p><u>9 - Affinage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jusqu'à la vente</li> <li>- Le 25/10, hâloir à 10,1°C et 86% d'humidité</li> </ul>	<p><u>1 - Lait traite de soir le 22/10</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stocké entre 13,5 et 16°C (refroidissement en 0h30)</li> </ul> <p><u>2 - lait de mélange le 23/10</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dose présure (à 520 mg) : 9 ml pour 100L</li> <li>- 3,4% de LS à l'emprésurage</li> <li>- Lait : 22,8°C ; pH = 6,52</li> <li>- Salle de fabrication à 21,4°C et 85,6% d'humidité</li> </ul> <p><u>3 – pH 10 H après emprésurage :</u> 4,64</p> <p><u>4 - Moulage</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 24h après emprésurage</li> <li>- Caillé : 21,3°C ; pH = 4,35</li> </ul> <p><u>5 – Egouttage le 24/10 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 24h en faisselles</li> <li>- Salle de fabrication à 18,9°C et 94,8% d'humidité</li> </ul> <p><u>6 – Fromage démoulé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fromage : 18,9°C ; pH = 4,25</li> </ul> <p><u>7 - Ressuyage du fromage frais :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 48h</li> <li>- Implantation de <i>Geotrichum</i></li> <li>- Le 25/10 : salle de fabrication à 21,5°C et 74% d'humidité</li> </ul> <p><u>8 - Séchage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 jours</li> <li>- Le 25/10 : séchoir à 7,5°C et 71% d'humidité</li> </ul> <p><u>9 - Affinage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 jours Jusqu'à la vente</li> <li>- Le 25/10, hâloir à 10,6°C et 94% d'humidité</li> </ul>	<p><u>1 - Lait traite matin le 23/10</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dose présure (à 520 mg) : 1,2 ml pour 100L</li> <li>- 2,6% de LS à l'emprésurage</li> <li>- Lait : 22,8°C ; pH = 6,55</li> <li>- Salle de fabrication à 8,8°C et 92,7% d'humidité</li> </ul> <p><u>2 – pH 10h après emprésurage =</u> 4,81</p> <p><u>3 - Moulage</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 24h après emprésurage</li> <li>- Caillé : 18,5°C ; pH = 4,51</li> </ul> <p><u>4 – Egouttage le 24/10 :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 24h en faisselles</li> <li>- Salle de fabrication à 18,1°C et 95% d'humidité</li> </ul> <p><u>5 – Fromage démoulé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fromage : 15,1°C ; pH = 4,35</li> </ul> <p><u>6 - Ressuyage du fromage frais :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 48h</li> <li>- Implantation de <i>Geotrichum</i></li> <li>- Le 25/10 : salle de fabrication à 16,5°C et 89% d'humidité</li> </ul> <p><u>7 - Séchage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 à 4 jours</li> <li>- Le 25/10 : séchoir à 14,8°C et 78% d'humidité</li> </ul> <p><u>8 - Affinage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jusqu'à la vente</li> <li>- Le 25/10, hâloir à 13,0°C et 89% d'humidité</li> </ul>

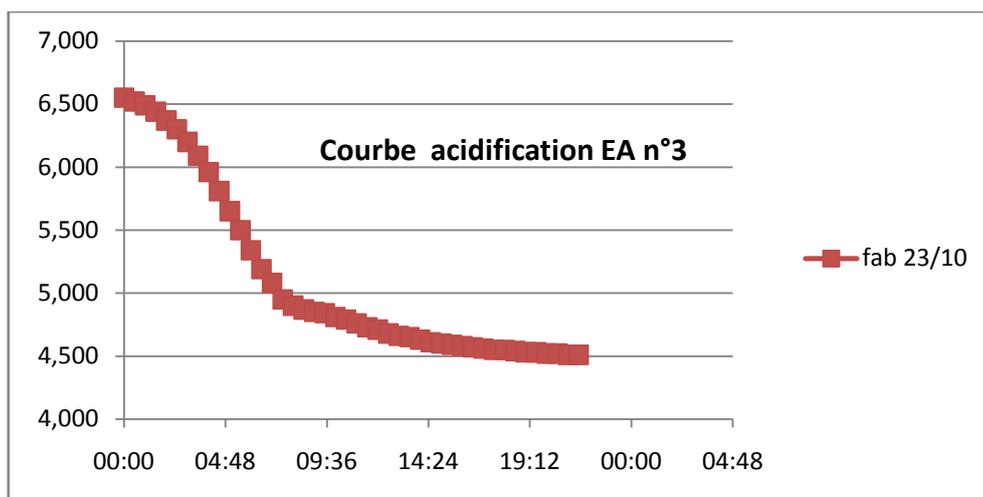
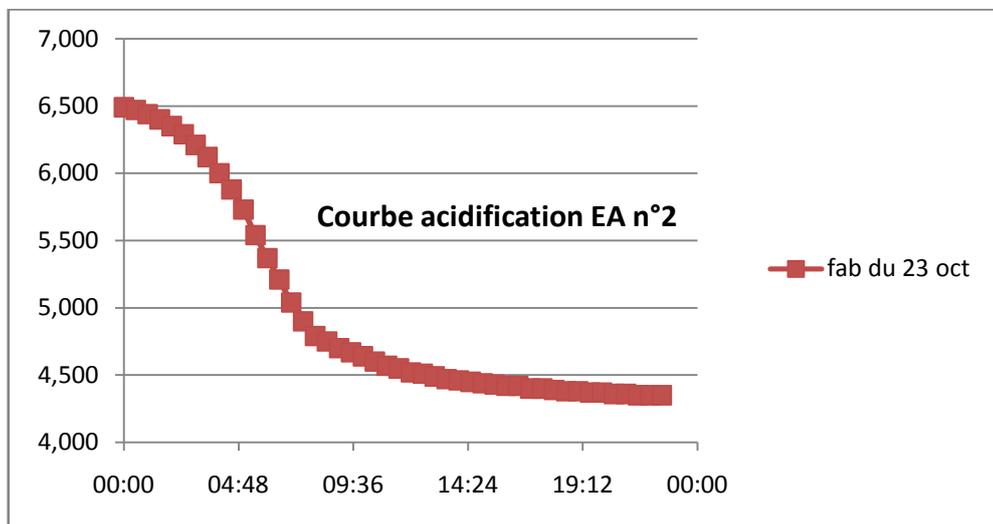
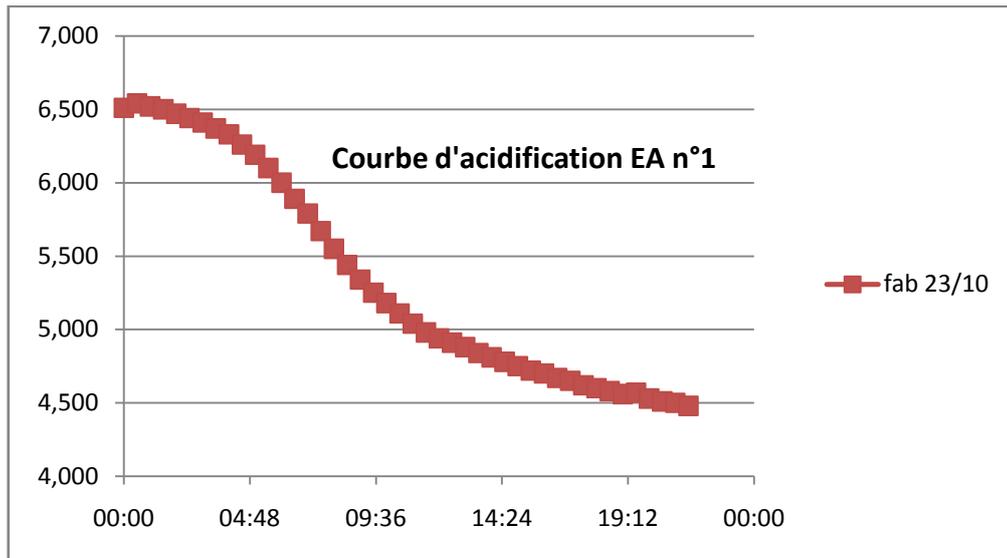


Figure 28 : Courbes d'acidification de la fabrication du 25/10/12 dans les trois exploitations

Principaux facteurs favorisant le développement des *Pseudomonas* dans la première exploitation :

- Séchage lent de 3 à 7 jours dans un séchoir humide

Principaux facteurs favorisant le développement des *Pseudomonas* dans la deuxième exploitation :

- Séchage à une température inférieure à 10°C (le développement du *Geotrichum* est limité)
- Stockage du lait du soir refroidi à 13,5°C mais montant à 16°C durant la nuit, ce qui peut favoriser le développement des *Pseudomonas*.

Principaux facteurs favorisant le développement des *Pseudomonas* dans la troisième exploitation :

- Température du lait à l'emprésurage > à l'objectif théorique entre 18°C et 22°C
- Acidification ralentie en fin de coagulation (refroidissement du lait car contenu dans des seaux de caillage de faible contenance (15L) et température de la pièce trop faible)
- Température relativement froide du fromage frais au démoulage
- Température dans la salle de fabrication < à l'objectif théorique de 18 à 22°C

L'égouttage et le ressuyage sont moins bien maîtrisés du fait de la température froide dans la pièce. Le développement des *Pseudomonas* est potentiellement favorisé. Aussi, la température de la pièce de fabrication et du fromage au démoulage ne favorise pas le développement des flores d'intérêt (*Geotrichum*).

La fabrication suivie s'est arrêtée au ressuyage du fromage frais (avant séchage). Au 21/11/12, les producteurs ont été contactés pour vérification de l'état des fromages affinés de la fabrication du 23/10/12. Aucun accident de fromagerie n'a été rapporté pour les fabrications suivies.

### **3. Présentation des résultats d'analyses**

Dans l'exploitation n°2, on constate une valeur exceptionnelle, le 23 Octobre, de 1600 UFC/100ml au premier point de prélèvement d'eau après traitement. Le même jour, les *Pseudomonas* sont peu ou en dessous du seuil de détection dans l'eau avant traitement. On peut donc penser à un décrochage de bactéries des biofilms lors du prélèvement. La désinfection des canalisations peut être probablement un axe important pour le contrôle de la contamination par les *Pseudomonas*.

Ces résultats se superposent à la situation sans accident des exploitations pour la fabrication suivie (23/10 au 25/10). En revanche, l'exploitation n°3 rapporte des défauts de fabrication liés aux *Pseudomonas* pour certaines fabrications après celle qui a été suivie.

Les analyses caractérisent, dans le cas de l'exploitation n°1, une situation sans accident. Les dénombrements sont bas, et l'accident semble totalement résolu depuis l'installation de

la pompe doseuse au peroxyde d'hydrogène (d'après les producteurs) (résultats non généralisables).

Les deux seconds cas sont plus complexes. Les producteurs disent rencontrer le problème de façon ponctuelle, avec une fréquence variable. Les résultats collectés dans cette étude décrivent une « situation sans accident » au moment des suivis et dans les exploitations suivies (situation non généralisable)

**Tableau 18 :** Résultats des analyses en *Pseudomonas* des échantillons prélevés dans les trois exploitations

Analyses	EA 1	EA 2	EA 3
Eau (en UFC/100ml)	N = 5	N = 4	N = 5
- Avant le traitement	Non détecté sauf 15/10 : 3300	1 jour ininterprétable  ≤ 10 <i>Pseudomonas</i> détectés : 3/5	≤ 190 <i>Pseudomonas</i> détectés : 2/5
- Points d'utilisation	Non détecté sauf <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15/10 : 2 (1<sup>er</sup> point d'utilisation)</li> <li>• Et 22/10 : &gt; 300 (2<sup>nd</sup> point d'utilisation)</li> </ul>	Non détecté sauf <ul style="list-style-type: none"> <li>• 23/10 : 1600 au 1<sup>er</sup> point d'utilisation</li> </ul>	Non détecté (seulement deux points d'utilisation)
Surfaces (UFC/cm <sup>2</sup> )	< 10 (moule et bac)	< 10 (moule et bac)	< 10 (moule, bac, seau de caillage, grille)
Biofilm MAT (UFC/ml lait UHT)	20	< 10	< 10
Lait (UFC/ml)	4 analyses ≤ 10 2 analyses = 20	< 10	< 10 sauf 22/10 : 50
Fromage (UFC/g)	≤ 100	< 100	< 100

Aucune contamination de l'air n'a été détectée pour les trois exploitations (aéro-contamination).

#### **4. Conclusion des suivis d'exploitations**

Les trois producteurs se montrent satisfaits de l'investissement dans leurs systèmes de traitement de l'eau. Malgré la mise en place du traitement, deux exploitations continuent de subir ce problème, mais à moindre mesure qu'avant l'installation du système de traitement de l'eau. La solution de traiter de l'eau s'envisage donc avec les autres mesures correctives pour la gestion des facteurs de développement du germe. Ces suivis d'exploitations témoignent de l'intérêt des systèmes de traitement de l'eau mais montrent aussi qu'aucun levier d'action n'est à négliger pour la gestion de l'accident.

Afin de déterminer des valeurs seuils aux points clés et de mesurer précisément l'efficacité des systèmes de traitement de l'eau, il est nécessaire de suivre les exploitations pendant des périodes dites « d'accident » ou lorsque l'eau de distribution utilisée pour le nettoyage est fortement contaminée. Ces données pourront être alors comparées à des situations « hors accident ». Ces suivis d'exploitations constituent une première base de données et de méthode de suivi.

# **Discussion des résultats**

## **1. L'enquête auprès des techniciens**

L'interprétation des résultats de l'enquête a été jugée, d'après les techniciens présents à la journée de restitution du 23 Novembre 2012, cohérente. Les informations collectées ont permis d'identifier les manques de l'appui technique et de répondre à la problématique en identifiant les actions à mener.

En revanche, les résultats de l'enquête possèdent des lacunes dans la profondeur d'interprétation. La description des pratiques des techniciens n'a pas été suffisamment exhaustive pour dresser une synthèse complète de toutes les actions correctives conseillées aux producteurs pour chaque levier d'action mis en place par les techniciens. Aussi, aucune donnée quantitative n'a été recueillie sur l'efficacité que les techniciens attribuent aux leviers d'action qu'ils utilisent, un à un. Les techniciens ont uniquement jugé l'efficacité globale de leurs interventions. Aussi, les informations sur les milieux d'analyse des laboratoires pour le dénombrement des *Pseudomonas spp* n'ont pas été recueillies avec suffisamment de précision pour faire l'objet d'une interprétation.

Les connaissances des producteurs sur les caractéristiques de la bactérie, la gestion de l'accident, le traitement de l'eau, la fréquence de l'accident chez un producteur donné, l'impact économique de l'accident sont des thèmes qui n'ont pas pu faire l'objet d'une interprétation dans cette enquête. Il manque de nombreuses informations concernant les producteurs, pour lesquelles les techniciens ne sont pas en mesure de répondre.

Aussi, concernant la question de la sensibilisation et de la formation des producteurs sur la gestion des *Pseudomonas*, les arguments des techniciens s'opposent en certains points. Il serait donc intéressant de compléter ces résultats en interrogeant les producteurs.

## **2. Les expérimentations à la station expérimentale du Pradel**

Les données recueillies à la ferme expérimentale du Pradel sur les systèmes de traitement de l'eau UV et peroxyde d'hydrogène durant les 3 périodes de l'étude ont apporté des données d'intérêt pour la filière fromagère. De plus, ces essais ont été réalisés en conditions d'une exploitation fromagère fermière, ce qui rapproche les résultats du contexte des producteurs fermiers.

L'analyse des données est limitée par l'incompréhension des résultats de la période n°1. Aussi, la limite supérieure de détection (3000 UFC/100ml) est un frein à l'interprétation et a impliqué d'étudier les données par classe de dénombrement. De ce fait, la lisibilité des résultats est moindre.

Dans les conditions de la dernière période (aucune contamination détectée dans l'eau pour 4/6 des analyses), le système de traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène n'a pas pu être suffisamment évalué. Les résultats donnent des indicateurs d'efficacité mais l'étude mérite d'être reconduite du fait des conditions de faible contamination de l'eau avant traitement dans cette période.



**Partie 4 : Propositions d'actions à mener**

# 1. Vision globale des axes d'amélioration et des actions à mener

## Investigations et réalisation de fiches de synthèse

### Les systèmes de traitement de l'eau

- Présentation et pertinence en exploitations agricoles de différents systèmes
- Effet bactéricide
- Impact sur le contrôle des biofilms
- Coût d'installation / fonctionnement / maintenance
- Installateurs compétents
- Avantages/inconvénients
- Informations pratiques

### Enquête auprès des producteurs

- Ampleur du problème dans la filière et impact économique chez les producteurs fromagers fermiers et autres filières potentiellement concernées (lait cru de collecte)
- Evaluer les connaissances des producteurs sur le problème et leur volonté de se former

### Réalisation de fiches techniques

- Caractéristiques de *Pseudomonas*
- Les protocoles de prélèvement et analyses
- Les procédures de nettoyage et désinfection
- Les leviers d'action avec des informations pratiques
- Les valeurs seuils aux points clés de maîtrise

## Recherche et expérimentations sur le terrain

- Déterminer des valeurs seuils aux points clés de maîtrise d'intervention
- Obtenir des données sur les niveaux de contamination de l'eau dans les exploitations
- Etudier les points peu connus de la gestion de l'accident
- Continuer d'évaluer les systèmes de traitement de l'eau par UV et par peroxyde d'hydrogène

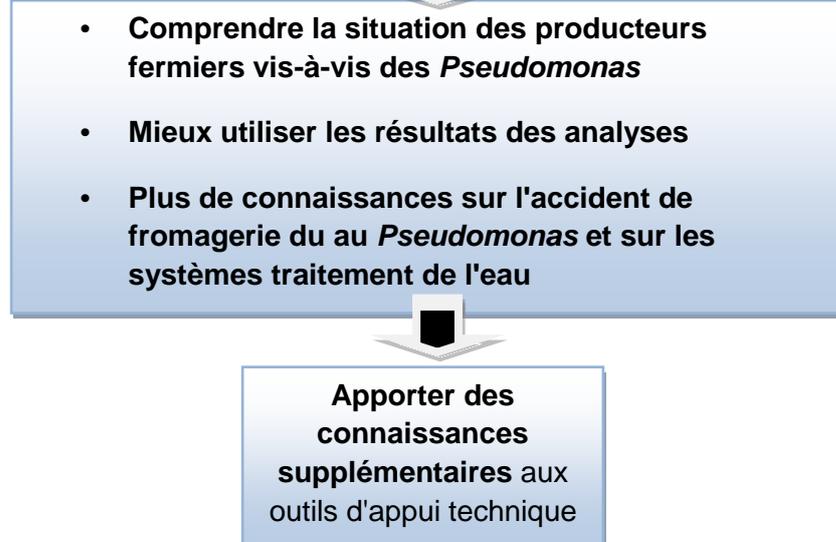


Figure 29 : Schéma conclusif sur les axes de progrès sur la problématique des *Pseudomonas* dans la filière fromagère fermière (technologie lactique)

## **2. Le travail de recherche sur la gestion des *Pseudomonas* en fromagerie fermière pour la technologie lactique**

### **2.1. Acquérir des données quantitatives et qualitatives pour l'interprétation des résultats des analyses**

A la suite de l'enquête auprès des techniciens et de la restitution du 23 novembre 2012 devant 5 d'entre eux, il a été démontré que les difficultés pour maîtriser l'accident de fromagerie du aux *Pseudomonas* proviennent non pas d'un biais des outils d'appui technique mais d'un déficit de connaissance.

Pour progresser, les techniciens mettent en avant la nécessité de mieux interpréter les résultats des analyses. En l'absence de valeurs seuils aux points clés de maîtrise, il leur est difficile de piloter la décision pour élire les actions correctives les plus adaptées dans chaque cas, car les résultats des analyses sont difficilement interprétables. Certains paramètres du problème sont aussi peu connus et sont probablement impliqués dans le problème. Pouvoir cibler un ou plusieurs leviers en particulier pour chaque situation rencontrée, leur permettrait d'être plus efficace. La démarche serait aussi plus facile à suivre pour les producteurs.

Pour l'heure, il existe peu de données qualitatives et quantitatives sur les *Pseudomonas* dans les fromages, et la contamination du lait est très variable (LERICHE et FAYOLLE, 2004). Egalement, il a été démontré que les *Pseudomonas* sont présents à au moins une étape de la production du lait, ou de la transformation en fromage. Il a été observé que les défauts caractéristiques de l'accident peuvent apparaître pour des dénombrements de *Pseudomonas* inférieurs à 1000 UFC/g de fromage. Au contraire, des fromages peuvent rester intacts malgré de plus forts dénombrements (CTFC et CHAMBRE D'AGRICULTURE DU CHER, 2010). Il manque des données pour faire le lien entre les niveaux de *Pseudomonas* et l'apparition des défauts caractéristiques des fromages dus à cette bactérie. On ne connaît pas bien non plus l'effet de la proportion des *Pseudomonas* dans le lait et les fromages par rapport aux autres microflores sur la survenue de l'accident de fromagerie.

Il serait bénéfique pour la filière d'enrichir les données de terrain sur les niveaux de contamination de *Pseudomonas* dans le lait et les fromages pour extraire une tendance, si possible, pouvant relier l'apparition des défauts avec les niveaux de contamination aux points clés de maîtrise de l'accident (valeurs seuils). Bien sûr, les facteurs favorisant le développement des *Pseudomonas* sont à prendre en compte dans l'interprétation des données comme l'effet des paramètres technologiques dans les fabrications des producteurs.

Ces informations seraient utiles aux techniciens pour cibler les actions correctives prioritaires sur la machine à traire et/ou en fromagerie avec le nettoyage des ustensiles et sur la technologie. Elles pourraient aboutir, dans l'idéal, à la création d'un outil d'appui technique qui prendrait la forme de valeurs seuils aux points clés de maîtrise de l'intervention dans la technologie lactique :

- Dépassement de valeurs seuils « lait » et « eau » (eau de nettoyage, lait UHT passé dans la machine à traire; lait d'une ou deux traites) : les actions correctives sont

ciblées **en premier** sur le nettoyage de la machine à traire, sur le stockage du lait, l'élevage et la qualité de l'eau de nettoyage.

- Dépassement valeur seuil « fromage » au stade démoulage sans qu'il y ait de dépassement sur les valeurs seuils précédentes : les actions correctives sont ciblées **en premier** sur la partie fromagerie (paramètres de fabrication, nettoyage et désinfection des ustensiles ; paramètres d'ambiance, qualité de l'eau utilisée pour le nettoyage) dans le cas où les valeurs seuils « lait » et/ou « eau » n'ont pas été dépassées. De plus, cette donnée pourrait permettre de faire un lien quantitatif avec le dénombrement de *Pseudomonas* dans les fromages et la survenue de l'accident.

Il est intéressant de découvrir la relation, si elle existe, entre la proportion de *Pseudomonas* dans la microflore totale des laits et la survenue de l'accident de fabrication du aux *Pseudomonas*. Cette donnée pourrait enrichir la notion de valeur seuil qui prendrait la forme d'une valeur absolue et/ou d'un pourcentage de *Pseudomonas* présents dans la microflore totale.

Des recherches sur les niveaux de contamination rencontrés sur les surfaces (ustensiles de fromagerie et machine à traire) sont également importantes car elles permettent aussi d'observer leur impact sur la contamination des fromages et du lait

## **2.2. Etudier les points peu connus de la gestion de l'accident**

Les points d'investigation sur les contaminations en *Pseudomonas* venant de l'élevage, sont des pratiques d'intervention de peu de techniciens. Ce phénomène concorde avec le manque de certitudes des techniciens sur l'importance des sources de contamination venant de l'élevage (peau des trayons, aérocontamination).

En réponse à ce besoin d'information, il est judicieux d'étudier plus particulièrement l'impact de la contamination du lait par aérocontamination (lors de la traite) et via la peau des trayons mais aussi l'impact de la présence de *Pseudomonas* dans l'aptitude des laits à l'acidification et au repiquage. Aussi, comme suggéré lors de la journée de restitution des résultats le 23 novembre 2012, la contamination intra-mammaire par les *Pseudomonas* est une hypothèse qui intéresse chercheurs et techniciens.

## **2.3. La contamination de l'eau dans les exploitations agricoles et les systèmes de traitement de l'eau**

Le dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* ou *Pseudomonas spp* ne fait pas l'objet d'une valeur paramétrique pour la qualité de l'eau de distribution publique et le groupe scientifique de travail de l'ANSES a jugé non nécessaire l'établissement d'un tel critère dans la gestion de la qualité microbiologique de l'eau potable (ANSES, 2010). Donc, les *Pseudomonas* ne feront pas l'objet de mesures spécifiques par les collectivités pour en diminuer la charge dans l'eau de réseau (cf. partie sur la capitalisation de l'existant).

Les données de contamination de l'eau de distribution ne sont pas spécifiques aux exploitations agricoles. Les techniciens témoignent leur besoin de mieux connaître ce phénomène de contamination de l'eau par les *Pseudomonas* et de son impact en fromagerie. Connaître les niveaux de contamination de l'eau par les *Pseudomonas* et la variabilité de ces niveaux, que l'on peut rencontrer dans les exploitations agricoles, est un

axe de progrès pour les techniciens pour accompagner le producteur : expliquer et agir. Ces données pourraient permettre de mieux expliquer l'utilité des systèmes de traitement de l'eau dans les exploitations et de mieux comprendre la part de responsabilité du niveau de la contamination de l'eau en *Pseudomonas* dans la survenue de l'accident de fromagerie. Les exploitations où le problème est récurrent sont-elles des exploitations où l'eau est ponctuellement et très fortement contaminée? Le problème est-il récurrent dans des cas où l'eau est régulièrement et faiblement contaminée? Les deux cas sont-ils possibles?

Dans l'idéal, ces résultats pourraient permettre, en les comparant aux résultats des analyses d'eau d'un producteur, d'évaluer la situation de ce producteur vis-à-vis de la qualité de l'eau qu'il utilise (pour le critère *Pseudomonas*).

Avec ces connaissances, il est possible d'imaginer des solutions pour les producteurs. Faut-il traiter l'eau systématiquement ou seulement dans certains cas? Faut-il désinfecter les canalisations ponctuellement? Faut-il envisager le traitement de l'eau conjointement avec la désinfection régulière des canalisations?

Conjointement à ces informations, les techniciens désirent mieux connaître les systèmes de désinfection de l'eau existants et envisageables dans la filière. Ils doivent pouvoir adapter la solution qu'ils conseillent à la situation de chaque producteur (qualité de l'eau, coût, rigueur de l'exploitant pour la surveillance du système).

Egalement, il est important de travailler sur l'utilisation *in situ* des systèmes de traitement de l'eau pour en déterminer l'efficacité, l'impact sur la gestion de l'accident et les conditions de bonne utilisation.

### **3. L'expérimentation sur le terrain au service de la recherche**

#### **3.1. Les suivis "grand nombre" en exploitations**

##### 3.1.1. Objectifs

- Données quantitatives sur les niveaux de contamination en *Pseudomonas* de l'eau, de la machine à traire, du lait de traite, du matériel de fromagerie et des fromages et les mettre en relation avec l'apparition de l'accident
- Connaître la proportion de *Pseudomonas* dans la microflore totale des laits et faire le lien avec l'apparition de l'accident
- Déterminer des valeurs seuils "lait", "eau" et "fromage" au delà desquelles on peut considérer la contamination comme critique
- Investiguer les points peu connus sur la gestion de l'accident (aérocontamination, contamination du lait par la peau des trayons, aptitude à l'acidification et au repiquage des laits contaminés ou non par les *Pseudomonas*)
- Audit technique pour l'évaluation des facteurs à risques et les mettre en relation avec les résultats des analyses

##### 3.1.2. Méthodologie et Planning

- Mise en place en 2013 et 2014
- Partenariats envisageables : PEP Caprin Rhône-Alpes, Centre fromager de Bourgogne, Institut de l'Élevage, stagiaire de fin d'études 6 mois
- 15 fermes en situation d'accident ; 15 fermes hors accident
- 2013 : 8 fermes en situation d'accident et 7 fermes hors accident
- 2014 : 7 fermes en situation d'accident et 8 fermes hors accident
- 5 jours de suivi par ferme (audit technique et prélèvements pour analyses)
- Utilisation des réseaux de producteurs des partenaires

#### **3.2. Les suivis « approfondis » d'exploitations confrontées au problème**

##### 3.2.1. Objectifs

- Consolider les données acquises dans les suivis « grand nombre »
- Observer les niveaux de contamination de l'eau entrante dans les exploitations suivies (nombre de prélèvements et intervalle entre les prélèvements à définir)
- Audit technique pour évaluer les facteurs à risques et les mettre en relation avec les résultats des analyses
- Mise en place d'actions correctives comme des systèmes de traitement de l'eau ou de nouvelles procédures de nettoyage-désinfection de la machine à traite, des ustensiles de fromagerie et en mesurer l'efficacité avec les résultats des analyses
- Investiguer l'efficacité des systèmes de traitement de l'eau qui auront été mis en place et mesurer leur impact sur la survenue de l'accident (observations et résultats des analyses)

### 3.2.2. Méthodologie et planning

- Mise en place : 2013 et 2014
- 5 fermes confrontées régulièrement à l'accident
- 2 fermes suivies en 2013 et 3 fermes suivies en 2014
- 3 visites (audit technique et analyses) avant la mise en place des actions correctives et 2 visites après la mise en place d'actions correctives
- Partenariats envisageables : PEP Caprin Rhône-Alpes, Centre fromager de Bourgogne, Institut de l'Elevage

Les suivis « grand nombre » peuvent être réalisés par 2 stagiaires ingénieurs de fin d'études (6 mois). Les stagiaires (1 stagiaire en 2013 et 1 stagiaire en 2014) peuvent réaliser les études sous l'égide de l'Institut de l'Elevage avec l'appui des techniciens du PEP Caprins Rhône-Alpes et du Centre fromager de Bourgogne. Ces techniciens qui font partie du groupe n°1 des enquêtés, ont l'expertise nécessaire pour l'accompagnement des stagiaires dans la réalisation pratique des premiers suivis d'exploitations. Les stagiaires peuvent traiter les données collectées durant les suivis d'exploitations.

## **3.3. Approfondir les études à la ferme expérimentale du Pradel**

### 3.3.1. Objectifs

- Continuer à évaluer les systèmes de traitement de l'eau en place dans la ferme du Pradel
  - Traitement UV + désinfection préalable des canalisations
  - Traitement de l'eau par peroxyde d'hydrogène
- Etudier les niveaux et la variabilité de la contamination de l'eau du réseau entrante dans l'exploitation et comprendre le lien, s'il existe, avec la pluviométrie
- Continuer les suivis de la contamination du lait de mélange et du lait de purge

### 3.3.2. Méthodologie et planning

- Mise en place en 2013
- Utiliser le même protocole d'étude précédemment mis en place à la station pour les prélèvements d'eau, du lait de traite et du lait de purge
- Déclencher les prélèvements d'eau à la suite d'événements météorologiques pluvieux alors considérés comme favorables à la contamination de l'eau par les *Pseudomonas*
- Partenariats envisageables : PEP Caprins, Station expérimentale du Pradel et Institut de l'Elevage

Une campagne d'étude similaire à la première interprétée dans cette présente étude peut être reconduite. Les échantillons peuvent être apportés au laboratoire de Villeneuve-De-Berg qui a effectué les analyses pour la première campagne d'étude sur les systèmes de traitement de l'eau à la station expérimentale du Pradel.

## **4. Les investigations et le travail de synthèse sur la question des *Pseudomonas* en fromagerie fermière**

### **4.1. La réalisation de fiches de synthèse sur la gestion des *Pseudomonas***

A la demande des groupes n°2 et n°3 de techniciens (non spécialisés en appui technique fromager), des fiches de synthèse sur l'accident et sa maîtrise apporteraient un rappel de connaissances. Des fiches permettraient par ailleurs d'aller plus loin pour les techniciens les plus expérimentés sur le sujet (groupe n°1) et demandeurs d'informations très précises.

Ces fiches techniques peuvent reprendre des informations de base sur les *Pseudomonas*, les protocoles de prélèvement et les analyses :

- Les caractéristiques principales des *Pseudomonas*
- Les protocoles de prélèvement (de l'eau en priorité)
- Les analyses les plus pertinentes
- Les procédures de nettoyage et désinfection de la machine à traire et des ustensiles de fromagerie (en curatif mais aussi pour rester en situation sans risque)
- Tous les leviers d'action pour la gestion du germe en fromagerie en détaillant des conseils et des exemples pouvant être donnés aux producteurs

Elles ne remplacent pas le guide technique sur les accidents de fromagerie à la ferme mais sont complémentaires en apportant une source d'information rapide et synthétique pour les techniciens. En effet, les techniciens n'ont pas demandé une réécriture du guide technique pour l'intervention concernant les *Pseudomonas*.

Pour aller plus loin, les connaissances transférées synthétiseraient alors le savoir de terrain des techniciens mais aussi les nouvelles clés et nouveaux outils pour résoudre les problèmes. que sont :

- Comment proposer un système de traitement de l'eau de façon adaptée?
- Des informations pratiques d'utilisation des systèmes de traitement de l'eau (UV et peroxyde d'hydrogène) : cf. paragraphe suivant
- Les valeurs seuils de contamination aux points clés de maîtrise d'intervention
- Les niveaux et la variabilité des dénombrements de *Pseudomonas* rencontrés dans l'eau de réseau dans les exploitations agricoles
- Les points peu connus de l'accident du aux *Pseudomonas*

Pour réaliser ces fiches, un groupe de travail impliquant des techniciens expérimentés, les personnes chargées des actions de recherche, un expert de la bactérie *Pseudomonas*, des experts du traitement de l'eau est à constituer.

## **4.2. Synthèse d'informations pratiques sur les systèmes de traitement de l'eau**

Cette présente étude a fait l'objet de recherches bibliographiques (annexe 5) dans l'objectif d'identifier et de décrire des systèmes de traitement de l'eau utilisés pour la désinfection de celle-ci en exploitations agricoles et dans le domaine de la potabilisation de l'eau.

Les technologies de traitement de l'eau existantes sont nombreuses mais ne sont pas systématiquement adaptées. En effet, il peut se poser un problème d'économie d'échelle avec des systèmes de traitement prévus pour de grands volumes d'eau à traiter. Aussi, chaque système a des conditions de bon fonctionnement pour obtenir une désinfection maximale et doivent être choisis en fonction de la qualité physico-chimique de l'eau à traiter et de la conception et de l'ancienneté du réseau d'eau privé de l'agriculteur.

Aujourd'hui le traitement de l'eau chez les producteurs fromagers est assuré par des systèmes de pompes doseuses au peroxyde d'hydrogène ou au chlore ainsi que par rayonnement UV.

Des fiches de synthèse ont donc été rédigées sur les principaux systèmes de désinfection de l'eau pour synthétiser les recherches bibliographiques à ce sujet (annexe 5). Elles recensent de nombreuses informations actuelles sur les systèmes de traitement de l'eau :

- Le principe de fonctionnement
- Les bonnes conditions d'installation (qualité physico-chimiques de l'eau, prétraitement, résidus post-traitement)
- Les coûts d'installation, de fonctionnement et de maintenance
- Les précautions d'installation
- les avantages et les inconvénients
- Les fabricants des systèmes

A court terme, la formalisation de ces fiches peut être d'intérêt pour les techniciens, notamment pour les systèmes UV et peroxyde d'hydrogène. Cependant, ces fiches sont à compléter avec les études faites à la station expérimentale du Pradel, pour apporter une évaluation quantitative de l'effet bactéricide et les conseils pratiques pour utiliser les systèmes dans de bonnes conditions vis-à-vis de *Pseudomonas* (surveillance, explication de l'entretien, dosage, désinfection des canalisations...etc).

## **4.3. L'enquête quantitative auprès des producteurs**

Les résultats de la présente étude n'apporte pas d'information quantitative sur l'ampleur du problème des *Pseudomonas* dans la filière et les connaissances des producteurs sur le problème. On peut dès à présent déterminer les thèmes principaux de ce projet d'enquête :

- Quel est le nombre de producteurs concernés ?
- Est-il possible de quantifier les pertes économiques dans les exploitations ?
- Quelles sont les actions des producteurs avant de solliciter les techniciens ?
- Combien de producteurs arrivent à résoudre le problème sans l'appui technique d'un technicien?

- Les producteurs connaissent-ils le traitement de l'eau?
- Quel est le niveau de connaissance des producteurs sur le problème?
- Sont-ils demandeurs de formation sur le sujet?

Actuellement, il n'est pas possible de mesurer l'ampleur du problème dans la filière ou à l'échelle d'une exploitation. Il n'y a pas d'éléments précis sur la situation des producteurs face à cette problématique, leurs réactions pour résoudre le problème sans les techniciens ou encore leur niveau de connaissance du problème. Une enquête quantitative auprès d'un grand nombre de producteurs fromagers fermiers pourrait apporter des informations sur les thèmes évoqués ci-dessus.

Egalement, cette enquête permettrait de connaître la volonté des producteurs de se former sur la question et donc d'envisager des projets adaptés de sensibilisation et de formation sur la gestion des *Pseudomonas* et sur l'utilisation des systèmes de traitement de l'eau.

Cette enquête pourrait aussi être élargie à d'autres filières (livreurs de lait cru) pour connaître les possibilités de mutualiser les moyens et les données pour effectuer des études communes sur la question.

Ces informations permettraient aussi de mobiliser des laboratoires de recherche et des fabricants de systèmes de traitement de l'eau pour adapter des technologies existantes à la situation des producteurs fermiers. En effet, D. FOUREL, animateur de la plateforme technologique Bioval+ à Digne-les-Bains (2012), s'intéresse à la question du traitement de l'eau chez les producteurs fromagers. Il affirme qu'il est nécessaire d'obtenir "des informations de marché" (nombre de producteurs concernés...etc) pour pouvoir monter un projet de développement d'un système d'ultrafiltration adapté au cas des producteurs fromagers. En effet, "ces informations de marché" peuvent valoriser ce projet auprès d'entreprises capables de fabriquer et commercialiser un tel système. FOUREL (2012) ajoute que cette technologie hautement technique est aujourd'hui utilisée dans différents domaines dont la potabilisation de l'eau. Il est possible de désinfecter parfaitement l'eau de toutes bactéries avec ce système. Mais actuellement, cette technologie ne peut pas s'envisager dans les exploitations agricoles du fait du volume d'eau à traiter (donc du coût) et du fait de la maintenance complexe des membranes. L'ultrafiltration doit être adaptée aux exploitations agricoles, c'est à dire qu'un système spécifique à l'utilisation en exploitation agricole et portant cette technologie doit être conçu, fabriqué, et vendu.

Les informations que peuvent apporter cette enquête sont susceptibles d'enrichir les éléments de contexte autour de cette problématique et sont intéressantes pour les acteurs de la filière (la recherche, les centres techniques et tous les techniciens) ainsi que pour des entreprises dans le domaine du traitement de l'eau qui seront susceptibles d'adapter des technologies de traitement de l'eau existantes à la situation des producteurs fromagers, en mettant aux points de nouveaux systèmes.

Cependant, cette idée n'a pas été reçue comme majeure par les représentants des producteurs qui se sont exprimés dans le cadre du groupe professionnel « Produits Laitiers Fermiers » animé par l'Institut de l'Élevage et présidé par la FNEC. Pour les représentants de la profession, la priorité est l'accompagnement technique des producteurs et l'étude technique du problème.

## **5. Discussions et risques à prévoir**

Les objectifs des suivis expérimentaux sont réalistes mais l'hétérogénéité habituellement rencontrée dans les résultats des analyses peuvent rendre difficile l'interprétation. Il est impératif de traiter les données de façon statistique et que ce soit des données continues sans obtenir de plafond de dénombrement. Egalement, les analyses doivent être centralisées dans un même laboratoire pour pouvoir comparer les résultats pour les suivis d'exploitations. Pour les expérimentations à la station du Pradel, il est possible de continuer la prestation d'analyse des échantillons au Laboratoire de Villeneuve-De-Berg (07).

Les suivis d'exploitations impliquent qu'il est nécessaire d'organiser les jours de suivis à des périodes d'accident et hors accident, ce qui demande un grande réactivité des expérimentateurs et des producteurs impliqués pour intervenir au bon moment.

De plus, les suivis d'exploitations sont des projets qui nécessitent des moyens importants (personnes, organisation et coût des analyses) pour suivre suffisamment d'exploitations.



## **Conclusion : synthèse et perspectives**

Les producteurs, exposés à l'accident de fromagerie dû aux *Pseudomonas* (défauts de goût, couleur, texture et odeur), ont besoin d'un appui technique approfondi car le problème est multifactoriel, fait d'interdépendances entre les sources et les vecteurs de contamination. De plus, le problème peut s'aggraver au fil des fabrications et laisser le producteur face à d'importants problèmes de commercialisation. Actuellement, les techniciens qui accompagnent les producteurs fermiers éprouvent parfois des difficultés à résoudre cet accident. Il a alors été question dans cette étude d'effectuer un état des lieux approfondi du problème dans la filière, pour identifier les axes d'amélioration et les actions à mener afin de progresser sur la gestion des *Pseudomonas* en fromagerie fermière, pour la technologie lactique.

Afin de répondre à la problématique, les techniciens intervenant chez les fromagers fermiers fabriquant des fromages de type lactique de la filière ont été interrogés pour connaître leurs pratiques, leurs démarches d'intervention mais aussi pour évaluer les outils d'appui technique qui sont à leur disposition actuellement. L'objectif a aussi été de recueillir leurs propositions d'amélioration ainsi que leurs besoins face au problème. En parallèle, des études en fermes et notamment à la ferme expérimentale du Pradel, et des recherches bibliographiques sur les systèmes de traitement de l'eau, ont été menées.

L'interprétation des résultats de l'enquête a montré qu'il existe 3 profils de techniciens fromagers avec un groupe majoritaire alliant une approche "tout azimuth", très exhaustive. Les outils d'appui technique ne sont pas en cause dans les difficultés rencontrées par les techniciens pour la gestion du problème. En revanche, il existe un manque de connaissances de la filière sur cette question. Les techniciens ne maîtrisent pas tous les paramètres (les niveaux de contamination aux points clés, certains points peu connus) ce qui rend difficile l'accompagnement des producteurs, notamment pour préconiser le plus rapidement possible les actions correctives les plus adaptées à chaque cas.

De fait, une meilleure connaissance des niveaux de contamination de l'eau de réseau dans les exploitations, un référentiel de valeurs seuils de contamination aux points clés de maîtrise d'intervention, et des informations sur les points peu connus du problème peuvent aider les techniciens à mieux accompagner les producteurs. Afin de répondre à ces questions, il est possible de mettre en place des suivis d'exploitations : "grand nombre" et "approfondis". Les études et les recherches sur les systèmes de traitement de l'eau sont encourageantes et montrent qu'il existe différentes possibilités pouvant être mises en place dans les exploitations. Les études à la ferme expérimentale du Pradel doivent être reconduites pour obtenir plus d'informations afin de juger plus objectivement de l'efficacité des systèmes de traitement, notamment du système au peroxyde d'hydrogène, et d'apporter des éléments pratiques quant à leur utilisation.

Le transfert de connaissances pourra se faire sous forme de fiches techniques reprenant le travail de synthèse de l'expertise des techniciens, les références obtenues lors des suivis d'exploitations, et les informations acquises durant les expérimentations à la ferme du Pradel. Dans ce sens, un groupe de travail sera constitué, réunissant les personnes chargées des actions de recherche, des experts et des techniciens expérimentés sur le

sujet. Certaines fiches serviront de "mémo" aux techniciens ayant une expertise très complète sur le sujet, et permettront d'aider des techniciens moins confrontés au problème. D'autres fiches permettront d'aller plus loin en donnant par exemple des informations très pratiques sur les systèmes de traitement de l'eau.

Il aurait été intéressant d'avoir davantage d'informations sur le nombre de producteurs concernés par l'accident lié à *Pseudomonas*, de quantifier la fréquence à laquelle les producteurs y sont confrontés ou encore les conséquences économiques engendrées par un accident récurrent. Cet axe n'a pas été jugé prioritaire par les représentants des producteurs, convaincus de l'ampleur du problème par les remontées terrain qu'ils ont et via leur propre expérience. Ils souhaitent ainsi que les producteurs soient mieux armés pour résoudre les accidents dus à *Pseudomonas*. La priorité est donnée à la fourniture de références pour mieux accompagner les producteurs confrontés à ce problème. Les objectifs fixés de collecte de données et d'actions à mener doivent permettre dans ce sens de faire progresser la filière dans la maîtrise des *Pseudomonas*.

## **Bibliographie**

ALTMAN S-J., McGRATH L-K., SOUZA C-A., MURTON J-K. et CAMPER A-K., 2009. Integration and decontamination of *Bacillus cereus* in *Pseudomonas fluorescens* biofilms. *Journal of applied microbiology*, n°107, 287-299.

ARSLAN S., EYI A. et OZDEMIR F., 2011. Spoilage potential and antimicrobial resistance of *Pseudomonas spp* isolated from cheeses. *Journal of dairy science*, n° 94, 5851-5856.

BARBIN G., BELLALI A., CHAMPION F. CHAUMET J-M., LELYON B., MONNIOT C., MOTTET A., PEROT C. et YOU G., 2011. L'année économique caprine 2011. *Dossier économie de l'élevage*, n°422, 1-48.

BARRAL J., DOUTART E. et LAITHIER C., 2010. Effet de la prématuration du lait cru de chèvre sur sa microflore et sur l'acidification en fabrication fermière. 17ème Rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'Elevage et INRA, 377-380.

BARRAL J., TORMO H., LAITHIER C., CHATELIN Y-M., DAVID V., MORGE S., LEFRILEUX Y., GAÜZERE Y., THOMAS A. et PONS J-L., 2005. Dénombrement et identification de la microflore des lactosérums issus de fermes fabricant des fromages de chèvre à coagulation lactique. 12<sup>ème</sup> Rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'Elevage et INRA, 402.

BERLAND J-M. et JUERY C., 2002. Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. *Document technique FNDAE*, n°14, 1-71.

BERNHARD M., 2003. Approaches to prevention, removal and killing biofilms. *International biodeterioration and biodegradation*, n° 51, 249-253.

BORNERT G., 2000. Importance des bactéries psychrotrophes en hygiène des denrées alimentaires. *Revue de médecine vétérinaire*, n°151, vol 11, 1003-1010.

BOURBIGOT M., DODIN A. et LHERITIER R., 1984. La flore bactérienne dans un réseau de distribution. *Water research*, n°5, vol 18, 585-591.

CHATELIN Y-M. et RICHARD J., 1983. Comparaison, dans des conditions courantes, de quatre méthodes de nettoyage des machines à traire. *Le Lait*, n°63, 87-101.

COLLECTIF, 2011. Microflore du lait cru : vers une meilleure connaissance des écosystèmes microbiens du lait et de leurs facteurs de variation. CNAOL, Paris, 129p.

COLLECTIF, 2012. Les enquêtes qualitatives en agriculture : de la conception à l'analyse des résultats. Collection méthode et outils, Institut de l'Elevage, Paris, 95p.

COSTA M., GOMEZ M-F., MOLINA L-H. et ROMERO A., 2001. Cinética de crecimiento y producción de proteasas de *Pseudomonas fluorescens* en leche cruda e temperaturas de refrigeración. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. n°4, vol 51, 371-375 .

DAVEZAC H., GRANDGUILLOT G., ROBIN A. et SAOUT C., 2008. Etudes eau et santé : l'eau potable en France, 2005-2006. Délégation à l'information et à la communication. Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative, Paris, 63p.

DE BUYSER M-L, CARLIN F., CATTEAU M., FEDERIGHI M., FOURNIER J-M., HUMBERT F., JOUVE J-L, LECLERCQ A., LESNE J., MAGRAS C., NGUYEN-THE C., PARDON P., PERELLE S., PILET M-F., SIMONET M. et VERNZOY-ROZAND C., 2005. Bactériologie alimentaire : compendium d'hygiène des aliments. 2<sup>ème</sup> édition, Economica, Paris, 219-242.

ECK A. et GILLIS J-C., 2006. Le fromage : de la science à l'assurance-qualité. 3<sup>ème</sup> édition. Lavoisier technique et documentation, Paris, 202-323.

GAUCHER I., TANGUY G., FAUQUANT J., JARDIN J., ROUSSEAU F., ROBERT B., MADEC M-N. et GAUCHERON F., 2011. Proteolysis of casein micelles by *Pseudomonas fluorescens* CNRZ 768 contributes to the destabilization of UHT milk during storage. *Dairy science & technology*, n°91, 413-429.

HERMIER J., LENOIR J. et WEBER F., 1992. Les groupes microbiens d'intérêt laitier. CEPIL, Paris, 1-275.

JAHID I-K. et HA S-D., 2012. A review of microbial biofilms of produce : future challenge to food safety. *Food Science and Biotechnology*, n°21, 299-316.

JUERY C., 2004. Définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfection. *Document technique FNDAE*, n°2, 1-58.

KIM W-S., RAHMAN M-M. et SHIMAZAKI K-I., 2006. Antibacterial activity and binding ability of bovine lactoferrin against *Pseudomonas* spp. *Journal of food safety*, n°28, 23-33.

KIVES J., GUADARRAMA D., ORGAZ B., RIVERA-SEN A., VAZQUEZ J. et SANJOSE C., 2005. Interactions in biofilms of *Lactococcus lactis* spp *cremoris* and *Pseudomonas Fluorescens* cultured in cold UHT milk. *Journal of Dairy science*, n°88, 4165-4171.

KLING-EVEILLARD F., 2002. Les actions de conseils aux agriculteurs : méthodes et outils. L'évaluation pour piloter les actions de conseils. Institut de l'Elevage, Paris, 59p.

LAITHIER C., CHATELIN Y.M, TORMO H. et LEFRILEUX Y., 2004. Les biofilms dans les exploitations fabriquant des fromages de chèvre à coagulation lactique : localisation, nature et rôle sur la qualité des produits. 11<sup>ème</sup> Rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'Elevage et INRA, 112.

LAITHIER C., CHATELIN Y-M, TALON R., BARRAL J., TORMO H. et LEFRILEUX Y., 2005. Efficacité en laboratoire puis en exploitations de procédures de nettoyage/désinfection sur la sélection positive des biofilms. 12<sup>ème</sup> Rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'Elevage et INRA, 367-370.

LAITHIER C., 2007. Le réseau des techniciens "Produits Laitiers Fermiers". *Les cahier fermiers*, n°17, 1-4.

LAITHIER C., 2010. Enquête sur le métier des techniciens du réseau « produits laitiers fermiers ». *Les cahiers fermiers*. n°19, 1-8.

LAITHIER C., DOUTART E., RAYNAUD S., MORGE S., ROSSIGNOL L., GAÜZERE Y., LEFIER D., BARRAL J., DEMARIGNY Y. et DAVID V., 2011. Identification des facteurs de

risques conduisant à la non pérennité de l'utilisation du lactosérum en technologie lactique fermière. 18<sup>ème</sup> rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'élevage et INRA, 189-192.

LEBLEU N., 2007. Désinfection des eaux par procédés membranaires : études des mécanismes de transfert des bactéries. Thèse de doctorat à l'université de Toulouse III, 6-65.

LE MENS P., LEFRILEUX Y. et SAUVAGE JP., 2004. Etude d'un accident de fabrication des fromages fermiers : odeurs, amertume, coloration, dû à *Pseudomonas*. 11<sup>ème</sup> Rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'Élevage et INRA, 113.

LERICHE F. et FAYOLLE K., 2004. Maîtrise du risque d'altération des fromages de Saint-nectaire par les *Pseudomonas*. Pôle fromager AOC Massif Central, Aurillac, 80p.

LERICHE F. et FAYOLLE K., 2008. Guide méthodologique pour la recherche des sources et vecteurs de contaminations des fromages fermiers par les *Pseudomonas*. Pôle fromager AOC Massif Central, Aurillac, 45p.

LERICHE F. et FAYOLLE K., 2011. No seasonal effect on culturable pseudomonads in fresh milk from cattle herds. *Journal of dairy science*, 1-8. (à paraître)

LE TOLLEC O., 2011. Les fromages au lait cru en 2009. *Agreste Primeur*, n°264, 1-4.

LE TOLLEC O., 2013. Les fromage au lait cru en 2011. *Agreste Primeur*, n° 296, 1-4.

MAHAUT M., JEANTET R. et BRULE G., 2000. Initiation à la technologie fromagère. Lavoisier technique et documentation, Paris, 195p.

MICHEL V., 2005. Peut-on agir sur la flore microbienne du lait? GIS Alpes du Nord, Chambéry, 7p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORET, 2012. Les chiffres : les productions animales. *Alim'agri*, Hors-série n°26, 18-21.

MONTEL M-C., BEUVIER E. et HAUWUY A., 2003. Pratiques d'élevage, microflore du lait et qualités des produits laitiers. *INRA Productions animales*, n°16, 279-282.

RAJMOHAN S., DODD C., et WAITES W-M, 2002. Enzymes from isolates of *Pseudomonas fluorescens* involved in food spoilage. *Journal of applied microbiology*, n° 93, 205-213.

RAYNAUD S., LEFRILEUX Y., MORGE S., LAITHIER C., BARRAL J., CUVILLIER D., CHATELIN Y-M, LEROUX V. et WYON I., 2008. Augmenter la maîtrise de fabrication du caillé en technologie lactique tout en utilisant des flores indigènes et du lait cru. *Compte-rendu* Institut de l'Élevage n°15 08 38 002, 1-60.

TORMO H., ALI HAIMOUD LEKHAL D. et LAITHIER C., 2006. Les microflores utiles des laits crus de vache et de chèvre : principaux réservoirs et impact de certaines pratiques d'élevage. 13<sup>ème</sup> Rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'Élevage et INRA, 305-308.

TORMO H., ALI HAIMOUD LEKHAL D. et LOPEZ C., 2007. Flore microbienne des laits crus de chèvre destinés à la transformation fromagère et pratiques des producteurs. 14ème Rencontres Recherches Ruminants, Institut de l'Elevage et INRA, 87-90.

TORMO H., 2010. Diversité des flores microbiennes des laits crus de chèvre et de facteurs de variabilité. Thèse de doctorat à l'université Toulouse III, 191-204.

PAROT S., 2007. Biofilms électroactifs : formation, caractérisation et mécanismes. Thèse de doctorat à l'Institut National Polytechnique de Toulouse, 9-12.

WANG L. et JAYARAO M., 2001. Phenotypic and genotypic characterization of *Pseudomonas fluorescens* isolated from bulk tank milk. *Journal of dairy science*, n°6, vol 84, 1421-1429.

### **Autres documents**

CHABANON A. et POUGHEON M., 2010. Guide du producteur-fromager : l'accident *Pseudomonas fluorescens*. FRESYCA, Mignaloux-Beauvoir, 8p

CHOQUET A., 2000. Accident a *Pseudomonas* sur des fromages fermiers en Rhone-Alpes. Mémoire d'ingénieur ENSBANA, Dijon, 6-24.

CTFC et CHAMBRE D'AGRICULTURE DU CHER, 2010. Programme « accident de surface lié au *Pseudomonas fluorescens* ». CTFC et Chambre d'agriculture du Cher, Saint-Douchard, 15p.

FATET E. et MICHEL A., 2011. Efficacité des systèmes de traitements par rayons ultra-violets contre *Pseudomonas fluorescens* en fromagerie fermière. Actilait et région PACA, Le Chaffaut Saint-Jurson, 3-43.

INSTITUT DE L'ELEVAGE (coord.), 2007. Guide d'appui technique pour les accidents de fromagerie à la ferme. Deuxième édition, Institut de l'Elevage, CD-ROM édition Technipel, Paris.

LAITHIER C., 2011. Synthèse questionnaires sur *Pseudomonas*. Document de travail personnel, Institut de l'Elevage, Lyon, 2p.

MOREL C., 2009. Facteurs de maîtrise de l'acidification en technologie fromagère lactique dans les exploitations caprines utilisant le repiquage du lactosérum. Mémoire d'ingénieur ENESAD, Dijon, 2-11.

### **Sites internet**

AFNOR, 2012. Traitement des eaux destinées à la consommation : produits et procédés. [<http://www.boutique.afnor.org/recueil/traitement-des-eaux-destinees-a-la-consommation-produits-et-procedes/article/748817/fa092197>]

AGRESTE, 2012. Production de lait et utilisation à la ferme 2010, 2011 semi-définitive.  
[<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/saa2012T11-2.pdf>]

ANSES, 2010. Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition par ingestion de Pseudomonades dans les eaux destinées à la consommation humaine (hors eaux conditionnées). Rapport octobre 2010, Edition Scientifique, Maisons-Alfort, 85p.  
[<http://www.anses.fr/fr/documents/EAUX2008sa0117.pdf>]

ANSES, 2012. Consultation du site internet de l'ANSES. Matériaux, produits et procédés de traitement des eaux de distribution publique.  
[<http://www.anses.fr/PNC901.htm>]

BLOCK J-C, 2003. La qualité de l'eau et assainissement en France. Annexe 70 : Intérêt et limites de la chloration pour maîtriser la qualité microbiologique de l'eau distribué. Publié dans le rapport de l'OPECST de MIQUEL G., n°2152 (2002-2003) fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques, déposé le 18 mars 2003.  
[[http://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-2\\_mono.html#toc135](http://www.senat.fr/rap/l02-215-2/l02-215-2_mono.html#toc135)]

FRANCEAGRIMER, 2012a. La production de lait et produits laitiers en 2010.  
[<http://www.franceagrimer.fr/fam/filiere-lait/La-filiere-en-bref/La-production-de-lait-et-produits-laitiers-en-2010>]

FRANCEAGRIMER, 2012b. Point de conjoncture : bilan de l'année 2011. Comité lait de chèvre du 16 Mars 2012, FranceAgriMer, Montreuil.  
[[http://www.fnec.fr/IMG/pdf/\\_Conjoncture\\_CLC\\_2012-03-16\\_Mode\\_de\\_compatibilite\\_.pdf](http://www.fnec.fr/IMG/pdf/_Conjoncture_CLC_2012-03-16_Mode_de_compatibilite_.pdf)]

GEB, INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2010. Chiffres clés 2010. Production caprine : lait et viande. GEB Institut de l'Elevage, Paris, 10p.  
[[http://www.bienvivredulaitdechevre.fr/fileadmin/user\\_upload/Regions/Centre/Chiffres\\_cles\\_caprins\\_2010.pdf](http://www.bienvivredulaitdechevre.fr/fileadmin/user_upload/Regions/Centre/Chiffres_cles_caprins_2010.pdf)]

INERIS, 2012. Directive n° 98/83/CE du 03/11/98.  
[[http://www.ineris.fr/aida/consultation\\_document/1017#article\\_1er](http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/1017#article_1er)]

INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2013. L'Institut de l'Elevage.  
[<http://idele.fr/linstitut-de-lelevage/en-chiffres.html>]

LEGIFRANCE, 2012a. Décret n°2001-1220 du 20 Décembre 2001.  
[<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000215649>]

LEGIFRANCE, 2012b. Article R1321-50 du Code de la santé publique.  
[<http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072665&idArticle=LEGIARTI000023860354&dateTexte=20130212>]

## ***Entretiens d'experts***

- ***Entretien téléphonique***

FOUREL D., animateur à la plateforme technologique Bioval+ à Digne-les-Bains, 11 octobre 2012. Procédés de filtration membranaire adaptés à une utilisation en exploitation fromagère. 1p de note.

- ***Entretien face à face***

LERICHE F., enseignant-chercheur à L'ENITA de Clermont-Ferrand à VetAgroSup, 23 novembre 2012. Le milieu d'analyse le plus adapté pour le dénombrement de *Pseudomonas spp* dans le lait. 1p de note.

Annexe 1 : Photo de fromage de chèvre à pâte lactique ayant des taches de couleur dues aux *Pseudomonas*



Annexe 2 : Liens internet relatifs aux eaux destinées à la consommation humaine

- **Décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles**

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000215649&dateTexte=&categorieLien=id>

- **Annexe du décret n° 2001-1220 présence des limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine**

<http://www.hydranet.net/data/pdf/Normes-Union-Europeenne.pdf>

Annexe 3 : Lien de la liste de produits et procédés autorisés en 2000 pour le traitement de l'eau

**Circulaire DG 5/VS 4 n° 2000-166 du 28 mars 2000** relative aux produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine

<http://www.sante.gouv.fr/fichiers/bo/2000/00-14/a0141021.htm>

**Le guide d'entretien : Pseudomonas en technologie lactique**

**Pour mieux connaître le producteur et installer un climat de confiance**

- **Se présenter mutuellement** : personnellement, formation, ce que l'on fait actuellement (métier, études)
- **Si la personne le demande : expliquer pourquoi ils sont la cible de l'enquête** : car ils sont au contact des producteurs et connaissent les contraintes du terrain. Aussi ils sont les utilisateurs des outils d'appuis techniques et ceux sont eux qui sont à même d'apprécier l'efficacité et la pertinence du (des) modèles d'interventions développés (et notamment celui de l'IDELE)
- **Pouvez-vous me parler de votre métier ?**
  - Pouvez-vous me le décrire ? Quelles sont vos fonctions principales ? Quelle est la part de l'appui technique dans votre métier ?
    - % de temps de travail
      - Avec les producteurs fromagers fermiers
        - Appui fromager
        - Appui sanitaire
        - Réglementation
        - Locaux de fromagerie
        - Animation
        - Appui élevage
        - Formation
  - La structure/organisme pour lequel vous travaillez ?
  - Quelle est votre zone d'intervention? Sa taille (nombre de producteurs, nombre de départements)
  - Dans quels types d'exploitations travaillez-vous (ovin, bovin, caprin)? Quelle est la technologie fromagère dominante?
  - Qu'est-ce qui vous motive dans le métier
- **Pour mieux connaître leur expérience dans le métier ...**
  - Depuis combien de temps l'exercez-vous ?
  - Ce qui est facile / difficile pour vous dans votre métier concernant votre travail d'appui technique
  - Comment vous informez-vous concernant l'appui technique que vous faites? (Cela te permettra de percevoir leur goût pour la lecture/les formations/les échanges entre techniciens)

Connaître les pratiques (mode opératoire) des techniciens vis-à-vis de l'accident en technologie lactique

• **Vis-à-vis de l'accident du aux *Pseudomonas* ?**

- Quelle est votre expérience vis-à-vis de cet accident en technologie lactique?
  - Des cas déjà rencontrés (fréquence, gravité, réapparition du problème)
  - Quelle est l'évolution dans le temps de cet accident (recrudescence de cas, idem depuis longtemps...) ? Pouvez-vous mesurer cette recrudescence ? Combien d'appel par an ?
  - Sur quels types de fromages en technologie lactique?
  - Le problème resurgit-il souvent ?
  - Actuellement, suivez-vous des producteurs qui subissent l'accident ? Pouvez-vous décrire leur cas ? SINON, CAS PRECEDENTS
  - Pour vous, qu'est-ce que *Pseudomonas* ? Comment se développe t-il (caractéristiques de croissance) ? D'où provient-il (source de contamination)? Comment arrive t-il à contaminer le lait et les fromages (vecteurs de contamination et facteurs de développement) ? Quels dégâts avez-vous observé sur les fromages (expression de l'accident)?
  - Décrire les dégâts économiques sur les exploitations
  - Comment réagissent les producteurs ?
- Comment êtes-vous amené à intervenir ?
  - A quel moment le producteur vous contacte t-il ?
    - Par exemple : Car il a déjà identifié le problème / Car il ne sait pas quel est le problème / Il vous appelle pour un problème de fromagerie autre que *Pseudomonas* alors qu'en réalité, les *Pseudomonas* sont impliqués
  - Les producteurs sont-ils bien informés sur ce germe et sur cet accident ?
  - Vous appellent-ils rapidement après avoir observé l'accident ? Essaient-ils des choses avant de vous appeler ? Quoi ?
- Que faites-vous ? Comment intervenez-vous ?
  - Faites-vous au cas par cas ? ou alors avez-vous une méthode ?
  - Sur quoi basez-vous votre intervention ?
  - Comment se déroule votre intervention ? (plusieurs étapes, plusieurs visites, visite+téléphone)
  - Essayez vous différentes solutions pour résoudre le problème ?
  - Comment évaluez-vous les risques de contamination et des facteurs de développement du germe impliqué ? (Analyses)
  - Comment revenez-vous sur un accident qui se reproduit ?
    - Votre réaction
    - Vos pratiques dans ce cas
- Quels conseils et mesures préconisez-vous au producteur pour la résolution de cet accident ? Pouvez-vous me les expliquer/détailler ?

- Est-ce possible de hiérarchiser les différentes actions que vous mettez en place dans l'exploitation pour résoudre le problème ? Quel est l'ordre des actions que vous mettez en place ? Ou alors est-ce du cas par cas ? Et dans ce cas, en fonction de quoi établissez-vous vos priorités ? Pourquoi ?
- Vous pouvez m'indiquer votre schéma d'intervention ? (**reformulation**)
  - Dans l'élevage
  - Lors de la traite
  - Dans l'atelier de fromagerie
- Pensez-vous faire plus de prévention ou de correction pour résoudre ce problème ? Pouvez-vous donner des exemples de conseils et d'actions en préventif que vous donnez au producteur ? De même pour les mesures correctives ?
- Comment en êtes-vous venu à utiliser les techniques que vous utilisez aujourd'hui ? Pouvez-vous m'expliquer comment vous êtes arrivé à utiliser ces techniques ?
- Comment estimez-vous vos résultats ?
- Pour ce problème spécifique, comment ça se passe avec le producteur ?
- Comment suivez-vous le producteur ?
  - Téléphone
    - Sur quels éléments du problème échangez-vous au téléphone avec le producteur ?
  - Visite
    - Combien de temps prenez-vous avec le producteur ?
    - Sur quels éléments échangez-vous avec le producteur ?
  - Combien de temps le suivez-vous pour le problème en question ?
  - Fréquence d'intervention ? sur l'année, chez chaque producteur, tous producteurs confondus.

**Reformulation sur l'intervention, ses différentes étapes : interrogation prévention/curatif**

- Qu'est-ce qui est facile ? Difficile ?
  - Depuis quand procédez-vous ainsi ? Comment avez-vous acquis cette façon de faire ?
  - Vous sentez-vous suffisamment « armé » ?
    - Connaissances

- Ressources (méthodes, personnes d'appui, expert, temps...)
  - Confrontation avec collègues
- Êtes-vous suffisamment disponible ?
- Relation avec producteurs :
  - Durée intervention : pouvoir y aller suffisamment
  - Moment : Y allez-vous dans l'urgence ?
- Vous travaillez de façon spécifique car il s'agit de *Pseudomonas* ou alors vous faites comme pour les autres problèmes de fromagerie (=accident technologique) ? c'est-à-dire ? (ATTENTION : on ne parle pas de problème sanitaire/ de pathogènes)
- Qu'est-ce qui pourrait vous aider ? Faciliter votre intervention ? Le producteur a-t-il un rôle à jouer ? HIERARCHISER PAR ORDRE D'IMPORTANCE
- Avez-vous des outils d'appui(s) technique(s) pour faire votre diagnostic ? Les utilisez-vous ? Quels ouvrages techniques ? Le guide de l'IDELE ? Autre ? Pourquoi ?
- Préconisez-vous des solutions de traitement de l'eau?
  - Les préconisez-vous ? Dans quel contexte ? Lesquelles préconisez vous ? (UV, peroxyde d'hydrogène...)
  - Quels sont les freins ou les motivations des producteurs pour les utiliser ou non ?
  - Sont-elles adaptées au terrain ?
  - Quelles sont leurs points faibles/forts ?
- Utilisez-vous des appui(s) technique(s) pour établir votre plan d'action pour la résolution du problème ? Quels outils ? Quels ouvrages techniques ? Le guide de l'IDELE ? Autre ? Pourquoi ?

### Les améliorations des outils d'appui technique

- **Pour la gestion de cet accident...**
  - Quels peuvent-être vos besoins ? HIERARCHISER PAR ORDRE D'IMPORTANCE
    - Formation
    - Outils techniques pour la gestion de l'accident ?
    - Outils méthodologiques pour l'accompagnement du producteur
    - Echange avec d'autres techniciens, experts de la question, producteurs
    - Autres
  - Avez-vous des interrogations sur la gestion de cet accident ?

- **En revenant les outils d'appui technique (des méthodes d'intervention des ouvrages techniques/guide de l'IDELE notamment)**
  - Peuvent-ils être améliorés ? Pourquoi ? Comment ?
  - Concernant l'adéquation des méthodes et outils d'intervention avec le terrain... Que pouvez-vous dire ? (selon les contraintes des techniciens et des producteurs)
  - Leur efficacité est-elle à mettre en doute ? pourquoi ?
  - Que pensez-vous du guide l'IDELE ? D'après vous, que lui manque t-il ?
  - Connaissez vous et que pensez-vous du guide du Pôle fromager AOC Massif Central spécifique aux technos PPNC sensibles en terme de principe : seuils de contamination aux différents points ? Serait-il intéressant de reprendre cette démarche pour la techno lactique ?
  - Faut-il sensibiliser le producteur à l'accident *Pseudomonas* et à sa gestion ?
  - La part de l'outil dans l'amélioration de l'intervention
  - Quelles actions pourraient-être envisagées pour améliorer les méthodes d'intervention et les outils d'appui technique ? HIERARCHISER PAR ORDRE D'IMPORTANCE

**FIN DE L'ENTRETIEN**

## Annexe 5 : Fiches techniques sur les systèmes de traitement de l'eau et bibliographie

### *Désinfection par*

#### **rayonnement ultra-violet**

- Lampe basse pression (260nm)
  - Norme AFNOR NF EN 14897+A1 (septembre 2007)
- Lampe moyenne pression (300 à 400nm)

#### **Entreprises (concepteurs et fabricants)**

- Abiotec (Siège : 92)  
[www.abiotec.fr](http://www.abiotec.fr)
- Berson France (Pays-Bas)  
[www.bersonuv.com](http://www.bersonuv.com)
- Bordas UV Germi (Siège : 19)  
[www.bordas.fr](http://www.bordas.fr)
- L'eau pure (Siège : 39)  
[www.eaupure.fr](http://www.eaupure.fr)
- Lenntech (Pays-Bas)  
[www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)
- Permo (Siège : 93)  
[www.permo.fr](http://www.permo.fr)
- RER (siège : 69)  
[www.uvrer.com](http://www.uvrer.com)
- Xylem  
[www.wedeco.com](http://www.wedeco.com) (Allemagne)  
[www.xylemwatersolutions.com](http://www.xylemwatersolutions.com) (92)
- Siemens  
[www.industry-siemens.com](http://www.industry-siemens.com)
- CTH  
[www.cth.fr](http://www.cth.fr)
- Cifec  
[www.cifec.fr](http://www.cifec.fr)

### *Principe de fonctionnement*

- Altération de l'ADN des micro-organismes par rayonnement d'une longueur d'onde de 260nm (maximum à 254nm)

### *Qualité de l'eau requise*

- Non turbide < 1 NFU et < 2mg/L de matière en suspension
- Eau non dure
- Peu de Fer et Manganèse

### *Vigilances*

- Installation

- Désinfection des canalisations
- Adoucisseur si eau dure (éviter les dépôts calciques)
- Prétraitement par filtration : 3 filtres de 25 à 5 µm
- Dimensionnement : de 55W de puissance à 115 W selon le débit instantané (sur dimensionner par précaution)

- Utilisateurs

- Pas de risque

- Sous-produits de traitement

- Aucun résidu ; aucun sous-produit de traitement

- Maintenance et surveillance

- Changement des filtres (suivant leur état et différence de pression entrée filtration-sortie filtration)
- Nettoyage et désinfection gaine de quartz 1 à 3 fois par an minimum selon qualité de l'eau
- Changement de la lampe chaque année

### *Coûts*

- Installation ★★★ (800 à 3500€)
- Exploitation ★★★ (consommation électrique)
- Pas de produits de désinfection
- Consommation énergétique assez faible
  - Maintenance ★★
- Changement annuel de la lampe (max 300€)
- Changement des filtres (60€/an)

### *Avantages*

- Non dangereux à l'utilisation
- Prix faible
- Adapté aux exploitations agricoles

### *Inconvénients*

- Mauvaise efficacité si qualité de l'eau non adaptée ou/et mauvaise conception de l'installation

## *Désinfection par*

### **Chloration**

Hypochlorite de sodium  
(eau de javel)

- o Norme AFNOR  
NF EN 901 (Aout  
2007)

Injection de la solution  
(Préparation de la  
solution par électrolyse  
d'une solution de NaCl)

### **Entreprises (concepteurs et fabricants)**

- Grundfosalldos (PV : 38)  
[www.grundfosalldos.com](http://www.grundfosalldos.com)
- Cifec SA (92)  
[www.cifec.fr](http://www.cifec.fr)
- L'eau pure (Siège : 39)  
[www.eaupure.fr](http://www.eaupure.fr)
- Siemens  
[www.industry-siemens.com](http://www.industry-siemens.com)
- Permo (Siège : 93)  
[www.permo.fr](http://www.permo.fr)

## *Principe de fonctionnement*

- Oxydation par les ions hypochloreux ( $\text{HClO}^-$  ; acide) formés lorsque que la solution d'hypochlorite de sodium est mélangée à l'eau

## *Qualité de l'eau requise*

- pH optimal : < 7,5
- COT (carbone organique total) < 0,5 mg/L
- Peu de Fer et Manganèse

## *Vigilances*

- Installation
  - Désinfection des canalisations
  - Prétraitement par filtration si présence de matière organique
  - Adoucisseur si eau est dure (éviter les dépôts calciques des eaux dures)
  - Dosage : chlore résiduel ~ 0,3 mg/L à 0,6 mg/L (absence de goût et odeur : conditions réglementaires)
- Utilisateurs
  - Solution d'hypochlorite de sodium : irritant et toxique
- Sous-produits de traitement
  - Trihalométhanes et composés organochlorés (cancérogènes) : limité à 100µg/L (si trop forte teneur en matière organique de l'eau) (réglementaire)
- Maintenance et surveillance
  - Surveillance régulier du chlore résiduel
  - Surveillance de la stabilité solution utilisé
  - Vérifier l'état d'encrassement du aux dépôts calciques

## *Coûts*

- Installation ★★★ (1100 à 2200€)
- Bac de stockage ; pompe doseuse et système d'injection
  - Exploitation ★★★ (0,05€/m<sup>3</sup> à 0,15€/m<sup>3</sup>)
- réactifs peu chères
- Consommation énergétique faible
  - Maintenance ★★★

## *Avantages*

- Adapté aux faibles débits
- Rémanence

## *Inconvénients*

- Efficacité limitée sur Pseudomonas (phénomène de résistance et aucun effet sur les biofilms)
- Prix pour l'électrolyse de chlorure de sodium
- Entartrage pompe doseuse si eau dure

## Désinfection par

### Chloration

Chlore gazeux

- o Norme AFNOR NF EN 937 (Septembre 2009)

Solution à déconseiller : manipulation d'un gaz toxique et technicité élevée pour la surveillance



### Principe de fonctionnement

- Oxydation par les ions hypochloreux ( $\text{HClO}^-$ ) formés lorsque que le chlore gazeux se dissous dans l'eau (formation  $\text{HClO}^-$  et d'acide chloridrique).

### Qualité de l'eau requise

- pH optimal : < 7,5
- COT (carbone organique total) < 0,5 mg/L

### Vigilances

- Installation
  - Désinfection des canalisations
  - Prétraitement par filtration si présence de matière organique
  - Dosage : chlore résiduel ~ 0,2 mg/L à 1,5mg/L selon qualité microbiologique de l'eau (absence de goût et odeur : conditions réglementaires)
  - Local de stockage du chlore séparé de la zone de mise en œuvre
- Utilisateurs
  - Gaz toxique : très dangereux pour l'utilisateur
- Sous-produits de traitement
  - Trihalométhanes et composés organochlorés (cancérigènes) si trop forte teneur en matière organique de l'eau : limite à 100µg/L des THM (réglementaire)
- Maintenance et surveillance
  - Surveillance régulier du chlore résiduel
  - Technicité élevé (contrôle et surveillance spécifique)

### Coûts

- Installation ★
  - Organe de traitement peu sophistiqué
  - Local de stockage des réactifs
- Exploitation ★★
  - Chlore gazeux : prix plus élevé que eau de Javel
  - Consommation énergétique faible
- Maintenance ★
  - Chlore gazeux : gaz corrosif : remplacement régulier des outils

### Avantages

- Rémanence

### Inconvénients

- Efficacité limitée sur Pseudomonas
- Manipulation de gaz : dangereux
- Peu adapté à de faibles débits (colmatage des hydro-injecteurs)
- Inconvénients liés au stockage : normes de stockage à respecter (armoire de stockage, appareil de mesure du chlore dans l'air)

## Désinfection par

### Ozonation

#### Ozone

- Norme AFNOR NF EN 1278 (Juillet 2010)

Inenvisageable dans la filière fromagère fermière

#### Principe de fonctionnement

- Oxydation par l'ozone (O<sub>3</sub>), oxydant très puissant

#### Qualité de l'eau requise

- pH et température faible

#### Vigilances

- Installation
  - Unité industrielle de potabilisation de l'eau
  - Nécessite une alimentation importante : 15000 à 20000 Volts entre les électrodes de l'ozonateur
- Utilisateurs
  - Ozone : gaz très irritant, pouvant se retrouver dans l'air durant le fonctionnement du système
- Sous-produits de traitement
  - Sous-produit d'oxydation : bromates si présence de bromures dans l'eau : limite de bromates dans l'eau : 10 µg/L

#### Avantages

- Très bon effet bactéricide

#### Inconvénients

- Gaz très irritant pouvant se retrouver dans l'air durant le fonctionnement du système
- Rémanence très limitée

#### Possibilité d'installation en exploitation agricole :

- Réservé au grande usine de traitement de l'eau du fait de l'alimentation électrique nécessaire

## Désinfection par

### **Filtration membranaire**

#### Ultrafiltration et nanofiltration

- o Norme  
AFNOR NF  
EN 14652 +  
A1  
(Septembre  
2007)

### **Entreprises (concepteurs et fabricants)**

#### ultrafiltration

- Orelis (01)
- [www.orelis.com](http://www.orelis.com)
- Degremont,  
Aquasource (31)
- [www.aquasource-  
membrane.com](http://www.aquasource-membrane.com)
- Lenntech (Pays-Bas)
- [www.lenntech.fr](http://www.lenntech.fr)
- Siemens
- [www.industry-  
siemens.com](http://www.industry-siemens.com)

#### Ultra et nanofiltration

- L'eau pure (Siège : 39)
- [www.eaupure.fr](http://www.eaupure.fr)
- DLK Technologies  
(Suisse)
- [www.dlk.ch](http://www.dlk.ch)

## Principe de fonctionnement

- Filtration

### Qualité de l'eau à connaître pour adapter la technologie

- Quantité de matières organiques en suspension
- Pouvoir colmatant de ces particules en suspension
- Variation de température de l'eau à traiter
- Alcalinité
- Conductivité
- Dureté (colmatage si eau dure par précipitation CaCO<sub>3</sub>...etc)
- Disponibilité de l'eau et quantité à traiter

### Vigilances

- Installation
- Très haute technicité
  - o Prétraitement pour protéger la membrane de particules en suspension ou pouvant détériorer la membrane
  - o Retraitement des eaux de rinçage de la membrane
- Seul les concepteurs hautement qualifiés sont capables d'apporter une solution
- Utilisateurs
- Nettoyage de la membrane est un procédé chimique
- Sous-produits de traitement
- Pas de sous-produit de traitement et pas de rejet de produits chimiques dans l'eau
- Surveillance et maintenance
- Vérification de l'intégrité de la membrane
- Nettoyage de la membrane (produits chimiques)
  - o Maintenance et surveillance faite par des professionnels uniquement

### Avantages

- Efficacité 100% *a priori* si membrane est intègre
- Pas de résidus chimique dans l'eau

### Inconvénients

- Très haute technicité (installation et maintenance : professionnels uniquement)
- Pas de rémanence (aucune efficacité sur biofilms)

### Possibilité d'installation en exploitation agricole (communication du service technique-commercial de l'entreprise eaupure) :

- Prix entre 20 000 et 50 000€ pour des installations de très faible débit maximum (prix estimé pour un débit max de 3m<sup>3</sup>/h) ; jamais installé en exploitation agricole

## Désinfection par

### **Peroxyde d'hydrogène**

H2O2

- Norme AFNOR NF EN 902 (Mai 2009)

### **Entreprises (concepteurs et fabricants) de pompe doseuse**

- Grundfosalldos (PV : 38)  
[www.grundfosalldos.com](http://www.grundfosalldos.com)
- Siemens  
[www.industry-siemens.com](http://www.industry-siemens.com)
- Geosane (26)  
[www.geosane.fr](http://www.geosane.fr)
- CTH (26)  
[www.cth.fr](http://www.cth.fr)
- Permo (Siège : 93)  
[www.permo.fr](http://www.permo.fr)

## Principe de fonctionnement

- Oxydation par action directe du H2O2

## Qualité de l'eau

- Faible quantité de matières organiques et autres particules
- Demande chimique et biologique en oxygène faible

## Vigilances

- Installation
- Dosage : 0,5 mg/L = limite supérieure recommandée de H2O2 résiduel aux points d'utilisation de l'eau
- Utilisateurs
- H2O2 est un oxydant : précautions simple pour se protéger (gants, lunettes)
- Sous-produits de traitement :
- Non déterminé
- Surveillance et maintenance
- H2O2 se décompose facilement à la lumière notamment : stockage dans un endroit à l'abri de la lumière
- Vérifier date limite d'utilisation du produit commercial
- Vérifier le bon fonctionnement de la pompe doseuse
- Vérifier H2O2 résiduel aux points d'utilisation de l'eau

## Coûts

- Installation ★★★ (800€ à 2300€)
- Prix similaire à l'UV
- Exploitation ★★ (0,10 à 0,20€/m<sup>3</sup>)
- Consommation énergétique faible
- Maintenance ★★★
- Peu de maintenance

## Avantages

- Oxydant fort, après l'ozone : forte efficacité bactéricide
- Système adapté en exploitations agricoles
- Rémanence

## Inconvénients

- Précaution d'utilisation du réactif
- Vérifier si le produit est actif et son dosage
- Entartrage de la pompe doseuse si eau dure

Désinfection par

## Procédé d'oxydation avancée

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+UV

- Norme AFNOR NF EN 902 (Mai 2009) : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Norme AFNOR NF EN 14897+A1 (septembre 2007) : UV

Dans l'objectif d'améliorer l'efficacité d'un système UV ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> déjà en place dans les exploitations et pour le contrôle des biofilms

### Principe de fonctionnement

- Oxydation par action directe du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ; élimination des bactéries par le rayonnement + oxydation des bactéries par les radicaux hydroxyles produits lors de la photolyse du peroxyde d'hydrogène

### Qualité de l'eau

- Qualité de l'eau requise est liée à l'utilisation d'un système UV et d'un système H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

### Vigilances

- Installation
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> placé avant le système UV
- Respecter les vigilances liées aux deux systèmes (qualité de l'eau et conditions d'installations)
- Utilisateurs
- Contraintes liés aux deux systèmes
- Sous-produits de traitement
- Radicaux hydroxyles très réactifs
- Surveillance et maintenance
- Contraintes liées aux deux systèmes

### Coûts

- Installation ★
- UV + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Exploitation ★★
- Prix des réactifs correct
- Consommation énergétique faible
- Maintenance ★★
- Maintenance lié à l'UV et H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

### Avantages

- Triple effet bactéricide (UV ; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : radicaux hydroxyles dont le pouvoir oxydant est plus fort que le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)
- Contrôle de la formation des biofilms
- Rémanence

### Inconvénients

- Mise en place de deux systèmes distincts : prix et charge de travail (surveillance et maintenance)

## Le charbon actif

Charbon actif en grain

- NF EN 12915-1 et NF EN 12915-2 (JUILLET 2009)

### *Entreprises (concepteurs et fabricants)*

- DLK Technologies (Suisse)
  - [www.dlk.ch](http://www.dlk.ch)
- Efiltec Solutions (95)
  - [www.efiltec.com](http://www.efiltec.com)
- Cartis
  - [www.cartis-france.com](http://www.cartis-france.com)
- PLM équipements (69)
  - [www.plm-equipements.info](http://www.plm-equipements.info)

### Principe de fonctionnement

- Charbon actif est un matériau avec une structure microporeuse (plus de 1000m<sup>2</sup>/g de surface spécifique) : adsorption de substances organiques ou minérales
- Envisageable en prétraitement pour les eaux polluées (hydrocarbures, composés organiques, pesticides...etc : puits privés
- Envisageable pour la déchloration pour ne pas qu'il y ait de réaction entre le chlore et le peroxyde d'hydrogène

### Vigilances

- Installation
- En amont des systèmes de traitement
- Utilisateurs
- Aucune toxicité
- Sous-produits de traitement
- Aucun sous produit
- Surveillance et maintenance
- Remplacement du charbon actif selon les préconisations des fournisseurs

### Coûts

- Installation ★★★
- Exploitation ★★★★★
- Maintenance ★★★
- Peu de maintenance

### Avantages

- Epure l'eau de différentes particules et composés (organiques, minéraux ou chimiques) qui peuvent interférer avec les systèmes de désinfection de l'eau
- Peut-être traité à l'argent pour obtenir un effet bactéricide (CARTIS)

### Inconvénients

- Pas d'effet bactéricide (sauf si traité à l'argent)

### **Bibliographie sur les systèmes de traitement de l'eau :**

BERLAND J-M. et JUERY C., 2002. Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. *Document technique FNDAE*, n°14, 1-71

DALANZY L., 2004. Technologie propres et eau dans l'industrie. ARIST/CRCI Bourgogne, Dijon, 22p.

GENOUD et PERROT, 2010. Le traitement de l'eau par UV, une méthode efficace pour éliminer les micro-organismes. *Le journal des fluides*, n°38, 30-32.

JUERY C., 2004. Définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfection. *Document technique FNDAE*, n°2, 1-58

LAKRETZ A., RON E-Z., HARIF T. et MAMANE H., 2011. Biofilm control in water by advanced oxidation process (AOP) pre-treatment : effect of natural organic matter (NOM). *Water science and technology*, n°64, 1876-1884.

LEBLEU N., 2007. Désinfection des eaux par procédés membranaires : études des mécanismes de transfert des bactéries. Thèse de doctorat à l'université de Toulouse III, 6-65.

LERICHE F. et FAYOLLE K., 2010. Guide méthodologique et technique : installation – entretien – maintenance des installations à ultra-violet (UV-C) pour le traitement de l'eau en atelier de production fromagère artisanale. Pôle fromager AOC Massif Central. Aurillac. 68p.

LE PAPE H., 2003. Etude des propriétés germicide de fibres de carbone activé : « application à la décontamination de l'air en cabine d'avion ». Thèse de doctorat à l'université de Limoges, 32-48.

ZAVISKA F., DROGUI P., MERCIER G. et BLAIS J-F., 2009. Procédés d'oxydation avancée dans les traitements des eaux et des effluents industriels : application à la dégradation des polluants réfractaires. *Journal of Water Science*, vol 22, n°4, 535-564.

### **sites internet :**

ARMAND D., 2000. Découvrir l'eau. L'eau potable : la filtration sur membrane, un procédé d'avenir. CNRS.

[<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/filtrMem.html>]

CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE DES PAYS DE LA LOIRE et ITAVI (coord.), 2007. Eau de boisson en élevage avicole : un levier majeur de réussite. Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire, Angers, 12p.

[[http://www.itavi.asso.fr/elevage/alimentation/plaquette\\_eau.pdf](http://www.itavi.asso.fr/elevage/alimentation/plaquette_eau.pdf)]

CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE DES PAYS DE LA LOIRE et ITAVI (coord.), 2010. Eau de boisson en élevage avicole. La qualité bactériologique : un facteur de réussite. Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire, Angers, 6p.

[[http://www.itavi.asso.fr/elevage/alimentation/depliant\\_10\\_eau\\_de\\_boisson.pdf](http://www.itavi.asso.fr/elevage/alimentation/depliant_10_eau_de_boisson.pdf)]

EAWAG, 2012a. Fiche d'information - Ozonation. EAWAG : institut de recherche sur l'eau du domaine des EPF.

[[http://www.eawag.ch/medien/publ/fb/doc/fb\\_ozonung\\_f.pdf](http://www.eawag.ch/medien/publ/fb/doc/fb_ozonung_f.pdf)]

EAWAG, 2012b. Fiche d'information : Charbon actif en poudre. EAWAG : institut de recherche sur l'eau du domaine des EPF.

[[http://www.eawag.ch/medien/publ/fb/doc/fb\\_aktivkohle\\_f.pdf](http://www.eawag.ch/medien/publ/fb/doc/fb_aktivkohle_f.pdf)]

GROUPE SCIENTIFIQUE SUR L'EAU, 2003. Fiche Trihalométhanes. Institut national de santé publique du Québec, Québec, 11p.

[<http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/198-CartableEau/Trihalomethanes.pdf>]

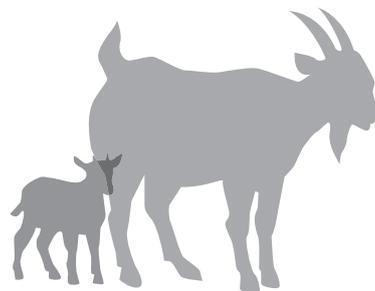


## Mise à jour du guide d'appui technique sur *Pseudomonas* en production laitière fermière : capitalisation de l'existant et recueil des besoins

Ce rapport présente un état des lieux approfondi sur la problématique des *Pseudomonas* en transformation lactique fermière. Les *Pseudomonas*, en particulier *Pseudomonas fluorescens* sont responsables de graves défauts organoleptiques et visuels sur les fromages. Un premier guide d'intervention face à ce germe, destiné aux techniciens accompagnant les producteurs fromagers fermiers a été réalisé en 2004 sur la technologie lactique fermière. Malgré cet outil d'appui technique, les techniciens témoignent de difficultés pour résoudre cet accident. Le travail présenté dans ce rapport a alors permis d'analyser les apports de la bibliographie et des travaux déjà menés, de suivre les actions régionales en cours sur *Pseudomonas*, d'enquêter les techniciens sur leurs méthodes d'intervention et sur leurs besoins, de capitaliser ces données, d'identifier les manques éventuels pour intervenir efficacement et rapidement face à ce germe. Cette analyse a alors abouti à la définition d'un plan d'actions pour 2012/2013. La priorité a été donnée à la fourniture de références et à leur transfert sous forme de fiches techniques, en complément du guide d'appui technique déjà disponible, pour mieux accompagner les producteurs confrontés à ce problème. Les objectifs fixés de collecte de données et d'actions à mener doivent permettre dans ce sens de faire progresser la filière dans la maîtrise des *Pseudomonas*.



INSTITUT DE  
L'ÉLEVAGE



**Édité par :**  
l'Institut de l'Élevage  
[www.idele.fr](http://www.idele.fr)

**Dépôt légal :**  
2<sup>e</sup> trimestre 2013  
© Tous droits réservés à l'Institut de l'Élevage  
Juin 2013  
Réf. 00 13 38 037  
ISBN 978-2-36343-411-1  
ISSN 1773-4738

AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE :



FranceAgriMer