

# INFLUENCE DE LA SAUMURE SUR LA QUALITÉ DU FROMAGE

Groupes de discussion





# Influence de la saumure sur la qualité du fromage

## 1 Introduction

Pour être commercialisé, le fromage doit être de qualité irréprochable à tout point de vue. Or, la cause de certains défauts du fromage, notamment des défauts d'extérieur, peut trouver son origine dans la qualité de la saumure. Le présent document aborde les paramètres les plus importants de la saumure susceptibles d'influencer la qualité du fromage. Par ailleurs, les défauts du fromage provoqués par une saumure de mauvaise qualité y sont décrits.

Par contre, l'absorption du sel par le fromage et les paramètres tels que les teneurs en eau, en matière grasse, en lactate, etc., ne sont que superficiellement abordés.

## 2 La saumure, un milieu en constante modification

La composition de la saumure est soumise à des modifications constantes. L'absorption du sel par le fromage d'une part, et le passage du petit-lait du fromage dans la saumure d'autre part, font que le taux de sel de la saumure diminue, une partie du sel étant retirée de la saumure. De même, une partie de l'acide lactique, des protéines et des sels minéraux passent du fromage dans la saumure, ce qui entraîne une modification du pH et des rapports du pouvoir tampon de la saumure. En outre, les substances organiques forment un milieu de croissance idéal pour les microorganismes présents dans la saumure qui, en dépit d'une concentration en sel élevée, peuvent atteindre des concentrations importantes et peuvent donc aussi influencer les propriétés de la saumure par l'activité de leur métabolisme.

## 3 Processus pendant le séjour du fromage dans le bain de sel

### 3.1 Diffusion de l'eau et du sel de cuisine

En raison de la teneur élevée en sel, la saumure enregistre, par rapport à la phase aqueuse du fromage, une pression osmotique très élevée. Cette différence de pression, respectivement cette différence des concentrations déclenche une diffusion de l'eau du fromage dans la saumure et du sel de la saumure dans la phase aqueuse du fromage (cf. fig. 1), pendant laquelle les petites molécules d'eau se diffusent plus rapidement que les ions du sel. Les conséquences de ce processus sont les suivantes:

- Concentration du sel près dans la zone périphérique du fromage
- Perte d'eau et renforcement de la matrice du fromage (rétraction des pores) dans la zone de la croûte
- Augmentation de la fermeté de la croûte
- Diminution de la perméabilité de la croûte à l'eau et aux substances dissoutes dans la phase aqueuse de même que dans la phase gazeuse.

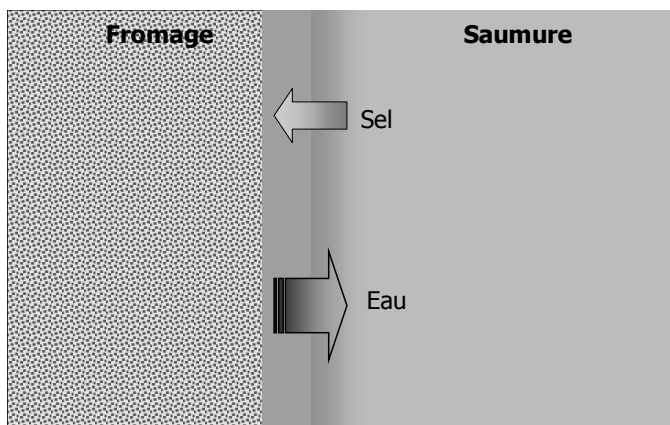


Fig. 1  
Processus de diffusion pendant le séjour du fromage dans le bain de sel.

Il faut savoir qu'à la surface du fromage se forme une zone tampon (cf. fig. 1), dans laquelle la concentration en sel est sensiblement plus basse que dans la saumure dans laquelle le fromage est immergé. Il s'agit d'une conséquence de l'expulsion de petit-lait de la masse fromagère. En agitant la saumure, cette couche peut être réduite et ainsi l'absorption du sel en être fortement améliorée.

### 3.2 Processus d'échange d'ions

Pendant l'absorption du sel par le fromage a lieu, en plus du transport de substances par diffusion, un échange d'ions entre la caséine et la phase aqueuse. Les cations suivants jouent un rôle important dans cet échange:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{H}^+$  et  $\text{Na}^+$ .

La structure de la caséine dans le jeune fromage se présente sous la forme d'un réseau étendu de micelles de caséine coagulées, liées entre elles par des ions calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ), eux-mêmes reliés à la caséine par les groupes phosphates négatifs qui la composent.

Les ions monovalents tels que  $\text{H}^+$  et  $\text{Na}^+$  peuvent contraindre les ions  $\text{Ca}^{++}$  à se libérer des groupes de phosphate de la caséine et prendre leur place (échange d'ions) sans cependant reprendre leur fonction (liaisons). Plus la concentration en ions  $\text{H}^+$  et  $\text{Na}^+$  est élevée, c'est-à-dire plus le pH est bas ou la teneur en sel de la saumure élevée, plus le calcium sera solubilisé hors de la matrice de caséine par échange d'ions et passera donc dans la saumure. En conséquent, la structure de la caséine se relâche, sa solubilité et sa capacité d'absorption d'eau augmentent. Toutefois, tant des concentrations élevées en sel (plus de 20%) que des valeurs basses du pH (moins de 5,0) réduisent la capacité de liaison d'eau et la solubilité de la caséine.

Les phénomènes d'échange d'ions sont des processus fondamentalement réversibles. Avec l'augmentation d'ions calcium dans la saumure, ceux-ci repénètrent pour ainsi dire dans la structure de la caséine et s'y fixent – il y a échange avec les ions sodium et hydrogène.

Ces processus d'échange d'ions ont des effets sur la propriété de la croûte et de la pâte située en dessous de celle-ci: selon la teneur en sel, le pH et la teneur en calcium du bain de sel, ces effets peuvent être complètement différents; c'est ce que nous allons voir ci-après.

## 4 Paramètres importants de la saumure

### 4.1 Teneur en sel

La concentration en sel dans le bain agit sur :

- la perte en eau du fromage,
- l'absorption du sel par le fromage,
- la capacité d'absorption de la caséine dans la zone de la croûte,
- les propriétés de la croûte,
- la microflore du bain de sel (cf. paragraphe 4.7).

#### Perte d'eau de la pâte du fromage

Plus la concentration en sel du bain augmente, plus la croûte se déshydrate, ce qui a pour conséquence un durcissement de celle-ci. Dans le cas d'une concentration très élevée, proche du point de saturation (>22% NaCl), ce durcissement entraîne un ralentissement de l'échange de substances entre le fromage et la saumure, alors que dans les bains de sel avec une concentration de sel de moins de 12%, le fromage absorbe de l'eau et la caséine s'hydrate.

#### Absorption de sel par le fromage

Le passage du sel de la saumure dans la phase aqueuse du fromage se déroule d'autant plus rapidement que la saumure est plus concentrée. Dans le cas de concentrations très élevées en sel (>23% NaCl, >22°Bé ), le fromage est tellement déshydraté dans les bords qu'il absorbe moins de sel par rapport à sa masse.

### Capacité d'absorption de la caséine dans la zone de la croûte / propriétés de la croûte

A la suite de l'échange d'ions dans le bain de sel décrit ci-dessus, le calcium est solubilisé hors de la structure de caséine et il est remplacé par des ions Na. L'effet est semblable à celui des sels de fonte: la capacité d'absorption et de liaison d'eau de la para-caséine dans la croûte augmente. On peut aisément observer ce phénomène dans les saumures avec une faible concentration en sel (<10% NaCl) : la croûte de fromage devient molle, gluante et peut se désagréger.

## **4.2 Température de la saumure**

Les influences de la température du bain de sel sur le fromage :

- Plus la température est élevée, plus l'absorption du sel par le fromage se déroule rapidement. En dessous de 10°C, elle est sensiblement ralentie.
- Plus la température est élevée, plus la capacité d'absorption de la caséine augmente.
- Les basses températures favorisent la cristallisation de la matière grasse et par là même le durcissement de la meule de fromage.
- Des températures élevées favorisent la croissance des microorganismes dans la saumure.

Dans la fabrication des fromages à pâte dure et mi-dure, on recommande une température pour la saumure située entre 10 et 15°C. Dans la fabrication des fromages à pâte molle et à pâte filée, les températures sont plus élevées. En règle générale, plus l'extrait sec du fromage est élevé, plus la température du bain de sel est basse. Dans la mesure du possible, il faut éviter les grandes fluctuations de température. Elles peuvent toutefois avoir lieu dans le cas des bains de sel trop faiblement dimensionnés ou insuffisamment refroidis si le fromage n'est pas suffisamment pré-refroidi.

## **4.3 pH de la saumure**

Le pH est aussi un paramètre important du bain de sel. L'acidification de la saumure exerce un effet conservateur et inhibe le développement des germes indésirables. Il influence la perte en calcium de la croûte et par-là même les propriétés de la surface de même que l'absorption du sel par le fromage. En règle générale, le pH de la saumure devrait avoisiner le pH du fromage non salé. On recommande donc comme valeur optimale pour les bains de sel dans les fromageries d'Emmental un pH se situant dans un domaine de 5,15 – 5,25.

- Un pH trop élevé (supérieur à 5,40) entraîne une croûte sèche, semblable à de la corne et ayant tendance à transpirer.
- Un abaissement trop fort du pH (par ex. pH 4,6) entraîne la précipitation des protéines et une plus forte perte d'eau à la surface du fromage, ce qui se traduit également par une réduction de l'absorption de sel. De même, la croûte perd une plus grande quantité de calcium, ce qui conduit à une croûte qui sèche difficilement. Dans le cas de fromages emmorgés, cela est parfois souhaitable.
- Remarque: les fromages avec un pH bas absorbent plus de sel et perdent moins d'eau, car l'acide lactique „attire“ l'eau.

## **4.4 Degré d'acidité de la saumure**

Bien que ce soit en premier lieu le pH qui soit déterminant pour le développement de la croûte et non le degré d'acidité de la saumure, on surveille l'acidité du bain de sel de préférence au moyen du degré d'acidité. Cependant, on n'observe un lien étroit entre degré d'acidité, teneur en lactate et pH que dans le cas d'une teneur fixe en protéines de la saumure. La figure 2 montre le lien entre la valeur pH et le degré d'acidité dans la saumure de différentes fromageries produisant de l'Emmental. Elle montre que dans le cas d'un pH défini, il peut y avoir différents degrés d'acidité et vice-versa. Ces différences reflètent les diverses capacités tampon ou l'état de souillure de la saumure.

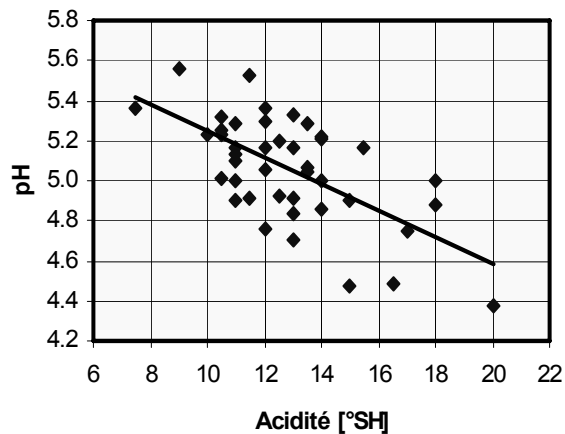


Fig. 2  
Lien entre le degré d'acidité et la valeur pH des bains de sel de différentes fromageries d'Emmental.

Toutefois, le degré d'acidité est, comparé à la valeur pH, un paramètre du bain de sel fiable:

- Il permet de se prononcer sur le pouvoir tampon du bain de sel qui maintient le pH à un niveau constant.
- Un degré d'acidité élevé indique en outre une concentration importante de protéines dans le bain de sel. En raison de l'effet tampon des protéines, un degré d'acidité élevé signifie (dans le cas d'un pH donné) le plus souvent une concentration relativement élevée en lactate, ce qui peut augmenter la perte d'eau du fromage.

Dans un bain de sel propre et bien ajusté (pH 5,2) pour des fromages à pâte dure, le degré d'acidité devrait se situer entre 10° et 16°SH. Dans le cas d'un bain de sel destiné à des fromages à pâte mi-dure et en particulier aux fromages à pâte molle, on observe des degrés d'acidité sensiblement plus élevés (jusqu'à 40°SH) en raison de valeurs pH plus basses et du passage plus important des protéines dans la saumure.

#### 4.5 Teneur en calcium

On attribue un rôle non négligeable à la teneur en calcium de l'eau salée. Elle influence...

- la perte d'eau dans la zone périphérique
- la fermeté de la croûte
- l'absorption du sel par la croûte

Des essais ont montré que l'augmentation de la teneur en calcium d'une saumure fraîche (19% NaCl, 15°C) de 0 à 18 g Ca/kg fait baisser la teneur en eau de 3 g/100g et la teneur en sel dans la zone de la croûte de 1,5 g/100g.

Si la teneur en calcium de la saumure est plus basse que celle de la phase aqueuse du fromage, la structure de la caséine perd du calcium (échange contre des ions sodium). La conséquence est une diminution du réseau de la para-caséine et de son pouvoir de liaison d'eau, et il se forme une croûte plus molle. Dans le cas d'une concentration de sel plus basse (par ex. <15% NaCl), cela peut même entraîner une augmentation de l'absorption de l'eau par la croûte.

Dans le cas d'une teneur élevée en calcium (plus importante que dans le petit-lait du fromage), le calcium se diffuse à l'intérieur du fromage, ce qui peut entraîner (comme c'est le cas avec les valeurs pH élevées) une croûte sèche et semblable à de la corne (fig. 3).

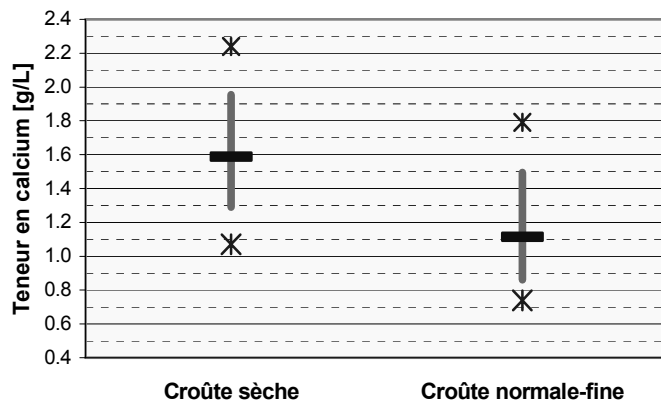


Fig 3.  
Lien entre la teneur en calcium de la saumure et les propriétés de la croûte dans l'Emmentaler (résultats provenant de 29 fromageries).

L'importance de ce phénomène dépend aussi, en plus de la teneur en sel et en calcium, du pH et de la température de la saumure.

Pour les raisons susmentionnées, la fabrication d'une saumure fraîche exige qu'on y ajoute du calcium (en général sous la forme de  $\text{CaCl}_2$ ), en particulier dans le cas de bains de sel avec une faible concentration en sel. Nous recommandons donc d'ajouter 150 g de chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) par 100 kg de saumure (ce qui correspond à 50 g de Ca par 100 kg), pour autant que l'on ajoute de l'eau en tant que solvant. Dans le cas de bains de sel avec 19-21% de NaCl et une température de 12°C, cette concentration suffit dans la plupart des fromages à pâte dure et mi-dure pour empêcher les défauts décrits ci-dessus. Dans le cas de bains de sel pour des fromages plutôt acides (plus grande proportion de calcium soluble), on peut utiliser des doses plus élevées de calcium.

#### 4.6 Teneur en métaux lourds

Si la saumure contient des quantités accrues de métaux lourds dissous comme le fer, le cuivre, le manganèse et le zinc, ceux-ci s'accumulent dans la zone la plus extérieure de la croûte du fromage, car ils se lient facilement à la caséine. Ce faisant, ils peuvent former des complexes colorés partiellement de façon intense, ce qui peut entraîner une forte coloration de la croûte; le spectre de couleurs va du brun-rouge au vert et au bleu. Les fromages avec une croûte sèche sont particulièrement sujets à ce défaut. Dans les fromages emmorgés, des colorations d'un autre genre dues aux métaux lourds peuvent apparaître: en cours de maturation, il y a élévation du pH et libération d'ammoniac, ce qui peut former, en présence de métaux lourds, des complexes intensément colorés.

Les concentrations élevées de métaux lourds dans la saumure peuvent provenir ...

- d'une contamination naturelle de l'eau, le plus souvent par du fer ou du manganèse
- des dégâts dus à la corrosion dans les conduites (le plus souvent fer et/ou zinc et év. cuivre)
- des dégâts dus à la corrosion dans le bain de sel, par exemple à la suite de:
  - o l'utilisation de matériaux inappropriés pour les cuves, les serpentins refroidisseurs, les claies pour le bain de sel, ...
  - o des raccords ou rivets en matériaux non résistant à la corrosion
  - o le traitement du bain de sel avec des produits de désinfection (produit chloré, eau oxygénée)

L'eau salée a une action très corrosive sur le métal, en particulier dans le cas d'une valeur pH acide. Seul de l'acier de haute qualité comme un alliage en acier composé de chrome, de nickel et molybdène est approprié (l'acier composé de chrome et de nickel se corrode!). Toutefois, si l'on utilise des produits de désinfection avec une forte action corrosive dans le bain de sel, aucun acier n'est vraiment résistant.

Les causes de corrosion dans les conduites d'eau peuvent être multiples:

- Certaines parties de conduite et certains raccords sont constitués de métaux incompatibles. Il se forme donc des phénomènes semblables à ceux d'une batterie charbon/zinc. En d'autres termes, le composant non noble est attaqué et s'oxyde. Exemples de mauvaises combinaisons: acier zingué+acier chromé, acier zingué+laiton; cuivre+acier.
- Montage d'un adoucisseur d'eau sans adaptation des conduites
- Teneur en acide carbonique élevée de l'eau (acide carbonique qui attaque le calcaire)
- Installations électriques déficientes (par ex. mise à terre par les conduites d'eau)

Vous trouverez des valeurs indicatives pour les concentrations maximales tolérées en métaux lourds au paragraphe 5. En général, ce sont les valeurs du fer qui sont le plus souvent dépassées.

## 4.7 Statut microbiologique du bain de sel

### 4.7.1 Multiplication des germes dans la saumure

Vu que les ions sodium et de chlorure du sel se lient aux molécules d'eau, il y a, en présence d'une teneur en sel croissante dans la saumure, une proportion toujours plus faible d'eau sous la forme de ce que l'on appelle eau libre. Seule cette eau libre est à disposition des microorganismes. C'est pourquoi des concentrations élevées en sel sont synonymes pour les microorganismes de „sécheresse“ et inhibent leur croissance.

On mesure la concentration d'eau libre au moyen de la valeur  $a_w$  (activité de l'eau). Elle correspond à l'humidité relative de l'air qui se forme dans l'espace de tête d'un récipient lorsque l'on remplit celui-ci avec l'échantillon (par ex. la solution de sel). L'eau pure produit une humidité relative de l'air de 100%, en conséquence sa valeur  $a_w$  est de 1,0.

Les bactéries ne peuvent en général croître qu'avec des valeurs  $a_w$  supérieures à 0,92, ce qui correspond à une concentration en sel maximale d'env.12 % (tableau 1). Certaines bactéries grampositives tolèrent des concentrations plus élevées, comme *Brevibacterium linens*, des microcoques et surtout *Staphylococcus aureus*, dont la croissance est encore possible à des concentrations en sel s'élevant à 17-18 %. Certains moisissures et levures sont encore plus tolérants. Cependant, au-dessus de 21 % de NaCl, ne survivent que peu de microorganismes halotolérants et ceux-ci ne représentent aucun danger pour le fromage. Les germes gramnégatifs (par ex. *E. coli*) sont rarement détectés dans les échantillons de bain de sel.

Du point de vue microbiologique, les bains de sel hautement concentrés, très répandus dans la pratique (> 20% NaCl), sont donc assez stables et non problématiques, d'autant plus que la teneur en acide constitue un agent conservateur supplémentaire.

Par contre, dans les saumures avec moins de 18 % de NaCl, qui sont utilisées avec circulation de saumure, il peut y avoir une forte activité métabolique microbienne, en particulier des levures, comme par exemple les levures typiques du bain de sel *Kluyveromyces marxianus* et *Candida valida*. Sans l'élimination régulière des germes (par ex. par la pasteurisation, la microfiltration, les UV), les problèmes suivants peuvent apparaître:

- modifications sensorielles de la saumure avec des conséquences sur le fromage (par ex. amertume)
- désacidification de la saumure par des levures fermentant l'acide lactique.
- contamination du fromage par des microorganismes indésirables



Tableau 1 **Limite de croissance en fonction de la valeur  $a_w$  de quelques microorganismes importants du point de vue de la technologie fromagère (diverses sources de littérature)**

Activité de l'eau $a_w$ (25°C)	Teneur en NaCl* g/100g	Microorganismes		
		Bactéries	Levures	Moisissures
0.99	2.0	Bactéries propioniques		
0.95	8.0	<i>E. coli</i> , Pseudomonases		
0.94	10.0	Salmonelles	<i>Geotrichum candidum</i>	<i>Mucor</i> spp.
0.92	12.0	<i>Listeria monocytogenes</i>		
0.90	14.0			<i>Fusarium</i> spp
0.89	15.0	<i>Brevibacterium linens</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i>	
0.88	16.0			
0.87	17.0	Microcoques		
0.86	18.0	<i>Staphylococcus aureus</i>		
0.85	19.0			<i>P. camemberti/candidum</i>
0.84	20.0			
0.83	21.0			<i>P. roqueforti</i>
0.75	26.3			
0.65				Moisissures xérophiles
0.61			Levures osmophiles	
< 0.61		La croissance des microorganismes n'est plus possible		

\* Teneur en NaCl: l'activité de l'eau est fonction de la concentration en sel dans un milieu aqueux. (Remarque: les limites de croissance n'ont été testées que partiellement dans des solutions de sel. La valeur  $a_w$  minimale en présence de sel est en partie légèrement supérieure. Autrement dit, le sel peut avoir un effet inhibiteur supplémentaire).

#### 4.7.2 La saumure, source de contamination bactérienne

Il ressort de relevés antérieurs effectués par ALP dans des fromageries d'Emmental que dans les bains de sel concentrés (>21% de NaCl) peuvent aussi se développer des microorganismes jusqu'à atteindre des concentrations de plusieurs millions d'UFC/ml. Il s'agit en particulier des staphylocoques ( $10^5$  à  $10^6$  UFC/ml), des spores de moisissures ( $10^3$  à  $10^5$  UFC/ml) et des levures ( $10^2$  à  $10^4$  UFC/ml). On peut en déduire que de tels microorganismes parviennent par le biais des fromages et de l'environnement dans le bain de sel où ils peuvent survivre et se développer. Aussi, même un bain de sel très concentré peut être une source de contamination de germes indésirables.

#### 4.7.3 La saumure, source de contamination par des listérias

Comme l'ont montré Asperger et Heistingering [1], les listérias peuvent survivre plusieurs jours dans la saumure. Dans un domaine de concentration de 15 à 25% de NaCl, les taux de survie sont d'autant plus élevés que la concentration de sel est élevée et la concentration en acide lactique faible. Les auteurs recommandent donc, lors de la recherche des sources de contamination, d'y inclure le bain de sel. A ce propos, l'échantillon doit être analysé dans les 24 heures ou neutralisé à l'aide de carbonate de calcium.

### 4.8 Contamination

Les protéines du petit-lait qui passent du fromage dans la saumure lors de l'expulsion du petit-lait précipitent avec le temps et se déposent sur le fond du bain de sel sous la forme de boue. Une forte souillure de la saumure va généralement de pair avec une contamination élevée en germes (effet protecteur) et provoquent des défauts sensoriels de la saumure. Comme déjà mentionné, une forte souillure a aussi des effets sur le degré d'acidité et la mesure de la concentration de sel au moyen d'un densimètre (degrés Baumé).

## 5 Valeurs indicatives

Dans les tableaux ci-dessous (tab. 2 et 3) figurent les valeurs indicatives usuelles pour les paramètres les plus importants du bain de sel de différentes sortes de fromage.

Tableau 2 **Paramètres du bain de sel et durée de traitement pour quelques sortes de fromage**

Sorte de fromage	Teneur en sel dans le fromage* g/100g	Température de la saumure °C	NaCl g/100g	Valeur pH	Degré d'acidité °SH	Ca [g/kg]	Durée du saumurage
Camembert	2.5 %	16 - 20°C	15 - 20	4.6 - 5.0	20-40	2.5-5.5	De 0,5 à 2 h
Emmental	0.2 - 0.4 %	13 -15°C	22 - 24	5.1 - 5.3	10-16	1.5-2.0	1 - 2 jours
Gruyère	1.6 -1.8 %	10 -15°C	22 - 24	5.15-5.25	10-20	1.5-2.0	24h (1 jour)
Raclette	1.9 - 2.2 %	10 -15°C	21 - 24	5.1 - 5.2	15-20	1.5-2.0	1 - 1.5 jours
Tilsit	1.5 - 1.9 %	10 -15°C	21 - 24	5.1 - 5.2	15-20	1.5-2.0	1 - 1.5 jours
Sbrinz	1.6 - 2.0 %	13 -15°C	22 - 24	5.1 - 5.2	10-16	0.8-1.5	18 - 20 jours

\* Teneur en sel dans les fromages prêts à la vente

Tableau 3: **Valeurs indicatives pour la composition du bain de sel**

Paramètre	Unité	Valeurs idéales selon le type de fromage		
		A croûte sèche	À croûte lavée	À croûte fleurie
Cuivre	mg/kg	< 1.2	< 1.2	< 1.2
Zinc	mg/kg	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Fer	mg/kg	< 2.0	< 2.0	< 2.0
Manganèse	mg/kg	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Germes halotolérants	UFC/ml	< 10'000	< 10'000	< 10'000 (sans levures ni moisissures)
Entérocoques	UFC/ml	< 100	< 100	< 100
Levures	UFC/ml	< 1'000	< 1'000	-
Moisissures	UFC/ml	< 500	< 1'000	-
Listérias	/25 ml	n.n.	n.n.	n.n.
Aspect		Légèrement jaune-vert et trouble (plus intense dans les fromages à pâte molle)		
		Pas de peau à la surface Pas de dépôts de graisse sur le bord, peu de poussière de fromage		
Paramètres sensoriels		Pur, acidulé		

## 6 Contrôles du bain de sel

Tableau 4 Paramètres à surveiller dans le bain de sel, fréquence de contrôle et mesures à prendre en cas d'écart

Paramètre	Méthode	Fréquence	Mesures
Température	Thermomètre	2 x par semaine	refroidissement, contrôle de la température
Teneur en sel	Densimètre	1 x par semaine	Redosage du sel
Valeur pH	pH-mètre	1 x par mois	Correction du pH
Degré d'acidité	Titration	1 x par mois	Trop bas: correction du pH Trop élevé: nettoyage ou renouvellement partiel de la saumure
Teneur en calcium	Laboratoire externe	1 x par an ou selon besoin	Trop bas: ajout de CaCl <sub>2</sub> Trop élevé: renouvellement partiel de la saumure
Cuivre	Laboratoire externe	Selon besoin	Trop élevé: renouvellement partiel de la saumure ; éclaircir la cause
Zinc			
Fer			
Manganèse			
Germes halotolérants	microbiologique	1 x par an	Trop élevé: nettoyage et év. désinfection de la saumure
Entérocoques	microbiologique	1 x par an	Idem
Levures	microbiologique	1 x par an	Idem
Moisissures	microbiologique	1 x par an	Idem
Listérias		Dans le cas de résultats positifs dans le fromage	1. vider le bassin, le nettoyer et le désinfecter 2. remplacer la saumure
Aspect	Analyse sensorielle	Avant chaque utilisation	Pas ok: nettoyage
Odeur, goût	Analyse sensorielle	Avant chaque utilisation	Pas ok: renouvellement de la saumure

## 7 Remplacement du bain de sel

Recette pour 1'000 kg (= 870 litres), saumure à 22%

1. 780 kg d'eau potable (qualité de l'eau; dureté env. 25°fH\*), le cas échéant chauffer pour accélérer la dissolution du sel.
2. + 220 kg de sel de table selon le manuel AQ de Fromarte, chapitre „Sels recommandés“
3. + 1,7 kg de chlorure de calcium sans eau (ou la quantité correspondante de solution de CaCl<sub>2</sub>)
4. Dissoudre en brassant (par ex. par insufflation d'air comprimé exempt d'huile).
5. Contrôler la densité dès que le sel est complètement dissous (maintenir la température de mesure selon les indications de l'appareil). Doit être à 15°C 1,18 g/ml ou 20,5 Bé
6. Ajuster la valeur pH (pas le degré d'acidité!) avec de l'acide lactique ou du petit-lait acide (cf. remarque \*\* de même que 8.2 ci-dessous)

### Remarques:

- \* *Importance de la dureté de l'eau: 25°fH correspondent à une teneur en calcium de 0,10 g Ca/l ou d'environ 15% de la teneur minimale en calcium souhaitée pour un bain de sel de 0,7g/litre. Le petit-lait contient selon le type de fromage de 0,5 à 0,8 g de calcium par litre.*
- \*\* *En raison de l'absence de pouvoir tampon du nouveau bain de sel, le degré d'acidité se situe en dehors des valeurs idéales en dépit d'une valeur pH correcte. C'est pourquoi, il est vraiment avantageux de mélanger la nouvelle saumure avec un peu de vieille saumure ou – dans le cas où cela n'est pas possible – de remplacer 10% du volume d'eau par du petit-lait écrémé pasteurisé.*


Pendant les premières semaines, il est recommandé de contrôler la nouvelle saumure après chaque utilisation du bain de sel et de corriger le pH si besoin est.

## 8 Soins à apporter au bain de sel

### 8.1 Maintien de la concentration en sel

Il est important de contrôler régulièrement la concentration de sel de la saumure au moyen d'un densimètre à sel (degrés Baumé) et, le cas échéant, de la corriger en y ajoutant du sel. Dans les bains de sel non agités, cela n'est pas toujours simple. Dans le cas de températures basses (< 10°C) et de concentrations élevées en sel, les cristaux de sel se dissolvent si lentement que selon les circonstances le fromage retire plus de sel à la saumure que la quantité qu'on y a ajouté.

Dans le cas de bains de sel fortement souillés, la lecture au densimètre à sel peut être faussée.

 *Dans l'annexe figure un tableau qui montre la relation entre la concentration de sel, la densité et les degrés de Baumé.*

### 8.2 Ajustement de la valeur pH et du degré d'acidité du bain de sel

La correction de l'acidité doit toujours avoir lieu après le nettoyage du bain de sel!

La valeur pH peut être abaissée au moyen d'acide chlorhydrique pour denrées alimentaires, d'acide acétique, d'acide lactique ou d'un autre acide. Pour augmenter le pH/abaisser le degré d'acidité, on utilise de la soude caustique liquide (30%) pour denrées alimentaires. Il est important de bien brasser la saumure et de contrôler régulièrement l'évolution du pH.

Si l'on travaille avec le degré d'acidité, on peut tenir compte des dosages suivants:

- Pour augmenter la valeur de titrage de 1°SH, il faut ajouter par 100 litres de bain de sel environ 22 g d'acide lactique ou 15 ml d'acide acétique concentré (98 - 100%).
- Pour abaisser la valeur de titrage de 1°SH, on a besoin par 100 litres de bain de sel d'environ 25 ml de soude caustique liquide concentrée (30%).

Ces indications ne sont valables que pour des bains de sel utilisés avec un pouvoir tampon normal. Dans le cas des nouveaux bains de sel, il faut des quantités d'acide ou de soude sensiblement plus faibles!

### 8.3 Nettoyage du bain de sel

#### a) Méthode usuelle (avec renouvellement partiel)

Laisser la boue se déposer sur le fond du bassin et pomper soigneusement la saumure dans un autre récipient (par exemple dans une cuve de pressage, pas dans la cuve en cuivre!). Eliminer la boue dans la fosse sceptique, puis nettoyer la cuve du bain de sel, y retransvaser la saumure par pompage et la compléter.

#### b) Filtration

Si on dispose d'un filtre travaillant sous pression (par ex. filtre pour boissons avec gel de silice), on peut obtenir une très bonne clarification avec une bonne réduction des germes et une perte minimale de la saumure.

c) Filtration sur membrane

Aujourd'hui, dans les grands établissements, on utilise principalement la microfiltration. Elle permet, en plus du nettoyage, de bien éliminer les germes contaminant la saumure. La filtration s'effectue partiellement en continu dans le bypass, en particulier dans la fabrication de fromages à pâte molle, où une suppression complète des germes de la saumure n'est pas absolument indispensable (maturation plus lente).

**Il n'est pas recommandé d'effectuer une centrifugation de la saumure (dégâts possibles à la centrifugeuse)**

#### 8.4 Elimination des germes de la saumure

Dans le cas d'une charge importante en microorganismes contaminant la saumure en dépit d'un bon nettoyage (cf. 8.3), on peut éliminer les germes de la façon suivante:

- chauffage
- désinfection par UV
- désinfection chimique

##### **Chauffage**

La désinfection de la saumure au moyen d'un échangeur de chaleur à circulation est pratiquée en particulier dans les établissements industriels. Il est toutefois déconseillé d'utiliser à cet effet le pasteurisateur à lait dans les établissements de production artisanale. Il y a danger de corrosion et de contaminations par des métaux lourds. Cela est d'autant plus valable pour le traitement thermique de la saumure dans la cuve en cuivre!

##### **Désinfection par UV**

La désinfection par UV utilisée dans la préparation de l'eau potable peut en principe aussi être utilisée pour supprimer les germes de la saumure. Le degré d'efficacité des rayons UV est cependant très limité et les particules solides en suspension réduisent considérablement le degré d'efficacité (turbidité de l'eau). Un effet ne peut cependant être escompté que si l'on plonge une lampe UV dans le bassin du bain de sel, que le bain circule et qu'il y ait peu de particules en suspension dans le bain de sel. L'idéal serait un système de circulation en continu dans lequel la saumure peu trouble défilerait devant la source d'UV.

##### **Désinfection chimique avec du peroxyde d'hydrogène**

Nous déconseillons de désinfecter la saumure avec des produits de désinfection étant donné que ces mesures ont des conséquences négatives telle la corrosion (cf. encadré) et équivalent à une lutte contre les symptômes avec peu d'effets durables. En principe, seul un traitement avec de l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) est envisageable. Les autres moyens (en particulier ceux qui contiennent du chlore) laissent des résidus toxiques!

Procédure lors de la désinfection du bain de sel:

1. Eliminer la boue déposée sur le fond (cf. 8.3 a).
2. Ajouter par 1000 litres d'eau de bain de sel 3 litres de Perhydrol 30% (eau oxygénée) et bien brasser.
3. Un peu de mousse apparaît à la surface dans laquelle se forme une couche flottante de saleté. Il faut écumer celle-ci 2 à 4 fois dans les 8 heures.
4. Contrôler la teneur en eau oxygénée au moyen des bâtonnets Peridtest (Roche Diagnostics - Suisse - SA, Rotkreuz)
5. Après 24 heures et un dernier écumage de la saleté, le bain de sel peut à nouveau être utilisé.

Le goût, l'odeur, le pH, le degré d'acidité de la saumure ne subissent que peu de modifications lors de la désinfection au moyen d'eau oxygénée à 30%.

**Attention au danger de corrosion!**

**Le mélange d'eau oxygénée et de saumure agit de façon corrosive même envers les alliages en acier les plus résistants aussi longtemps que de l'eau oxygénée encore active est présente dans la solution. Il faut donc éviter tout contact entre la saumure et du métal pendant les 24 premières heures après le traitement.**

## 9 Défauts du fromage dus à la saumure

Dans le tableau suivant figurent les défauts du fromage qui sont causés par une saumure de mauvaise qualité. Les défauts cités peuvent être causés en partie par d'autres facteurs qui ne sont pas énumérés ici, par exemple des défauts du fromage ou des défauts survenant pendant la maturation et les soins aux fromages.

Tableau 5. **Défauts du fromage dus à la saumure** (source: [2] complété)

Défaut	Molle	Mi-dure	Dure	Causes possibles
<b>Couleur</b>				
Coloration de la croûte sur de grandes surfaces (rouge – bleu, vert)		X	X	Métaux lourds (Fe, Cu, Zn, Mn) dans la saumure
<b>Morge</b>				
Pourriture sur la croûte		X	X	°SH trop bas / Ca bas / NaCl bas → croûte trop humide
Morge blanche		X		NaCl bas
Morge tachée	X	(X)		pH bas → inhibition de B. linens → morge défectueuse en raison de la présence de levures sauvages.
<b>Croûte</b>				
Gluante, savonneuse	X	X	X	°SH bas → croûte trop humide
Croûte fleurie	X			NaCl bas / °SH bas → croûte trop humide
Croûte molle	X	X	X	NaCl bas / Ca bas / pH bas / température élevée
Croûte cassante		(X)	X	pH trop bas / Ca trop bas
Croûte semblable à de la corne Transpiration de la MG		(X)	X	pH trop élevé / Ca trop haut → croûte sèche, compacte
Croûte incurvée		X	X	Fromage à gros trous: NaCl bas / Ca bas / pH élevé / surfaces mal salées
Croûte ridée	X	X		NaCl bas, °SH bas
<b>Pâte</b>				
Bords mous	X			NaCl trop bas
<b>Goût</b>				
Amertume	X			pH trop bas, °SH élevé
Odeur et goût de levure	X	X	X	Contamination avec des levures due à un bain de sel mal entretenu
<b>Forme</b>				
Déformation		X	X	Température du bain de sel trop élevée, Ca trop bas (croûte trop molle)

## 10 Résumé

Le salage est l'une des étapes les plus simples de la fabrication fromagère. Les procédés sont cependant très complexes et influencent considérablement la qualité du fromage. C'est pourquoi, il vaut la peine de contrôler les paramètres du bain de sel.

## 11 Littérature

1. Asperger H., Heistingner H. Zur Bedeutung des Salzbadetes für das Vorkommen von Listerien. Deutsche Milchwirtschaft 49 108-111 (1998)
2. Kammerlehner J: Käsetechnologie. Verlag Freisinger Künstlerpresse, Freising (D). (2003)
3. Flüeler O.: Das Salzen beim Käse. FAM Liebefeld. unveröffentlicht (1979)
4. Fox P.F, McSweeney P.L.H., Cogan T.M., Guinee T.P.: Cheese – Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 1.
5. Oehen V., Schilling P., Kessler W. Die Pflege des Salzbadetes verdient auch in der Hartkäserei vermehrte Beachtung. Schweiz. Milchzeitung 97 (20) S. 164. (1971)
6. Anon. Hilfstabellen für das chemische Laboratorium. E. Merck AG, Darmstadt (D)
7. Weast R.C. [Editor]: Handbook of Chemistry and Physics. 58th Edition. CRC Press Inc. Cleveland. (1977)

## Annexe

Tableau A. **Données physiques de l'eau salée en fonction de la teneur en sel**  
Source: [6, 7]

Teneur en NaCl g/100g	Densité $D_{15^{\circ}}^{15^{\circ}}$ g/ml	Poids spécifique °Bé	Activité de l'eau $a_w$ (25°C)
12.0	1.086	11.4	0.919
12.5	1.089	11.9	0.915
13.0	1.093	12.4	0.911
13.5	1.097	12.8	0.906
14.0	1.101	13.3	0.902
14.5	1.105	13.7	0.897
15.0	1.109	14.2	0.893
15.5	1.112	14.6	0.888
16.0	1.116	15.1	0.883
16.5	1.120	15.5	0.878
17.0	1.124	16.0	0.873
17.5	1.128	16.4	0.868
18.0	1.132	16.9	0.862
18.5	1.136	17.3	0.857
19.0	1.140	17.8	0.851
19.5	1.144	18.2	0.846
20.0	1.148	18.7	0.840
20.5	1.152	19.1	0.834
21.0	1.156	19.5	0.828
21.5	1.160	20.0	0.822
22.0	1.164	20.4	0.815
22.5	1.168	20.9	0.809
23.0	1.172	21.3	0.802
23.5	1.176	21.7	0.796
24.0	1.180	22.2	0.789
24.5	1.185	22.6	0.782
25.0	1.189	23.0	0.774
25.5	1.193	23.5	0.767
26.0	1.197	23.9	0.760
26.3	1.204	24.6	0.752

**Editeur** Agroscope Liebefeld-Posieux, Station fédérale de recherches en production animale et laitière (ALP), CH-3003 Berne, Tél. +41 (0)31 323 84 18, Fax +41 (0)31 323 82 27, www.alp.admin.ch, e-mail: info@alp.admin.ch **Auteurs** Ernst Jakob, Ruedi Amrein, Hans Winkler Tél. +41 (0)31 323 82 28

**Mise en page** Ernst Jakob, Helena Hemmi (page de titre) **Photos / rédaction** Agroscope Liebefeld-Posieux

**Copyright** Reproduction autorisée sous condition d'indication de la source et de l'envoi d'une épreuve à l'éditeur.

ISSN 1661-0660 / 25.10.2005