

LE SEL ET SON IMPORTANCE

Groupe de discussions Gruyère



Index

1. Introduction	2
2. Le sel et son influence sur la qualité sensorielle des aliments	3
3. Le sel dans l'alimentation	3
3.1 La fonction du sel NaCl	3
3.2 Consommation et recommandation	3
3.3 Maladies associées à la consommation de sel	4
4. Possibilités de réduction du sodium dans le fromage	5
5. Le salage	6
5.1 Absorption du sel par les fromages	6
5.2 Méthode de salage	7
5.3 Diffusion du sel	8
5.4 Possibilités d'accélérer le salage des fromages	9
6. Importance du sel dans la technologie du fromage	10
6.1 Influence sur le goût et l'arôme	10
6.2 Influence sur la surface, la formation de la croûte et la flore de surface	10
6.3 Consistance et structure de la pâte	10
6.4 Pertes de poids	10
6.5 Développement microbien dans la pâte	11
7. Le sel «inhibiteur» des germes propioniques	12
7.1 Inhibition de la fermentation propionique dans le Cheddar au moyen du NaCl	12
7.2 Inhibition des bactéries propioniques dans un Gruyère modèle avec du NaCl.	13
8. Sels actuellement conseillés en fromagerie et leurs additifs	14
9. Utilisation de sel iodé	15
9.1 Déclarations relatives à l'utilisation du sel en Suisse	15
10. Résumé	16
11. Sources	17

1. Introduction

Le sel est connu depuis la Préhistoire pour ses caractéristiques d'assaisonnement et de conservation des aliments. Il possède ainsi une fonction d'exhausteur de goût qui explique largement son utilisation en cuisine. Un exhausteur de goût est une substance qui augmente l'intensité de la perception olfacto-gustative. Le terme olfacto-gustatif englobe la flaveur d'un aliment, laquelle est formée par la saveur, l'arôme et les sensations trigéminales.

En production fromagère, le sel est un élément indispensable du point de vue gustatif et qualitatif.

Le présent document traite les différents aspects relatifs au sel, son importance dans l'alimentation et son importance pour la technologie fromagère.

2. Le sel et son influence sur la qualité sensorielle des aliments

De nos jours, on considère le salé comme étant une saveur de base au même titre que le sucré, l'acide, l'amer et l'umami (saveur conférée par exemple par le mono glutamate de sodium). Chez les humains les saveurs, provoquées par des molécules en solution dans la salive, sont perçues dans la cavité buccale dans ce que l'on appelle bourgeons gustatifs. Les mécanismes responsables de la détection des saveurs font l'objet d'études scientifiques depuis des décennies. Si on connaît assez bien ceux responsables de la détection du sucré et de l'amer, la détection du salé n'est pas encore bien comprise. Le sel habituellement détecté par l'homme fait référence à du chlorure de sodium (NaCl). Apparemment, les ions de sodium entrent dans les cellules sensorielles des bourgeons gustatifs à travers des canaux ioniques présents dans la membrane, mais la manière exacte dont les récepteurs des cellules convertissent l'information chimique de la molécule de sodium dans le circuit électrique des nerfs de la langue est une autre énigme qui attend d'être résolue.

Le sel, plus spécifiquement le sodium, a deux propriétés à l'égard de la saveur. La première, la plus reconnaissable, c'est sa capacité à donner la saveur salée. La plupart des adultes ainsi que les enfants aiment le salé, une réaction innée qui reflète probablement le besoin en sodium pour survivre. A cela s'ajoute l'acquisition d'une préférence pour la saveur salée qui se fait spécialement pendant l'enfance ; Il en résulte une consommation de sel trop élevée par rapport aux besoins effectifs.

La deuxième propriété du sel est qu'il interagit avec d'autres composantes de la flaveur (la combinaison de la saveur, l'arôme et les sensations trigéminales) pour améliorer les caractéristiques sensorielles des produits alimentaires. Ainsi, le sodium est un puissant suppresseur de nombreuses substances amères et il potentialise la perception du sucré. En outre il a une fonction d'exhausteur de goût. De ce fait, le sel est systématiquement ajouté aux aliments transformés.

Actuellement, les études se concentrent sur les caractéristiques des canaux ioniques, probablement formés par trois ou quatre sous-unités. La volonté de résoudre l'énigme de la perception de la saveur salée a pris une importance considérable en raison des problèmes de santé liée à l'excès de sel.

3. Le sel dans l'alimentation

3.1 La fonction du sel NaCl

Le sel de cuisine est composé des minéraux de sodium (Na) et de chlorure (Cl). Tous deux assument des fonctions importantes dans l'organisme humain. Le sodium par exemple régule la rétention d'eau et la pression osmotique dans les cellules et participe à la régulation du bilan acido-basique. Il joue aussi un rôle important dans la conduction de l'influx nerveux et dans la contraction des muscles. Quant au chlorure, il joue lui aussi un rôle important dans le bilan acido-basique. Jusqu'à aujourd'hui, le besoin physiologique en sel de l'organisme humain n'a pas pu être défini avec précision. Le besoin minimal en sodium se situe approximativement à 550 mg et celui en chlorure de 830 mg par jour par adulte, ce qui correspond à environ 1,4 g de sel de cuisine.

3.2 Consommation et recommandation

En Suisse, la consommation de sel s'élève entre 7 et 13 g par jour et par personne et devrait selon les recommandations officielles être réduite à 6 g. Il ne faut toutefois pas oublier dans le cas d'une réduction de sel que le sel en Suisse est la source la plus importante d'iode.

Le pain, le fromage, les soupes, les repas pré-cuisinés, les produits carnés sont des groupes de denrées alimentaires qui contribuent le plus à l'apport quotidien de sel. Il est toutefois difficile d'estimer précisément dans quelle proportion chaque denrée prise individuellement contribue à la consommation de sel. Les évaluations disponibles se basent sur les chiffres de la consommation; environ 70-80% de la consommation en sel est à mettre sur le compte des denrées alimentaires transformées, 15-20% proviennent de la teneur naturelle en sel des denrées alimentaires et le reste de l'ajout de sel lors du repas.

3.3 Maladies associées à la consommation de sel

Très souvent, le sel est associé en premier lieu à l'hypertension artérielle. L'hypertension est l'affection la plus connue - mais de loin pas la seule – dans la thématique portant sur le sel et la santé. D'autres problèmes de santé ont été associés à un apport trop élevé en sodium. Mais des investigations scientifiques supplémentaires sont toutefois nécessaires pour le prouver. Le plus souvent, ce ne sont pas les denrées alimentaires contenant du sel qui sont en cause, mais le sel lui-même.

En Suisse, environ 40% des hommes et 25% des femmes souffrent d'hypertension, à noter que l'apparition de l'hypertension augmente avec l'âge. L'hypertension est un facteur de risque important dans l'apparition des maladies cardio-vasculaires. Elle est non seulement la maladie de civilisation la plus fréquente, mais elle est aussi la cause de mort la plus répandue en Suisse. Les causes de l'hypertension sont complexes. Parmi elles, on trouve la surproduction de certaines hormones, les modifications des vaisseaux sanguins, le diabète, le surpoids et divers facteurs alimentaires. Le surpoids et l'alimentation sont deux facteurs influençables sur lesquels on peut agir pour abaisser la pression artérielle. Une consommation élevée en sodium (p. ex. denrées alimentaires salées) et faible en potassium (p. ex. fruits, légumes) de même qu'en calcium (p. ex. produits laitiers) favorise, selon les dispositions génétiques de chaque individu, l'augmentation de la pression artérielle. Toutefois, toutes les personnes ne réagissent pas de la même façon à une consommation élevée ou faible en sel. Les patients sensibles au sel réagissent à un apport élevé de sel par une augmentation de la pression artérielle, alors que celle-ci n'est pas du tout influencée chez les personnes insensibles au sel. Il n'y a donc pas de définition générale pour la sensibilité au sel, et les mécanismes ne sont pas encore connus. On estime qu'environ 15% des personnes avec une pression artérielle normale sont sensibles au sel, alors que la proportion chez les patients souffrant d'hypertension se situe à 50-60%. En raison de la réduction de la fonction rénale due à l'âge, il est probable qu'une grande partie des personnes âgées (plus de 65 ans) deviennent sensibles au sel. Ainsi, „seuls“ les patients sensibles au sel profitent d'une réduction de sel dans leur alimentation. Il n'est pas prouvé qu'une réduction de la consommation en sel à l'échelle de

l'ensemble de la population apporte des avantages sanitaires; cette affirmation est même controversée par les experts. Il semble cependant qu'il y ait des groupes de population (p. ex. les hypertendus sensibles au sel) chez qui une réduction de sel s'avérerait positive.

Des études menées au sein de la population sur le lien entre apport de sel et pression artérielle ont donné des résultats contradictoires.

Il existe d'autres sels, par exemple le chlorure de potassium KCl qui est présent dans le sel de table non raffiné, qui permettent d'éviter une surconsommation de sodium, par substitution. Malheureusement ces sels sont peu répandus, plus coûteux et ont d'autres inconvénients (voir ci-dessous).

4. Possibilités de réduction du sodium dans le fromage

Les sels de substitution peuvent être utilisés pour la production de fromages spéciaux destinés aux personnes souffrant de maladies nécessitant un régime sans sodium. Le chlorure de potassium est le plus souvent utilisé par l'industrie alimentaire. A l'appréciation sensorielle il dégage, en plus de la saveur salée, une sensation en bouche déviant vers amer ou du type «métallique».

Les essais d'ALP ont démontré que, dans le fromage, le sel (NaCl) peut être remplacé par du chlorure de potassium (KCl) ; la teneur en NaCl diminue linéairement avec l'augmentation de la teneur en KCl. Le tableau ci-dessous contient les résultats des analyses effectuées sur les fromages d'essai.

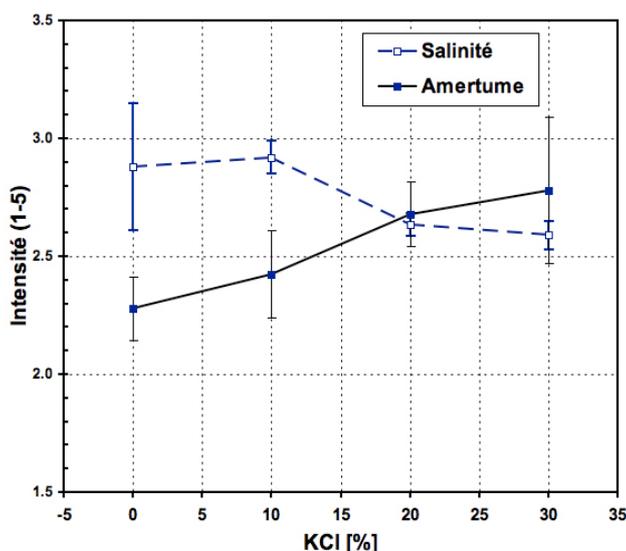
Tableau 1: Composition du fromage à raclette mûr

Variantes (N=4)		Graisse	Eau	Val.pH	NaCl	Sodium	Potassium
		[g/kg]	[g/kg]		[g/kg]		
Témoin		259.75	465.88	5.37	23.95	9.41	0.82
KCl 10 %		259.13	465.13	5.33	20.90	8.22	2.53
KCl 20 %		260.38	461.75	5.46	17.41	6.84	3.97
KCl 30 %		254.38	470.88	5.36	16.47	6.47	5.88
Valeur p	Variante	n.s.	n.s.	*	***	***	***

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$; n.s. non significatif;

Au maximum 30 % du sel (NaCl) peuvent être remplacés par du chlorure de potassium. Au delà de cette proportion, le défaut amer devient trop gênant. Le graphique ci-dessous illustre cet état de fait.

Fig. 1 : Salinité et amertume dans les fromages à raclette mûrs.



Important : en cas de substitution partielle du sel par du KCl, la teneur en sel dans les fromages doit être déterminée par l'analyse du sodium. La détermination habituelle par l'analyse des chlorures donnerait des résultats faux !

5. Le salage

5.1 Absorption du sel par les fromages

Un essai visant à mieux connaître l'absorption du sel par les meules d'Appenzell a démontré que celle-ci est influencée par la durée de saumurage des fromages, par la teneur en sel de l'eau de frottage et par la teneur en eau du fromage avant le bain de sel. Il a également confirmé que les teneurs en sel après le bain de sel peuvent être égalisées par l'utilisation d'eau de frottage plus ou moins salée.

En général du point de vue gustatif, on constate qu'une concentration de 3.5 à 4.5 % de sel dans la phase aqueuse du fromage est idéale.

A partir de la teneur absolue en sel dans le fromage et de sa teneur en eau, la concentration en sel dans la phase

aqueuse (appelée communément sel dans l'eau) peut être calculée selon la formule suivante :

$$\text{NaCl dans la phase aqueuse : } \frac{[\text{sel}] \text{ g/kg} \times 100}{\text{g/kg [eau]}}$$

Exemple d'un fromage à pâte dure

Teneur en NaCl absolue: 15 g/kg
Teneur en eau: 359 g/kg
Concentration du sel dans la phase aqueuse: 4.17 %

$$\frac{15 \times 100}{359} = 4.17 \%$$

Tableau n° 2: Teneurs en sel idéales pour différents fromages

Type de fromage	Teneur en sel absolue [g/kg]
Sbrinz	de 16 à 20
Gruyère	de 13 à 16
Emmental	de 3 à 5
Tête de moine	de 17 à 21
Tilsit	de 14 à 16
Appenzeller	de 14 à 18
Raclette	de 15 à 19
Vacherin fribourgeois	de 15 à 18
Vacherin Mont-d'or	de 12 à 15
Reblochon	de 14 à 17
Camembert	de 15 à 18

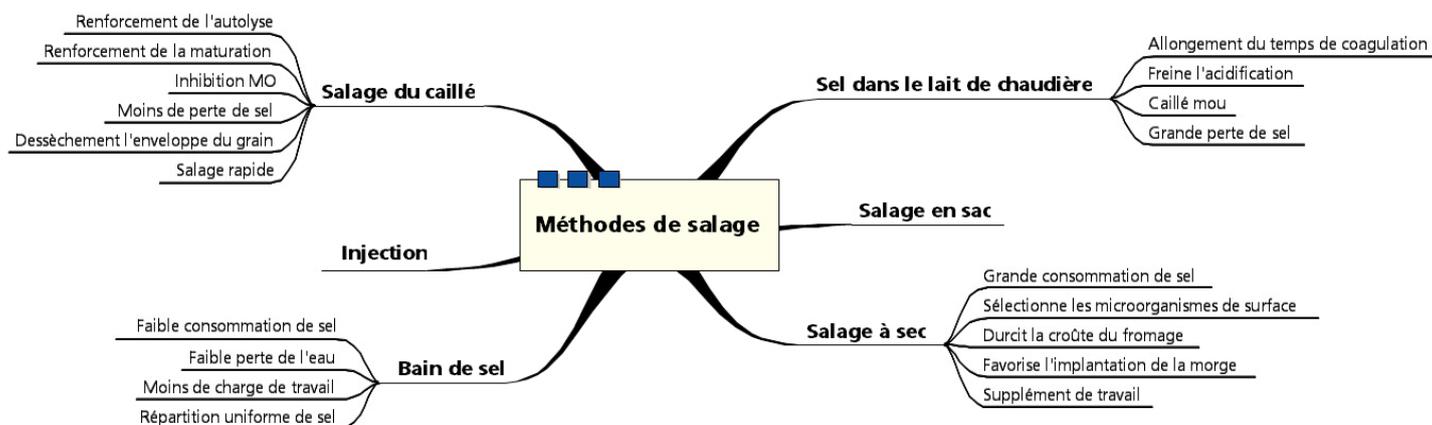
Ces valeurs sont plus restrictives que dans les cahiers des charges.

Tableau n° 3 : teneur en sel et eau de différents fromages suisses (moyennes tirées du fichier ALP)

Sorte	NaCl		eau		sel dans l'eau	apport journalier en sel (50g)
	[g/kg]		[g/kg]		%	idéal 3800mg/j
Emmental	4,29	± 0,76	350	± 8	1.2	6 %
Hüttenkäse	8,17	± 1,11	786	± 19	1.0	11 %
Brie	12,76	± 1,59	514	± 27	2.5	17 %
Vacherin fribourgeois	12,76	± 1,94	423	± 29	3.0	17 %
Tilstit past.	13,87	± 2,02	420	± 22	3.3	18 %
Gruyère	14,88	± 2,27	359	± 11	4.1	20 %
Appenzeller	15,63	± 2,02	396	± 13	3.9	21 %
Vacherin Mont d'Or	17,07	± 4,06	568	± 16	3.0	22 %
Tilsit cru	17,40	± 2,02	396	± 16	4.4	23 %
Sbrinz	17,90	± 2,77	319	± 09	5.6	24 %
Tomme	18,13	± 2,87	550	± 38	3.3	24 %
Raclette past.	18,36	± 1,49	414	± 20	4.4	24 %
Limburger	19,14	± 6,88	559	± 18	3.4	25 %
Reblochon	20,17	± 4,82	517	± 34	3.9	27 %
Appenzeller ¼-gras	20,43	± 5,04	482	± 17	4.2	27 %
Camembert	22,47	± 12,5	521	± 31	4.3	30 %
Tête de Moine	23,43	± 2,87	352	± 22	6.7	31 %

5.2 Méthode de salage

En industrie laitière, plusieurs types de salage sont appliqués



La méthode de salage la plus répandue est le bain de sel et le complément est apporté par les soins.

5.3 Diffusion du sel

Le sel diffuse très lentement vers l'intérieur des meules. Par exemple, pour le Gruyère, il faut environ 90 jours pour que le sel soit réparti uniformément dans toute la masse du fromage. Pour rappel, le Gruyère prend environ 50 % du sel lors du séjour au bain de sel, 30 % lors des soins des 10 premiers jours et le solde lors des soins jusqu'à 3 mois.

Pour mieux connaître la diffusion du sel, nous avons choisi à la Fromex 9 meules de Gruyère fabriquées en hiver et 9 meules d'été. Un échantillon a été prélevé

après 3, 10, 30, 60, 90, 120, 150 et 180 jours. Cet échantillon a été préparé de façon à obtenir 3 zones comme illustré ci-dessous. Elles ont été analysées quant à leur teneur en eau et en sel, ce qui nous a permis de suivre la vitesse de diffusion depuis la croûte jusqu'au centre des fromages.

L'objectif de ce travail était de connaître la différence saisonnière de la vitesse de la diffusion du sel.

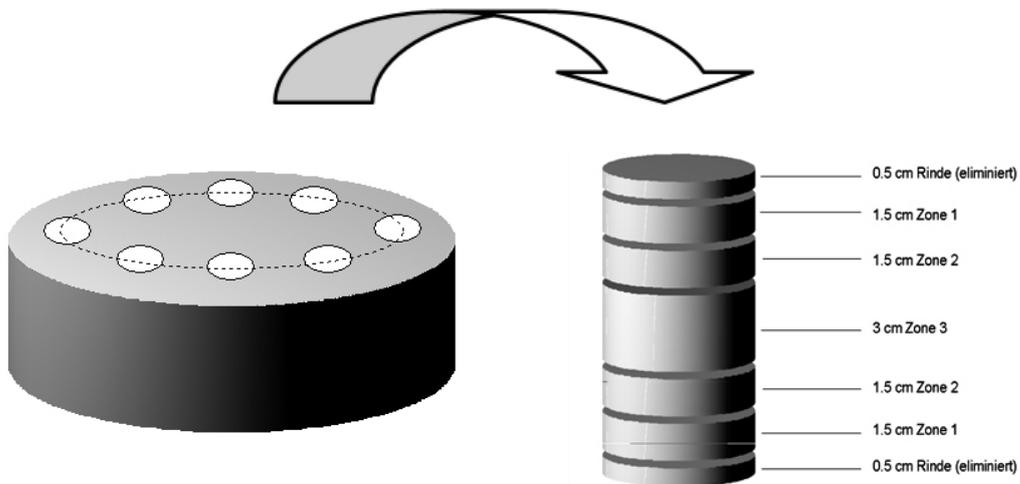


Fig. 2 : Echantillonnage pour l'étude de la diffusion du sel dans le Gruyère.

Les échantillons ont été prélevés puis coupés en 3 zones, en éliminant 0.5 cm de croûte, chaque zone représentant un volume identique.

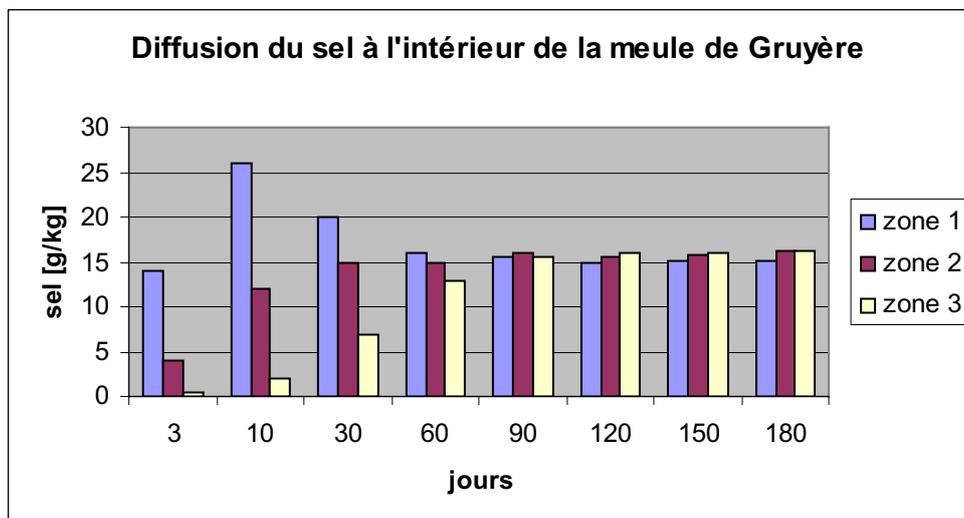


Fig. 3 : Diffusion du sel dans les différentes zones du Gruyère

En définissant précisément la quantité de sel utilisée pour le salage et les soins aux fromages, on ne constate aucune différence saisonnière de la quantité de sel absorbée par les 18 meules ayant servi à cet essai.

Le sel diffuse très lentement vers l'intérieur des meules. Il faut environ 90 jours pour atteindre une concentration à peu près égale dans les 3 zones.

Au début de l'affinage, on remarque bien l'effet du salage dans la zone 1, alors qu'en fin de maturation cette zone contient moins de sel que les deux autres. Ce phénomène est aisément explicable par les soins apportés aux fromages durant cette phase de l'affinage. Ils sont soignés à l'eau pure (sans ajout de sel).

Conclusions de l'étude :

Les fromages n'absorbent pas le sel de façon uniforme. Les facteurs qui influencent la vitesse de la diffusion du sel sont :

- Acidification lente (pH élevé après 2 et 4 heures)
→ diffusion plus rapide du sel
- Teneur en acide lactique élevée après 24 heures
→ diffusion plus rapide du sel
- Teneur en eau élevée, teneur en matière grasse basse, TEFD élevée → diffusion plus rapide du sel
- Hauteur des meules

Le fromager peut influencer la teneur en sel des fromages en maîtrisant les points suivants :

- Régularité de la teneur en eau des fromages
- Acidification constante
- Régularité des hauteurs des meules
- Durée au bain de sel
- Dosage du salage à sec
- % de sel dans l'eau de frottage connue et respectée

La durée de salage en bain de sel est très variable et, elle dépend des facteurs suivants :

- concentration en sel de la saumure (concentration recommandée 22° Bé)
- agitation de la saumure. L'agitation du bain de sel a deux avantages, régulation des températures dans la saumure, et diminution de la zone périphérique du fromage avec une concentration faible en sel.
- volume des meules (rapport entre la surface du fromage et son poids)

Le volume et les surfaces en contact direct avec la saumure, sont des facteurs importants comme nous montrent les deux exemples suivants :

- un Appenzeller immergé au bain de sel durant 1 jour prendra environ 10 g de sel par kg de fromage,
- tandis qu'un Gruyère immergé au bain de sel durant 1 jour prendra environ 7 g de sel par kg de fromage.

On constate que l'osmose est très intense immédiatement après l'immersion des fromages. Dès que la croûte s'est durcie, le processus est ralenti.

En augmentant le temps d'immersion au delà d'un jour, la quantité de sel augmente peu.

Pour arriver à la teneur en sel souhaitée, il est souvent nécessaire de faire un apport supplémentaire par les soins.

Pour maîtriser la concentration en sel, il est nécessaire de doser les quantités de sel ajoutées en cours d'affinage.

5.4 Possibilités d'accélérer le salage des fromages

Pour les meules de grandes tailles qui ont besoin d'être salées rapidement jusqu'au centre, comme le Sbrinz, plusieurs variantes ont été testées pour accélérer le salage.

Le salage du caillé pendant le moulage n'a pas conduit à l'objectif recherché. Soit que la plus grande partie du sel était perdue avec le petit-lait, soit que le sel perturbait l'acidification et l'égouttage des fromages.

D'une manière générale, l'agitation des saumures active l'absorption de sel.

6. Importance du sel dans la technologie du fromage

En technologie fromagère le sel agit sur les paramètres suivants :

- le goût et l'arôme
- la surface et la croûte
- la consistance et la structure de la pâte
- le développement microbien et la protéolyse

6.1 Influence sur le goût et l'arôme

La pâte de fromages trop peu salés dégage des sensations désagréables de goût. Il est fade, peu prononcé, atypique et, de plus, souvent accompagné des défauts impur, amer, putride et autres. Ça signifie que le sel a la propriété de masquer ces faux-goûts, ce qui est bien connu en cas d'amertume.

Au contraire les fromages salés dégagent des arômes puissants qui ne sont pas dus au sel uniquement, mais à son action d'activateur de goût.

En technologie de caillés congelés, les examens sensoriels démontrent que le salage accélère l'oxydation de la matière grasse. Ceci conduit donc à exclure toute opération de salage des caillés destinés à être congelés.

6.2 Influence sur la surface, la formation de la croûte et la flore de surface

Le sel soutire de l'humidité de la surface des fromages, ce qui conduit à la formation d'une croûte.

Les résultats d'un essai sur des fromages d'Appenzell indiquent que les meules saumurées durant 18h et frottées avec de l'eau pas ou peu salée ont souvent des défauts tels que croûte rugueuse, tachée ou chançrée. A l'inverse, les fromages saumurés durant 3 jours et frottés avec de l'eau très salée (15%) développent une morge collante qui ne se « ressuye » pas entre les soins.

Le salage influence aussi la flore de surface des fromages. Les bactéries sont plus fortement inhibées en raison de leurs exigences élevées en humidité (valeur $a_w > 0.98$). *Geotrichum candidum* ne tolère pas non plus les concentrations de sel trop élevées (valeur $a_w > 0.94 = 9\% \text{ NaCl}$), alors que beaucoup d'autres levures et moisissures ne sont pas complètement inhibées à des concentrations de sel de 20%, c'est-à-dire une valeur $a_w 0.84$. Le salage à sec et une mesure pour combattre les moisissures étrangères, mais inhibe également les bactéries de la surface.

La croissance des moisissures utiles comme *P. camemberti* est inhibée par le sel. Le seuil de croissance se situe aux environs de 20% de sel en milieu liquide. Dès 10%, on observe un retard de croissance d'une semaine. Par contre, le sel favorise l'essaimage. En effet, il est nul pour la plupart des souches en milieu non salé, alors qu'aux concentrations compatibles avec la technologie fromagère, la moitié des souches essaiment.

6.3 Consistance et structure de la pâte

La pâte des fromages à pâte dure et mi-dure devient plus dure et plus cassante avec l'augmentation de la teneur en sel, ce qui est provoqué par l'expulsion du calcium hors du complexe phospho-caséinate de calcium et son remplacement par du sodium.

6.4 Pertes de poids

La durée de saumurage et la concentration en sel de l'eau de frottage influencent la perte de poids des fromages à pâte mi-dure et dure.

Plus longue est la durée de saumurage et plus grande est la perte de poids mesurée après le bain de sel. En fin d'affinage cependant, la perte de poids totale est plus faible dans ces mêmes fromages. Ils perdent donc moins d'eau durant la maturation.

De même, les fromages frottés avec l'eau la plus salée (15%) perdent moins de poids que ceux frottés avec des eaux moins salées (de 0 à 10%).

6.5 Développement microbien dans la pâte

Comme déjà développé au point 6.2, il existe des micro-organismes sensibles, des tolérants et des aimants le sel. Tous ont un besoin absolu d'eau libre mesuré au moyen de la valeur a_w . La valeur a_w 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 maximale en sel d'environ 12 %. Au-dessus de cette concentration il manque d'eau libre !

Avec l'augmentation du sel dans le fromage, la vitesse de la protéolyse diminue en raison de l'activité microbienne et enzymatique réduite. Et par conséquent la vitesse d'affinage diminue. La concentration en sel joue donc un rôle prépondérant sur la flore microbienne, l'affinage et le développement du goût du fromage.

A partir d'une concentration de 4 % de sel dans l'eau les bactéries propioniques sont fortement inhibées et leurs activités cessent à partir d'une concentration d'environ 5.5%. Les points bruns qui se développent dans certains fromages sont des colonies de bactéries propioniques. Les expériences d'ALP et des praticiens tendent à démontrer que la teneur en sel influence l'apparition de ces points bruns. Une teneur en sel élevée diminue leur présence et influence la consistance et la structure de la pâte.

Dans le but de connaître le seuil de tolérance des bactéries propioniques dans les fromages ALP a réalisé deux essais.

7. Le sel « inhibiteur » des germes propioniques

7.1 Inhibition de la fermentation propionique dans le Cheddar au moyen du NaCl

L'objectif de cet essai était de pouvoir transmettre à la pratique des recommandations relatives à l'efficacité du sel pour inhiber le développement des bactéries propioniques en ajoutant une certaine quantité de sel dans le caillé. Le but était d'obtenir des concentrations de 3 à

6 % de sel dans la phase aqueuse. Pour cet essai, le lait était pasteurisé, et les laits de chaudière étaient enrichis d'une quantité d'environ 200 / 300 ufc/ml. en germes propioniques

Tableau n° 4 : sel ajouté par 10 kg de fromage

Variante	% de sel dans l'eau souhaité dans le fromage	Quantité de sel ajoutée par 10 kg de fromage	% de sel dans l'eau obtenu dans le fromage
1	3.00	190 g	2.01
2	4.00	250 g	2.41
3	5.00	310 g	2.78
4	6.00	370 g	3.32

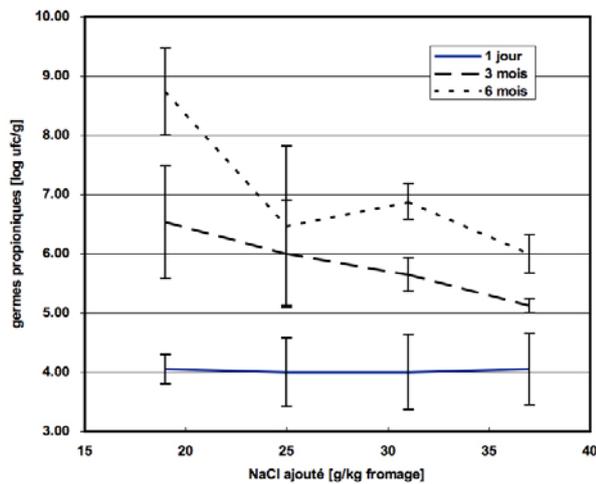


Fig. 4 : Teneur en bactéries propioniques dans le Cheddar en fonction de l'addition de NaCl (—1 jour, - -3 mois, ... 6 mois)

A 3 mois, les valeurs en acide propionique sont basses à toutes les concentrations en sel, tandis qu'à 6 mois, seule une teneur en sel dans la phase aqueuse supérieure à 3% permet d'inhiber la fermentation propionique.

A un jour, on dénombre environ 10'000 bactéries propioniques dans les 4 variantes.
A 3 et 6 mois, l'effet sel est mesurable.

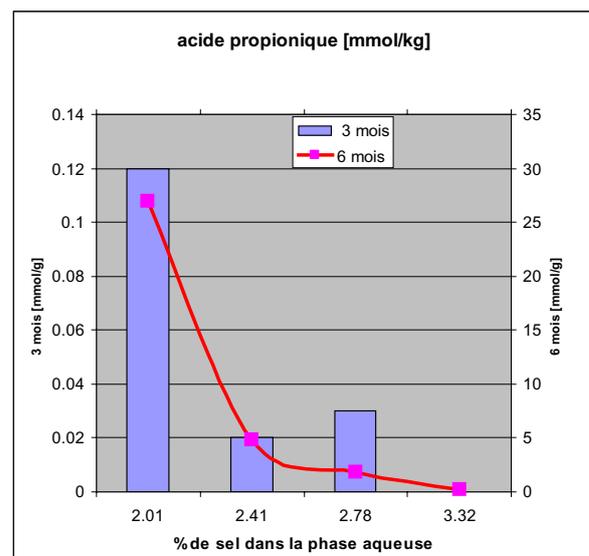


Fig. 5 : Production d'acide propionique dans le Cheddar en fonction de la concentration de sel dans la phase aqueuse.

7.2 Inhibition des bactéries propioniques dans un Gruyère modèle avec du NaCl

Cet essai a été programmé dans le but de pouvoir éventuellement diminuer la valeur idéale en sel dans le fromage en sachant que celui-ci joue un rôle d'inhibition sur la croissance des bactéries propioniques.

Le but était de comparer la façon d'apporter le sel dans les fromages en modifiant 2 facteurs.

Facteur 1 : durée au bain de sel : 1 jour et 3 jours
Facteur 2 : eau de frottage :

teneur en sel 2.5 %
teneur en sel 6 %
teneur en sel 22 %

Le lait de chaudière a été enrichi en germes propioniques à raison de 200 à 300 ufc/ml, la valeur de tolérance pour un Gruyère est de 20 ufc/ml.

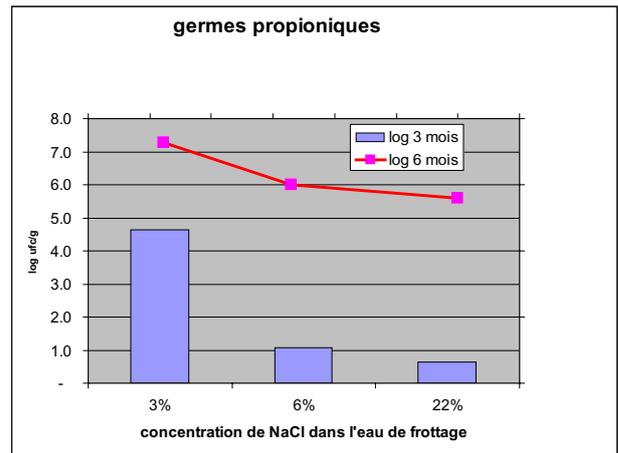
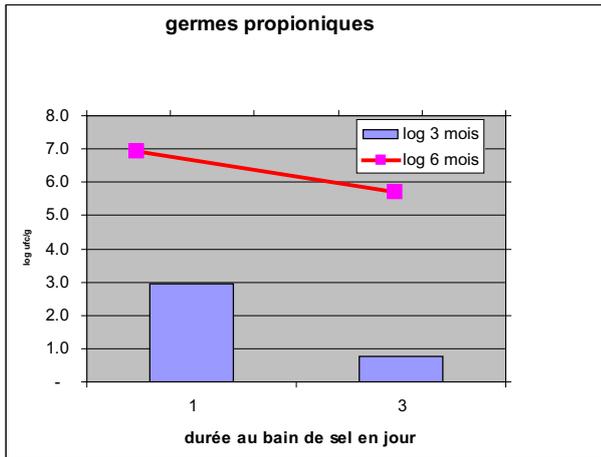


Fig. 6 : Croissance des germes propioniques dans la pâte du Gruyère modèle en fonction de la durée de saumurage (à gauche) et de la concentration de sel dans l'eau de frottage (à droite).

Jusqu'à 3 mois, l'efficacité du sel se remarque, autant par la durée au bain de sel que par la concentration de l'eau de frottage.

Entre 3 et 6 mois les germes propioniques se multiplient sans que le sel ne les inhibe.

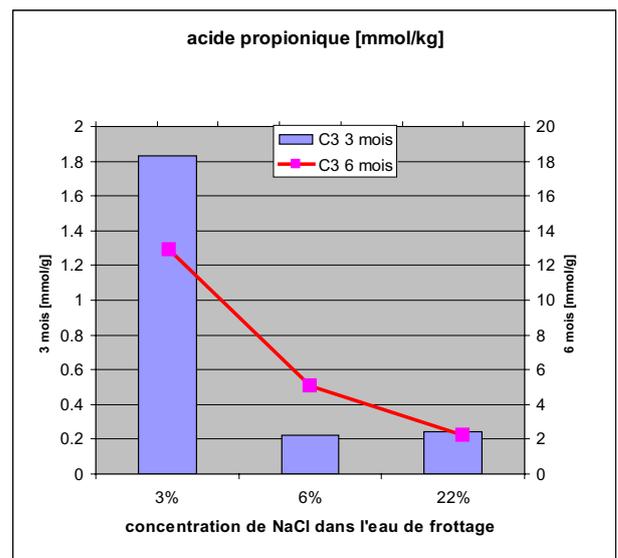
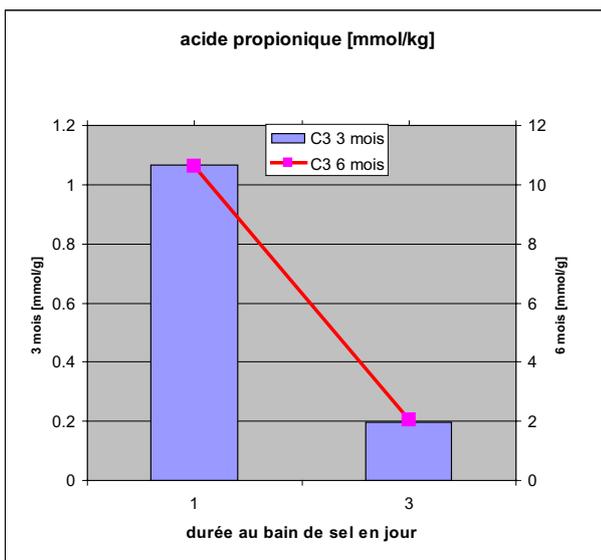


Fig. 7 : Production d'acide propionique dans la pâte du Gruyère modèle en fonction de la durée de saumurage (à gauche) et de la concentration de sel dans l'eau de frottage (à droite).

8. Sels actuellement conseillés en fromagerie et leurs additifs

A 3 mois, les teneurs en acide propionique sont en ordre. Avec une eau de frottage avec 3% de sel, la teneur se situe à la limite de tolérance.

A 6 mois les fromages qui ont séjourné 1 jour au bain de sel ou soigné avec une eau de frottage avec une concentration de 3% de sel ont des valeurs en acide propionique très élevées.

Ces deux essais, nous enseignent que :

1. Le sel a un pouvoir d'inhibition sur le développement des germes propioniques. Pour atteindre une inhibition complète des bactéries propioniques la teneur en sel dans la phase aqueuse doit être égale ou supérieure à 5%. Pour éviter une formation incontrôlée de l'ouverture, et pour assurer une bonne aptitude à la conservation des fromages, il est tout à fait justifié de maintenir un taux de contamination en germes propioniques le plus bas possible dans le lait de chaudière.
Une quantité de sel est importante au début de la maturation des fromages retarde le développement des germes propioniques, et de ce fait diminue la teneur en acide propionique.
2. Les différents traitements de surface ont conduit à de fortes différences à la surface des fromages. Seul, les fromages soignés avec une eau de frottage avec une concentration de 22 % ont eu une belle couleur, mais la morge était légèrement collante.
3. Une forte teneur en sel a influencé négativement la qualité de la pâte (fromages 3 jours au bain de sel).

Saline du Rhin (Rheinsalinen) :

1473 JuraSel® sel de cuisine 25 kg (1471 sac de 50 kg)
1545 JuraSel® sel de cuisine avec iode et fluor 25 kg
5591 sel de fromagerie

Saline de Bex :

1125 sel alimentaire séché, fluoré et iodé
1225 sel alimentaire séché
1725 sel alimentaire humide, fluoré et iodé
1825 sel alimentaire humide sans iode et sans fluor

Anti-mottant = antiagglomérant (E 536)
quantité de iode : 0.002% = soit 2 g par 100 kg de sel
quantité de fluor : 0.025% = soit 25 g par 100 kg de sel
+ voir spécification en annexe.

9. Utilisation de sel iodé

L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande, chez les adultes, une consommation minimale de 150 µg d'iode par jour et fixe la limite supérieure à 600 µg par jour. Les teneurs en iode des denrées alimentaires de base en Suisse ont été récemment analysées par l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), et l'apport moyen d'iode a pu ainsi être évalué à 140 µg par personne et par jour. De l'Information FAM no 282 de février 1994 «L'usage du sel de cuisine iodé » il ressortait qu'environ 90 % des fromageries utilisaient du sel de cuisine iodé. Comme mesure de prévention contre le goitre et l'utilisation du sel de cuisine iodé ALP recommandait l'emploi de tel sel.

Selon une étude d'ALP, la diffusion de l'iode au centre du fromage est très faible en raison de sa fixation aux protéines se trouvant en surface. Pour les fromages à croûte emmorgée une partie de l'iode est éliminée lors de l'écroutage du fromage. Dans le cas d'une consommation quotidienne de 50 g de fromage par jour la quantité d'iode absorbée se situerait entre 10 et 25 µg.

Aujourd'hui l'utilisation de sel iodé est remise en question. Selon une prise de position de l'Etat Français, l'emploi du sel iodé dans les produits alimentaires transformés est interdit en France. Cette interdiction découle du rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments intitulé « Evolution de l'impact nutritionnel de l'introduction de composés iodés dans les produits alimentaires » qui considère que l'utilisation systématique de sel iodé dans les produits alimentaires transformés exposerait la population à des risques de dépassement des limites supérieures de sécurité pour le iode.

Les fromages exportés doivent correspondre aux exigences légales des pays destinataires. Cela signifie que les exportateurs doivent connaître, pour chaque lot de fromage, si du sel de cuisine iodé et / ou fluoré a été utilisé car, dans de nombreux pays les fromages préemballés doivent être déclarés en conséquence (voir sous point 10 « Déclaration »).

Actuellement les affineurs et marchands de fromage doivent fournir un grand surplus de travail pour séparer les fromages selon la sorte de sel utilisée, pour finalement pouvoir les emballer et les étiqueter correctement.

Recommandation d'ALP

Basé sur le fait que l'utilisation de sel iodé pour la production de fromages à pâte dure et mi-dure ne contribue que très faiblement à l'approvisionnement en iode des consommateurs de fromage, le iode étant plus concentré dans la croûte et, en raison de l'obligation de déclarer cette utilisation dans certains pays d'exportation, ALP recommande aux fromagers de n'utiliser que du sel sans additifs iodés et fluorés.

Il est souhaitable que les interprofessions décident rapidement d'une règle uniforme en matière d'utilisation de sel pour la production et l'affinage de leurs fromages. En l'état actuel des connaissances, l'utilisation de sel sans iode et / ou de fluor, n'a aucune incidence négative sur le développement de la morge.

9.1 Déclarations relatives à l'utilisation du sel en Suisse

A ce jour, la législation suisse n'exige pas de déclaration de sel dans le fromage. Par conséquent l'utilisation du sel iodé et/ou fluoré ne doit pas être déclarée. Pour toutes les denrées alimentaires pour lesquelles le sel doit être déclaré comme additif, l'obligation de déclarer le sel iodé et/ou fluoré est applicable. Cependant quelques pays d'exportation exigent la déclaration également pour le fromage.

10. Résumé

Le sel (NaCl) est élément indispensable à la vie, mais sa consommation doit être contrôlée. Un manque ou un excès est mauvais pour la santé.

Son emploi est très répandu, en raison de son rôle d'exhausteur de goût.

Dans l'industrie fromagère, la complémentation en iode et en fluor n'est plus conseillée en raison de la situation à l'exportation.

Il est possible de remplacer le NaCl (chlorure de sodium) par du KCl (chlorure de potassium) jusqu'au maximum du tiers de la quantité de sel. Au delà de cette proportion, la saveur amère devient gênante.

En industrie fromagère l'emploi du sel est obligatoire, il est indispensable de respecter les teneurs souhaitées pour les différentes sortes de fromages.

Son rôle est multiple, il intervient sur les paramètres suivants:

- Affinage et conservation
- Solidification de la surface et formation du croûtage
- Consistance et structure de la pâte
- Goût et arôme
- Développement microbien

Ce dernier point mérite notre attention, si le sel favorise le développement de la flore de surface, il n'a qu'un faible effet inhibiteur sur la croissance des bactéries propioniques, c'est pourquoi pour les fromages ou ce germe n'est pas essentiel, il est nécessaire d'employer du lait avec une charge en germes propioniques faible (< 20 ufc)

11. Sources

Häni JP. 1997. Salzdifffusion im Gruyère Käse. Agrarforschung 4 (10) 405-406

Sieber R, Schär H. 1994. De l'usage du sel de cuisine iodé. Laitier Romand 120 (1) p 5

Sieber R, 2001. Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft FAM-INFO n° 42.

Jakob E, Amrein R, Winkler H. 2005. Influence de la saumure sur la qualité du fromage. ALP forum n° 24

Fröhlich-Wyder MT, 2006a. Réduction de la teneur en sel dans le fromage: Remplacement d'une partie du NaCl par des succédanés de sel. ALP interne n° 230 (non publié)

Fröhlich-Wyder MT, 2006b. Réduction de la teneur en sel: Teneur en sel à ne pas dépasser pour inhiber la fermentation propionique. ALP interne n° 241 (non publié)

Fröhlich-Wyder MT, 2006c. Réduction de la teneur en sel dans le fromage: 0 Remplacement d'une partie du NaCl par KCl. ALP interne n° 285 (non publié)

Fröhlich-Wyder MT, 2007. Inhibition des bactéries propioniques dans le Gruyère modèle au moyen du NaCl: Recherche de la teneur maximale nécessaire. ALP interne n° 320 (non publié)

Fröhlich-Wyder MT, Schafroth K. 2007. Inhibition de la fermentation propionique dans le Cheddar au moyen du NaCl. ALP interne n° 326 (non publié)

Communication à MIFROMA du 23 novembre 2007 de la direction générale de la concurrence de la consommation et de la répression des fraudes de l'Etat Français, concernant fromage iodé.

Editeur Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux 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** Daniel Goy, Jean-Pierre Häni, Patricia Piccinalli, Karin Wehrmüller, Ernst Jakob, Tél. +41 (0)31 323 82 28, e-mail: jean-pierre.haeni@alp.admin.ch www.alp.admin.ch **Mise en page** Marc Wassmer **Photos/rédaction** Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP **Copyright** Reproduction autorisée sous condition d'indication de la source et de l'envoi d'une éprouve à l'éditeur.

ISSN 1661-0814 / 28.01.2008

12. Annexe : spécification

Spécification:

Sel Alimentaire séché sans Iode/Fluor



Code: 1225

*le sel est notre histoire, notre
métier, notre passion*

Caractéristiques	Composé de chlorure de sodium, finement cristallisé blanc et séché, destiné à l'alimentation selon les exigences de l'Ordonnance sur les Denrées Alimentaires. L'adjonction d'un anti-mottant empêche le sel de s'agglomérer et permet un dosage optimum du produit. Ce sel n'est pas iodé ni fluoré (prévention du goitre, du crétinisme, des caries dentaires, etc), il ne peut donc pas être utilisé comme sel de cuisine ou de table.		
Utilisation	Sel alimentaire pour l'industrie, lorsque les composés de iode et de fluor ne sont pas souhaités. Ce sel n'est pas utilisable pour la restauration ou comme sel de cuisine, car il n'est ni iodé ni fluoré.		
Aspects Sensoriels	couleur:	blanc	
	odeur:	inodore	
	goût:	purement salé en solution de 1 à 6% dans l'eau (seuil de détection: env. 0.6‰ ou 0.01M)	
Composition	Chlorure de Sodium	min.	99.8 % NaCl
	Sulfates	max.	0.2 % SO_4^{2-}
	Calcium	max.	80 ppm Ca^{2+}
	Magnésium	max.	10 ppm Mg^{2+}
	Insolubles	max.	0.01 %
	Antiagglomérant	max.	5 ppm E536 ($K_4[Fe(CN)_6]$)
	Humidité	max.	0.2 % H_2O
Propriétés Physiques	poids spécifique: env. 1.2 kg/dm ³ granulométrie: 0.1- 0.5 mm point de fusion: 801 °C point de saturation: 357 g/l en eau à 20°C		
Conditions d'Entreposage	Produit hygroscopique: peut durcir au contact de l'eau et du froid. Doit être entreposé dans un endroit sec et fermé, à une température supérieure à 5 °C et une humidité relative inférieure à 70 %. Dans ces conditions d'entreposage, le produit ne s'altère pas. La durée d'entreposage dépend principalement des effets de l'environnement sur les emballages et de leur état.		
Conditionnement	Sacs PE de 25 kg sur palette euro de 1000 kg		