

Procédés de transformation fromagère

1-Définition et classification

- Au plan technologique, le fromage est de la caséine plus ou moins débarrassée des autres constituants du lait et plus ou moins transformé.
- Le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait, obtenu:

1-Définition et classification

- par coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème de lactosérum ou babeurre, seul ou en combinaisons, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation;
- par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir de lait, présentant des caractères physiques, chimiques et organoleptiques similaires à ceux du produit défini plus haut.

1-Définition et classification

- Selon La norme FAO/OMS n° A-6 (1978, modifiée en 1990):
 - ✓ **Le fromage affiné** est celui qui n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication, qui doit être maintenu pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage.
 - ✓ **Le fromage affiné aux moisissures** est celui dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques dans la masse et/ou sur la surface du fromage.

1-Définition et classification

- ✓ **Le fromage frais ou non affiné** est du fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après la fabrication.

2- Principe généraux de fabrication

- Le fromage est le produit obtenu par coagulation du lait suivie d'un égouttage du coagulum.
- Il est essentiellement constitué d'un gel de caséine retenant les globules gras et une partie plus ou moins importante de la phase aqueuse du lait.
- La fabrication du fromage comprend trois étapes:
 - a) coagulation ou formation du gel ou coagulum;
 - b) égouttage ou déshydratation du gel aboutissant à un caillé;

2- Principe généraux de fabrication

- c) affinage ou digestion enzymatique du caillé.
- Cette dernière étape n'existe pas dans le cas des fromages frais consommés après égouttage. Ces trois étapes sont généralement précédés d'une phase préalable de préparation du lait.

Résumé des étapes

Lait
vache ,brebis , chèvre

Coagulation ou
« caillage »

Égouttage

Fromages frais



Moulage

Salage

Affinage

Fromages
Affinés

3- Etapes de fabrication du fromage

3-1- Préparation du lait

- Dans de nombreuses fabrications de fromages fermiers, le lait, encore tiède, est mis en coagulation dans la traite, après une simple filtration.
- Dans certains cas, on laisse le lait reposer quelques heures dans un local frais afin de procéder un écrémage partiel en recueillant la crème montée à la surface et afin de permettre le démarrage de la flore lactique intervenant dans la coagulation et l'égouttage.

3-1-1- Nettoyage du lait par filtration statique ou centrifuge.

- Il permet de retenir les impuretés du lait.
- L'opération centrifuge est plus efficace; elle retient notamment les leucocytes.

3-1-2- Standardisation lait en matières grasses et en matières protéiques.

- L'ajustement de la teneur en matières grasses se fait soit par apport de lait écrémé dans du lait entier, soit par apport de crème dans du lait entier.

- La standardisation en matières protéiques se fait par ajout au lait de poudre de lait, de caséine ou de caséinates, ou encore par ultrafiltration.
- La teneur en protéines du lait de fromagerie est le plus souvent comprise entre 33 et 40 g/litre au maximum.

3-1-3- Assainissement du lait

- Il se fait très généralement à l'aide d'un traitement thermique.

- Pour éviter la confusion entre la pasteurisation et les traitements thermiques moins sévères utilisés en fromagerie, on leur réserve souvent le terme de thermisation (léger chauffage du lait de 45 °c pendant 30 minutes à 72 °c pendant 1 seconde).
- Il faut rappeler que la pasteurisation peut entraîner diverses modifications de la composition et de la structure physico-chimique du lait défavorables aux fabrications fromagères.

- Les protéines solubles retenues dans le caillé rendent l'égouttage difficile et peuvent être à l'origine, lors de la maturation, de saveurs défectueuses.
- Il faut souligner aussi **une rupture de l'équilibre phosphocalcique** du lait se traduisant par un appauvrissement en sels de calcium soluble qui **provoque des difficultés de coagulation**.

3-1-4-Rééquilibrage en calcium

- Pour redonner au lait pasteurisé (comme au lait refroidi) un comportement normal au cours de la coagulation et de l'égouttage, il suffit généralement de lui **ajouter du chlorure de calcium anhydre** à une dose maximale de 0,2 g/litre.

3-1-5- Maturation

- Elle a pour but d'améliorer le lait en tant que milieu de culture pour les bactéries lactiques et d'amener le lait à son pH optimum d'emprésurage.

- Secondairement, elle contribue à reconstituer les équilibres physico-chimiques du lait ayant pu être perturbés par des traitements antérieurs (réfrigération principalement).
- Il existe diverses méthodes de maturation dont le choix est fonction de la qualité du lait reçu, de l'organisation du travail et de la nature du fromage.

3-2- Coagulation

- La coagulation du lait correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine.
- En fromagerie, la déstabilisation est réalisée soit par voie fermentaire à l'aide de bactéries lactiques, soit par voie enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes, en particulier la présure.

3-2-1-Coagulation par acidification lactique

- Sous l'action des bactéries lactiques (Streptocoques et Lactobacilles), le lait s'acidifie progressivement.
- Cette acidification entraîne une neutralisation des charges négatives portés par les caséines.
- Dans le même temps se produit une déminéralisation progressive des micelles qui se désintègrent en sous-unités.

- Lorsque le pH est voisin de 5, la charge des submicelles est très réduite et la précipitation s'amorce.
- A pH 4.6, la neutralisation des charges est complète; les micelles de caséine flocculent et se soudent formant au repos un gel homogène qui emprisonne le lactosérum et occupe entièrement le volume du lait.
- Au cours de la déminéralisation du complexe phosphocaséinate de calcium, le calcium colloïdal migre dans le sérum.

3-2-2- Coagulation par action de la présure.

- Diverses enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait.
- Elles sont soit d'origine animale (présure, pepsine), soit d'origine végétale (broméline, ficine), soit d'origine microbienne (enzymes de certaines moisissures ou de bactéries).
- Les enzymes utilisés en fromagerie sont la présure, la pepsine et celles d'origine fongique.

- La coagulation du lait par la présure comprend deux phases: une phase enzymatique, au cours de laquelle la chymosine dégrade la caséine, et une phase de coagulation, qui correspond à la formation du gel par agrégation des micelles modifiés.
- ❖ Selon le mode de coagulation dont ils résultent, on classe habituellement les coagulums en trois types conduisant à trois grandes catégories de fromage:

- a) coagulums à caractère lactique dominant (type «pâte fraîche»:
fromages blancs, petits suisses, cottage, quarg, etc.);
- b) coagulums à caractère présure dominant (type « pâte pressé »:
saint-paulin, edam, cantal, cheddar, gruyère);
- c) coagulums à caractère mixte (type « pâte molle »: camembert,
brie, munster, bleu, etc.).

Caractéristiques des coagulums et des fromages en fonction du mode de coagulation.

Caractéristiques	Modes de coagulation	
	Voie enzymatique (présure)	Voie fermentaire (acide lactique)
Coagulums		
Temps de floculation	Court (de 10 à 30 minutes)	Long (de 6 à 15 heures)
pH	6,70-6,50	<4,5
Minéralisation	Forte (1-1,2 g Ca/100 g)	Faible (0,1 g Ca/100 g)
Structure micellaire	Modifiée	Détruite
Fermenté	Faible	Forte
Friabilité	Faible	Forte
Plasticité	Faible	Forte
Elasticité	Forte	Faible
Perméabilité	Faible	Forte
Contractibilité	Forte	Faible
Tension	Forte	Faible
Aptitude aux traitements mécaniques	Forte	Faible
Egouttage	Rapide et important si actions mécaniques et thermiques fortes	Spontané, lent, faible

Aptitude à l'évaporation	Faible	Forte
Humidité du caillé égoutté	Faible	Forte
Cohésion du caillé égoutté	Forte	Faible

Fromages

Minéralisation	Forte	Faible
Matière sèche	Elevée (60-65 %)	Basse (20-25 %)
Texture	Cohérente, liée, solide, élastique	Plastique, sans tenue
Format	Gros	Petit
Durée d'affinage	Longue ou moyenne	Courte ou nulle
Durée de conservation	Longue	Faible

3-3- Egouttage

- Plus ou moins rapidement selon la nature du coagulum, la phase dispersante se sépare spontanément du coagulum sous forme de lactosérum.
- La séparation du lactosérum s'accompagne d'une ségrégation des différents composants originels du lait.
- La plus grande partie de l'eau et du lactose ainsi qu'une petite fraction de la matière grasse et des protéines sont éliminées par le sérum.

- La plus grande partie des protéines et de la matière grasse est retenue par le coagulum, dont l'extrait sec croît progressivement à mesure de l'élimination du sérum.



3-4- Salage

- Il a un triple rôle:
 - ❖ il complète l'égouttage et contribue à la formation de la croûte;
 - ❖ il règle l'activité de l'eau (A_w) du fromage et par là favorise, freine ou oriente le développements des micro-organismes et les activités enzymatiques au cours de l'affinage;
 - ❖ il relève la saveur du fromage et masque ou exalte le goût de certaines substances formées au cours de l'affinage.

- On utilise deux procédés de salage:
 - ❖ le salage à sec des fromages par saupoudrage à la main ou à la machine, par frottage ou par incorporation dans le caillé;
 - ❖ le salage en saumure généralement saturé (318 g/litre à 20°C).
- La plupart des fromages ont une teneur en sel de 1,5 - 2,5 pour cent. Certains fromages orientaux (feta) conservés en saumure ont un taux de sel de 8 à 15 pour cent et sont généralement dessalés avant leur consommation.

Salage à la main
(à sec)



Salage en
saumure



3-5- Affinage

- A la fin de l'égouttage, le coagulum se trouve sous forme d'un gâteau de volume, de forme et de composition déterminées.
- Sauf dans le cas où ce coagulum est consommé à l'état frais, il subit alors un affinage (ou maturation) qui va modifier sa composition, sa valeur nutritive, sa digestibilité et ses caractères organoleptiques (aspect, consistance, saveur, odeur).

- L'affinage correspond à un ensemble de dégradations enzymatiques, simultanées ou successives, du substrat (= le caillé) préparé par la coagulation et l'égouttage.
- Il constitue un processus très complexe en raison de la nature du substrat, de la diversité des agents responsables, de la variété des transformations et du nombre de produits formés.
- Il est dominé par plusieurs phénomènes biochimiques dont les plus importants sont la fermentation du lactose, la dégradation enzymatique des protéines et l'hydrolyse de la matière grasse.

- Les protéines sont hydrolysés en éléments de plus en plus simples et à sapidité croissante: polypeptides, peptides, acides aminés, ammoniac.
- La dégradation de la matière grasse est surtout notable dans le cas des pâtes persillées.
- Les triglycérides sont hydrolysés en acides gras et glycérol, eux-mêmes pouvant être transformés en résidus plus sapides et aromatiques (aldéhydes, cétones).



Cave d'affinage



4- Technologie des principaux types de fromage

4-1- Fromages issus de coagulation lactique

- Il s'agit des fromages frais ou à pâte fraîche.
- La coagulation a un caractère acide prédominant.
- Elle est obtenue par un ensemencement du lait avec des bactéries lactiques mésophiles à la dose de 1 à 3% et à la température de 18 à 25 °C.

- Elle est complétée par une faible addition de présure (de 1 à 5 ml de présure au 1/10 000 pour 100 litres) seulement destiné à donner une légère contractilité au caillé.
- Le temps de floculation varie de 6 à 15 heures.
- Le temps de tranchage ou de coagulation totale est de l'ordre de 16 à 48 heures.
- En fin de coagulation, l'acidité du sérum est élevée (de 65 à 100 °Dornic) et le pH bas (4-4,5).

- Le coagulum est ferme, friable, perméable.
- Son aptitude à l'égouttage est faible; la matière sèche dégraissée finale est toujours inférieure à 30 % et varie le plus souvent entre 12 et 22 %.
- L'égouttage spontané est lent et incomplet, il est nécessaire d'exercer une action mécanique sur le coagulum.
- Dans ces conditions, l'égouttage reste néanmoins long (de 24 à 48 heures).

- La centrifugation permet de réaliser l'égouttage de façon presque instantanée.
- La pâte obtenue en fin d'égouttage se caractérise par une forte humidité, un pH bas (4-4,2) qui lui confère son goût acidulé et une faible minéralisation (0,1 % de calcium, 0,2 % de phosphore). Elle contient encore, sous forme d'acide lactique, environ 25 % du lactose du lait.

4-2-Fromages issus de coagulation mixte

- La coagulation est réalisée par action conjointe de la présure et de l'acide lactique.
- Cependant, la formation du coagulum se fait généralement sous l'action dominante de la présure.
- Selon les pâtes, les doses de présure au 1/10 000 varient de 15 à 25 ml pour 100 litres, celles des levains lactiques de 1 à 3 litres pour 100 litres et la température de coagulation de 28 à 32 °C.

- Les pâtes obtenues ont une teneur en matière sèche comprise entre 42 et 55 %, un degré de minéralisation limité (0,2-0,3 % de Ca), un pH bas (4,2-4,5).
- L'affinage est de durée variable, mais toujours assez courte (de 10 jours à 2 mois).

4-3-Fromages issus de coagulation présure

- Ce sont les fromages à pâte pressée.

- Ils se caractérisent par une coagulation à caractère présure dominant, obtenue par l'utilisation de doses élevés de présure (de 25 à 40 ml de présure au 1/10 000 pour 100 litres de lait) dans des conditions de température favorables à l'action de l'enzyme (de 32 à 40 °C).
- En outre, le caractère lactique reste très limité par la mise en œuvre de lait fraisensemencé avec de faibles doses de ferments acidifiants (de 0,5 à 1 litre pour 100 litres de lait).
- Le temps de floculation est court (de 10 à 30 minutes).

- Ainsi, le calcium et le phosphore restent intégrés dans la charpente de phosphoparacaséinate de calcium, de sorte que le caillé présente un degré de minéralisation élevé (Ca = 0,6 à 1,2 pour 100 g; P = 0,3 à 0,8 pour 100 g) et, de ce fait, est souple, peu friable et apte à l'égouttage mécanique.
- L'égouttage est rapide. La teneur élevée en matière sèche (de 45 à 70%) est obtenue par la mise en œuvre de plusieurs traitements physiques (tranchage, brassage, lavage, chauffage, pressage) permettant de rompre énergiquement l'imperméabilité du gel.

- Le pH en fin d'égouttage est voisin de 5-5,2.
- L'affinage débute par la neutralisation de la pâte.
- Celle-ci se fait essentiellement par l'intermédiaire du calcium mais est, dans certains fromages, complété par le développement contrôlé en surface de moisissures et d'une flore neutralisante productrice d'ammoniac.
- La protéolyse qui suit se fait par voie enzymatique: présure et principalement protéases bactériennes.

- Dans les pâtes du type emmental se développe la fermentation propionique qui, par production de gaz, est responsable de l'ouverture, c'est-à-dire de formation de trous; elle contribue aussi au développement de la saveur.
- La durée de l'affinage est longue (de 3 semaines à 9 mois); elle varie dans le même sens que la matière sèche.
- La température des hâloirs est de l'ordre de 12 °C pour les fromages à pâte pressée non cuite.

5- Valeurs nutritionnelles des fromages

5-1- Composants protéiques

- Au cours de la phase de maturation enzymatique du fromage (ou affinage), la protéolyse partielle de la matière première (essentiellement la caséine insoluble) libère un ensemble de produits de dégradation azotés.
- Ces substances solubles sont des oligopeptides, des acides aminés et des amines de l'ammoniac et même des acides gras courts (produits de désamination).

- Selon les techniques de fabrication, chaque fromage possède des métabolites azotés à des concentrations propres, qui augmentent d'ailleurs au fur et à mesure que l'affinage progresse.
- La proportion de matière azoté soluble qui apparaît ainsi varie de 10 à 60 % selon les fromages et peut atteindre 90 % pour certains fromages à pâte molle.
- Le taux des acides aminés libres varie de 0,6 à 1,2 %. La teneur de chacun d'entre eux n'est pas toujours le reflet d'une simple hydrolyse de la caséine.

- On retrouve proportionnellement trop de lysine et les acides aminés les plus abondants sont la leucine et l'acide glutamique.
- Les taux de tyrosine et de tryptophane sont quant à eux des indices d'hydrolyse de la β -caséine seulement.
- Des composés n'entrant pas dans la structure de la caséine sont détectés dans le fromage: l'ornithine et le GABA (gamma aminobutyrique). Il s'agit sans doute de dérivés de l'acide glutamique et de l'arginine.

Composition en certains nutriments de différentes variétés de fromages

(pour 100 g de fromage ou en pourcentage de la matière sèche)

Variétés	Protéines	Matière grasse		Calcium	Phosphore	Sodium
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
Parmesan	36,5	26		13,0	8,5	2,1
Emmenthal	27,9	29	45	10,8	8,6	0,6
Tilsit	26,0	27,7	45	8,0	5,3	1,3
Cheddar	25,4	32,4	50	8,0	5,0	1,7
Edam	25,5	26,0	45	7,5	4,5	2,1
Gouda	25,4	29,0	45	8,2	4,4	2,1
Butter-cheese	21,1	29,0	50	6,9	4,2	
Bleu	22,4	29,0	50	7,0	4,9	
Brie	22,4	23,0	50	4,0	4,0	2,1
Camembert	22,0	22,3	45	4,0	4,0	1,6
Limbourg	22,4	19,7	40	5,7	3,0	
Romadour	23,2		30	5,1	3,0	
Feta	17,8	18,8	40	6,5	4,0	4,6
Cottage cheese	14,7	4,6	20	0,8	1,6	0,8
Fromage blanc	11,8	11,8	40	0,7	1,5	
Fromage maigre	16,3			0,9	1,9	

- Lors de la fabrication, c'est essentiellement la caséine qui constitue le fromage, tandis que les protéines solubles de bonne qualité nutritionnelle restent dans le lactosérum. C'est pourquoi la valeur biologique des protéines fromagères est quelque peu inférieure à celle des produits laitiers.
- La digestibilité protéique peut être proche de **100 %** pour une variété de produits; le degré d'utilisation biologique des acides aminés essentiels des fromages est élevé (**89%**), plus que celui du lait (de 85 à 86 %) et proche de celui de **l'œuf (presque 90%)**.

5-2-Effets de la transformation des graisses

- L'acceptabilité des fromages gras est habituellement supérieure, car leur haute teneur lipidique leur imprime un saveur plus appréciée. Certains arômes ne se développent que si la proportion de **matière grasse est suffisante (au moins 40 à 50 %)**, sans quoi les produits de dégradations lipidiques odorants ne se forment pas.
- Ce sont surtout les acides gras volatiles (C2, C4, C6 et C8) qui donnent au fromage son odeur.

- Certains acides gras à nombre impair de carbones (produits par la dégradation de certains acides aminés) ou l'acide acétique (obtenu de la transformation du lactose) sont aussi responsables de l'odeur, et donc de l'acceptabilité du fromage.
- Le stockage s'accompagne souvent d'une augmentation de la teneur en composés aromatiques, conditionnant par là son attrait pour le consommateur.

- Le fromage contient de 4 à 22 % de diglycérides, de 0,5 à 2 % de monoglycérides et des acides gras libres (de 1 à 2 g/kg de produit et jusqu'à 5 g/kg pour un fromage fait, voire 11 g/kg pour un fromage odorant).
- La composition en acides gras (au contraire de la composition aminé) est peu modifiée par la lipolyse.
- Enfin, la digestibilité des graisses fromagères est bonne (de 88 à 94%).

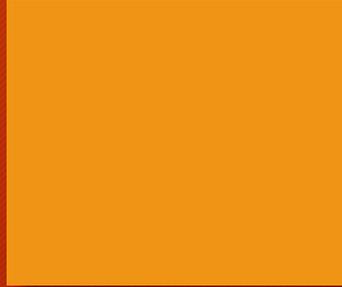
5-3-Minéraux

- Les éléments minéraux des fromages représentent les facteurs nutritionnels les plus intéressants.
- Le calcium et le phosphore s'y retrouvent en quantités supérieures à celles du lait: jusqu'à dix fois plus pour les fromages à pâte dure et encore quatre à cinq fois pour les pâtes molles.
- Seuls les fromages frais et le cottage cheese n'en contiennent que des quantités équivalentes à celles du lait.

- Les fromages les plus gras contiennent relativement moins de calcium et de phosphore.
- Le lait présuré donne un fromage plus riche en calcium que le lait acidifié. Les deux tiers environ du calcium et la moitié du phosphore du lait accompagnent le caillé dans la formation fromagères

Teneurs en minéraux et en oligo-éléments de différentes variétés de fromages
(mg/100 g de produit)

Eléments	Parmesan	Edam gouda	Cheddar	Gruyère	Roquefort. bleu	Camembert brie	Crème	Cottage cheese
Minéraux								
Calcium	1 1200	750	750	1000	650	400	95	65
Magnésium	45	35	30	45	30	20	8	6
Sodium	1110	900	650	500	1300	1000	320	420
Potassium	120	120	100	90	90	130	130	70
Phosphore	800	500	500	600	390	300	110	150
Oligo-éléments								
Fer	1	0,4	0,5	0,3	0,1	0,2-0,8	0,1	0,1
Zinc	4	3	3	2	2	3	0,6	0 5
Cuivre	0 3	<01	0,1	0,1	0,1	<0,1-0,6	0,1	<0,1



- Les taux de magnésium varient d'un fromage à l'autre, comme ceux du calcium.
- Cependant, les oscillations sont moindres en amplitude: cinq fois plus de magnésium dans les fromages à pâte dure que dans le lait, et seulement deux à trois fois plus dans les fromages à pâte molle.
- **Quant au sodium**, sa teneur peut varier fort d'un produit fromager à l'autre (de 0,4 à 4,6 g/100 g). Cette variabilité s'explique par l'inconstance d'une addition de sodium (salage).

- Une addition maximale de 20 g de nitrate de sodium ou de potassium est autorisé pour empêcher le développement de spores anaérobies (*Clostridium tyrobutyricum*) dans le lait destiné à la production fromagère. Les nitrates sont réduits en nitrites inhibant le développement microbien.
- Ces nitrites sont en soi toxiques pour l'être humain, mais, de facto, ils sont eux mêmes détruits lors de la maturation du fromage (affinage).
De fait, on en retrouve moins de 2 ppm.

5-4- Influence de la présence résiduelle des glucides

- Les fromages affinés ne contiennent en général pas de glucides; la petite quantité de lactose restant dans le caillé en fin d'égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage.
- Cependant, dans les fromages frais, peu égouttés et peu fermentés, on trouve des quantités appréciables de lactose, d'acides lactique et citrique.
- Il en est de même dans les fromages fondus additionnés de lactose et d'acide citrique au cours de la fabrication.

5-5- Impacts technologiques sur le constituant vitaminique

- Les taux de vitamines liposolubles dépendent de la richesse du lait en matière grasse.
- Ainsi, **85 % environ de la vitamine A laitière passe dans le fromage.**
- La perte des vitamines B entraînés dans le lactosérum peut atteindre **90 %.**
- Le degré de récupération dans le fromage des vitamines du lait est de:

❖ de 10 à 20 pour cent pour la thiamine (vit B1), les acides nicotinique (vit B3), folique et ascorbique;

❖ de 20 à 30 % pour la riboflavine (vit B2);

❖ de 30 à 45 % pour la pyridoxine (vit B6) et l'acide pantothénique (vit B5);

❖ de 40 à 60 % pour la cobalamine (B12).

- Les croûtes des fromages à pâte molle et des bleus contiennent davantage de vitamines que le centre de la pâte.

- En cours de conservation, les concentrations en vitamine B varient sensiblement. Les moisissures synthétisent et consomment certaines vitamines de ce groupe, mais, globalement, leur présence a plutôt un effet enrichissant.
- Par exemple, l'addition de **propionibactérium** dans la fabrication de l'edam permet de doubler sa teneur **en vitamine B12**.

Teneurs en vitamines de différentes variétés de fromages (µg/100 g de produit)

Vitamines	Parmesan	Edam, gouda	Cheddar	Gruyère	Roquefort	Camembert	Crème	Cottage
A	188-360	150-250	300-440	370	310	240-350	225-440	45
D	, 0,3	0,2	0,3	-	-	0,2	0,3	-
E	-	500	500	-	550	-	-	80
B ₁	19-45	28-57	18-40	30-60	40-43	37-50	17-56	21-35
B ₂	390-690	190-400	380-520	280-390	590-650	340-670	160-290	170-260
B ₆	91-130	69-81	55-130	81-110	90-120	150-280	47-74	68-76
B ₁₂	1,5-1,9	1,4-2,0	0,9-1,5	1,6	0,4-0,6	1,1-3,1	0,3-0,7	0,6-0,7
Acide nicotinique	120-320	60-81	39-110	40-110	570-740	480-1570	68-140	130-140
Acide pantothénique	300-530	300-350	290-410	350-560	500-1730	360-1400	270-550	220-40
Biotine (B8)	1,7-3,3	1,4-1,6	1,7-3,2	1,5	2,3	2,8-6,6	1,9-5,5	3,0
Folates	8-20	19-42	16-42	10-12	45-49	56-100	13-18	12-13