

# Questions sur

## Produits laitiers &

# Phosphore

### Généralités

1. Qu'est-ce que le phosphore ?
2. À quoi sert-il ?
3. D'où vient-il et comment est-il absorbé ?
4. Peut-on être carencé ?

### Produits laitiers & technologies

5. Les produits laitiers sont-ils riches en phosphore ?
6. Sous quelles formes se présente le phosphore du lait ?
7. Et celui des fromages ?
8. Peut-on extraire le phosphore du lait et dans quel but ?

### Consommations et recommandations

9. Quels sont les apports conseillés en phosphore ?
10. Les Français en consomment-ils assez ?
11. Quelle place pour les produits laitiers ?
12. Les allégations santé concernant le phosphore sont-elles possibles ?

### En résumé & Pour en savoir plus

#### Annexes

- A Physiologie & Technologies
- B Teneurs en phosphore ;  
Questions grand public

## RÉABONNEMENT À

# Questions sur

## Produits laitiers &

### En 2022 « Questions sur » passe en 100% électronique

Si vous souhaitez continuer à recevoir notre revue,  
merci d'envoyer votre adresse e-mail à :

[ysoustre@cniel.com](mailto:ysoustre@cniel.com)

#### Rédaction :

Dr Yvette Soustre & Dr Frédéric Gaucheron (Cniel)

#### Relecture :

Dr Léon Guégoun (Inrae)



42 rue de Châteaudun  
75314 PARIS CEDEX 09  
[nutritionssante@maisondulait.fr](mailto:nutritionssante@maisondulait.fr)

# Généralités

## 1. Qu'est-ce que le phosphore

Le phosphore (P) est un élément minéral encore très présent sur terre mais les phosphates font partie des matières premières minérales critiques, qu'il faudrait économiser et mieux recycler. Le phosphore se présente essentiellement sous formes de phosphates (le phosphore est associé à 4 atomes d'oxygène eux-mêmes plus ou moins associés à des atomes d'hydrogène :  $(\text{HPO}_4^{2-} / \text{H}_2\text{PO}_4^-)$  qui peuvent être libres (phosphates inorganiques) ou liés à différentes molécules (phosphates organiques). Dans la nature, il est surtout lié au calcium sous forme d'apatites : hydroxyapatite ( $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ ), chlorapatite ( $\text{Ca}_{10}\text{Cl}_2(\text{PO}_4)_6$ ), fluorapatite ( $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$ ).

Le phosphore est, avec l'azote (N) et le potassium (K), l'un des éléments essentiels à la croissance des végétaux (il est présent dans le sol et apporté par de nombreux engrais organiques ou minéraux) et au bon fonctionnement de tout organisme vivant.

## 2. À quoi sert-il ?

Après le calcium, le phosphore est le minéral le plus abondant de l'organisme humain. Un adulte en contient entre 400 et 800 g dont environ 85 % dans les os et les dents, 14 % dans les tissus mous (muscles, foie, cœur, reins) et 1 % dans les fluides extracellulaires. Le phosphore de l'organisme se présente sous différentes formes : le sérum contient essentiellement du phosphore inorganique ( $\text{HPO}_4^{2-} / \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), les os de l'hydroxyapatite et les autres tissus des phosphates liés à des lipides (phospholipides), protéines (phosphosérines) et glucides.

Le phosphore est impliqué dans de nombreux processus physiologiques tels que la mise en réserve et le transport de l'énergie (dont l'ATP), la régulation de l'équilibre acido-basique et de la signalisation cellulaire, la minéralisation osseuse et dentaire... C'est un composant essentiel des membranes biologiques (phospholipides). Le phosphore est indispensable à la croissance des enfants et au développement de leurs os (12).

## 3. D'où vient-il et comment est-il absorbé ?

Le phosphore est apporté par l'alimentation et essentiellement par les aliments riches en protéines : produits laitiers, œufs, poissons, abats (principalement le foie) et viandes. Les fruits oléagineux, les légumes secs et les céréales complètes en contiennent également des quantités non négligeables tout comme certains additifs alimentaires (Annexe B). Les légumes verts et quasi

tous les aliments courants (excepté bon nombre de fruits frais) en contiennent également.

Son absorption intestinale est bonne mais elle tend à diminuer avec l'âge. Environ 60 à 70 % du phosphore ingéré est absorbé au niveau du tractus gastro-intestinal pour être stocké dans les os (réservoir de phosphate) et 30 à 40 % est éliminé dans les selles. Les quantités excédentaires non absorbées (importantes chez l'adulte) sont éliminées par l'urine (14).

La régulation de l'absorption du phosphore est étroitement liée à celle du calcium et principalement contrôlée par l'hormone parathyroïdienne (PTH), la 1,25-dihydroxyvitamine D (forme active de la vitamine D) qui agissent sur son absorption intestinale et son élimination.

L'équilibre entre apports en phosphore et en calcium est particulièrement important, notamment pour la santé osseuse\* (Annexe A).

\* Ainsi, si l'apport de calcium est insuffisant, des apports très excessifs de phosphore (plus de 2 500 mg par jour) peuvent être problématiques en augmentant la résorption osseuse et donc le risque d'ostéoporose.

## 4. Peut-on être carencé en phosphore ?

La carence en phosphore (définie par une concentration sérique de phosphore inorganique inférieure à 0,80 mmol/L) est rarement due à un déficit d'apport mais plutôt à des troubles métaboliques, une septicémie, un alcoolisme chronique ou à des traumatismes majeurs. Les signes cliniques de la carence sont variables (anorexie, anémie, faiblesse musculaire, douleurs osseuses, rachitisme chez l'enfant et ostéomalacie chez l'adulte...).

La carence en phosphore est pratiquement inexistante avec les régimes alimentaires courants en Europe.

À noter : des apports excédentaires en phosphore sont généralement bien régulés, avec une élimination principalement par les urines. Les études chez l'homme décrivant des symptômes gastro-intestinaux (diarrhées, nausées, vomissements) portaient uniquement sur des suppléments importantes en phosphore *via* des compléments (supérieures à 750 mg/j). L'élimination de phosphore n'est cependant plus assurée de façon optimale en cas d'insuffisance rénale chronique.\*

\* Pour l'insuffisance rénale, le phosphore s'accumule dans le sang car les reins ne peuvent plus en éliminer l'excédent. La dialyse permet d'en éliminer une partie mais la prise de chélateurs pour en empêcher l'absorption est souvent nécessaire. L'excès de phosphore dans le sang (hyperphosphorémie) peut provoquer des démangeaisons et des douleurs articulaires. Il est également associé à un risque de maladies cardiovasculaires car il favorise la calcification des artères qui vont devenir plus rigides et parfois se boucher. Par ailleurs, l'hyperphosphorémie augmente la parathormone (PTH) et empêche la vitamine D d'agir.

# Phosphore, produits laitiers & technologies

## 5. Les produits laitiers sont-ils riches en phosphore ?

Conformément à la réglementation européenne, un aliment est considéré comme riche en un élément minéral s'il apporte au moins 30 % de l'apport de référence pour 100 g (15 % pour 100 mL pour les boissons). L'aliment peut être considéré comme source lorsqu'il contient au moins 15 % de l'apport de référence pour 100 g (7,5 % pour 100 mL pour les boissons). Pour le phosphore, l'apport de référence est fixé à 700 mg.

Ainsi le lait et les yaourts sont le plus souvent sources de phosphore alors que la plupart des fromages en sont riches (*Annexe B*).

À noter: Les traitements technologiques tels que le chauffage des laits de consommation (pasteurisation et le traitement UHT) ou encore le séchage n'affectent pas la concentration en phosphore. La crème et le beurre en contiennent peu.

## 6. Sous quelles formes se présente le phosphore du lait ?

Dans le lait, le phosphore existe sous plusieurs formes:

- le **phosphate inorganique** se répartissant entre la phase aqueuse et les micelles de caséines (sous forme de granules de phosphate de calcium appelés nanoclusters) (*Annexe A*). Il contribue aux équilibres minéraux appelés également équilibres salins du lait\*.
- le **phosphate organique** associé principalement aux molécules de caséines. D'autres formes de phosphates organiques (phospholipides dans la membrane du globule gras, nucléosides, nucléotides...) sont réparties dans la phase aqueuse du lait.

La concentration totale en phosphore du lait est d'environ 950 mg/L dont 64 % de phosphore inorganique (720 mg/L) et 36 % de phosphore organique (230 mg/L).

\* Ces équilibres sont dynamiques et varient en fonction des conditions physico-chimiques (pH, additions d'autres minéraux et température notamment).

## 7. Et celui des fromages ?

Lors de l'acidification du lait (étape de la fermentation pour la fabrication de laits fermentés et de caillés fromagers), une partie de phosphore inorganique est transférée des micelles de caséines vers le lactosérum. Selon le pH, le fromage sera donc plus ou moins riche en phosphore et en calcium et les lactosérums plus ou moins concentrés en phosphore.

Au cours de l'affinage (et notamment des fromages à pâte molle du type camembert), le phosphore inorganique précipite avec le calcium en surface pour former des sels de phosphate de calcium insolubles induisant une hétérogénéité

de concentration de phosphore entre la surface et le centre des fromages.

Également pendant l'affinage, la protéolyse induit la formation de phosphopeptides à partir de molécules de caséines.

À noter: Pour fabriquer des fromages fondus, on utilise des sels de fontes, composés de différents sels (citrate et phosphates plus ou moins complexes: mono, di, tri et polyphosphates) qui ont la propriété de chélater le calcium et de maintenir le pH à une valeur donnée (*Annexe B*).

## 8. Peut-on extraire le phosphore du lait et dans quel but ?

Il est possible de récupérer le phosphate associé à du calcium à partir de lactosérums, de filtrats, d'effluents laitiers. Cela se fait par une légère alcalinisation à des valeurs de pH aux environs de 8. À ce pH, le calcium et le phosphate s'associent entre eux pour former un sel de phosphate de calcium peu soluble que l'on peut sécher sous forme de poudres micronisées plus facilement dispersibles. Le phosphate de calcium peut alors être valorisé comme ingrédient minéral d'origine laitière avec comme utilisation l'enrichissement en calcium d'aliments ou de boissons qui ont ainsi un intérêt nutritionnel accru sans pour autant affecter leurs propriétés organoleptiques.

Le phosphate de calcium est par exemple utilisé dans la formulation de boissons, yaourts, fromages... Par ailleurs, des projets de recherche sont en cours afin de récupérer le phosphore des eaux blanches de l'industrie laitière pour le valoriser en tant qu'engrais notamment.

À noter: il est possible d'éliminer une partie de phosphore inorganique des laits par acidification (c'est d'ailleurs ce qui se produit lorsqu'on fait des caillés acides avec égouttage: le phosphore inorganique se retrouve alors dans les lactosérums). En revanche, éliminer le phosphore organique lié aux molécules de caséines est difficile. Seule l'action enzymatique *via* des phosphatases est capable de réaliser une déphosphorylation.

## Consommations et recommandations

### 9. Quels sont les apports conseillés en phosphore ?

Les références nutritionnelles pour le phosphore ont été actualisées par l'Efsa puis par l'Anses en 2021. Elles sont de 100 mg/j pour les nourrissons de moins de 6 mois et 160 mg/j pour ceux de plus de 6 mois; 250 mg/j pour les 1-3 ans; 440 mg/j pour les 4-6 ans et les 7-10 ans; 640 mg/j pour les 11-17 ans; 550 mg/j pour les 18 ans et plus\*, les femmes enceintes et celles qui allaitent.

\* Une valeur faible pour les adultes comparée à celles proposées dans le monde par les autres agences (le plus souvent supérieures à 700 mg/j) et notamment par l'Afssa en 2001. L'Anses a simplement repris les valeurs retenues par l'Efsa..

## 10. Les Français en consomment-ils assez ?

Selon les résultats d'Inca 3 (troisième étude individuelle nationale des consommations alimentaires), les Français consomment assez de phosphore. Les apports journaliers avoisinent 1 g chez les enfants et 1,2 g chez les adolescents et les adultes.

## 11. Quelle place pour les produits laitiers ?

L'analyse des données d'Inca3 montre que les produits laitiers sont les 1<sup>ers</sup> contributeurs aux apports de phosphore chez les enfants de 4 à 10 ans (35%) et chez les adolescents de moins de 18 ans (29%). Ce sont les 2<sup>èmes</sup> contributeurs aux apports des adultes (22%) derrière les VPO (viandes/poissons/oeufs) (26%).

## 12. Les allégations santé concernant le phosphore sont-elles possibles ?

Dès 2012, les autorités de santé européennes (EFSA / European Food Safety Authority et la Commission européenne) se sont prononcées sur certaines allégations santé.

Elles ont estimé que les produits contenant au moins 105 mg de phosphore pour 100 g ou 52,5 mg/100 mL ou par emballage si le produit ne contient qu'une portion pouvaient prétendre contribuer :

- à un métabolisme énergétique normal
- au fonctionnement normal des membranes cellulaires
- au maintien d'une ossature normale
- au maintien d'une dentition normale

L'allégation : « le phosphore est nécessaire à la croissance et au développement osseux normaux des enfants » a également été autorisée\*.

Les fromages, les yaourts et certains laits pourraient donc bénéficier de ces allégations.

\*Règlements (UE) N° 432/2012 : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX:32012R0432> et (CE) N° 1024/2009 : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX:32009R1024>

## En résumé

Après le calcium, le phosphore est le minéral le plus abondant de l'organisme humain. C'est un composant essentiel des membranes biologiques. Il est également impliqué dans de nombreux processus physiologiques tels que la mise en réserve et le transport de l'énergie, la régulation de l'équilibre acido-basique et de la signalisation cellulaire, la minéralisation osseuse et dentaire... Le phosphore est indispensable à la croissance des enfants et au développement de leurs os. Les produits laitiers sont les 1<sup>ers</sup> contributeurs aux apports de phosphore chez les enfants et les adolescents. Ce sont les 2<sup>èmes</sup> contributeurs aux apports chez les adultes.

## Pour en savoir plus

*Bibliographie complète sur simple demande*

- Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux – Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective – Mars 2021 [www.anses.fr](http://www.anses.fr)
- Nouvel avis scientifique de l'EFSA sur les phosphates – juin 2019 – <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/190612>
- Scientific Opinion on Dietary Reference Values for phosphorus – 2015 – <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4185>

## Questions sur

Produits laitiers &

### 2005 | 2006

- Lipides (12)
- Cholestérol et athérosclérose (13)
- Beurre et crème (14)
- L'alimentation des Français (15)
- Prévention de l'hypertension (17)
- Les laits fermentés (18)
- Syndrome métabolique (19)
- L'alimentation de l'enfant (20)

### 2007 | 2008

- Santé bucco-dentaire (21)
- Les vitamines (22)
- Les autres minéraux (24)

### 2009 | 2010

- Les bactéries lactiques (30)
- Sel/Sodium (31)
- Densité nutritionnelle (32)
- L'alimentation des Français en 2009 (33)
- Allégations santé fonctionnelles génériques (34)
- Alimentation des vaches (35)
- L'iode (36)
- Matière grasse laitière, technologies & santé (37)
- Vitamine D & santé (38)

- Histoire, sociologie et image du lait (Hors série n°2b)

### 2011 | 2012

- L'alimentation des sportifs (39)
- Lactoferrine (40)
- Allégations nutritionnelles et santé (41)
- Amines biogènes, histamine (42)
- ABCdaire réglementaire (Hors série n°3b)
- Les Trans et les CLA (27b)
- Personnes âgées (43)
- Étiquetage nutritionnel (44)
- Microbiote (45)
- Gestion du poids (46)
- Diabète(s) (47)

### 2013 | 2014

- Le lait à l'école (26 ter)
- Nutrition et Environnement (48)
- Vitamines K2 (50)
- Agriculture biologique (51)
- OGM (52)
- Acides Gras Saturés (53)
- Zinc (54)
- Les « rumeurs » autour du lait (Hors série n°1c)

### 2015 | 2016

- Le lait (8b)
- Économie de santé (55)
- L'alimentation des Français (56)
- Fonctions cognitives (57)
- Antibiotiques (Hors série n° 4b)
- Le Bien-être des vaches laitières (Hors série n° 5)
- Fromage, Nutrition & Santé\* (11b)
- Produits laitiers et cancer (25b)
- Maladies chroniques (58)
- Précarité (59)
- Sélection et reproduction en élevage laitier (Hors série n° 6)

### 2017 | 2018

- Sécurité sanitaire\* (Hors série n° 7b)
- Le calcium (9b)
- Gaz à Effet de Serre (GES) et Élevage laitier (Hors série n° 8)
- Technologie Laitière\* (Hors série n° 9)
- Véganisme (60)
- Technologie(s), Nutrition, Effet matrice et Santé (61)
- Additifs (62)

### 2019 | 2020

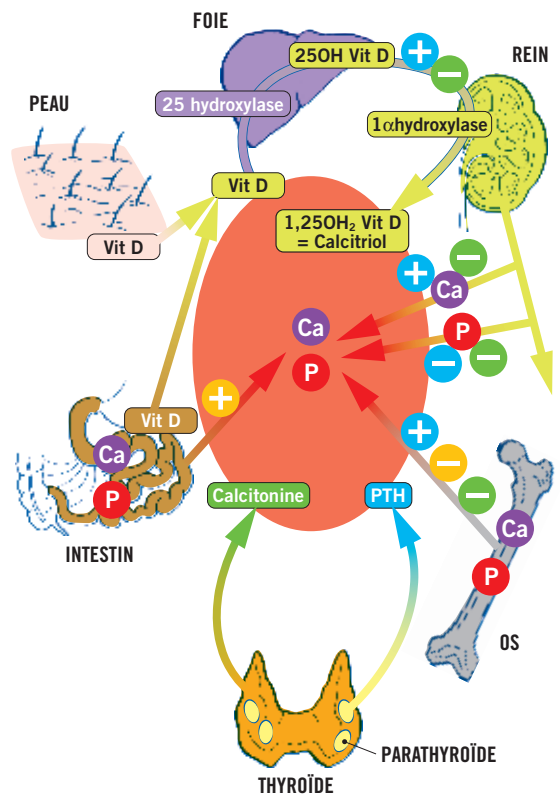
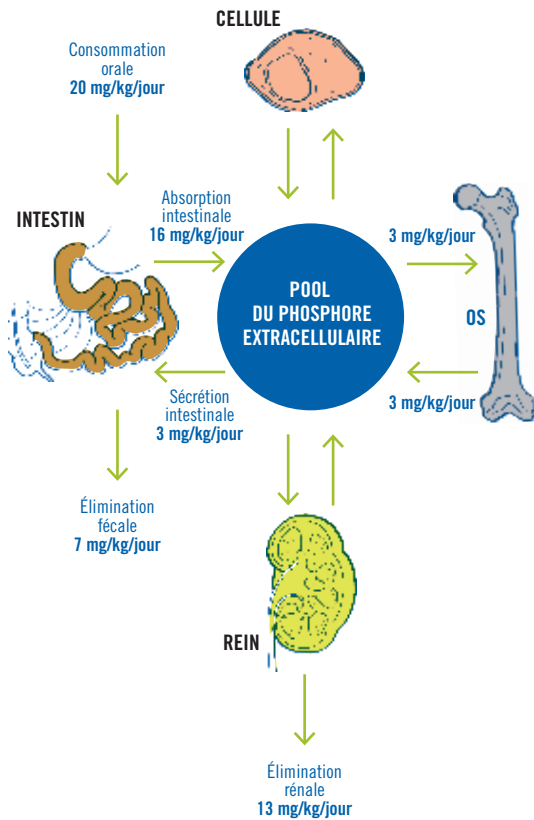
- La santé des adultes français (63)
- Vitamine B<sub>12</sub> (64)
- Allergies (28b)
- Lait et fromages de chèvre (23b)
- Étiquetage nutritionnel en 2019 (65)
- Allégations nutritionnelles et de santé (ANS) en 2019 (66)
- Qualités Nutritionnelles et Santé des protéines laitières (16b)
- Propriétés antioxydantes (67)
- Intolérance au lactose (29b)
- Propriétés du lactose (68)
- Immunité (49b)
- Fermentation (69)
- INCA 3 et Alimentation des 4 - 17 ans (70)

### 2021 |

- Nutri-Score et fromages\* (71)
- INCA 3 et Alimentation des 18 - 79 ans (72)
- Fractionnement (73)
- Phosphore (74)

\* Disponibles en anglais.

Régulation du métabolisme phospho-calcique chez l'Homme



www.memobio.fr

**Vitamine D :** la vitamine D est produite au niveau de la peau sous l'influence des rayons UV à partir du 7 déhydro cholestérol (source endogène) et provient également de l'alimentation (source exogène). La vitamine D subit 2 hydroxylations : en position 25 au niveau hépatique par une 25 hydroxylase et en position 1 au niveau rénal par une 1 α hydroxylase (enzyme stimulée par la PTH ou encore l'hypocalcémie et inhibée par la calcitonine). On obtient alors sa forme active : la 1-25 dihydroxyvitamine D<sub>3</sub> ou calcitriol.

**Calcitriol :** c'est une hormone **hypercalcémiant**e et **hyperphosphatémiant**e. Au niveau de l'os, elle permet la minéralisation osseuse (augmentation de la synthèse du collagène, de l'ostéocalcine et favorise la résorption ostéoclastique de l'os ancien). Au niveau de l'intestin, elle stimule l'absorption duodénale du calcium et du phosphore par mécanismes passif et actif hormono-dépendant.

**PTH (parathormone) :** Elle est synthétisée par les cellules parathyroïdiennes sous forme de pré-pro-PTH qui sera métabolisée en pro-PTH puis en PTH. La synthèse de PTH est régulée négativement par la calcémie. La PTH est une hormone **hypercalcémiant**e et **hypophosphatémiant**e. La PTH se fixe sur des récepteurs membranaires, stimule la production d'AMP cyclique (AMPc) qui va provoquer au niveau du rein : augmentation de la réabsorption tubulaire du calcium ; diminution de la réabsorption tubulaire des phosphates ; activation de la 1 α hydroxylase et au niveau de l'os (stimulation de la résorption ostéoclastique).

**La calcitonine :** Elle est synthétisée au niveau de la thyroïde. Sa synthèse est régulée positivement par la calcémie. La calcitonine est une hormone **hypocalcémiant**e et **hypophosphatémiant**e. Au niveau de l'os, elle inhibe la résorption ostéoclastique et le rejet du calcium par le système ostéolytique et au niveau du rein, elle diminue la réabsorption tubulaire du calcium et des phosphates et inhibe la 1 α hydroxylase.

Focus sur l'importance du rapport Ca/P

Un rapport Calcium sur Phosphore (Ca/P) compris entre 1 et 1,5 facilite l'assimilation du calcium. Ce ratio est d'environ 1,3 dans le lait de vache, de chèvre et de brebis (où il varie en fonction du stade de lactation et de la race) et dans la plupart des fromages ou laits fermentés. Le rapport Ca/P de l'alimentation humaine courante est de l'ordre de 0,5 à 0,6, tandis qu'il devrait plutôt être supérieur à 1. En effet, tous les principaux aliments courants sont riches en phosphore, ce qui n'est pas le cas pour le calcium. Cet excès relatif de phosphore n'est pas préjudiciable au métabolisme du calcium, mais un large excès (plus de 2,5 g par jour) est susceptible de provoquer une hyperparathyroïdie secondaire favorisant la résorption osseuse et donc l'ostéoporose. Cela peut se produire si l'apport calcique est insuffisant mais pas si l'excès de phosphore est assuré par le lait et les produits laitiers qui apportent simultanément du calcium (rapport de l'ordre de 1,3).



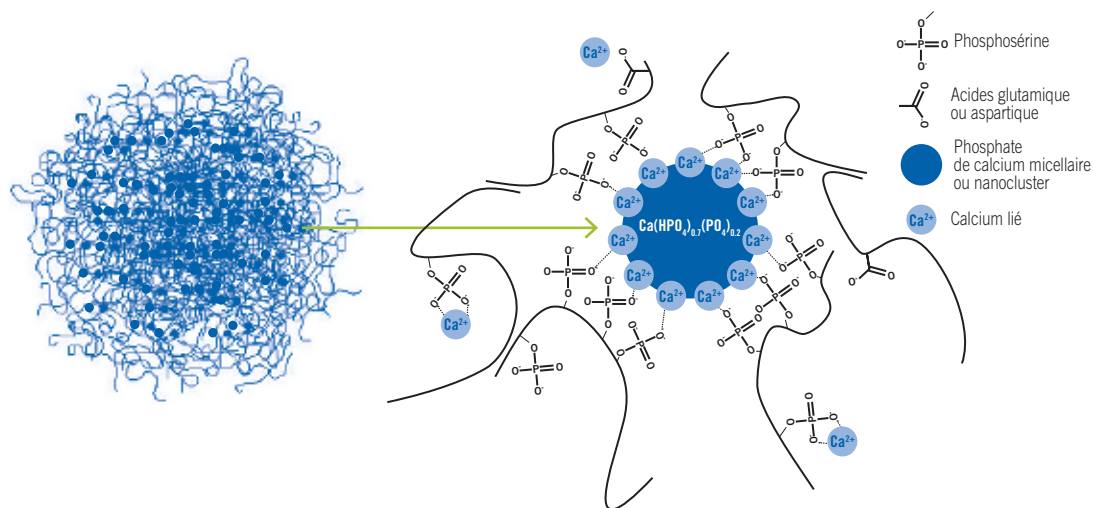
## TECHNOLOGIE

### • Les caséines sont des phosphoprotéines

Les caséines ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  et  $\kappa$ ) diffèrent par leur composition, leur séquence en acides aminés, leur glycosylation et leur phosphorylation. Ainsi les caséines  $\alpha_1$  ont en moyenne 8 phosphorylations, les  $\alpha_2$  11, les  $\beta$  5 et les  $\kappa$  1 (le niveau de phosphorylation pouvant varier pour un même type de caséine). Dans la séquence des caséines, ces phosphorylations sont groupées et proches les unes des autres. Le phosphore est associé de manière covalente - et donc de façon irréversible - à ces caséines sur des résidus sérine.

### • La micelle de caséines, un vecteur de calcium grâce à sa phosphorylation

Grâce à leur phosphorylation, les micelles de caséines peuvent s'associer réversiblement au calcium et ainsi le transporter (figure de gauche). Cette association phosphocalcique existe sous forme de granules appelés nanocluster de phosphate de calcium. Le lait est d'ailleurs saturé en phosphate de calcium. Sans ce mode de transport par les caséines, le calcium et le phosphate ne seraient pas solubles. Par ailleurs, c'est grâce à cette association minéralo-protéique que le lait est blanc ; si on dissout le phosphate de calcium, la micelle perd sa structure et le lait devient transparent.



Micelle de caséines avec des centaines de granules de phosphate de calcium à l'intérieur (petits ronds bleus)

Granule de phosphate de calcium en interaction avec les phosphosérines des caséines.

Source : "Milk minerals : Composition, Dynamic Equilibria and Analysis" in Encyclopedia of Dairy Sciences 2021 by J. Bauland, F. Gaucheron & T. Croguennec

### Phosphate et pouvoir tampon

Le pouvoir tampon correspond à la capacité d'un constituant à limiter les variations de pH. Pour le phosphore, cette propriété est liée à la possibilité de fixer plus ou moins des ions  $H^+$  à sa structure. Selon la valeur de pH, les formes de phosphate inorganique sont les suivantes :



Cette propriété est à considérer en fabrication fromagère où des variations de pH sont importantes. Le lait (pH 6,7) peut être acidifié à pH 4,6 induisant la formation d'un caillé et le caillé peut au cours de l'affinage voir son pH remonter à une valeur de 8. Sans pouvoir tampon, les diminutions et remontées de pH qui ont respectivement lieu lors de l'acidification et l'affinage se feraient à des vitesses différentes avec des conséquences notamment sur la formation du caillé, sa protéolyse et sa lipolyse et en final la qualité des fromages serait très différente.

### Phosphore et équipements laitiers

Les traitements thermiques par des échangeurs de chaleur, l'évaporation sous vide pour concentrer des liquides laitiers (lait, différents lactosérums, filtrats...), la filtration sur membrane sont des opérations classiques de l'industrie laitière. Ces opérations technologiques, surtout lorsque la température est importante, s'accompagnent souvent sur les équipements de dépôts de protéines mais aussi de phosphate de calcium, sel qui est très peu soluble. Des protocoles adaptés sont utilisés pour nettoyer efficacement ces équipements.

### Méthodes d'analyse du phosphore des produits laitiers

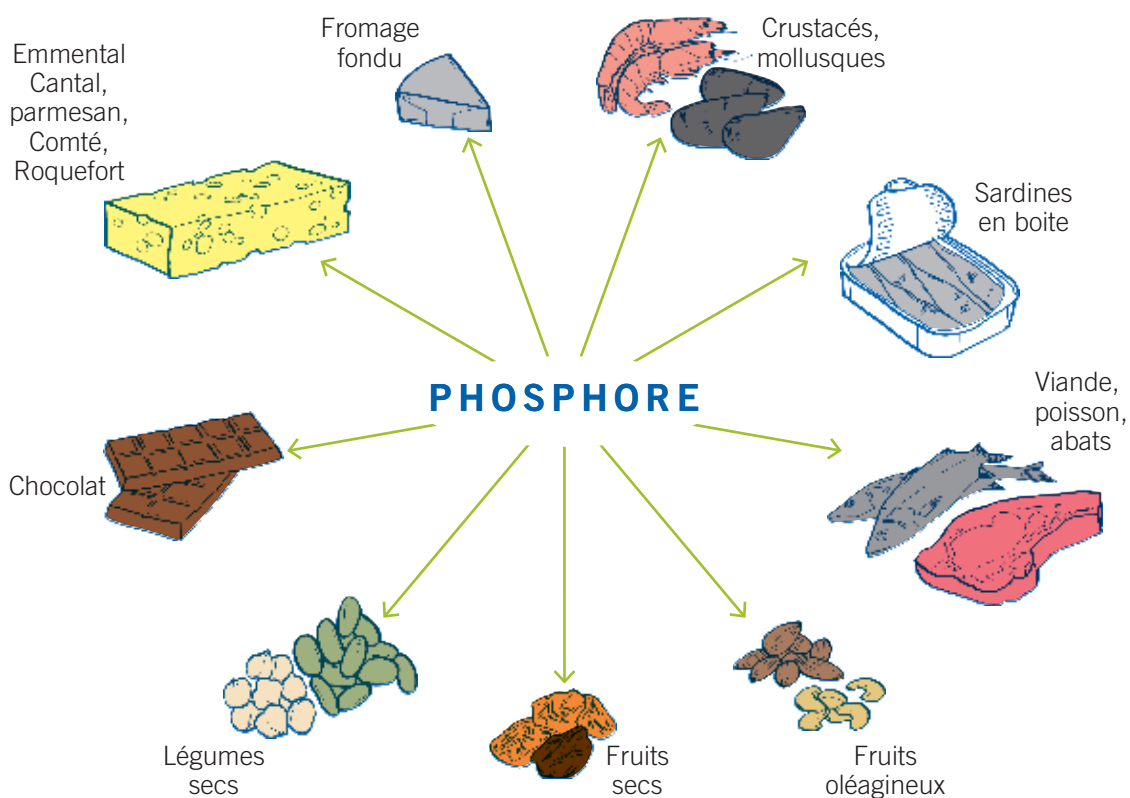
La teneur en phosphore est mesurée de façon assez courante pour apprécier notamment leurs conformités par rapport à un cahier des charges du fabricant. Elle peut être évaluée par de nombreuses méthodes (colorimétriques, conductimétriques, spectrométriques) plus ou moins sensibles, onéreuses et faciles à mettre en œuvre. Grâce à ces mesures, il est également possible de doser les différentes formes de phosphore qui co-existent (soluble, micellaire, organique, inorganique).

## Les aliments riches en phosphore

### Quelques chiffres d'aliments riches en phosphore (pour 100 g) :

Graines de tournesol grillées	1160 mg	Emmental	635 mg
Fourme d'Ambert	1040 mg	Riz de veau	627 mg
Graines de chia ou de pavot	860 mg	Sardines en boîtes	530 mg
Fromage fondu	800 mg	Jambon	426 mg
Beaufort	788 mg	Foie d'agneau	424 mg
Fromage de chèvre sec	729 mg	Lotte	368 mg
Noix du Brésil	658 mg	Coquilles St Jacques	357 mg

Tous les chiffres sont disponibles sur la table du Ciquial : <https://ciquial.anses.fr/>



### De nombreux additifs utilisés dans l'industrie alimentaire contiennent des phosphates

E 338	Acide phosphorique
E 339	Phosphates de sodium
E 340	Phosphates de potassium
E 341	Phosphates de calcium
E 343	Phosphates de magnésium
E 442	Phosphatides d'ammonium
E 450	Diphosphates
E 451	Triphosphates
E 452	Polyphosphates
E 541	Phosphates d'aluminium sodique acide
E 1410	Phosphatides d'amidon
E 1412	Phosphate de monoamidon
E 1413	Phosphate de diamidon phosphaté
E 1414	Phosphate de diamidon acétylé
E1442	Phosphate de diamidon hydroxypropylé

### Autorisations dans les produits laitiers règlement européen sur les additifs (1333/2008)

Additif	Autorisation PL
E338	
E339	
E340	Autorisés dans de très nombreuses catégories de produits, avec des conditions et teneurs maximales autorisées définies par catégories
E341	
E343	
E450	
E451	
E452	
E442	Non autorisés dans les PL
E541	
E1410	Autorisés dans certaines crèmes (MG < 20%, crèmes UHT, crèmes fouettées...), certains
E1412	laits fermentés, les fromages fondus, les
E1413	spécialités fromagères, les fromages non
E1414	affinés, les spécialités fromagères
E1442	Autorisé dans les crèmes dont la MG < 20 %

## Questions Grand Public

### • Tous les laits contiennent-ils du phosphore ?

Oui, tous et sans exception. En revanche les concentrations peuvent varier d'une espèce à l'autre et selon le stade de lactation. Le lait de vache en contient en moyenne 95 mg/100 mL alors que la teneur du lait maternel humain est d'environ 14 mg/100 mL.

### • Les traitements thermiques ont-ils une influence sur la teneur en phosphore du lait ?

Le chauffage des laits de consommation (pasteurisation ; traitement UHT) tout comme le séchage n'affectent pas leur teneur en phosphore.

### • Que sont les sels de fonte ? Pourquoi sont-ils utilisés dans certains fromages ?

Les sels de fonte confèrent une texture homogène au fromage fondu et permettent d'obtenir une émulsion des protéines laitières. Ils facilitent le mélange du lait, des constituants laitiers avec l'eau et permettent ainsi d'obtenir un fromage crémeux. La très bonne conservation du fromage fondu provient de l'action bactériostatique des sels de fonte, et plus précisément, des polyphosphates et du phosphate de potassium, qui inhibent la multiplication des germes.

### • La consommation de phosphore en excès est-elle toxique ?

Des apports excédentaires sont généralement bien régulés (élimination principalement par les urines). En cas d'insuffisance rénale chronique, cette élimination n'est cependant plus assurée de façon optimale et les apports de phosphore doivent être contrôlés. Des apports très excessifs (plus de 2500 mg par jour) peuvent cependant être problématiques en augmentant la résorption osseuse et donc le risque d'ostéoporose, notamment si l'apport de calcium est insuffisant.

### • Le phosphore fait-il phosphorer ?

Contrairement à une croyance populaire le phosphore n'augmente (hélas) pas les capacités intellectuelles.

#### Phosphore et activité sportive

Des études ont montré que la prise de phosphore pouvait améliorer les performances sportives (en particulier dans les sports d'endurance : marathon, triathlon ou cyclisme) et prévenir les crampes. Cependant, plutôt qu'à recourir à des compléments, les sportifs ont intérêt à enrichir leur alimentation en phosphore, par exemple en buvant du lait. En effet, après quelques jours, la prise de compléments de phosphore provoque une diminution du taux sanguin de calcium et une baisse des performances. L'apport simultané de calcium est donc indispensable. Par ailleurs il a été montré que les compléments pouvaient avoir des effets indésirables (nausées, diarrhées et maux de ventre).

#### Phosphates et environnement

Avec l'azote et le potassium, le phosphore est l'un des éléments indispensables à la croissance végétale. Il est donc l'un des composants essentiels des engrais complets (NPK). Cependant, lorsqu'ils sont utilisés en trop grandes quantités, les engrais ne sont pas totalement absorbés par les plantes et sont ensuite emmenés par les eaux de pluie vers les cours d'eau et les océans. S'y ajoute le phosphore provenant des produits d'entretien, rejetés eux dans les eaux usées et celui des déjections animales. Cet excès de phosphate dans l'eau a pour principale conséquence l'eutrophisation : des organismes, comme les algues ou le plancton, se nourrissent du phosphore (et de l'azote) et se développent plus qu'ils ne devraient, entraînant un épuisement de l'oxygène présent dans l'eau.

À noter : les causes de la prolifération des algues vertes sont l'objet de controverses. Il semblerait que les principaux responsables soient l'azote (nitrates) dans l'eau de mer et le phosphore dans l'eau douce des lacs.