



HAL
open science

Le calcium à travers l'alimentation conseils à l'officine

Cécile Navarra

► **To cite this version:**

Cécile Navarra. Le calcium à travers l'alimentation conseils à l'officine. Sciences pharmaceutiques. 2017. dumas-01491091

HAL Id: dumas-01491091

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01491091>

Submitted on 16 Mar 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE BORDEAUX
U.F.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

Année 2017

Thèse n°25

Thèse pour l'obtention du
DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Présentée et soutenue publiquement

Le 17 Février 2017

Par

Cécile NAVARRA

Née le 27 Octobre 1991 à Talence

LE CALCIUM A TRAVERS L'ALIMENTATION
CONSEILS A L'OFFICINE

Directeur de thèse
Dr. Catherine CHÈZE

Jury

Dr. Catherine CHÈZE
Dr. Bénédicte BERKÉ
Dr. Eric REUMAUX

Maître de Conférences
Maître de Conférences
Docteur en Pharmacie

Président
Assesseur
Assesseur

REMERCIEMENTS

À la présidente de mon jury et directrice de thèse,

Madame Catherine Chèze,

Docteur en Pharmacie, Maître de conférences du laboratoire de pharmacognosie de la faculté de Pharmacie de l'Université de Bordeaux,

*Pour l'honneur que vous m'avez fait en acceptant de diriger ce travail,
Pour l'attention que vous y avez portée, vos précieux conseils et votre disponibilité.
Pour la bienveillance et la sympathie que vous accordez aux étudiants durant ces longues années d'études et dont j'ai pu bénéficier,
Veuillez trouver ici, l'expression de mes remerciements les plus sincères, et la marque de toute mon estime.*

Aux membres du jury,

Madame Bénédicte Berké

Docteur en Pharmacie, Maître de conférences du laboratoire de pharmacognosie de la faculté de Pharmacie de l'Université de Bordeaux,

*Pour l'intérêt que vous portez à mon travail,
Pour avoir accepté de prendre part à ce jury,
Notre rencontre à venir est une promesse de nouveaux apprentissages pour moi, ainsi
veuillez trouver ici tous mes remerciements et l'expression de mes sentiments distingués.*

Monsieur Éric Reumaux,

Docteur en Pharmacie, Pharmacien d'officine titulaire de la Pharmacie de la Poste à Gradignan,

*Pour avoir accompagné ma formation pratique et m'avoir transmis les compétences nécessaires à l'exercice de notre belle profession,
Pour m'avoir fait confiance et donné des responsabilités dans mes débuts de pharmacien et ce, toujours avec attention, gentillesse et simplicité.
Pour l'honneur que vous me faites en acceptant de prendre part à ce jury,
Veuillez trouver ici, l'expression de ma plus grande gratitude.*

À Guillaume,

*Pour ton aide, ton soutien inconditionnel et ton amour qui m'ont portée jusque-là,
Pour avoir suivi mon travail de si près malgré la distance,
Pour ces six ans de route ensemble et l'aboutissement d'une belle entreprise menée à
deux, celle de notre réussite.
Une nouvelle page s'ouvre à nous et j'attends impatiemment qu'on commence à l'écrire
à deux.*

À Élise,

*Pour ta précieuse aide et ton regard de littéraire avertie sur cette thèse,
Pour avoir accepté de découvrir des mots qui font gagner beaucoup de points au
scrabble,
Le sprint final peut être ponctué de bons moments entre cousines et les dernières
semaines de travail me l'auront bien prouvé.*

À Aurore, Cécilia, Christophe, Jean et Julien

*Pour votre amitié, votre présence, et pour avoir égayé, tous à votre façon, ces derniers
mois passés avec vous en Métropole.*

À Lucie,

*Pour tes conseils, tes encouragements et ton expérience qui n'ont eu de cesse de me
motiver.
Tu étais là avant même le début de mes études alors quoi de plus normal que tu sois là
pour la concrétisation de toutes ces années ?
Sois assurée de mon amitié.*

À mes parents, à Vincent et à Claire,

*Pour votre soutien et votre amour au cours de toutes ces années,
Maman, pour tes nombreux conseils et ta disponibilité,
Ce travail m'aura offert un moment familial privilégié auquel il me sera difficile de
mettre fin sans beaucoup d'émotions.*

À mon regretté grand-père,

*La soif de réussite, la rigueur et la persévérance m'habitent, sûrement un peu grâce à toi,
qui t'es battu toute une vie pour l'accomplissement social et professionnel de ta famille.
Je te dédis cette thèse.*

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS	7
LISTE DES TABLEAUX	9
LISTE DES FIGURES.....	10
INTRODUCTION	11
I. BASES CHIMIQUES, BIOCHIMIQUES ET PHYSIOPATHOLOGIQUES DU CALCIUM	13
1. BASES CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES DU CALCIUM	13
1.1. Découverte de l'élément.....	13
1.2. Présentation physicochimique et place dans la classification périodique	13
1.3. La calcémie	14
2. L'HOMEOSTASIE CALCIQUE	16
2.1. Absorption intestinale du calcium	16
2.2. Reins et régulation de la calcémie	18
3. CONTROLE ENDOCRINE DE LA CALCEMIE	21
3.1. La parathormone (PTH)	21
3.1.1. Régulation de la sécrétion de PTH par la calcémie	21
3.1.2. Régulation de la sécrétion de PTH par le calcitriol	22
3.1.3. Effets biologiques de la PTH	23
3.1.3.1. Au niveau osseux.....	23
3.1.3.2. Au niveau rénal	23
3.1.3.3. Synthèse sur l'effet biologique.....	24
3.2. La vitamine D et ses métabolites	25
3.2.1. Synthèse et métabolisme	25
3.2.2. Mode d'action.....	26
3.2.2.1. Effet au niveau intestinal.....	26
3.2.2.2. Effet au niveau osseux.....	27
3.3. La calcitonine.....	28
3.4. Régulation endocrine secondaire	28
3.5. Synthèse sur la régulation endocrine de la calcémie.....	28
4. LOCALISATIONS ET FONCTIONS DU CALCIUM DANS L'ORGANISME.....	30
4.1. Rôle de second messenger dans la communication cellulaire.....	30
4.2. Calcium et conduction nerveuse.....	30
4.3. Calcium et contraction musculaire	31
4.4. Au niveau sanguin : calcium et hémostase.....	32
4.5. Au niveau systémique : l'os, réserve de calcium de l'organisme	33
4.6. Au niveau dentaire : calcium et émail	34
5. PHYSIOPATHOLOGIE DU CALCIUM	35
5.1. L'hypercalcémie	35
5.1.1. Définition	35
5.1.2. Causes d'hypercalcémies	35
5.1.3. Traitement des hypercalcémies.....	36
5.2. L'hypocalcémie	37
5.2.1. Définition	37
5.2.2. Causes d'hypocalcémie.....	38
5.3. Principales pathologies osseuses liées au calcium.....	38
5.3.1. Ostéomalacie et rachitisme	38
5.3.2. Focus sur l'ostéoporose : pathologie pilier du statut calcique	39
5.3.2.1. Définition densitométrique et physiopathologie de l'ostéoporose	39
5.3.2.2. Epidémiologie.....	41
5.3.2.3. Les facteurs de risques de fracture ostéoporotique.....	41
5.3.2.4. Prise en charge de l'ostéoporose	41
II. APPROCHE NUTRITIONNELLE : LE CALCIUM DANS L'ALIMENTATION	44
1. METHODES ET CONCEPTS : PREREQUIS A LA DETERMINATION DES APPORTS NUTRITIONNELS CONSEILLES (ANC).....	44

1.1.	<i>Définitions : besoins nutritionnels, ANC, Coefficient d’Absorption Réelle</i>	44
1.1.1.	Les besoins.....	44
1.1.2.	L’Apport Nutritionnel Conseillé (ANC)	46
1.1.3.	Besoins et ANC selon l’âge et le statut physiologique	47
1.1.4.	Quelle(s) différence(s) entre Apports Journaliers Recommandés (AJR) et Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) ?.....	48
1.1.5.	Apports au-delà des ANC et limites de sécurité.....	49
1.1.6.	Coefficient d’Absorption Réelle du calcium (CAR)	49
1.2.	<i>Méthodes et marqueurs pour l’établissement des besoins en calcium</i>	50
1.2.1.	Méthode factorielle	50
1.2.2.	Méthode du bilan	50
1.2.3.	Quid des recommandations à l’étranger ?	51
2.	NOTIONS D’ABSORBABILITE ET DE BIODISPONIBILITE DU CALCIUM	55
2.1.	<i>Différences entre absorption, absorbabilité et biodisponibilité (BD)</i>	55
2.2.	<i>Les méthodes de mesure</i>	55
2.3.	<i>Principaux facteurs alimentaires influençant l’absorption du calcium</i>	56
2.3.1.	Les oxalates et les phytates	57
2.3.1.1.	L’acide oxalique	57
2.3.1.2.	L’acide phytique	59
2.3.2.	Les pectines et fibres	61
2.3.2.1.	Les pectines :	61
2.3.2.2.	Les fibres :	61
2.3.3.	Le calcitriol.....	62
2.3.4.	Les glucides et le lactose.....	62
2.3.5.	Les acides gras	62
2.3.6.	L’alcool, le thé, le café	63
2.3.7.	Le phosphate	63
2.4.	<i>Les principaux facteurs influençant la calciurie</i>	64
2.4.1.	Le phosphore	64
2.4.2.	Les bicarbonates, le potassium et l’augmentation du pH.....	64
2.4.3.	L’acidose, les anions sulfates et chlorures	64
2.4.4.	L’excès de protéines	64
2.4.5.	Le sodium.....	65
3.	TABLES NUTRITIONNELLES : LES SOURCES ALIMENTAIRES DE CALCIUM	66
3.1.	<i>Table de composition minérale : les 100 denrées les plus riches en calcium</i>	66
3.2.	<i>Exploitation des données</i>	67
3.3.	<i>Sources alimentaires de calcium : classification pratique</i>	68
3.4.	<i>Le lait et les produits laitiers : sources majeures de calcium</i>	69
3.4.1.	Définition et composition nutritionnelle du lait	69
3.4.1.1.	Définition.....	69
3.4.1.2.	Composition nutritionnelle	70
3.4.2.	Particularité du calcium du lait pour l’absorption	73
3.4.2.1.	Influence du lactose	73
3.4.2.2.	Influence favorable des protéines et des phosphopeptides	75
3.4.2.3.	Influence des lipides du lait : un effet controversé	75
3.4.2.4.	Influence du phosphore	76
3.4.3.	Teneur en calcium des crèmes, laits fermentés et yaourts	76
3.4.4.	Teneur en calcium des fromages	79
3.4.5.	Contribution des produits laitiers à l’apport calcique des Français	84
3.4.6.	Conclusion partielle : les produits laitiers, meilleure source alimentaire de calcium ?	84
3.5.	<i>Assurer les ANC sans produit laitier ?</i>	86
3.5.1.	Alternatives aux produits laitiers : les autres sources de calcium	86
3.5.1.1.	Les algues alimentaires	86
3.5.1.2.	Les denrées fermentées	90
3.5.1.3.	Les poissons avec leurs arêtes.....	91
3.5.1.4.	Les graines germées	92
3.5.1.5.	Les eaux minérales naturelles (EMN)	93
3.5.1.6.	Les autres aliments riches en calcium	97
3.5.2.	Régime d’éviction des produits laitiers : quelles contraintes en pratique ?	98
3.5.2.1.	La quantité utilisée pour un repas équilibré	98
3.5.2.2.	Réalité sur la biodisponibilité du calcium des végétaux	99
3.5.3.	Eléments de conclusion	100

3.5.4.	Qu'en est-il des produits enrichis en calcium ?	102
III.	APPLICATIONS CLINIQUES ET CONSEILS NUTRITIONNELS A L'OFFICINE	106
1.	FOCUS SUR LA SUPPLEMENTATION CALCIQUE.....	106
1.1.	<i>Conditions de prescription d'une calcithérapie.....</i>	107
1.1.1.	Traitement des carences calciques	107
1.1.1.1.	En période de croissance.....	107
1.1.1.2.	Au cours de la grossesse ou l'allaitement.....	107
1.1.2.	Correction des carences calciques associées à l'ostéoporose	108
1.1.2.1.	L'ostéoporose post ménopausique	108
1.1.2.2.	L'ostéoporose de l'homme âgé	109
1.1.2.3.	L'ostéoporose cortisonique.....	109
1.1.3.	Calcithérapie dans le cadre de l'insuffisance rénale chronique.....	110
1.2.	<i>Modalités de mise en place de la calcithérapie</i>	110
1.2.1.	Posologies	110
1.2.2.	Contre-indications	111
1.2.3.	Mises en garde et précautions d'emploi	111
1.2.4.	Interactions médicamenteuses.....	111
1.3.	<i>Décryptage des spécialités disponibles en ville.....</i>	114
1.3.1.	Les sels de calcium utilisés	115
1.3.2.	La galénique et les dosages	115
1.4.	<i>Quels sont les risques de la supplémentation calcique ?.....</i>	116
1.4.1.	Effets indésirables gastro-intestinaux.....	116
1.4.2.	Formation de calculs rénaux.....	117
1.4.3.	Accidents cardio-vasculaires.....	117
2.	AIDE AU CONSEIL EN NUTRITION A L'OFFICINE	120
2.1.	<i>Situations fréquentes et conseils associés</i>	120
2.1.1.	L'intolérance au lactose	120
2.1.2.	Les régimes d'éviction : végétarien et végétalien	123
2.1.3.	Le calcium chez l'adolescent.....	124
2.1.4.	Le calcium chez la femme enceinte et allaitante	126
2.1.5.	Le calcium chez la femme ménopausée	127
2.1.6.	Le calcium chez la personne âgée.....	129
2.2.	<i>Outils pratiques à disposition du pharmacien d'officine</i>	130
2.2.1.	Outils d'évaluation des apports	130
2.2.1.1.	Auto-questionnaire de Fardellone	130
2.2.1.2.	Questionnaire d'évaluation du CERIN / UNAFORMEC.....	131
2.2.2.	Les « cas-patients nutrition » par Nestlé NutriPro®	132
2.2.3.	Gérer ses apports quotidiens de calcium: les applications smartphone	133
2.2.3.1.	CalciCoach® par Mayoly-Spindler.....	133
2.2.3.2.	OSCare® par Laboratoires-Teva.....	136
	CONCLUSION	139
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	141
	LISTE DES ANNEXES	154
	ANNEXE 1 : LES 100 DENREES LES PLUS RICHES EN CALCIUM REPERTORIEES PAR LE CIQUAL	154
	ANNEXE 2 : ARBRE DECISIONNEL DE PRISE EN CHARGE DE L'OSTEOPOROSE.....	154
	ANNEXE 3 : AUTO QUESTIONNAIRE DE FARDELLONE.....	154
	ANNEXE 4 : QUESTIONNAIRE D'EVALUATION DU CERIN / UNAFORMEC	154
	ANNEXE 5 : FICHES « CAS-PATIENT » NESTLE NUTRIPRO, L'INTOLERANCE AU LACTOSE	154
	ANNEXE 6 : FICHES « CAS-PATIENT » NESTLE NUTRIPRO, LE CALCIUM A L'ADOLESCENCE	154
	ANNEXE 7 : FICHES « CAS-PATIENT » NESTLE NUTRIPRO, LA NUTRITION PENDANT LA GROSSESSE.....	154
	ANNEXE 8 : FICHES « CAS-PATIENT » NESTLE NUTRIPRO, LA NUTRITION CHEZ LA PERSONNE AGEE.....	154
	ANNEXE 9 : FICHES « CAS-PATIENT » NESTLE NUTRIPRO, L'OSTEOPOROSE	154
	SERMENT DE GALIEN	176

LISTE DES ABREVIATIONS

ADN : acide désoxyribonucléique

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AJR : Apports Journaliers Recommandés

ALB : Albumine

AMPc : Adénosine Monophosphate cyclique

ANC : Apports Nutritionnels Conseillés

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation de l'Environnement et du travail

APLV : Allergie aux Protéines du Lait de Vache

ARNm : Acide Ribonucléique messenger

BD : Biodisponibilité

BNM : Besoins Nutritionnels Moyens

Ca : Calcium

CAR : Coefficient d'Absorption Réelle

CaBP : Calcium Binding Protein

CaSR : Calcium Sensing Receptor

CERIN : Centre de Recherche et d'Information Nutritionnelles

CIQUAL : Centre d'Information sur la Qualité des Aliments

Cl : Chlore

CNIEL : Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière

DMO : Densité Minérale Osseuse

ECaC : Epithelial Calcium Channel

ECG : Electrocardiogramme

EMN : Eau Minérale Naturelle

FAO : Food and Agriculture Organization

Fe : Fer

GRIO : Groupe de Recherche et d'Information sur les Ostéoporoses

HAS : Haute Autorité de Santé

I : Iode

IGF : Insulin-like Growth Factor

IL : Interleukine

IMC : Indice de Masse Corporelle

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
JNM : Jonction Neuro Musculaire
K : Potassium
M-CSF : Macrophage – Colony Stimulating Factor
Mg : Magnésium
MG : Matière Grasse
Na : Sodium
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
PA : Potentiel d'Action
PKA / PKC : Protéine Kinase A / Protéine Kinase C
PNNS : Plan National Nutrition Santé
PTH : Parathormone
RANK : Recepteur Activateur du NK κ B
RXR : Récepteur X aux Rétinoïdes
TGF β : Transforming Growth Factor
TRPV5 : Transient Receptor Potential Channel 5
UHT : Ultra Haute Température
UNAFORMEC : Union Nationale des Associations de Formation Médicale et d'Evaluation
Continues
UVB : Ultraviolet B
VDCC : Canal Calcique Voltage Dépendant
VDR : Récepteur à la Vitamine D
VNR : Valeur Notionnelle de Référence
WHO : World Health Organization
Zn : Zinc
1,25(OH)₂D₃ : 1,25 dihydroxy-vitamine D3

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Repères concernant la calcémie	14
Tableau 2 : Variation des fractions plasmatiques du calcium en fonction de l'équilibre acido-basique (7)	15
Tableau 3: Facteurs impliqués dans la relation calcémie/calciurie (8), (9), (10)	19
Tableau 4: Résumé de la régulation de la calcémie	29
Tableau 5 : Causes mineures d'hypercalcémie	36
Tableau 6 : Définition ostéodensitométrique de l'ostéoporose, selon l'OMS (23), (24)	41
Tableau 7 : Les traitements spécifiques de l'ostéoporose (23), (24), (25)	42
Tableau 8 : Les différents besoins nets en calcium (26), (27), (28)	45
Tableau 9 : Besoins et apports conseillés en calcium (mg/j) (28)	48
Tableau 10 : Apports calciques recommandés (mg/j) dans 32 pays sélectionnés (40), (41)	51
Tableau 11 : ANC en calcium (mg/j) selon les pays, publié par le GRIO (2008) (41)	53
Tableau 12 : Proportion d'acide oxalique contenu dans divers végétaux couramment consommés (49), (53), (54)	58
Tableau 13 : Sources alimentaires classées selon leur teneur en calcium (mg/100 g)	68
Tableau 14 : teneur générale en minéraux du lait pasteurisé et stérilisé UHT (58)	71
Tableau 15 : teneur en calcium des différents laits (58)	72
Tableau 16 : Teneur en calcium (mg/100g) des crèmes, laits fermentés et yaourts (58)	77
Tableau 17 : teneur en calcium (mg/100 g) des fromages (58)	80
Tableau 18 : Composition minérale moyenne des fromages (en mg pour 100 g de produit) selon leur classes (68)	83
Tableau 19 : teneur nutritionnelle moyenne de quelques algues alimentaires (mg/100 g de matière sèche (MS)) (85), (62), (83)	88
Tableau 20 : teneur en calcium (mg/100 g) de plusieurs farines avant et après mise en germination des graines ou légumineuses (90)	93
Tableau 21 : composition chimique des eaux minérales naturelles plates (92)	94
Tableau 22: composition chimique des eaux minérales naturelles gazeuses (92)	94
Tableau 23 : études menées sur l'absorption du calcium de l'eau (92)	96
Tableau 24 : biodisponibilité relative du calcium de divers produits végétaux (44)	100
Tableau 25 : Pourcentage de calcium dans les sels calciques communs (45)	104
Tableau 26: Posologies d'administration de la supplémentation calcique (ou vitamino D-calcique) selon l'indication (113), (114), (117), (120)	110
Tableau 27: calcithérapie et interactions médicamenteuses (113), (38), (56)	112
Tableau 28 : Suppléments calciques per os (associés ou non à la vitamine D3) disponibles en ville (113)	114
Tableau 29 : Exemples de solutions diététiques permettant de maintenir l'ANC en calcium chez l'intolérant en lactose (155), (156)	122
Tableau 30 : Composition des repas permettant d'atteindre les ANC de calcium chez l'adolescent (155), (58), (162), (161)	125
Tableau 31 : Aide à la composition des repas sans lait permettant d'atteindre les ANC de calcium chez l'adolescent (155), (58), (161), (162)	125
Tableau 32 : champs d'action pour le maintien des ANC en calcium et la prévention de l'ostéoporose (63), (56), (163)	128
Tableau 33 : conseils pour maintenir des apports calciques chez la personne âgée (155), (161) .	130

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Répartition du calcium plasmatique dans l'organisme (7)	15
Figure 2 : Voie de transport paracellulaire du calcium dans l'intestin (9).....	17
Figure 3 : Voie de transport transcellulaire du calcium dans l'intestin (8).....	17
Figure 4 : Réabsorption rénale du calcium (9).....	18
Figure 5 : Réabsorption rénale du calcium dans la branche ascendante de Henlé (8)	19
Figure 6: Réponse sécrétoire de la PTH à la calcémie (8), (11)	21
Figure 7 : Mécanisme cellulaire de la relation PTH-Calcémie (8)	22
Figure 8 : Régulation de la transformation de l'ostéoblaste-ostéoclaste (8).....	23
Figure 9 : Résumé de l'action de la parathormone sur la calcémie	24
Figure 10 : Régulation intégrée de la calcémie par la PTH (10).....	26
Figure 11 : Action cellulaire du calcitriol (8)	27
Figure 12 : Principales actions du calcitriol dans la régulation de la calcémie.....	27
Figure 13 : Schéma de la régulation endocrine de la calcémie	29
Figure 14 : Genèse du potentiel d'action dans la jonction neuromusculaire (15).....	31
Figure 15 : Évolution de la densité de masse osseuse en fonction de l'âge.....	40
Figure 16 : Représentation mathématique des ANC (26), (31)	47
Figure 17 : Formation d'un complexe d'oxalate de calcium à partir d'acide oxalique et de calcium ionisé (52).....	58
Figure 18 : Capacité des phytates à complexer le calcium	60
Figure 19 : Pourcentage de calcium absorbé pour une même portion : différence entre les sources d'aliments contenant ou non de l'acide phytique (51)	60
Figure 20 : Ponts calciques entre deux pectines	61
Figure 21 : Répartition des 100 denrées alimentaires les plus riches en calcium (58)	67
Figure 22 : Contribution des diverses catégories d'aliments aux apports de calcium (66).....	85
Figure 23 : Diminution de la teneur en phytine de la pâte à pain au levain au cours de la fermentation (62).....	91
Figure 24 : Teneur en Na ⁺ (mg/L) des EMN plates et gazeuses commercialisées en France (92)	97
Figure 25 : Quelques équivalences en termes d'apports calciques (101), (58).....	101
Figure 26 : Questionnaire d'évaluation des apports calciques du CERIN / UNAFORMEC (164)	132
Figure 27 : Présentation de l'interface de l'application CalciCoach® (167).....	134
Figure 28 : Fonctionnalités de l'application Calcicoach® (163).....	135
Figure 29 : Présentation de l'interface de l'application OSCare® (168), (169)	136
Figure 30 : Fonctionnalités de l'application OSCare® (168), (169).....	137

INTRODUCTION

L'évolution récente de la politique de santé, dans laquelle le pharmacien s'est vu confier de nouvelles missions a mis en lumière l'importance du contenu des actes qu'il accomplit. Ces derniers requièrent une compétence ainsi qu'une maîtrise scientifiques et techniques sur la pharmacologie, mais aussi dans d'autres domaines dont fait partie la nutrition.

L'acte de dispensation, parce qu'il est emblématique de l'exercice officinal, justifie toute l'attention que la profession doit y porter. C'est un acte intellectuel d'analyse et de décision, qui englobe le conseil associé à la délivrance des médicaments ou des autres produits de santé. (1)

Bien souvent, le pharmacien est sollicité pour des questions diététiques et nutritionnelles. Ainsi, l'examen d'une telle demande s'inscrit pour lui dans un contexte thérapeutique et physiopathologique qu'il doit analyser avec la même vigilance que celle avec laquelle il dispense un produit de santé.

L'engouement de la population pour la nutrition est un phénomène, facilement observable au quotidien, et qui dépasse nos frontières. Toutefois, à l'heure de la démocratisation de l'information via le web, il est plus aisé de mal se documenter que de trouver des informations pertinentes sur le sujet. En effet, les données nutritionnelles scientifiques sont souvent noyées par une masse de publications prônant chacune ses propres vérités.

Le calcium est un élément qui a fait l'objet de nombreuses recherches. Cet intérêt s'explique du fait de son caractère pléiotrope. C'est aussi un des minéraux connu pour être essentiel à la santé de l'homme, et pour lequel des apports journaliers recommandés ont été établis et semblent reconnus par la communauté scientifique au niveau national. Cependant, il ne semble pas y avoir de consensus clair quant à la bonne gestion des apports calciques à travers l'alimentation.

En effet, cette problématique fait l'objet d'un certain scepticisme perçu dans de nombreuses publications faisant état de craintes et de soupçons vis-à-vis des recommandations en vigueur. Les détracteurs du lait et des produits laitiers multiplient les papiers cherchant à démontrer le caractère optionnel, non naturel, voir nocif de leur consommation quotidienne, tandis que les lobbys laitiers et les pouvoirs publics s'appliquent à promouvoir leur utilisation. Ainsi, la nécessité d'une consommation journalière de produits laitiers pour satisfaire les besoins en calcium suscite réellement débats et controverses.

C'est dans ce contexte que nous nous sommes intéressés à la place du calcium dans l'alimentation, avec pour mire la compréhension de son influence sur la santé humaine. Notre travail a été mené en appliquant des méthodes de recherche et d'analyse simples et rigoureuses, permettant une synthèse bibliographique de la littérature scientifique.

L'objectif de cette thèse d'exercice est de mettre en évidence les diverses sources alimentaires de calcium, mais aussi de comprendre les raisons pour lesquelles la

consommation de lait et de produits laitiers est encouragée pour la satisfaction des besoins calciques quotidiens. Est-elle indispensable à la couverture des apports nutritionnels conseillés en calcium pour la population française ? Pour mieux appréhender cette question principale de recherche nous essayerons :

- d'examiner quels sont les aliments riches en calcium, d'origine laitière ou non ;
- de rechercher dans la littérature scientifique les éléments permettant de caractériser la place des produits laitiers et leur intérêt ;

Et par conséquent, comprendre et identifier les options nutritionnelles permettant de couvrir les apports calciques recommandés.

La première partie de ce travail sera centrée sur le calcium en tant qu'élément chimique. Elle décrira l'homéostasie calcique, les mécanismes moléculaires de l'absorption du calcium, et ses multiples fonctions biologiques au sein des différentes structures de notre organisme. De plus, elle expliquera la relation étroite entre le calcium et de nombreuses pathologies chez l'homme.

La deuxième partie développera des notions nutritionnelles de bases telles que les méthodes d'établissement des apports recommandés. Elle exposera les sources alimentaires de calcium, les besoins quotidiens de chacun, et l'importance ou non des produits laitiers dans la satisfaction de ces derniers. Elle fera également le point sur les alternatives au calcium laitier.

Enfin, la troisième partie sera consacrée à l'application de cette recherche en termes de prise en charge à l'officine. Elle développera la supplémentation calcique, véritable traitement médicamenteux, et proposera des éléments de réponse ainsi que quelques outils pratiques pour le conseil diététique et nutritionnel en lien avec le statut calcique.

I. BASES CHIMIQUES, BIOCHIMIQUES ET PHYSIOPATHOLOGIQUES DU CALCIUM

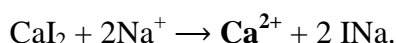
Avant d'aborder pleinement le calcium dans l'alimentation, cette première partie fait le point sur les notions essentielles à la définition de cet élément à trois échelles : chimique, biochimique et physiopathologique. De son rôle dans la communication cellulaire et dans la coagulation, en passant par son implication dans l'ostéoporose, on pose le cadre de ses multiples fonctions et de sa régulation.

1. BASES CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES DU CALCIUM

1.1. Découverte de l'élément

L'utilisation du calcium en tant qu'élément minéral est très ancienne puisque les Romains et les Egyptiens l'utilisaient déjà comme liant hydraulique (mortier). Cela fait écho à l'étymologie du nom « calcium » qui provient du latin « *calcis* » signifiant « la chaux », obtenue par calcination du calcaire (décarbonatation par thermolyse poussée) (2).

Il faut attendre le 19^{ème} siècle pour que le calcium fasse véritablement l'objet d'études chimiques. C'est en 1808 que Jöns Jacob Berzelius puis Sir Humphry Davy découvrent le métal calcium. En électrolysant un mélange de chaux et de mercure, ils obtiennent un amalgame de calcium (Hg-Ca) et isolent ce premier échantillon. Le métal massif est réellement isolé en 1892, par Henry Moisson, pharmacien-chimiste français, déjà connu alors pour avoir été le premier à isoler le fluor. Il procède quant à lui à la réduction de l'iodure de calcium par le sodium (2), (3) :



1.2. Présentation physicochimique et place dans la classification périodique

De symbole « Ca^{2+} », le calcium est un cation divalent de numéro atomique 20 dans la classification périodique, et de masse atomique 40,078 Dalton. (2), (3), (4) Il se range dans la colonne des alcalino-terreux (4), groupe de métaux auquel il appartient au même titre que le béryllium, le magnésium, le strontium, le baryum et le radium.

Sa configuration électronique dans son état fondamental est : $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^6(4s)^2$. (4)

A l'image des éléments de cette série chimique, il est caractérisé par un cortège électronique de deux électrons sur sa couche de valence. Ces derniers forment un doublet qui gravite sur l'orbitale de type s. Son état d'ionisation normal est obtenu en arrachant ses deux électrons de valence pour obtenir un cation doublement chargé : c'est sa configuration la plus

stable. La plupart des composés calciques sont à liaison ionique du fait de l'existence de ce cation bivalent Ca^{2+} .

Par ailleurs, le calcium est un métal très réducteur dont une des propriétés importantes est la capacité à former des complexes. (2), (3), (4)

1.3. La calcémie

Pour pouvoir appréhender la biochimie du calcium, il est nécessaire de définir une valeur de base : la calcémie. Dans le sang, le calcium est essentiellement plasmatique, les globules rouges n'en contenant que très peu. (5) On définit la calcémie comme la concentration de calcium plasmatique totale, exprimée en milligrammes par litre (mg/L) ou en millimoles par litre (mmol/L).

La calcémie moyenne normale est de 100 ± 5 mg/L. Une mole de calcium équivalant à 40 grammes, on obtient une calcémie moyenne en mmol/L comprise dans l'intervalle [2,20 – 2,60] mmol/L. (5), (6), (7)

Les bornes des valeurs normales de la calcémie permettent de définir les seuils d'hypo et d'hypercalcémie : on parle d'hypocalcémie pour des valeurs en-dessous de 2,20 mmol/L et d'hypercalcémie pour des valeurs supérieures à 2,60 mmol/L. (5), (7)

Tableau 1 : Repères concernant la calcémie

Hypocalcémie	Calcémie normale	Hypercalcémie
< 2,20mmol/L	[2,20 – 2,60] mmol/L	> 2,60 mmol/L

Au niveau plasmatique le calcium se retrouve globalement sous deux formes :

- Une forme non ultra-filtrable

Elle représente 40% du calcium total qui est fixé aux protéines plasmatiques. Les trois-quarts sont liés à l'albumine et le reste aux globulines. (5), (7) Cette fraction ne filtre pas sous forme libre à travers les capillaires. La fixation du calcium aux protéines du plasma s'explique chimiquement par le fait qu'il existe une compétition entre le cation et les protons vis-à-vis des groupements carboxylés des protéines et principalement de l'albumine.

- Une forme ultra-filtrable

Elle représente 60% du calcium plasmatique. On estime qu'un cinquième est complexé à différents anions : citrates, phosphates, lactates, bicarbonates, oxalates, acétates, acides gras... et que le reste existe sous la forme ionisée ou forme libre.

Le calcium libre est important d'un point de vue physiologique car c'est la seule forme biologiquement active. (5), (7) Il est essentiel au maintien de nombreuses fonctions cellulaires que nous détaillerons plus tard.

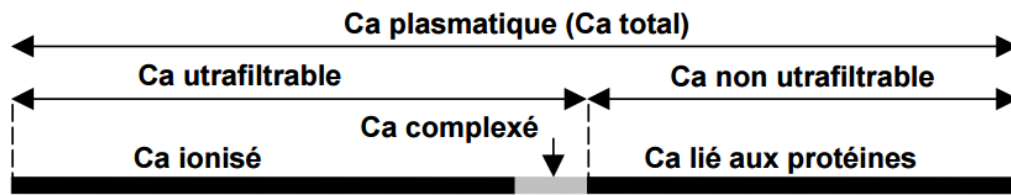


Figure 1: Répartition du calcium plasmatique dans l'organisme (7)

La fraction ionisée du calcium dépend de plusieurs paramètres :

- De la teneur en protéines et plus particulièrement en albumine : on comprend facilement qu'une hyperprotidémie provoque une augmentation de la fraction de calcium lié aux protéines et donc une diminution de la part ultrafiltrable, ionisée.
- Du pH sanguin (tableau 2) :
 - o L'acidose aiguë diminue les liaisons du calcium aux protéines et augmente sa part ionisée ;
 - o L'alcalose aiguë entraîne à l'inverse une augmentation de la part liée aux protéines et donc une diminution du calcium libre. (5)

En pratique, ces deux paramètres ne peuvent pas être pris en compte séparément et leur variation sont à l'origine de tentatives de compensations variables que nous ne décrivons pas ici.

Tableau 2 : Variation des fractions plasmatiques du calcium en fonction de l'équilibre acido-basique (7)

	Calcium lié aux protéines	Calcium ionisé	Calcium total
Acidose aiguë	diminué	augmenté	normal
Acidose chronique	diminué	normal	diminué
Alcalose aiguë	augmenté	diminué	normal
Alcalose chronique	augmenté	normal	augmenté

2. L'HOMÉOSTASIE CALCIQUE

Le maintien de l'homéostasie calcique dépend principalement des flux de calcium entre l'intestin, l'os et le rein. En effet, elle repose :

- sur l'adaptation de l'absorption intestinale du calcium aux besoins de l'organisme ;
- sur l'équilibre entre l'accrétion et la résorption osseuse ;
- sur l'excrétion et la réabsorption rénale du calcium.

La calcémie est aussi maintenue par une régulation hormonale très fine, qui commande au besoin la mobilisation du calcium, en grande partie aux dépens des réserves osseuses échangeables. Cette régulation fait intervenir notamment l'hormone parathyroïdienne ou parathormone (PTH), la calcitonine et le calcitriol ou dérivé actif hydroxylé en 1,25 de la vitamine D3. C'est cette triade d'effecteurs qui permet la constance remarquable de la calcémie ([2,20 – 2,60] mmol/L).

Dans un premier temps, nous développerons le rôle de l'intestin et du rein dans l'homéostasie calcique, celui du tissu osseux faisant l'objet d'une partie distincte. Puis, dans un second temps, nous nous intéresserons à la régulation endocrine de la calcémie.

2.1. Absorption intestinale du calcium

Une absorption nette journalière de calcium de 150 à 200 mg/j est nécessaire à la compensation des pertes de l'organisme et à la stabilité du stock de calcium osseux. (8) A jeun, la calcémie est maintenue constante par un flux de calcium sortant de l'os, qui compense les sorties rénales dites obligatoires. Lorsque les apports alimentaires ou l'absorption intestinale de calcium sont défectueux, il se produit alors une libération du calcium des os et donc une perte minérale osseuse. Chez un sujet normal ayant une alimentation équilibrée, on admet qu'à l'état d'équilibre la calciurie des 24 heures reflète l'absorption nette digestive. (9)

Le passage du calcium à travers la paroi intestinale se fait selon un transport à double sens : absorption et sécrétion. Il en résulte ainsi un flux net de calcium en fonction des besoins. Deux mécanismes sont impliqués dans l'absorption intestinale du calcium : un mécanisme passif et un mécanisme actif, saturable. (8), (9)

- Le flux passif, dit paracellulaire

Cette absorption intestinale du calcium se fait tout au long du tube digestif où il passe entre deux entérocytes. Le transfert se fait par diffusion en suivant le mouvement de l'eau et des principaux solutés osmotiquement actifs tels que le sodium ou le glucose (Figure 2). La diffusion passive du calcium dans le sens de l'absorption est facilitée par l'existence d'un gradient électrochimique favorable.

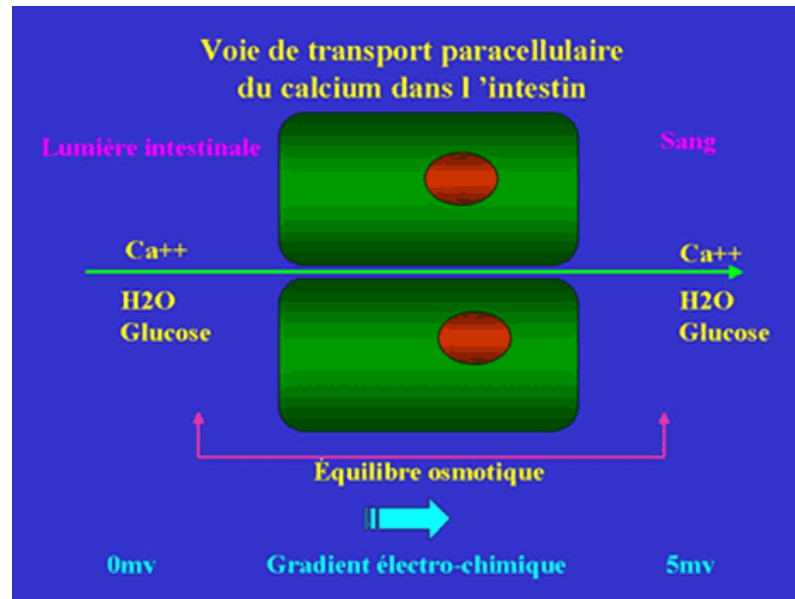


Figure 2 : Voie de transport paracellulaire du calcium dans l'intestin (9)

- Le flux actif, dit transcellulaire

Il a lieu principalement dans le duodénum. Il s'effectue entre la membrane apicale et la membrane basolatérale de la cellule, au contact des capillaires sanguins.

Le calcium entre dans l'entérocyte à travers la membrane via un mode de transport saturable, donc non diffusif. Ce mécanisme fait intervenir plusieurs protéines membranaires ayant une haute affinité pour le calcium : un canal calcique ECaC (pour *epithelial calcium channel*), une protéine de transport CaBP (*calcium-binding protein*), une pompe calcium ATPase ainsi qu'un échangeur Ca/ Na au pôle basolatéral. (8)

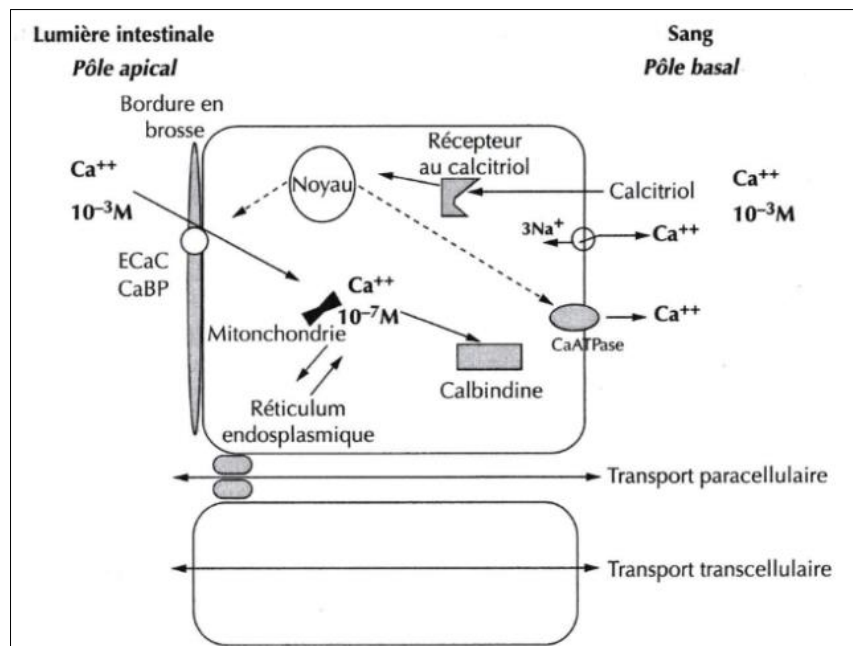


Figure 3 : Voie de transport transcellulaire du calcium dans l'intestin (8)

2.2. Reins et régulation de la calcémie

Le rein joue un rôle majeur dans le maintien à court terme de la calcémie ionisée, alors que l'intestin et le tissu osseux assurent l'homéostasie à moyen et long termes.

Le calcium libre, non lié aux protéines, est filtré dans le glomérule. Il est ensuite massivement réabsorbé tout au long des tubules. On estime que 99% du calcium filtré est réabsorbé dans les différentes parties du néphron. (10)

La majeure partie de ce calcium filtré (50 - 60%) est réabsorbée au niveau du tube contourné proximal. La réabsorption est couplée à celle du sodium et elle se fait au niveau des jonctions intercellulaires. Aussi, toute modulation de la réabsorption de sodium dans le tube proximal entraîne des modifications de même sens de la réabsorption calcique. (12), (10)

Le calcium ayant échappé à la réabsorption proximale est ensuite réabsorbé dans l'anse ascendante de Henlé (20 - 25%) grâce au co-transport Na/K/2Cl. L'activité de cette pompe génère un faible gradient électrique, nécessaire à la réabsorption calcique. De plus, le flux calcique de la branche de Henlé est modulé par le récepteur sensible au calcium (CaSR). (9), (10) Toute augmentation de la liaison du calcium au CaSR entraîne une diminution de sa réabsorption, et inversement. A ce niveau, on note également la participation d'une protéine spécifique, la paracelline, permettant l'absorption du calcium par voie paracellulaire.

La partie distale du néphron permet un ajustement fin de la réabsorption (10 - 15%). C'est à ce niveau qu'un certain nombre d'agents viennent exercer leurs effets notamment le calcitriol, la parathormone (PTH), la calcitonine ou encore les diurétiques thiazidiques. (10), (12) Le mode de transport est essentiellement actif, grâce à des canaux dédiés ECa (*epithelial Ca channel*). Enfin dans le collecteur distal, environ 5% du calcium filtré est réabsorbé. (8), (9)

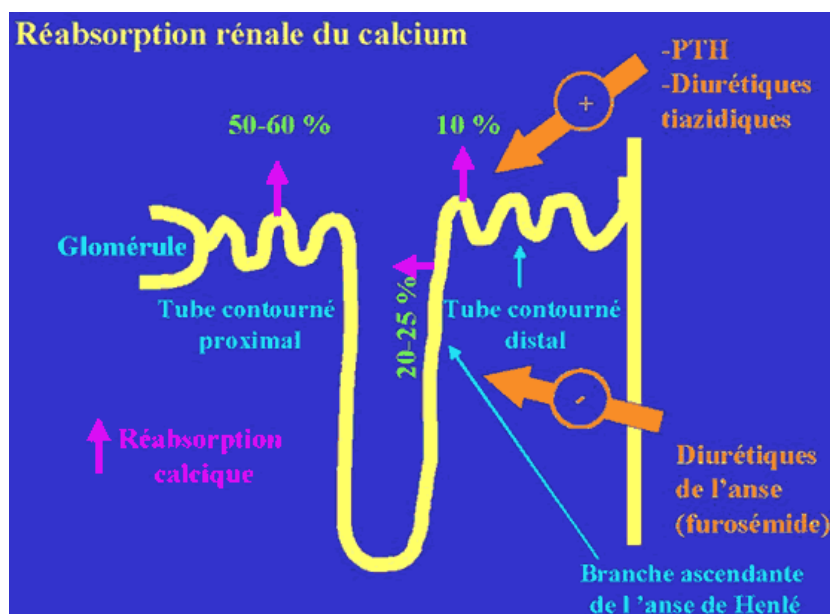


Figure 4 : Réabsorption rénale du calcium (9)

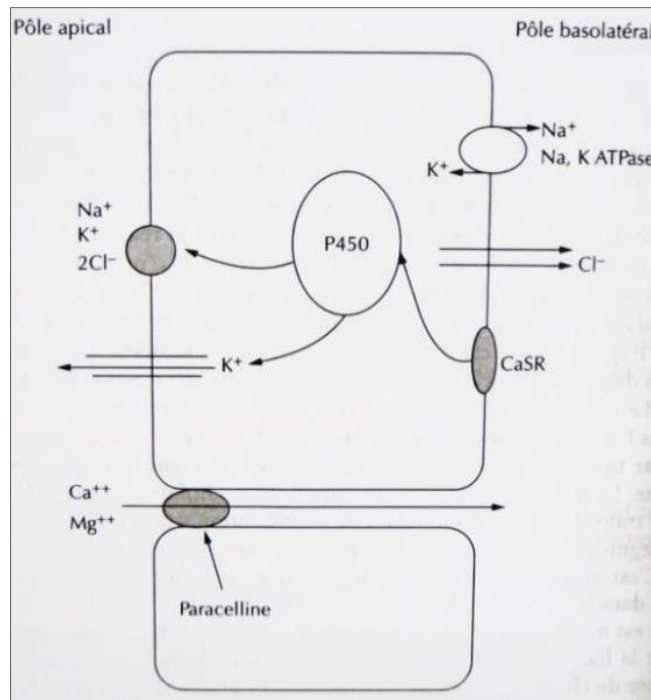


Figure 5 : Réabsorption rénale du calcium dans la branche ascendante de Henlé (8)

Le rein est donc un organe essentiel à la régulation de la calcémie sur laquelle il se base pour adapter l'excrétion du calcium. Une hypercalcémie entraîne une hypercalciurie, et inversement. De nombreux facteurs viennent aussi mettre en jeu cette relation calcémie/calciurie dont voici quelques exemples :

Tableau 3: Facteurs impliqués dans la relation calcémie/calciurie (8), (9), (10)

Facteurs	Nature de l'effet (« → » = « induit »)
Volume extra cellulaire	-Inhibition des réabsorptions proximales d'eau et donc indirectement de calcium lors d'une hyperhydratation extracellulaire : ↑calciurie -Stimulation de la réabsorption de calcium lors d'une déshydratation extracellulaire : ↓calciurie
Parathormone (PTH)	Stimule la réabsorption du calcium au niveau du tubule distal : ↓ calciurie
Calcitriol (dérivé actif de la vitamine D)	-Sécrétion accrue ou apport excessif de calcitriol → augmentation de l'absorption intestinale du calcium ⇒ hypercalcémie et hypercalciurie compensatrice -Diminution de la sécrétion de calcitriol (insuffisance rénale chronique) ⇒ hypocalcémie avec hypocalciurie compensatrice
Calcitonine	Favorise l' hypercalciurie

Hormones gluco- et minéralocorticoïdes	Action liée à l'augmentation de la résorption osseuse et à l'activité tubulaire ¹ ⇒ Hormones hypercalciuriantes
Autres hormones : glucagon, insuline, et hormones thyroïdiennes	Action rénale directe sur l'excrétion de calcium, au niveau de la branche ascendante de l'anse de Henlé. -Glucagon : ↓ calciurie (stimule la réabsorption tubulaire) -Insuline : ↑ calciurie (inhibe la réabsorption tubulaire) -Hormones thyroïdiennes : ↑ calciurie (augmentation du catabolisme osseux)
pH	L'acidose métabolique : ↑ calciurie
Hypermagnésémie	Inhibe la réabsorption du calcium de manière directe et indirecte par la freination de la PTH : ↑ calciurie
Sodium et protéines	Apport alimentaire excessif en sodium et protéines : ↑ calciurie
Activité physique	Immobilisation prolongée : ↑ calciurie (par non stimulation et dégradation de l'os)
Diurétiques	-Furosémide et bumétamine (inhibiteurs du co-transport Na/K/2Cl) : ↑ calciurie (inhibent la réabsorption dans la branche ascendante de Henlé) (figure 4) -Diurétiques thiazidiques (inhibiteurs du co-transport Na/Cl au pôle apical de la cellule) : ↓ calciurie (diminuent le volume extracellulaire : stimulation de la réabsorption proximale du sodium et du calcium) (figure 4)

¹ : Action directe des minéralo- et glucocorticoïdes sur les tubules au niveau distal et également sur l'expansion des liquides extracellulaires qui entraîne une diminution de la réabsorption de sodium et de calcium.

3. CONTROLE ENDOCRINE DE LA CALCEMIE

Trois principales hormones sont impliquées dans la régulation du métabolisme calcique : la parathormone (PTH), le calcitriol et la calcitonine qui est antagoniste aux deux autres.

3.1. La parathormone (PTH)

Il s'agit d'une hormone peptidique hypercalcémiant, synthétisée par les cellules principales des glandes parathyroïdes. (12) Sa sécrétion est finement régulée par la calcémie et le calcitriol notamment.

3.1.1. Régulation de la sécrétion de PTH par la calcémie

Globalement, une baisse de la calcémie entraîne une augmentation de la PTH circulante, et inversement. Une régulation rapide s'opère du fait de l'existence d'une relation sigmoïde inverse entre la concentration de calcium plasmatique et celle de PTH (Figure 6). Ceci permet de maintenir dans des bornes étroites la concentration de calcium ionisé.

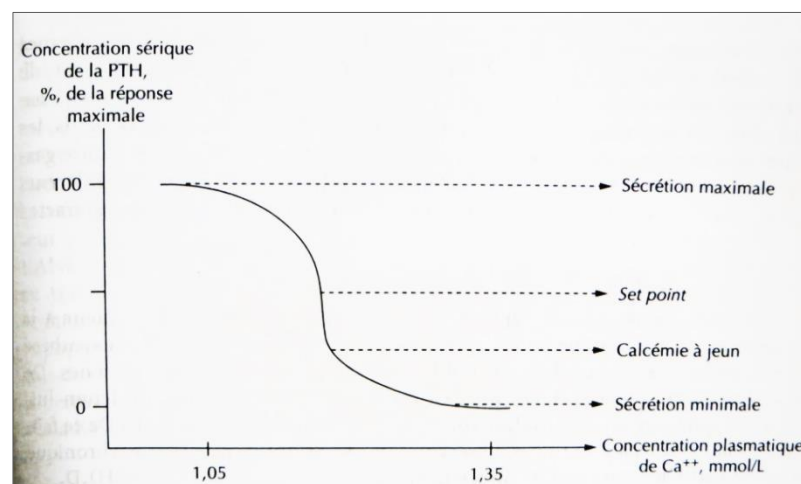


Figure 6: Réponse sécrétoire de la PTH à la calcémie (8), (11)

La réponse sécrétoire de la PTH dépend de la calcémie ionisée. 50% de la réponse maximale se fait pour une calcémie de l'ordre de 1,20mmol/L (set point des Anglo-saxons).

Le mécanisme de cette régulation est maintenant bien établi : la calcémie ionisée régule la sécrétion de PTH par l'intermédiaire du calcium sensing receptor (CaSR). C'est une protéine (appartenant à la famille des récepteurs à sept domaines transmembranaires couplés aux protéines G) qui reconnaît comme ligand naturel les cations divalents, et principalement le calcium.

Dans la parathyroïde, l'augmentation de la concentration calcique active le récepteur ce qui induit l'activation en cascade d'effecteurs secondaires et à terme, une diminution de la libération intracellulaire d'AMPc. C'est ce dernier signal cellulaire qui freine la sécrétion de PTH.

Inversement, une diminution de la concentration du calcium ionisé inactive le récepteur et entraîne une augmentation de la sécrétion de PTH. (Figure 7)

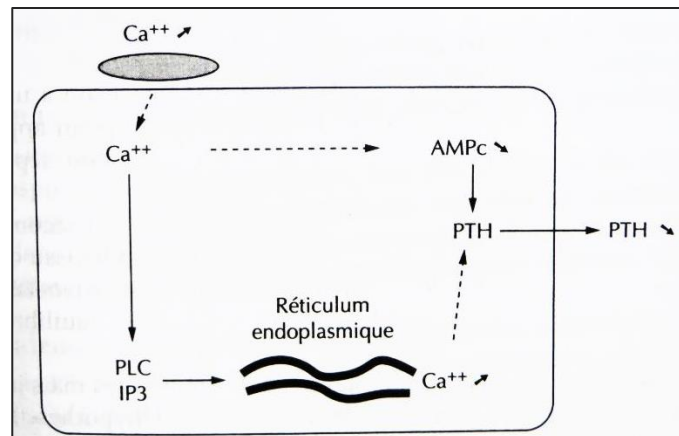


Figure 7 : Mécanisme cellulaire de la relation PTH-Calcémie (8)

Dans la glande parathyroïde, une augmentation de la calcémie ionisée entraîne une activation du CaSR membranaire (grisé) et une cascade de réactions menant à une diminution de la libération de PTH.

Le CaSR se retrouve non seulement dans les cellules parathyroïdiennes mais aussi dans d'autres organes impliqués dans la régulation du calcium comme l'intestin, le rein ou les cellules C de la thyroïde. (8), (12)

Si on s'intéresse à la régulation en réponse à une hypocalcémie soutenue, on constate à court et moyen terme (de quelques minutes à plusieurs heures) une augmentation de la sécrétion de PTH qui fait appel à la mobilisation des stocks intracellulaires d'hormone déjà synthétisée. Toutefois, ces réserves permettent d'assurer une sécrétion pendant seulement 60 à 90 min, car la dégradation cellulaire de la PTH stockée varie en fonction de la calcémie.

Lorsque l'hypocalcémie se prolonge au-delà de quelques heures, la mobilisation des stocks hormonaux devient insuffisante et il se produit alors une modification de la capacité sécrétoire, permise par l'augmentation du nombre de cellules principales de la parathyroïde. Ce mécanisme est amplifié par la transcription de gènes codants pour la prépro-PTH.

C'est lorsque le trouble se prolonge de plusieurs jours à plusieurs semaines qu'on observe cliniquement une hyperplasie des glandes parathyroïdes. (9), (10)

3.1.2. Régulation de la sécrétion de PTH par le calcitriol

Le calcitriol agit via la liaison à son récepteur nucléaire (VDR) exprimé par les cellules de la parathyroïde. Il diminue la synthèse de PTH et inhibe la prolifération des cellules parathyroïdiennes. De plus, il pourrait augmenter l'expression du CaSR, ce qui freinerait indirectement la sécrétion de PTH. (8)

Ainsi, lors d'un déficit en vitamine D (la cause la plus fréquente étant l'insuffisance rénale chronique), la PTH et les cellules principales ne sont plus freinées et cela peut entraîner à terme une hyperparathyroïdie secondaire (à calcémie normale mais PTH haute) voire

tertiaire (calcémie haute et PTH haute, par autonomisation de la parathyroïde), à l'origine de troubles de l'homéostasie calcique. (9), (10), (11), (12)

3.1.3. Effets biologiques de la PTH

C'est via son action au niveau de l'os, du rein et indirectement, au niveau du duodénum que la PTH joue un rôle-clé dans la régulation du métabolisme phosphocalcique.

3.1.3.1. Au niveau osseux

La PTH active le remodelage osseux par l'intermédiaire des ostéoclastes activés que l'on retrouve dans l'os, puis dans un second temps par le recrutement de nouveaux ostéoblastes pour assurer un équilibre résorption/accréation. (8), (9)

Son action résulterait d'un mécanisme indirect, par la stimulation de la sécrétion ostéoblastique de cytokine activatrice de la résorption, telles que IGF 1 et 2, TGF β , MCSF et IL6, entre autres. En présence de facteurs permissifs, au premier rang desquels on retrouve la PTH, l'ostéoblaste exprime le RANK-ligand qui se fixe au facteur RANK du précurseur ostéoclastique, ce qui favorise sa différenciation en ostéoclaste mature et actif. (9), (12)

La PTH participe donc au remodelage osseux indispensable à l'équilibre de la structure osseuse et au maintien de la calcémie. La dégradation du tissu osseux par les ostéoclastes induit une libération de calcium laissant dans l'os des lacunes dites de "Howship".

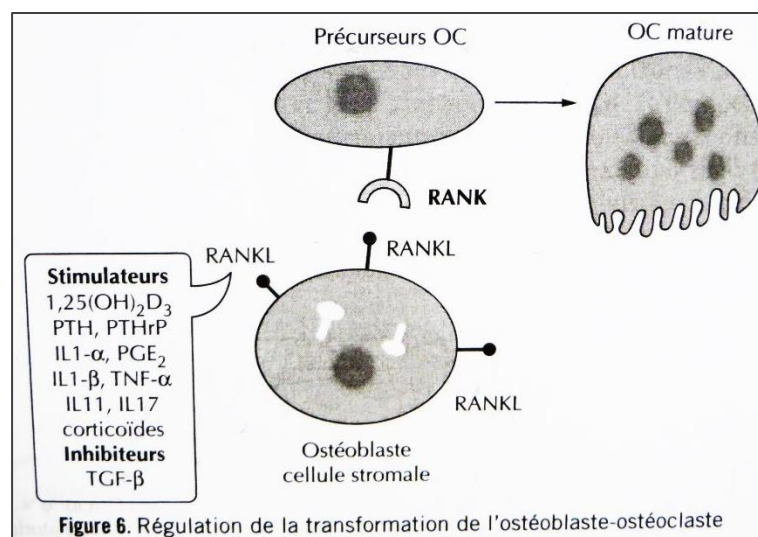


Figure 8 : Régulation de la transformation de l'ostéoblaste-ostéoclaste (8)

3.1.3.2. Au niveau rénal

L'action de la PTH s'exprime au niveau de deux sites : le tube contourné proximal et le tube contourné distal.

Dans le tube contourné proximal, elle inhibe la réabsorption de phosphate par l'activation des protéines (types PKA et PKC) qui facilitent l'endocytose du transporteur Na/P. Ceci est en faveur d'un flux entrant de calcium.

Au niveau du tube contourné distal, elle active le récepteur à la PTH, permettant ainsi l'augmentation de l'activité du canal TRPV5 (canal de diffusion passive du calcium) et de la pompe Calcium-ATPase. Ceci aboutit à la réabsorption calcique.

D'autre part, la PTH stimule la 1α -hydroxylase, enzyme impliquée dans la transformation de la vitamine D en son dérivé actif (cf. I) 3.2.1.). Ceci permet l'augmentation indirecte de l'absorption intestinale de calcium. (11), (12)

3.1.3.3. Synthèse sur l'effet biologique

La réponse des parathyroïdes aux variations rapides de la calcémie correspond donc à l'augmentation ou la diminution de la libération de la PTH préformée par les cellules principales.

Globalement, la PTH permet :

- La libération du calcium osseux par ostéolyse ;
- La réabsorption du calcium filtré ;
- L'augmentation de la concentration en $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ ou vitamine D active (figure 9)

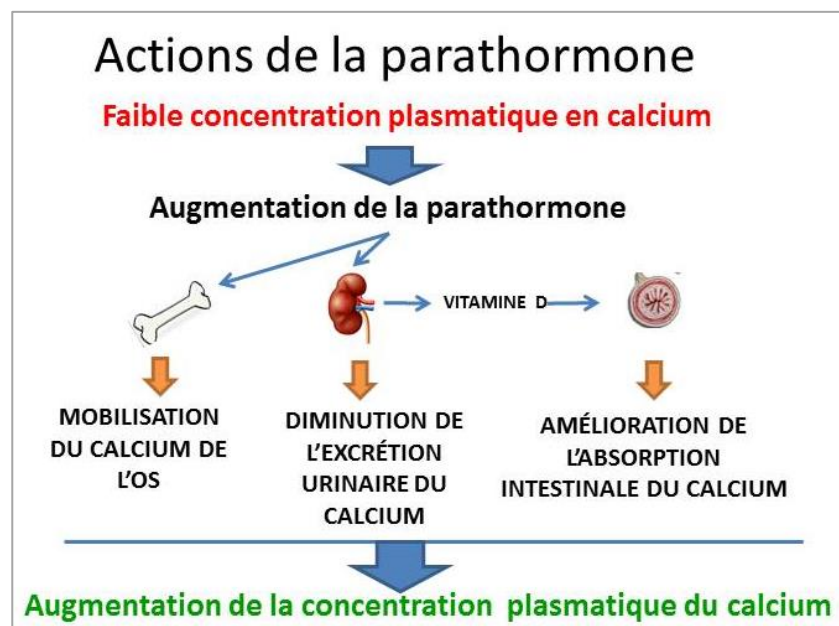


Figure 9 : Résumé de l'action de la parathormone sur la calcémie

3.2. La vitamine D et ses métabolites

3.2.1. Synthèse et métabolisme

La vitamine D a une double origine :

- exogène, correspondant à l'apport alimentaire. Elle est présente dans notre alimentation sous deux formes : la vitamine D2 ou ergocalciférol, produite essentiellement par les végétaux et les champignons, et la vitamine D3 ou cholécalciférol, d'origine animale.
- endogène, résultant d'une néosynthèse au niveau de l'épiderme. (11)

En termes de structure, la vitamine D est un sécostéroïde. Hormis sa part exogène, elle est produite par les couches profondes de l'épiderme sous l'action du rayonnement ultraviolet UVB. Lors d'une exposition solaire de la peau, le 7-déhydrocholestérol (ou pro-vitamine D3) est transformé en cholécalciférol (vitamine D3) (figure 10) qui nécessite une double hydroxylation pour devenir active :

- en position 25 au niveau hépatique, par la 25-hydroxylase. Ceci donne la 25-OH vitamine D3 ou calcidiol ;
- en position 1 au niveau rénal, par la 1 α -hydroxylase. Ceci donne la forme active : le 1,25(OH)₂D₃ ou calcitriol. (8), (9), (11)

Le rein est à l'origine de l'essentiel du calcitriol circulant. Ce dernier a comme principales actions l'homéostasie phosphocalcique et la régulation du métabolisme osseux. En effet, il permet le recrutement des cellules souches osseuses précurseurs des ostéoclastes.

A titre informatif, la mélanine entre en compétition avec le 7-déhydrocholestérol pour les rayons UVB. C'est pourquoi les sujets à peau foncée nécessitent plus de temps pour synthétiser la vitamine D que les sujets à peau claire. D'autre part, la quantité de 7-déhydrocholestérol stockée dans la peau diminue avec l'âge, ce qui induit une nette diminution de la synthèse cutanée de vitamine D au cours du vieillissement.

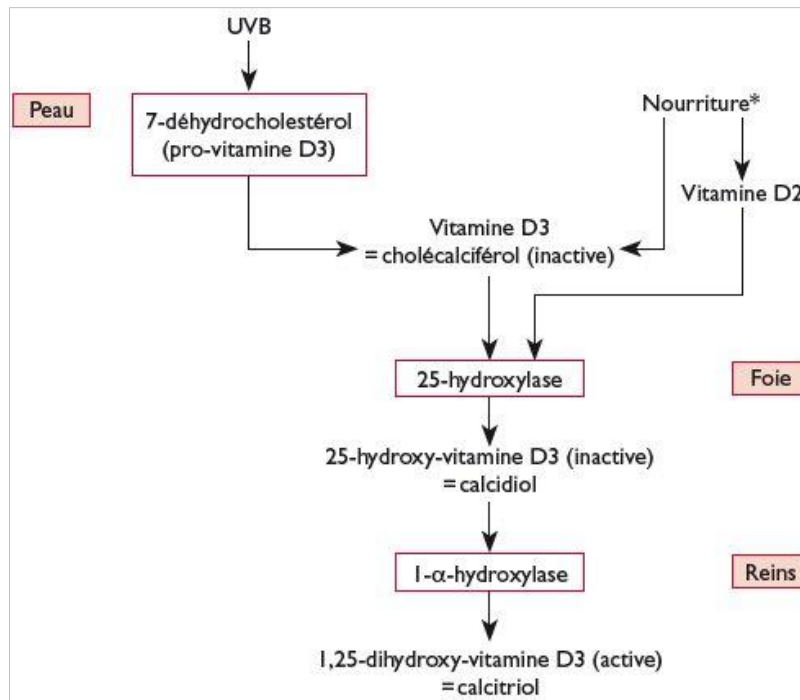


Figure 10 : Régulation intégrée de la calcémie par la PTH (10)

3.2.2. Mode d'action

Au niveau de ses tissus cibles, la forme active de la vitamine D se fixe à son récepteur intracellulaire (VDR). Ce dernier a une affinité 1000 fois supérieure pour le calcitriol que pour le calcidiol. Cette fixation entraîne un changement conformationnel du récepteur qui s'hétérodimérise avec le récepteur RXR aux rétinoïdes. (Figure 11) Ce complexe subit une translocation vers le noyau de la cellule, où il se lie à un élément de réponse (VDRE) présent sur les séquences promotrices de l'ADN de gènes cibles. Cette interaction conduit à l'augmentation ou la répression de la transcription de gènes codant pour la synthèse d'ARNm de protéines qui influencent le métabolisme calcique au niveau intestinal et osseux. (8), (11)

3.2.2.1. Effet au niveau intestinal

Le calcitriol active donc la synthèse de plusieurs protéines qui stimulent l'absorption du calcium, essentiellement dans le duodénum :

- la CaBP apicale ;
- la phosphatase alcaline ;
- la Ca-ATPase basolatérale ;
- des protéines de la bordure en brosse intestinale. (11)

3.2.2.2. Effet au niveau osseux

L'action osseuse du calcitriol est principalement de favoriser le turn-over osseux et la minéralisation osseuse. Il induit la différenciation dans la moelle osseuse des cellules souches en pro-monocytes puis en ostéoclastes. La calcitriolémie est d'ailleurs plus élevée en phase de croissance rapide.

Son déficit peut être à l'origine de pathologies telles que le rachitisme chez l'enfant et l'ostéomalacie chez l'adulte, que nous décrirons ultérieurement.

Du reste, comme souvent en endocrinologie, la sécrétion de calcitriol favorisée par la PTH induit un *feed-back* négatif sur la sécrétion de cette dernière. (11)

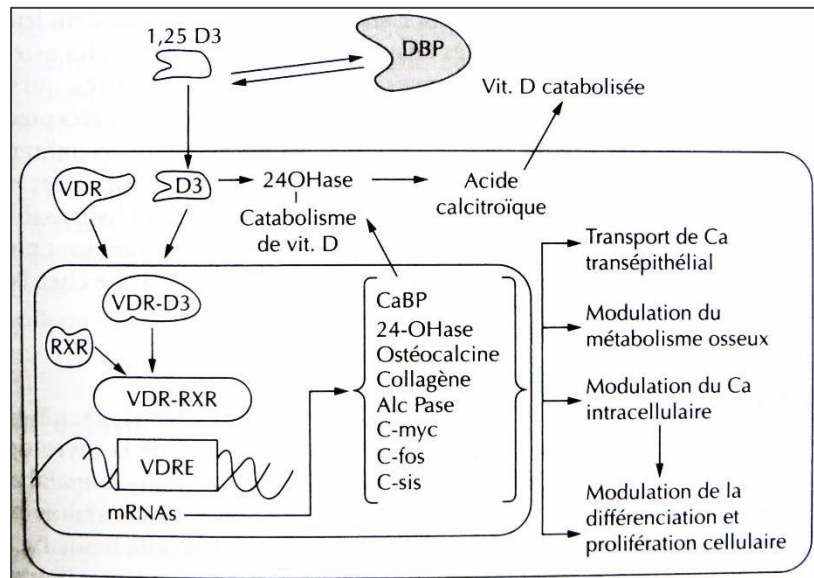


Figure 11 : Action cellulaire du calcitriol (8)

Le calcitriol pénètre dans la cellule, se fixe à son récepteur, VDR, pénètre dans le noyau où elle forme des complexes avec l'élément RXR et induit ensuite la synthèse de protéines nécessaires au transport du calcium, à son catabolisme, à la formation osseuse et à la prolifération cellulaire.

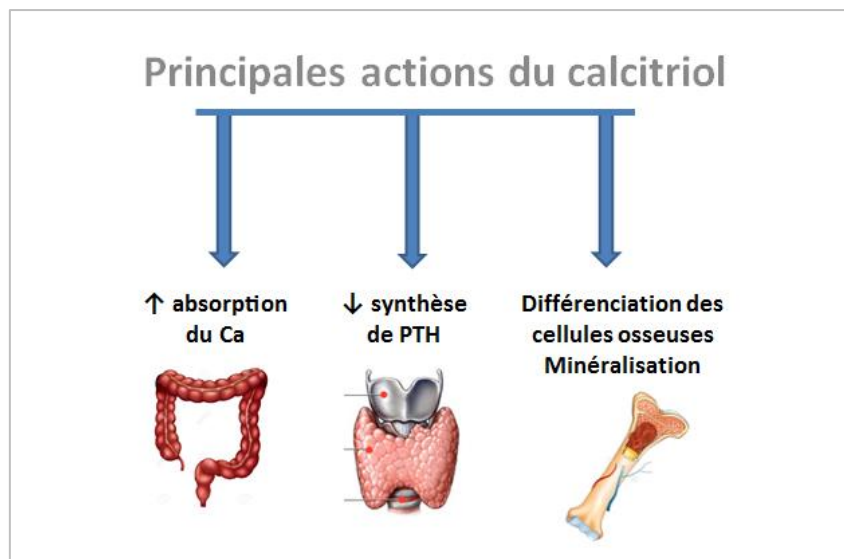


Figure 12 : Principales actions du calcitriol dans la régulation de la calcémie

3.3. La calcitonine

La calcitonine est une hormone synthétisée et sécrétée par les cellules C de la thyroïde. Elle joue un rôle dans le métabolisme phosphocalcique par action directe sur l'os et sur le rein. Son activité cellulaire passe par l'augmentation de la concentration d'AMPc dans les cellules cibles osseuses et rénales :

- elle freine l'activité sécrétoire, la mobilité, le nombre et le renouvellement des ostéoclastes. Ceci amène à la réduction du catabolisme osseux.
- elle diminue la réabsorption tubulaire du calcium et donc augmente la calciurie.

A l'inverse des deux hormones précédentes, la calcitonine est donc hypocalcémiant et cette action est d'ailleurs utilisée en thérapeutique dans la maladie de Paget (remodelage osseux excessif) ou dans l'hypercalcémie aiguë.

3.4. Régulation endocrine secondaire

Outres ces trois principaux acteurs de la régulation endocrine, d'autres hormones sont susceptibles d'influencer le métabolisme phosphocalcique :

- Les œstrogènes : ils protègent de la résorption osseuse. La carence œstrogénique est à ce titre la première cause de perte de densité minérale osseuse chez les femmes récemment ménopausées.
- La prolactine : elle stimule la synthèse de calcitriol au niveau rénal et augmente l'absorption intestinale de calcium, indépendamment de la vitamine D. Elle favorise également la libération de PTH et, dans le cas d'une grossesse, rééquilibre la distribution du calcium en augmentant son transport vers le fœtus.

3.5. Synthèse sur la régulation endocrine de la calcémie

La figure 13 et le tableau 4 schématisent et résument respectivement le contrôle endocrine de la calcémie et les « mécanismes de défense » mis en jeu par l'organisme pour limiter ses variations.

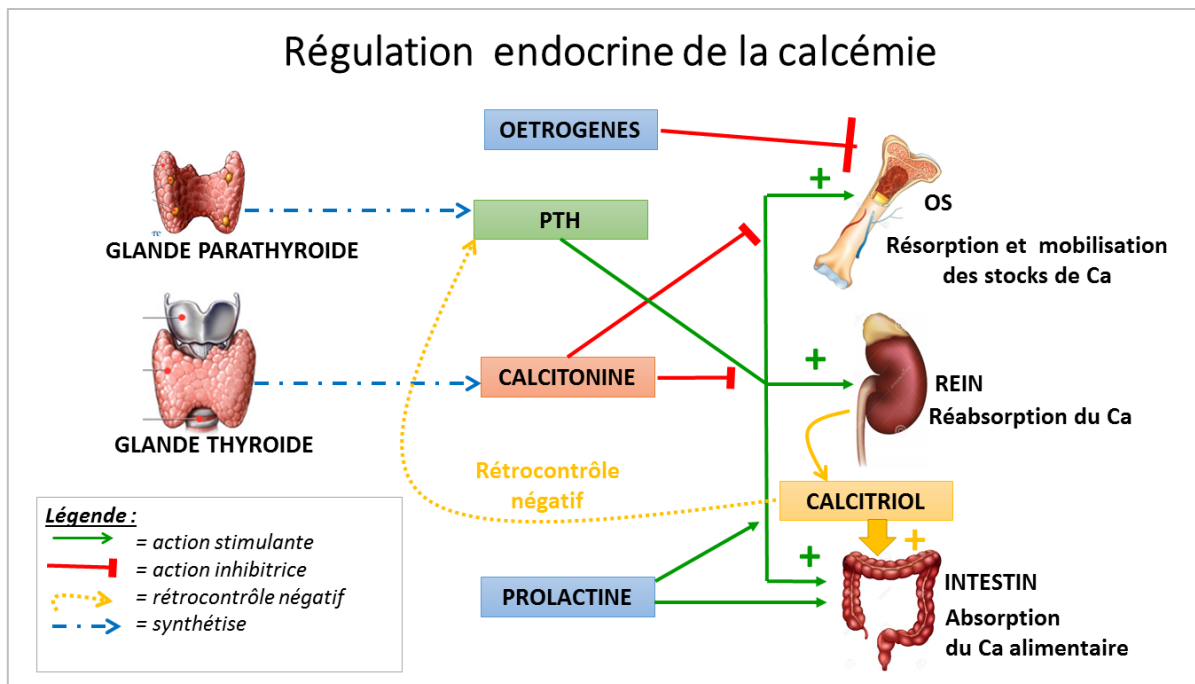


Figure 13 : Schéma de la régulation endocrine de la calcémie

Tableau 4: Résumé de la régulation de la calcémie

Situation	Régulation mise en œuvre pour maintenir la calcémie
Hypocalcémie	<p>Augmentation de la sécrétion de PTH :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stimule la réabsorption tubulaire du calcium ▪ Stimule la résorption osseuse et donc la libération de calcium ▪ Stimule la synthèse rénale de calcitriol (calcitriol = le plus puissant des stimulants de l'absorption intestinale du calcium). ▪ Rétrocontrôle négatif du calcitriol sur la sécrétion de PTH
Hypercalcémie	<p>Diminution de la sécrétion de PTH :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminue la réabsorption tubulaire du calcium ▪ Diminue la résorption osseuse ▪ Diminue la synthèse de calcitriol et donc l'absorption intestinale du calcium <p>Action hypocalcémiante de la calcitonine</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inhibition de la résorption osseuse ▪ Inhibition de la réabsorption rénale

4. LOCALISATIONS ET FONCTIONS DU CALCIUM DANS L'ORGANISME

Le calcium est un élément essentiel à l'organisme, impliqué dans la communication cellulaire et les réactions métaboliques qui en découlent. Coagulation sanguine, conduction nerveuse, contraction musculaire, ou encore formation du tissu osseux ; autant de fonctions dans lesquelles il prend part et que nous aborderons dans cette partie.

4.1. Rôle de second messenger dans la communication cellulaire

Quelle que soit sa nature, la cellule capte, enregistre et traite en permanence une masse importante d'informations : c'est la communication cellulaire. Via de nombreux récepteurs situés au niveau de sa membrane, elle détecte les signaux extracellulaires. S'en suit un recodage de l'information par différents seconds messagers intracellulaires dont fait partie le calcium. Ceci permet au final une modification du métabolisme de la cellule, en réponse au signal reçu. La modulation dans le temps et dans l'espace de la concentration calcique est à la base de cette communication cellulaire. (13)

Ce sont avant tout ses propriétés atomiques et ioniques qui confèrent au calcium une telle fonction. En effet, sa petite taille lui permet de passer les pores de la membrane cellulaire et son affinité pour les protéines font de lui un ion de choix pour la signalisation cellulaire. (14)

Du reste, ses deux charges positives rendent flexibles les interactions avec les protéines et les peptides, et ne restreignent pas leur changement de conformation, souvent indispensable au signal de transduction des messages intracellulaires. (14)

En pratique, ce sont les variations fortes et rapides du calcium cytosolique qui font de lui un second messenger indispensable à tous les échanges cellulaires. (13) Pour le fonctionnement de cette signalisation, il existe des mécanismes complexes qui maintiennent le calcium dans d'étroites concentrations au sein de la cellule mais leur étude sort du cadre de notre travail, c'est pourquoi nous ne les décrirons pas ici.

4.2. Calcium et conduction nerveuse

Pour décrire le rôle du calcium dans la conduction nerveuse, on prend l'exemple de la jonction neuromusculaire (JNM) et on se place au sein d'une cellule excitable, sensible aux potentiels d'action (PA).

En condition physiologique, l'excitation provient du système nerveux central et plus précisément du cortex moteur. L'influx arrive au niveau pré synaptique de la JNM via des motoneurons qui induisent une entrée massive de calcium dans la terminaison nerveuse par ouverture des canaux calciques voltage-dépendants VDCC. Ceci aboutit en cascade à la

libération d'acétylcholine au niveau de la plaque motrice. Si la concentration en calcium dans la terminaison nerveuse est multipliée par 100, on estime que la vitesse de fusion des vésicules d'acétylcholine avec la membrane synaptique est multipliée par 10 000, ce qui accroît considérablement la vitesse de conduction. (15)

La libération d'acétylcholine dans la fente synaptique génère un potentiel de plaque motrice, grâce à l'ouverture des canaux sodiques et calciques, et c'est la sommation de tous les potentiels qui aboutit à la contraction si elle atteint le seuil de déclenchement.

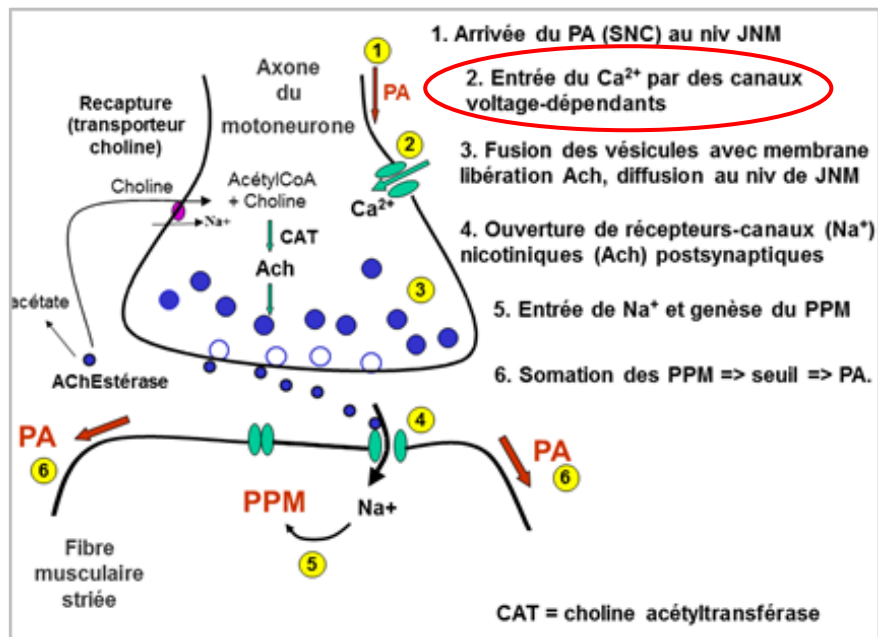


Figure 14 : Genèse du potentiel d'action dans la jonction neuromusculaire (15)

4.3. Calcium et contraction musculaire

C'est une fois de plus l'augmentation de la concentration intracellulaire en calcium qui est l'évènement à la base du déclenchement de la contraction musculaire. Au repos, cette concentration est d'environ $0,1 \mu\text{mol/L}$ dans les myocytes et lors d'une stimulation, elle peut grimper jusqu'à $0,1 \text{ mmol/L}$ soit une augmentation d'un facteur 1000. Dans les muscles squelettiques, cette augmentation est majoritairement due à la libération massive dans le sarcoplasme du calcium stocké dans le réticulum sarcoplasmique. (15)

En pratique, la contraction musculaire s'opère selon 2 étapes.

- 1^{ère} étape : couplage électro-calcique

Cette première étape rejoint sensiblement ce que nous venons d'expliquer plus haut pour la création d'un potentiel d'action (PA) par sommation des potentiels de plaques motrices, via l'afflux calcique et la libération d'acétylcholine.

La propagation du PA est due à l'ouverture de canaux sodiques et calciques voltages dépendants. Les canaux calciques impliqués sont les canaux de type L (pour *Late*, car leur inactivation est lente).

- 2^{ème} étape : calcium-contraction

La contraction résulte de l'interaction entre l'actine et la myosine. Celle-ci est permise ou bloquée par les troponines et la tropomyosine (protéines du sarcomère, unité de base des myofibrilles des muscles striés) en fonction de leur conformation spatiale.

En l'absence de calcium, le site d'interaction est occupé par ces protéines et la contraction n'est donc pas permise. Après un signal d'excitation en revanche, une entrée massive de calcium permet la fixation de 4 ions calcium aux troponines et cette liaison entraîne un déplacement de la tropomyosine qui démasque ainsi le site d'interaction actine-myosine. C'est ce changement conformationnel qui permet la contraction. (15)

4.4. Au niveau sanguin : calcium et hémostasie

L'hémostasie permet la protection vasculaire lorsqu'une brèche apparaît. La coagulation pour laquelle le calcium joue un rôle essentiel correspond à la fabrication puis la dégradation contrôlée d'un caillot permettant d'obturer la brèche pour réparer le vaisseau. (16)

Dès le début de la cascade de la coagulation, le calcium permet la liaison entre le facteur tissulaire et le facteur VIIa. C'est aussi un cofacteur indispensable des facteurs VIIIa et du facteur IXa de la voie intrinsèque dite d'amplification et de consolidation du caillot. (16)

Le calcium est également un cofacteur du complexe « prothrombinase » permettant la génération massive de thrombine.

Enfin, sa présence est nécessaire pour l'activation du facteur XIII qui va stabiliser les polymères de fibrine. (16)

Le calcium a donc un rôle clé dans la coagulation puisque sa présence est indispensable à toutes les étapes pour l'activation enzymatique de nombreux facteurs.

Par ailleurs, la structure-même des plaquettes reflète l'importance du calcium car leur cytoplasme renferme de nombreux granules riches en calcium. (17) Lors de la formation du clou plaquettaire (ou hémostasie primaire), lorsque l'endothélium est endommagé, les plaquettes activées relarguent le contenu de leurs granules dans le sang, ce qui permet le recrutement d'autres plaquettes (amplification).

4.5. Au niveau systémique : l'os, réserve de calcium de l'organisme

Le calcium fait partie de la substance fondamentale solide minéralisée du tissu osseux. Ce dernier renferme 25 à 30 moles de calcium, soit 1,0 à 1,2 kg si on rappelle qu'une mole de calcium équivaut à 40 grammes. (18) Ainsi, en plus de son rôle structural évident, le squelette est une importante réserve de calcium pour l'organisme.

On distingue deux compartiments dans le tissu osseux : l'os profond et l'os « de surface » au sein duquel le calcium est rapidement mobilisable et échangeable. (8), (9), (13) Ce dernier joue un rôle primordial dans la régulation de la calcémie, par le biais d'échanges avec le liquide extracellulaire. En effet, l'os est un tissu en perpétuel remaniement et on estime qu'il est renouvelé tous les 10 à 12 ans en moyenne.

Le tissu se dissocie en deux types osseux :

- l'os cortical ou haversien : formé d'os lamellaire concentrique (système de Havers) et contenant plus de 80% du capital minéral total. Il remplit surtout un rôle mécanique.
- l'os spongieux ou trabéculaire : formé de lamelles osseuses minces et irrégulières (trabécules) qui s'anastomosent pour former de multiples cavités inter-communicantes contenant le tissu hématopoïétique. Il assure les fonctions métaboliques du remodelage osseux.

Le cristal osseux est un phosphocarbonate de calcium très proche d'un phosphate de calcium naturel appelé hydroxyapatite. Sa composition exacte varie avec l'âge et avec l'équilibre acidobasique du milieu. (18)

Au sein même de l'os on distingue 2 parties :

- le centre : un noyau qui ne prend pas part aux phénomènes métaboliques journaliers ;
- la périphérie : zone dite labile car elle participe aux échanges de minéraux par l'intermédiaire du liquide extracellulaire qui l'entoure et des cellules osseuses qui interviennent dans son édification et sa dissolution.

Le cristal osseux est enfermé dans une matrice conjonctive faite de collagène fibrillaire.

La matrice de l'os est synthétisée par les ostéoblastes qui assurent aussi un rôle de contrôle de la minéralisation. Ils forment une couche cellulaire à la surface de la matrice osseuse. Inversement, les ostéoclastes sont responsables de la résorption osseuse. Ils proviennent de la fusion de pré-ostéoclastes de la lignée hématopoïétique monocytaire et ils se retrouvent contre la surface de l'os dans les lacunes de Howship. (9) D'une part, ils sécrètent des acides faibles (acides lactiques, citriques et carboniques) qui solubilisent les minéraux de l'os. D'autre part, ils sécrètent des enzymes impliquées dans la destruction du collagène (collagénase, phosphatase acide), qui digèrent la matrice osseuse. Les ostéoclastes libèrent le calcium dans le milieu extracellulaire en laissant des cavités qui seront par la suite remplies par de l'os nouvellement synthétisé par les ostéoblastes.

L'os fait donc office de réservoir de calcium échangeable et disponible. Pendant la croissance, l'accrétion osseuse est plus importante que la résorption ; le bilan calcique est

donc positif dans le but de constituer l'ossature. Chez les sujets âgés en revanche, la résorption osseuse prédomine et le bilan devient négatif, entraînant de fait une perte de la densité minérale osseuse. (9) De plus, on peut observer une plus forte résorption lorsque les besoins ne sont plus couverts (période de jeun) ou lorsque la consommation augmente sans être compensée suffisamment (lactation, vieillissement pathologique).

4.6. Au niveau dentaire : calcium et émail

L'émail est la partie externe de la couronne des dents. C'est un matériau acellulaire qui recouvre la dentine. Il est très fortement minéralisé, à 96%, le reste de sa composition étant faite d'eau et de matière organique. Sa partie minérale est principalement composée d'un réseau de cristaux d'hydroxyapatite de calcium : $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Le fort pourcentage de minéraux dans l'émail est responsable non seulement de sa force et de sa dureté mais aussi de sa friabilité.

Le calcium est donc impliqué dans de multiples fonctions physiologiques. La triade composée du système digestif, rénal et osseux assure le maintien de la calcémie dans d'étroites limites, le moindre trouble de l'homéostasie calcique ayant des répercussions systémiques.

La communication cellulaire est en grande partie médiée par le calcium qui, in fine, permet aux cellules de se contracter, de sécréter des substances ou encore de transcrire certains gènes.

Au niveau sanguin, le calcium est un élément indispensable, cofacteur des étapes clés de la coagulation et de l'hémostase.

Enfin, le tissu osseux représente une véritable réserve du calcium mobilisable pour ajuster la calcémie. On y retrouve le calcium sous la forme de cristaux, tout comme dans l'émail des dents pour lequel il assure la force et la dureté.

5. PHYSIOPATHOLOGIE DU CALCIUM

Les pathologies impliquant le calcium sont fréquentes et rencontrées à tout âge. Elles peuvent poser de véritables problèmes de santé publique, comme c'est le cas pour l'ostéoporose. On s'intéresse donc ici aux principaux syndromes affectant le métabolisme et la régulation calcique.

5.1. L'hypercalcémie

5.1.1. Définition

L'hypercalcémie survient lorsque l'entrée de calcium dans la circulation dépasse les sorties. C'est un problème clinique fréquent pour lequel il faut avant tout distinguer l'hypercalcémie vraie (avec élévation du calcium ionisé), de l'hypercalcémie par augmentation de la fraction liée aux protéines. L'hypercalcémie totale est définie par une concentration plasmatique supérieure à 2,55 mmol/L, et l'hypercalcémie ionisée par une concentration supérieure à 1,3 mmol/L. (20)

Comme nous l'avons expliqué, 40% du calcium sérique est lié aux protéines, principalement à l'albumine. Ainsi, une hyperalbuminémie (par déshydratation sévère par exemple), conduit à une augmentation de la calcémie totale, mais sans élévation du calcium ionisé, et sans conséquence pathologique. Dans ce cas on peut calculer la calcémie corrigée :

$\text{Ca corrigé} = (40 - \text{Alb}) \times 0,025 + \text{Ca total} \quad (\text{Ca en mmol/L, Alb en g/L})$
--

L'expression clinique d'une hypercalcémie est variable car elle dépend du niveau d'atteinte et de sa vitesse d'installation. Toutefois, la majorité des hypercalcémies modérées sont peu ou totalement asymptomatiques. (20) En revanche, lorsqu'elles sont sévères ou d'installation rapide, les hypercalcémies s'accompagnent de troubles digestifs et de manifestations neuropsychiques.

5.1.2. Causes d'hypercalcémies

Devant une hypercalcémie vraie, on évoque d'emblée deux étiologies principales :

- l'hyperparathyroïdie primaire ;
- les maladies cancéreuses (tumeurs solides ou hémopathies malignes). Effectivement, on estime qu'environ 10 à 20% des patients cancéreux manifestent une d'hypercalcémie au cours de l'évolution de leur maladie, surtout en phase terminale.

D'autres causes plus rares sont possibles et sont regroupées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Causes mineures d'hypercalcémie

L'hypervitaminose D exogène : administration de calcitriol ou de calcidiol	Hypercalcémie par augmentation de l'absorption intestinale
La prise excessive de calcium per os ou « syndrome du buveur de lait »	Surtout en cas d'insuffisance rénale : dépassement des capacités d'excrétion du calcium en excès
L'hypervitaminose A	Augmentation de la résorption osseuse par le rétinol pour des doses > à 50 000 UI par jour
Les diurétiques thiazidiques	Diminution de la calciurie par stimulation de la réabsorption du calcium par le tube contourné proximal, en réponse à l'hypovolémie
Les granulomatoses : sarcoïdose, tuberculose, maladie de Hodgkin et certains lymphomes non hodgkiniens	Hypercalcémie par stimulation de la production extra-rénale de calcitriol
L'hyperthyroïdie	-S'accompagne d'hypercalcémie modérée dans 15 à 20 % des cas par augmentation de la résorption osseuse. -Les hormones thyroïdiennes stimulent la synthèse de calcitriol
L'acromégalie	Action stimulante de l'hormone de croissance sur la synthèse de calcitriol
L'alitement	-Hypercalcémie par déséquilibre entre résorption osseuse élevée et formation effondrée -Liée à l'absence de contrainte mécanique et souvent à un état nutritionnel altéré

5.1.3. Traitement des hypercalcémies

Le principe est d'abaisser la calcémie et de débiter si possible un traitement étiologique (parathyroïdectomie, chimiothérapie...). Dans tous les cas, les traitements inducteurs d'hypercalcémie ou à risque de l'être doivent être arrêtés : calcium, vitamine D, diurétiques (thiazidiques surtout)...

L'hypercalcémie sévère symptomatique (>3 mmol/L) est une urgence thérapeutique. Son traitement commence toujours par une réhydratation.

Voici quelques exemples de thérapeutiques potentiellement applicables en cas d'hypercalcémie :

- Diminution de l'absorption intestinale du calcium: Elle peut être induite par l'administration de glucocorticoïdes (10 à 20 mg de prednisone par jour), surtout s'il y a une augmentation de la production de calcitriol sur laquelle ils interfèrent. L'administration de phosphore per os (cependant mal toléré), est un autre moyen de réduire l'absorption intestinale du calcium avec lequel il forme des complexes dans le tube digestif.
- Augmentation de l'élimination urinaire du calcium: la perfusion de chlorure de sodium permet une expansion volumique qui diminue la réabsorption proximale de sodium et donc parallèlement, de calcium.
- Inhibition de la résorption osseuse: les biphosphonates sont très efficaces pour diminuer la résorption osseuse, surtout dans un contexte néoplasique.

5.2. L'hypocalcémie

5.2.1. Définition

Contrairement à l'hypercalcémie, l'hypocalcémie est une anomalie métabolique peu fréquente. Elle survient lorsque la perte nette de calcium depuis le compartiment extracellulaire excède l'apport en provenance de l'intestin ou de l'os. Toutefois, comme la constance de la calcémie est assurée aux dépens des importantes réserves calciques osseuses, il n'existe pas de signe clinique évident pour une carence calcique modérée à court terme.

De la même façon que l'hypercalcémie, on distingue l'hypocalcémie vraie (avec diminution du calcium ionisée), des hypocalcémies « fausses » par diminution de la fraction liée aux protéines. Une hypoalbuminémie (par exemple au cours d'un syndrome néphrotique, d'une dénutrition ou d'une insuffisance hépatocellulaire) conduit à une diminution du calcium plasmatique total, mais sans diminution du calcium ionisé.

L'hypocalcémie totale est définie par une concentration plasmatique inférieure à 2,20 mmol/L, et une hypocalcémie ionisée par une concentration inférieure à 1,15 mmol/L. En cas d'hypoalbuminémie, on peut utiliser la formule de la calcémie corrigée (cf. 5.1.1.). (20)

L'expression clinique des hypocalcémies est elle aussi variable, corrélée à la profondeur du déséquilibre et à la rapidité de son installation.

Les manifestations neuromusculaires sont fréquentes, à type de paresthésies distales, de crampes musculaires, de spasmes laryngées, de tétanies voire de convulsions dans les cas extrêmes. Les manifestations cardiaques sont elles aussi classiques, en lien avec le rôle du calcium dans la conduction du potentiel d'action. Par ailleurs, une hypocalcémie peut provoquer un allongement de l'intervalle QT pouvant se compliquer de torsades de pointes et de fibrillation ventriculaire.

5.2.2. Causes d'hypocalcémie

L'hypocalcémie résulte :

- soit d'une augmentation des pertes de calcium : dépôts dans les tissus, transfert osseux, pertes urinaires, chélation intra vasculaire ;
- soit d'une diminution des entrées de calcium dans la circulation : malabsorption intestinale ou déficit d'apport.

En raison de la très grande quantité de calcium stocké dans l'os, et qui peut être mobilisé pour maintenir la calcémie normale (au prix d'une perte minérale osseuse), une hypocalcémie chronique ne peut survenir que s'il existe une anomalie de la production ou de l'action de la PTH et/ou de la vitamine D. Ainsi on compte parmi les étiologies possibles :

- l'hypoparathyroïdie ;
- la pseudo-hypoparathyroïdie (résistance périphérique à l'action de la PTH) ;
- la carence en vitamine D ;
- l'insuffisance rénale chronique. (20)

5.3. Principales pathologies osseuses liées au calcium

Les manifestations principales à moyen et long terme de la carence calcique (et vitaminique D) sont les troubles osseux. Ils sont dus à une mauvaise minéralisation du tissu ostéoïde (rachitisme chez l'enfant ou ostéomalacie chez l'adulte) ou à une perte excessive de substance osseuse (ostéoporose).

5.3.1. Ostéomalacie et rachitisme

Ces deux pathologies sont souvent décrites conjointement. Le rachitisme concerne la population pédiatrique dont les os sont en pleine croissance, alors que l'ostéomalacie affecte les adultes. Toutes deux sont liées à un déficit en vitamine D, plus qu'à une carence en calcium ; nous les abordons donc brièvement.

Le rachitisme est une ostéopathie secondaire à une carence en vitamine D, qui se manifeste au niveau des zones osseuses à croissance rapide. Le calcium et le phosphore ne peuvent plus se fixer sur le tissu ostéoïde et celui-ci s'accumule sans pouvoir assurer une aussi bonne fonction mécanique qu'un tissu osseux normal (minéralisé).

Les principaux éléments diagnostics sont les déformations osseuses, avec comme premier signe évocateur, le gonflement des épiphyses des os longs, d'abord au poignet (atteinte de l'os radial), puis à la jonction des côtes avec les cartilages costaux. On parle de bourrelets métaphysaire des poignets et de chapelets costaux.

Quand l'enfant commence à se tenir debout, à marcher et à être plus actif, de nouvelles déformations apparaissent à cause du manque de rigidité des os. La déformation en genu varum est la plus classique.

L'ostéomalacie est aussi une ostéopathie généralisée, souvent définie comme l'équivalent chez l'adulte du rachitisme de l'enfant. Il s'agit d'une décalcification osseuse induite par un défaut de minéralisation, encore une fois, essentiellement lié à une carence en vitamine D. Il y a une accumulation anormale de tissu ostéoïde non minéralisé, entraînant une fragilité osseuse. Elle se traduit au niveau clinique par une fatigue musculaire et des douleurs osseuses, souvent violentes au niveau du bassin, des lombaires et des jambes. Aussi, elle diffère radicalement de l'ostéoporose, pathologie pour laquelle la trame osseuse est raréfiée, mais le mécanisme de minéralisation est normal.

Le traitement du rachitisme et de l'ostéomalacie consiste en un apport de vitamine D et de calcium si nécessaire.

5.3.2. Focus sur l'ostéoporose : pathologie pilier du statut calcique

L'ostéoporose est l'accentuation pathologique du vieillissement physiologique de l'os. L'OMS la définit comme « une maladie généralisée du squelette, caractérisée par une densité osseuse basse et des altérations de la microarchitecture osseuse, responsable d'une fragilité osseuse exagérée et donc d'un risque élevé de fracture ».

La densité minérale osseuse (DMO) est le déterminant essentiel de la fragilité de l'os et les fractures sont les complications qui constituent toute la gravité de cette pathologie.

Si on s'attarde plus longuement sur l'ostéoporose, c'est parce qu'elle représente la pathologie pilier concernant le calcium. Sa prévalence et ses complications entraînent des dépenses importantes, ce qui en fait une véritable problématique de santé publique.

Le statut vitamino-D-calcique a toute son importance dans la prévention, l'évolution et le traitement de l'ostéoporose. Aussi, la compréhension de la physiopathologie est un prérequis à la prise en charge des patients à l'officine et à l'adaptation des conseils nutritionnels associés à cette affection et que nous aborderons par la suite.

5.3.2.1. Définition densitométrique et physiopathologie de l'ostéoporose

La mesure de la DMO est la technique de référence pour apprécier le capital osseux d'une personne et pour diagnostiquer une éventuelle ostéoporose. En pratique, elle doit être réalisée en deux sites distincts : habituellement au niveau du rachis lombaire et à l'extrémité supérieure du fémur (sites de fractures ostéoporotiques les plus fréquents).

Avant la ménopause, on utilise la DMO lombaire pour le diagnostic tandis que pour les personnes âgées de plus de 65 ans, on préfère la valeur de la DMO mesurée au niveau du col du fémur ; la valeur obtenue au niveau du rachis étant souvent faussée par l'arthrose qui s'y installe.

L'évolution de cette DMO au cours de la vie est présentée par la figure 15.

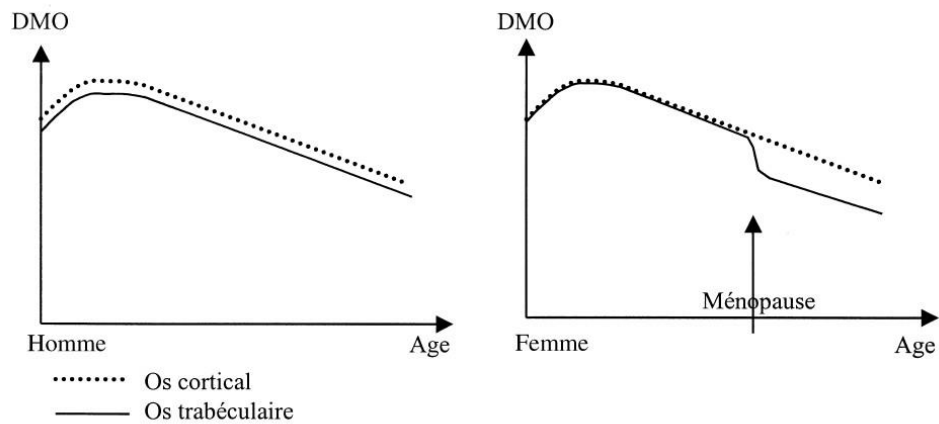


Figure 15 : Évolution de la densité de masse osseuse en fonction de l'âge

Aussi bien pour l'homme que pour la femme, la valeur maximale de la DMO est atteinte en fin de croissance et elle correspond au pic de masse osseuse, qui décroît ensuite tout au long de la vie.

Chez l'homme, la perte osseuse est liée au vieillissement et se fait de façon linéaire (progressive et non brutale). Chez la femme en revanche, elle s'accélère nettement avec la carence œstrogénique induite par la ménopause et la perte osseuse initiale est de l'ordre de 2% par an. Cette rapide chute de la DMO persiste en moyenne de 3 à 5 ans, puis tend à s'atténuer.

La masse osseuse dépend majoritairement de facteurs génétiques, toutefois, les apports nutritionnels calciques, l'activité physique ou encore le statut hormonal sont des déterminants fondamentaux dans l'acquisition du pic de masse osseuse et dont nous reparlerons par la suite.

Ainsi, on détermine chez un individu deux mécanismes essentiels qui s'associent pour expliquer la survenue d'une ostéoporose :

- l'acquisition d'un pic de masse osseuse faible au cours de la croissance, en lien avec des apports calciques insuffisants ;
- une déminéralisation accrue avec l'âge.

Lorsqu'on mesure la densité minérale osseuse, on l'exprime en fonction de deux valeurs :

- Le Z-score : nombre d'écart types entre la DMO du sujet et la DMO moyenne des adultes de même sexe et même âge (on compare Mme A âgée de 78 ans à la moyenne des femmes de 78 ans).
- Le T-score : nombre d'écart types entre la DMO du sujet et la DMO moyenne des adultes jeunes de même sexe (on compare Mme A aux personnes plus jeunes).

Pour les personnes ménopausées, on se sert du T-score pour le diagnostic. L'ostéoporose peut donc être définie à partir du résultat ostéodensitométrique (tableau 6).

Tableau 6 : Définition ostéodensitométrique de l'ostéoporose, selon l'OMS (23), (24)

Normalité	T-score \geq -1
Ostéopénie	-1 > T-score > -2,5
Ostéoporose	T-score \leq -2,5
Ostéoporose sévère ou confirmée	T-score \leq -2,5 et présence d'une ou plusieurs fractures

5.3.2.2. Epidémiologie

Chez la femme, la prévalence de l'ostéoporose augmente avec l'âge à partir de 50 ans. On l'estime à 39% à 65 ans et autour de 70% après 80 ans. Elle concerne environ 40% des femmes ménopausées mais aussi 15% des hommes après 50 ans. (24)

L'incidence des fractures augmente également partir de 50 ans. On estime que chaque année surviennent environ 50 000 fractures de l'extrémité supérieure du fémur, 35 000 fractures du poignet et entre 50 000 et 75 000 fractures vertébrales. (24) La morbidité / mortalité et le coût de ces fractures est considérable et fait de l'ostéoporose un réel problème de santé publique.

5.3.2.3. Les facteurs de risques de fracture ostéoporotique

En pratique courante, outre le cas d'une fracture chez un sujet âgé qui peut amener à évoquer le diagnostic d'ostéoporose, il est important de déterminer quels sont les patients et patientes les plus à risque. Ceci permet de mettre en place des thérapeutiques préventives. Parmi les principaux facteurs de risque de fractures ostéoporotiques, on peut citer :

- l'âge ;
- les antécédents personnels de fractures ostéoporotiques ou les antécédents de fractures de l'extrémité supérieure du fémur chez les parents du premier degré ;
- une corticothérapie ancienne ou actuelle, de plus de 3 mois, >7,5 mg/jour d'équivalent prednisone ;
- la maigreur avec un IMC < 19 ;
- le tabagisme ;
- l'hyperthyroïdie ;
- la polyarthrite rhumatoïde ;
- le cancer du sein. (23), (24)

5.3.2.4. Prise en charge de l'ostéoporose

Des mesures générales s'appliquent de façon systématique, quels que soient l'âge du patient et l'objectif poursuivi : les mesures hygiéno-diététiques. Il faut impérativement assurer des apports calciques alimentaires suffisants, de l'ordre de 1000 mg/jour, et un taux sérique en

vitamine D normal. Si nécessaire, la prescription d'une supplémentation médicamenteuse en calcium et en vitamine D peut être préconisée après avoir évalué les apports alimentaires. Ceci sera détaillé dans la troisième partie de cette thèse.

Le sevrage tabagique, la lutte contre la sédentarité, la limitation de la consommation d'alcool et l'aménagement du lieu de vie pour limiter les chutes sont d'autres mesures essentielles.

Une thérapeutique médicamenteuse peut-est initiée si nécessaire par un rhumatologue. Elle freine la résorption et/ou stimule la formation osseuse ce qui diminue le risque de fractures vertébrales d'environ 40 à 70%, et le risque de fracture périphériques de 30 à 40%. (23), (24) L'âge du patient, les facteurs de risque associés et l'ostéodensitométrie sont les trois paramètres qui permettent de juger l'intérêt de l'instauration du traitement.

Le tableau 7 regroupe l'arsenal thérapeutique disponible pour la prise en charge de l'ostéoporose :

Tableau 7 : Les traitements spécifiques de l'ostéoporose (23), (24), (25)

Classe médicamenteuse	Caractéristiques
Biphosphonates -Alendronate (FOSAMAX®) -Risédronate (ACTONEL®) -Acide zoledronique (ACLASTA®)	-Traitement de 1 ^{ère} intention -Freinent le remodelage osseux -Augmentent la DMO -Réduisent l'incidence des fractures vertébrales et fémorales -Prescription au long cours validée après consultation dentaire pour éviter le risque d'ostéonécrose de la mâchoire -Prise assis ou debout, avec un grand verre d'eau (risque d'œsophagite) -Injections trimestrielles possibles
Modulateurs sélectifs du récepteur aux œstrogènes ou SERM -Raloxifène (EVISTA®)	-Même mécanisme d'action que les biphosphonates -Activité plus ciblée sur les fractures vertébrales -Peu actifs sur les fractures périphériques -Contre-indiqués en cas d'antécédents thromboemboliques
Anticorps anti RANK-L -Dénosumab (PROLIA®)	-Traitement de 2 nd intention -Freine l'activation des ostéoclastes
Fragment recombinant de la PTH -Tériparatide (FORSTEO®)	-Réservé aux formes sévères -Stimule le remodelage et la formation osseuse -Efficace sur tous les types de fractures -Administration quotidienne en sous cutanée -Contre-indiqué en cas d'hypercalcémie, néoplasie et toutes pathologies métaboliques osseuses autres que post-ménopausiques
Ralénate de strontium (PROTELOS®)	-Traitement de 2 nd intention (risque cardiovasculaire) -Réservé aux formes sévères -A la fois ostéoformateur et inhibiteur des ostéoclastes -Contre-indiqué chez les plus de 80 ans

On précise que les traitements hormonaux substitutifs de la ménopause ne sont pas à proprement parlé des traitements de l'ostéoporose. Toutefois, ils sont efficaces sur la limitation de la perte de la minéralisation. Ils ne sont prescrits qu'en cas de troubles du climatère chez la femme ménopausée ou après échec de plusieurs thérapeutiques anti-ostéoporotiques, pour une durée maximale de 5 ans, à renouveler chaque année.

II. APPROCHE NUTRITIONNELLE : LE CALCIUM DANS L'ALIMENTATION

1. METHODES ET CONCEPTS : PREREQUIS A LA DETERMINATION DES APPORTS NUTRITIONNELS CONSEILLES (ANC)

1.1. Définitions : besoins nutritionnels, ANC, Coefficient d'Absorption Réelle

Pour aborder pleinement le versant nutritionnel du calcium, il convient au préalable de définir et d'expliquer certaines grandes notions à la base des recommandations, à savoir les besoins, les apports nutritionnels conseillés, les apports journaliers recommandés, etc. Il est important de savoir jongler avec ces termes sans faire de confusion.

Tout d'abord, il faut faire la distinction entre le concept de besoin nutritionnel et celui d'apports conseillés, tous deux définis par l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation de l'Environnement et du Travail) à laquelle nous nous référerons maintes fois dans cette partie.

D'une part, le besoin nutritionnel concerne principalement un individu. Il relève du domaine de la mesure expérimentale, avec un objectif médical.

D'autre part, la notion d'apports conseillés s'adresse à une population, c'est-à-dire, à un ensemble important d'individus (considérés comme en bonne santé). Elle s'inscrit dans une démarche de santé publique.

C'est l'articulation entre l'individu et la population qui est la difficulté majeure lors de l'interprétation des valeurs nutritionnelles. (26)

1.1.1. Les besoins

Les besoins en un nutriment donné, se définissent comme la « quantité nécessaire pour assurer l'entretien, le fonctionnement métabolique et physiologique d'un individu en bonne santé, comprenant les besoins liés à l'activité physique et la thermorégulation, et les besoins supplémentaires pendant certaines périodes de la vie telles que la croissance, la gestation et la lactation ». (26) Sous cette définition générale, on distingue plusieurs besoins :

- Les besoins nutritionnels

Il s'agit d'une notion globale. Les besoins nutritionnels expriment la quantité de calcium par exemple devant être ingérée pour couvrir les besoins nets. Ils tiennent compte de la quantité réellement absorbée. Cette absorption est variable, selon la nature du régime

alimentaire, la source de calcium, ou encore, selon les variations inter-individuelles. (cf. II 2.3.)

- Les besoins nets

Ils représentent la quantité de calcium utilisée au niveau des tissus, après absorption intestinale ainsi que la constitution et le maintien des réserves. Ces dernières permettent de faire face à l'irrégularité d'apport dans des situations physiologiques ou pathologiques. Les besoins nets se décomposent eux aussi en sous-catégories (tableau 8).

Tableau 8 : Les différents besoins nets en calcium (26), (27), (28)

BESOIN NET DE	
Entretien (E)	<p>Pertes de calcium minimales inévitables, par les voies urinaires, endogènes fécales (intestinales), et sudorales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pertes susceptibles d'augmenter avec l'apport alimentaire de calcium. Pour la mesure, prendre en compte les valeurs minimales observées lorsque l'apport est faible - Estimation de la perte de Ca chez l'homme adulte (E) : 260 mg/j - Perte fécale endogène : <ul style="list-style-type: none"> • correspond au calcium non réabsorbé des sécrétions intestinales (« coût calcique de la digestion ») • varie de façon inverse au coefficient d'absorption réelle (cf. II)1.1.6.) - Perte urinaire inévitable imposée par la constance de la calcémie, et la présence de facteurs alimentaires qui augmentent la calciurie - Diminution de (E) quand demande de l'os augmente : 170 mg/j pour l'adolescent de 10 à 14 ans en période de croissance osseuse maximale, et 200 mg/j pour les femmes allaitantes. Dû principalement à une diminution de l'excrétion urinaire et d'une meilleure absorption intestinale du calcium endogène
Croissance (C)	<p>-Rétention moyenne de calcium par le tissu osseux</p> <ul style="list-style-type: none"> - de 1 à 9 ans : 90 à 140 mg/j - de 10 à 14 ans : 250 mg/j - de 15 à 19 ans : 100 mg/j <p>-Minéralisation osseuse maximale génétiquement possible est acquise avant 18 ans, même si une consolidation, notamment de l'os cortical, peut se poursuivre jusqu'à 30 ans</p>

Gestation (G)	-Rétention moyenne de calcium par le fœtus et ses enveloppes, par le placenta, l'utérus et la masse sanguine de la mère -Rétention de 20 g de Ca par le fœtus pendant le dernier trimestre de la grossesse, (moyenne 220 mg/j)
Lactation (L)	-Quantité de calcium exportée dans le lait maternel : 250 mg/j pour une teneur de 320 mg de Ca/L de lait et un volume journalier de 800 ml

- Les besoins nutritionnels moyens (BNM)

Ils correspondent à la moyenne des besoins individuels, résultant des valeurs acquises sur un groupe expérimental, constitué d'un nombre limité d'individus. Les BNM doivent permettre d'assurer la minéralisation maximale de l'os avant l'âge adulte, et ensuite, de maintenir le capital osseux.

- Les besoins nutritionnels minimaux

Ils correspondent à la quantité de calcium permettant de maintenir les fonctions prioritaires, éventuellement aux dépens des autres, ou aux dépens des réserves (calcium échangeable de l'os) puisque la calcémie est maintenue constante. Lorsque les besoins nutritionnels minimaux ne sont pas couverts, la probabilité d'apparition de signes cliniques de carence devient importante, à court ou moyen terme.

Tous ces besoins nutritionnels présentés ont été évalués et définis à l'aide de la méthode factorielle, considérée comme la plus adaptée, et que nous présenterons un peu plus tard. (26), (28)

1.1.2. L'Apport Nutritionnel Conseillé (ANC)

L'ANC est un apport de sécurité, qui vise à couvrir les besoins de la quasi-totalité de la population. Il est calculé en ajoutant deux écarts types (représentant chacun le plus souvent 15% de la moyenne) au besoin nutritionnel moyen (BNM), pour prendre en compte la variabilité interindividuelle. Ainsi, par convention la valeur de l'ANC est obtenue en augmentant le BNM de 30%. (26), (31), (32)

Il s'agit donc d'un concept fondé sur des notions de probabilité, et sur le principe suivant lequel, puisque le besoin de chaque individu n'est pas connu, l'apport qui doit être conseillé à chacun doit présenter une marge de sécurité statistique, pour couvrir 97,5% de la population. Ainsi, l'ANC a été déterminé sur la base de 130% du besoin moyen. (28)

L'ANC étant bien un apport de « sécurité », il est évident que des apports légèrement inférieurs peuvent encore assurer une couverture suffisante chez un individu. Cependant,

lorsqu'ils sont inférieurs aux deux tiers des ANC, ils sont considérés comme « à haut risque de déficience ». (29)

La figure 16 illustre la relation mathématique (courbe de Gauss) entre l'ANC et les besoins nutritionnels.

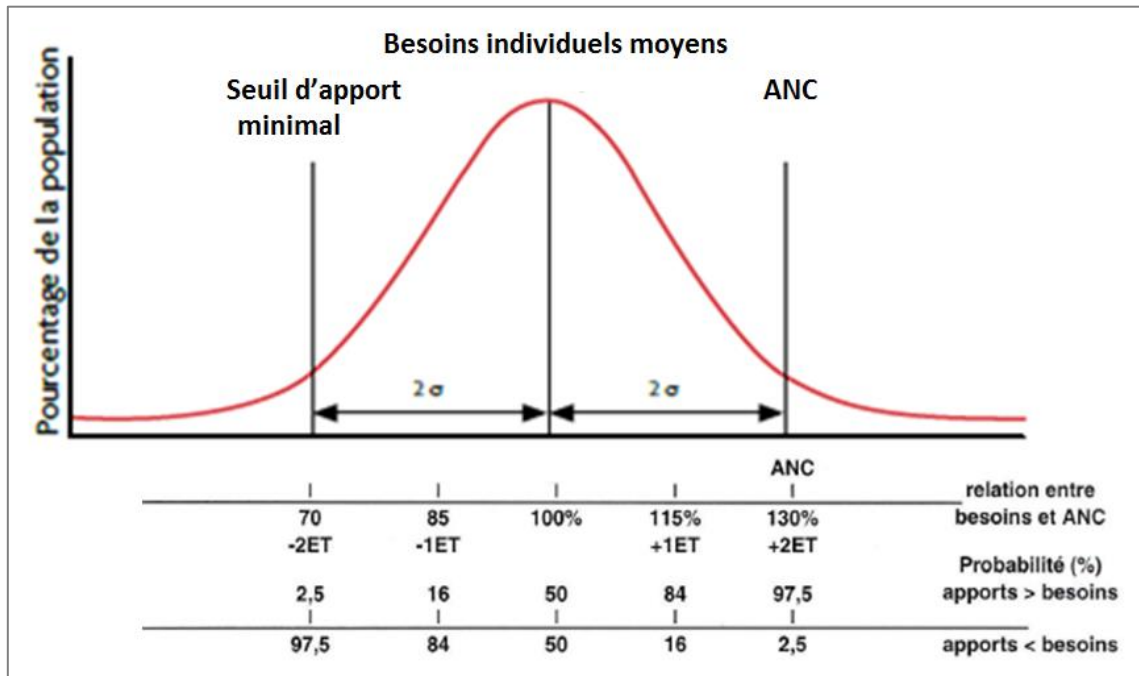


Figure 16 : Représentation mathématique des ANC (26), (31)

La courbe de Gauss et la 1^{ère} ligne en dessous permettent de situer les ANC par rapport à la valeur des besoins moyens. La 2^{ème} ligne donne à partir de la valeur d'un apport déterminée, la fraction de la population correspondante ayant des apports supérieurs ou inférieurs aux besoins, par différence avec la valeur 100. (26)

1.1.3. Besoins et ANC selon l'âge et le statut physiologique

Les ANC français (CNERNA-AFSSA 2001) (27) varient de 500 à 1200 mg de calcium par jour, selon l'âge et l'état physiologique de chacun. Ils sont présentés ci-après :

Tableau 9 : Besoins et apports conseillés en calcium (mg/j) (28)

	Besoins d'entretien (E)	Rétention¹ (C), (G) ou (L)	CAR² (%)	BNM	ANC
Enfant 1-3 ans	50	90	40	350	500
Enfant 4-9 ans	100	140	40	600	800
Adolescent 10-14 ans	170	250	45	930	1200
Adolescent 15 – 18 ans	260	100	40	920	1200
Adulte > 18 ans	260	-	38	690	900
Femme > 55 ans	280	-	30	930	1200
Homme > 65 ans	280	-	30	930	1200
Femme enceinte (dernier trimestre)	200	220	55	760	1000
Femme allaitante	200	250	45	800	1000
Femme après allaitement³	200	200	50	800	1000

¹Quantités optimales retenues pour la croissance, le fœtus ou le lait maternel

²Coefficient d'absorption réelle

³Restauration des réserves osseuses en fin ou après allaitement (pendant le même nombre de mois que la durée de l'allaitement)

1.1.4. Quelle(s) différence(s) entre Apports Journaliers Recommandés (AJR) et Valeurs Nutritionnelles de Référence (VNR) ?

Les AJR sont des valeurs réglementaires européennes, adoptées pour leur facilité d'usage. Ils sont utilisés pour les vitamines et minéraux, dans le cadre d'une harmonisation de l'étiquetage nutritionnel. Une valeur unique est adoptée pour chaque vitamine ou minéral. (28)

Ils ne prennent pas en compte les différences liées à l'âge ou au sexe et ils peuvent donc différer des ANC qui ne sont eux, pas utilisables sur les emballages.

Les AJR permettent ainsi de donner une certaine visibilité sur les informations nutritionnelles, dans un contexte de consommation. Comme il s'agit d'une approximation, les ANC sont préférés pour leur plus grande précision puisqu'ils se rapportent aux apports conseillés pour des sous-populations aux besoins plus homogènes (adolescents, femmes allaitantes...) (34), (35), (36).

Dans certains articles, on retrouve également les termes de « Valeur Nutritionnelle de Référence » (VNR) et d'« Apports quotidiens de référence ». Ils recouvrent la même notion que les AJR. et ont été introduits par le Règlement 1169/2011 pour remplacer ce dernier. (33)

1.1.5. Apports au-delà des ANC et limites de sécurité

Prenons l'exemple américain, les « *adequat intake* » (« apports adéquats ») vont au-delà des ANC tels qu'ils sont ici définis. Ainsi, la question se pose quant à l'intérêt d'augmenter ces ANC, et de recommander une consommation de calcium proches de celles que préconisent nos voisins Outre-Atlantique. La rétention du minéral serait-elle alors plus grande ?

De nombreuses publications s'accordent sur le fait que le calcium est un « minéral seuil » pour lequel l'efficacité biologique atteint un plateau à partir d'une certaine quantité d'apports proche des ANC. (37) Compte tenu de l'existence de ce seuil d'action, l'ingestion de doses qui conduisent à des apports totaux proches des ANC, amènent certainement à la même rétention que celles préconisées par les Etats Unis. (27)

Les travaux et rapports du CNERNA (Centre national d'études et de recommandations sur la nutrition et l'alimentation) expliquent que des apports en calcium supérieurs aux ANC peuvent toutefois être légitimement prescrits, de façon individuelle, ceci relevant alors de la thérapeutique et non de l'alimentation courante. (26)

Par ailleurs, contrairement aux Etats-Unis où l'accès aux aliments enrichis et aux suppléments calciques est très facile, il en est autrement en France où des apports supérieurs aux ANC ne peuvent être assurés par des régimes alimentaires usuels. Il n'apparaît donc pas judicieux de conseiller des apports excédant les ANC, à des groupes de population dont seulement une faible tranche (puisque'il s'agit d'ANC) pourrait en tirer un éventuel bénéfice. Des suppléments calciques peuvent être prescrits aux sujets à haut risque de carence (notamment aux femmes ménopausées) que nous développerons dans la troisième partie.

En outre, si des apports de calcium ponctuellement très élevés (jusqu'à 2 g/j) ne semblent pas exercer d'effet défavorable chez le sujet sain (28), ils peuvent, s'ils sont prolongés, entraîner chez certains sujets sensibles un sur risque de formation de calculs lithiasiques dans les voies urinaires, avec à terme un risque de néphrocalcinose.

De plus, un excès d'apport au-delà de 2500 mg/j influence négativement l'absorption des autres minéraux tels que le zinc, le magnésium ou le phosphore. (38).

Il semble donc prudent de respecter la limite de sécurité fixée à 2 g de calcium par jour, et de ne pas conseiller un apport allant jusqu'à 2.5 g par jour comme le font les recommandations américaines. (28)

1.1.6. Coefficient d'Absorption Réelle du calcium (CAR)

Il s'agit du coefficient d'absorption moyen, déterminé dans des conditions d'alimentation courante. Physiologiquement le CAR du calcium augmente lorsque la quantité ingérée diminue. (26), (27), (28) C'est pourquoi, il ne reflète pas l'absorption du calcium dans des conditions d'alimentation extrême.

De façon logique, le CAR moyen adopté correspond à des apports « raisonnablement faibles » (26), obtenus lorsque l'apport alimentaire est légèrement supérieur aux besoins nets.

Dans ces conditions (sauf en cas d'absorbabilité modifiée par des facteurs inhibiteurs), il est de l'ordre de 35 à 40% chez l'adulte.

Il varie également en fonction du statut physiologique :

- Augmentation à la puberté (45%), pendant la grossesse (55%) ou la lactation (45%) ;
- Diminution après la ménopause (30%), et chez les sujets âgés, par baisse de la production de calcitriol.

1.2. Méthodes et marqueurs pour l'établissement des besoins en calcium

L'établissement des besoins est le résultat de différentes méthodes de calcul. Globalement, lorsqu'il s'agit du calcium, les méthodes les plus courantes sont la méthode factorielle et de la méthode des bilans. L'importance et la crédibilité accordées à chacune d'entre elles sont variables, souvent propre à chaque pays et c'est ce qui les amène à adopter des valeurs de référence différentes. Cela complique donc l'interprétation des publications de la littérature scientifique internationale.

1.2.1. Méthode factorielle

Elle s'applique essentiellement à certains minéraux dont fait partie le calcium. Elle évalue séparément les divers besoins de l'organisme, et elle prend en compte l'absorbabilité potentielle moyenne du calcium, c'est-à-dire, son CAR (cf. II)1.1.6.)

Le calcul du besoin nutritionnel moyen se fait en divisant la somme des différents besoins nets par la valeur fractionnaire (de 0 à 1) du CAR. Les déterminants du calcul sont les suivants : (E), (C), (G), (L), (CAR) (tableau 7). Dans chaque cas, le BNM comprenant toutes les situations physiologiques est donné par la formule suivante :

$$\frac{(E) + (C) + (G) + (L)}{CAR}$$

1.2.2. Méthode du bilan

La méthode du bilan permet d'étudier l'équilibre « entrées/sorties » de calcium dans l'organisme. Le postulat de départ est le suivant : le bilan est équilibré dès lors que les besoins sont satisfaits. (26) Un problème se pose cependant lorsqu'un bilan est équilibré pour différents niveaux d'apports. L'utilisation de cette méthode peut donc rapidement conduire à des erreurs importantes : apports surestimés ou pertes sous-estimées. Les bilans qui en découlent donnent de fait une rétention nette à la hausse ou des besoins en calcium à la baisse. (32)

Un autre souci rencontré avec cette méthode est le point d'équilibre du bilan. En effet, il est influencé par la valeur de l'apport calcique antérieur. Plus concrètement, si les réserves

corporelles sont importantes par rapport aux besoins journaliers, la mobilisation de celles-ci retardera l'adaptation nécessaire à l'équilibre du bilan. Les données collectées dans ces conditions ne donneront pas de valeurs exploitables. (28)

Dans le cas du calcium, les réserves échangeables sont importantes. Ainsi, un laps de temps très long peut s'écouler avant d'atteindre l'équilibre (parfois jusqu'à plusieurs mois), et provoquer des réponses adaptatives détectables.

En dépit de ses limites, nombres d'études utilisent cette méthode du bilan. Elle permet au moins de vérifier l'adéquation des apports habituels et, à des niveaux d'apports faibles ou nuls, de mesurer les pertes minimales inévitables. Combinée à l'usage d'un traceur, elle permet aussi de caractériser l'absorption ou les vitesses d'échanges du calcium entre différents compartiments. (26), (28)

1.2.3. Quid des recommandations à l'étranger ?

Nous donnons ici un aperçu des recommandations de différents pays en termes d'apports calciques. En effet, il est intéressant d'analyser ce que préconisent les sociétés savantes à l'étranger. Nous présentons les résultats de LOOKER (tableau 10), qui a collecté sur une période de 15 ans (de 1988 à 2003), les publications sur les recommandations de 32 pays. De plus, le tableau 11 proposé par le GRIIO (Groupe de Recherche et d'Information sur les Ostéoporoses) regroupe des données intéressantes à comparer, et mises à jour en janvier 2008. (41)

Nous sommes prudents quant à la période d'étude, les connaissances scientifiques évoluant rapidement. L'idée est simplement de pointer du doigt les disparités qui existent entre les nations, bien que la tendance actuelle soit à l'harmonisation des apports recommandés. (40)

Tableau 10 : Apports calciques recommandés (mg/j) dans 32 pays sélectionnés (40), (41)

Pays / Organisation	Nourrisson	Jeunes enfants	Adolescents	Adultes	Personnes âgées	Femmes enceintes	Femmes allaitantes
ALLEMAGNE(2000) Homme & Femme	220-400	700	1100-1200	1000	1000	1000	1000
AUSTRALIE (1991) Homme Femme	300-350 300-350	800 800	1000-1200 800-1000	800 800	800 1000	- + 300	- + 400
AUTRICHE (2000) Homme & Femme	220-400	700	1100-1200	1000	1000	1000	1000
BELGIQUE (2000) Homme & Femme	400-600	800	1000-1200	900	1200	1200	1200
CANADA (1997) Homme Femme	250-500 250-500	600 600	900-1100 700-1100	800 800	800 800	- + 500	- + 500
CHINE (2001) Homme & Femme	300-400	800	1000	800	1000	800-1200	1200

COLOMBIE (1992) Homme & Femme	400-550	450	550-650	500	500	+ 300	+ 400
DANEMARK (1996) Homme & Femme	360-540	600	900	800	800	900	1200
ESPAGNE (1994) Homme & Femme	500	650	800-850	600	700	1200	1300
ETATS-UNIS (1997) Homme & Femme	210-270	800	1300	1200	1200	1000-1300	1000-1300
FAO / WHO (2002) Homme & Femme	300-400	600	1300	1000	1300	1200	1000
FINLANDE (1998) Homme & Femme	360-540	600	900	800	800	900	900
FRANCE (2000) Homme & Femme	-	700-900	1200	900	1200	1000	1000
G. BRETAGNE (1991) Homme Femme	525 525	450 450	1000 800	700 700	700 700	- -	- + 550
ISLANDE (1996) Homme & Femme	360-540	600	900	800	800	900	1200
INDONESIE (1994) Homme & Femme	400-600	500	600-700	500	500	+ 400	+ 400
IRLANDE (1999) Homme & Femme	800	800	800	800	1200	1200	-
ITALIE (1996) Homme Femme	600 600	800 800	1200 1200	800 1300	1000 1300	- 1200	- 1200
JAPON (2002) Homme Femme	200-500 200-500	500 500	800-900 700	600 600	600 600	- + 300	- + 500
MEXIQUE (1994) Homme & Femme	450-600	800	1200	800	800	1200	1200
NORVEGE Homme & Femme	360-540	600	900	800	800	900	1200
PAYS-BAS (2000) Homme Femme	210-450 210-450	700 700	1200 1100	1000-1100 1000-1100	1200 1200	1000	1000
PHILLIPINES (2002) Homme Femme	200-400 200-400	550 550	1000 1000	750 800	800 800	- 800	- 750
POLOGNE (1998) Homme & Femme	-	900	1100-1200	1000	1000	1500	2000
SINGAPOUR (2002) Homme & Femme	300-400	600	1000	800	1000	1000	1000
SRI LANKA (1998) Homme & Femme	500	400	500-600	400	400	1000	1000

SUEDE (1996) Homme & Femme	360-540	600	900	800	800	900	1200
SUISSE (2000) Homme & Femme	220-400	700	1100-1200	1000	1000	1000	1000
TAIWAIN (2002) Homme & Femme	200-400	800-1000	1000	1000	1000	+ 0	+ 0
THAÏLANDE (1989) Homme & Femme	360-480	800	1200	800	-	1200	1200
VENEZUELA (2000) Homme Femme	210-270 210-270	500 500	1300 1300	1000 1000	1200 1300	- 1300	- 1300
VIETNAM (1996) Homme & Femme	300-500	500	700	500	500	1000	1000

Tableau 11 : ANC en calcium (mg/j) selon les pays, publié par le GRIO (2008) (41)

Pays	Adulte	Adolescent	Sénior
Etats-Unis	1000	1300	1200
Allemagne, Autriche, Suisse	1000	1150	1000
Pays-Bas	1000	1150	1150
France	900	1200	1200
Belgique	900	1100	1200
Italie	900	1200	1350
Pays Scandinaves	800	900	800
Chine	800	1000	1000
Irlande	800	1200	800
Australie	800	1150	1000
Canada	750	1000	800
Royaume-Uni	700	900	700
Japon	600	900	600

Dans la population adolescente, adulte et même âgée, quelques différences sont observées : pour l'adolescent, alors qu'une majorité de pays s'accordent sur des recommandations de 900 à 1200 mg de calcium par jour en moyenne, le Sri Lanka recommande un apport nettement moindre de 550 mg/j. De même, une partie des pays d'Asie du Sud-Est, le Vietnam et l'Indonésie ont des préconisations moindres de 500 mg/j. A l'inverse, les Etats-Unis, le Venezuela, la FAO (Food and Agriculture Organization) ou encore la WHO (World Health Organization) recommandent chez l'adolescent un apport de 1300 mg/j.

Etonnement, le Japon, pays économiquement puissant, conseille pour sa population adulte et âgée des apports assez faibles (600 mg/j) en comparaison des standards occidentaux.

L'évolution de ces recommandations sur l'apport calcique est propre à chaque Etat. Néanmoins durant ces dernières années, on remarque une tendance à l'augmentation des valeurs de référence, notamment en Europe, aux Etats-Unis, mais aussi en Asie. En effet, sur

le continent asiatique, les problèmes d'ostéoporose et de rachitisme chez l'enfant inquiètent les autorités de santé publique, notamment à cause du vieillissement de la population. A ce titre, de grandes campagnes de promotion des produits laitiers, et l'ouverture du marché à l'import de lait en provenance d'Europe ont récemment changé les mœurs asiatiques. Il est à noter que la Chine recommandait déjà en 2008 un apport de 1000 mg/j de calcium pour les adolescents et les séniors.

Ces recommandations reflètent donc les différences culturelles, génétiques mais aussi économiques qui existent entre les pays. De plus, comme nous l'avons abordé, ces différences peuvent s'expliquer par le choix de la méthode adoptée pour le calcul des apports (cf. II) 1.2.1. et II) 1.2.2.).

Par ailleurs, les apports recommandés restent un concept de santé publique et dans ce domaine, les différences reflètent les objectifs de chacune des populations. Les pays industrialisés étant plus touchés par les problèmes osseux liés à l'âge, leurs recommandations sont d'autant plus élevées, à l'inverse des pays émergents qui commencent tout juste à les rencontrer.

A ce titre, il faut rester critique devant les nombreuses publications qui, pour remettre en cause le niveau des ANC en calcium en France, expliquent que la population asiatique est une des moins touchée par l'ostéoporose et ne consomme pas autant de lait que les occidentaux. Le manque de moyens diagnostic, ainsi que l'espérance de vie encore relativement faible sont deux paramètres importants à prendre en considération. (32)

Les valeurs américaines n'ont pas été obtenues par la méthode factorielle préconisée en France. Ainsi les 1300 mg/j conseillés pour l'adolescent sont des « apports adéquats » (cf. II) 1.1.5.) basés sur l'obtention escomptée de la rétention calcique maximale.

2. NOTIONS D'ABSORBABILITE ET DE BIODISPONIBILITE DU CALCIUM

2.1. Différences entre absorption, absorbabilité et biodisponibilité (BD)

Pour que le calcium soit absorbé au niveau de la paroi intestinale, il doit être extrait de l'aliment dont il provient - lequel doit donc avoir une bonne digestibilité - puis, il doit être mis en solution au niveau gastrique.

L'absorbabilité est la capacité du calcium à être absorbé au niveau intestinal en conditions physiologiques. C'est une caractéristique de l'aliment. Elle est souvent utilisée à tort et de façon réductrice comme synonyme de biodisponibilité (BD). En réalité, elle n'en constitue que la première étape. (26), (28), (45)

L'absorbabilité est différente de l'absorption, qui est dépendante de la capacité de l'intestin, elle-même influencée par des facteurs physiologiques tels que l'état des besoins et des réserves en calcium, la régulation hormonale, ou les niveaux antérieur et actuel des apports calciques.

La biodisponibilité du calcium est sa capacité à être retenu par l'os et les organes. (44) Celle-ci est la résultante de l'absorbabilité intestinale du calcium et de son utilisation ultérieure par les différents tissus de l'organisme.

Certains facteurs alimentaires ont des actions agonistes ou antagonistes sur la biodisponibilité, et sur l'homéostasie calcique. Pour la biodisponibilité du calcium, le lait et les produits laitiers servent de référence.

2.2. Les méthodes de mesure

A l'ambiguïté des concepts précédents s'ajoute la complexité des méthodes utilisables pour l'évaluation de l'absorbabilité, l'absorption et la biodisponibilité du calcium.

L'absorbabilité du calcium est en général évaluée par la mesure de l'absorption, en réalisant pendant plusieurs jours un bilan « entrée – sortie », soit « apports contrôlés - excrétion intestinale ». Cette méthode de mesure dite « des bilans » ou « méthode de la balance » est la plus courante. Toutefois, le calcul ne tient pas compte du coût calcique (calcium non absorbé), et donc, il ne fournit que l'absorption apparente. (44), (47) De plus, pour comparer l'utilisation de deux sources de calcium par cette méthode, il importe que les aliments étudiés fournissent la quasi-totalité du calcium ingéré. (46)

Pour obtenir l'absorption réelle, il faut recourir à une méthode isotopique. Les isotopes radioactifs ou stables sont utilisés :

- par injection pour évaluer la perte endogène ;

- ou par administration orale d'un aliment marqué : marquage intrinsèque ou extrinsèque. Il importe alors que le marquage soit homogène et réel, sinon le résultat concerne le traceur et non le calcium, ce qui surestime souvent l'absorption. (44), (47) Le marquage extrinsèque est simple et possible dans le cas des produits laitiers. En revanche, les végétaux exigent un marquage intrinsèque (après introduction du traceur dans le milieu de culture). (46)

Les limitations d'emploi des radio-isotopes dans les études cliniques contraignent à l'utilisation d'isotopes stables, dont le coût est très important, surtout pour les marquages intrinsèques. Ces difficultés expliquent le fait que les données sur la biodisponibilité du calcium des végétaux soient peu nombreuses par rapport à celles des produits laitiers.

Enfin, pour mesurer la biodisponibilité osseuse, il faut mesurer la rétention nette, c'est-à-dire, tenir compte de la perte urinaire. (44)

Quelle que soit la méthodologie, le but est d'évaluer la capacité potentielle du calcium à être absorbé et retenu par l'os. Nous l'avons dit, cette caractéristique ne correspond pas à la seule capacité de l'organisme à absorber et retenir le minéral : elle dépend en partie de l'aliment.

Lors de la mesure, il faut donc réunir les conditions expérimentales qui favorisent cette biodisponibilité, et c'est ce que nous aborderons juste après. La méconnaissance de ces conditions est d'ailleurs souvent la source de biais dans les résultats avancés par certaines études.

2.3. Principaux facteurs alimentaires influençant l'absorption du calcium

Comme nous l'avons évoqué, quel que soit le mode de passage du calcium à travers les entérocytes (transport actif ou diffusion passive), il doit se trouver sous une forme absorbable au niveau de l'intestin. Cette première étape de la biodisponibilité dépend de la forme d'apport du calcium, mais aussi et surtout, de l'environnement physicochimique créé par les constituants des aliments et des sécrétions digestives. On l'englobe sous le terme de « matrice » alimentaire.

Certains facteurs physiologiques influencent l'absorption du calcium. Comme nous les avons abordés dans la première partie de ce travail, nous ne les détaillerons pas ici. Il sera rappelé simplement que l'absorption du calcium est augmentée lors d'un repas, par rapport à une prise à jeun. Le ralentissement de la vidange gastrique permet en effet un contact plus long des minéraux avec les villosités intestinales. (13), (26)

L'absorption est aussi augmentée lorsque l'apport diminue, et inversement (13), (26), (44), (45) Ceci est un mécanisme de sécurité pour l'organisme, mais qui ne suffit pas à protéger le tissu osseux de la déminéralisation lorsque l'insuffisance d'apport devient chronique.

La croissance et la grossesse sont des situations qui induisent une augmentation physiologique des capacités d'absorption du calcium. A l'inverse, la sénescence est à l'origine d'une perte d'efficacité de l'organisme pour l'absorption. (13)

Certains aliments agissent sur la solubilité du calcium quand d'autres jouent sur la perméabilité des entérocytes.

2.3.1. Les oxalates et les phytates

Bien que la source laitière soit la plus connue, certains végétaux contiennent une quantité non négligeable de calcium. Néanmoins, ils présentent presque tous un inconvénient commun : le calcium qu'ils renferment se trouve en grande partie insolubilisé par deux acides :

- l'acide oxalique ou oxalate (du latin *oxalis* = oseille), présent dans de très nombreux végétaux notamment les épinards, l'oseille, la betterave, ou encore la rhubarbe ;
- l'acide phytique ou phytate, présent en grande quantité dans l'enveloppe des légumineuses et des céréales comme le son, le soja, les lentilles, les haricots rouges, etc.

Le calcium végétal est alors moins absorbé, et donc moins biodisponible que celui des produits laitiers et des sels organiques ou minéraux.

2.3.1.1. L'acide oxalique

L'acide oxalique, de structure chimique ($C_2H_2O_4$), est présent à l'état naturel dans les racines et rhizomes de toutes les plantes de la famille des *oxalis*, essentiellement sous la forme d'oxalate de calcium ou de potassium. (49) C'est donc un élément très fréquemment ingéré (tableau 12): épinards, céleris, blettes, carottes, certaines salades comme la roquette, haricots verts, haricots secs, cacao, noix, noisettes, baies, fraises, agrumes, ou encore thé, café et vin.

Tableau 12 : Proportion d'acide oxalique contenu dans divers végétaux couramment consommés (49), (53), (54)

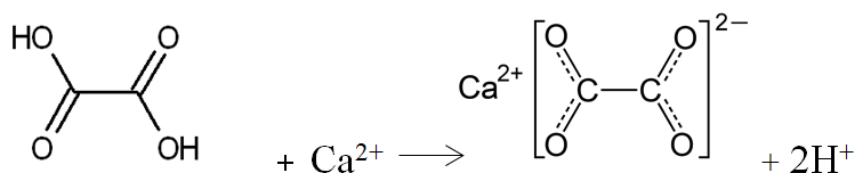
Végétaux consommés	Teneur en acide oxalique (mg/100 g, masse sèche)
Betterave (feuille)	> 12000
Thé	3700
Cacao	4500
Epinard	460 à 3200
Rhubarbe	500 à 2400
Blette	690
Amandes	400
Oseille	300 à 500
Persil	190

Une fois dans l'organisme, l'acide oxalique se trouve sous deux formes : soluble et insoluble, chacune ayant un effet négatif sur l'organisme. (57)

La forme insoluble nous intéresse particulièrement car elle se présente sous l'état de cristaux d'oxalate de calcium. Cette structure agit comme un « anti-nutriment », en empêchant l'absorption intestinale du calcium ingéré. En effet, l'acide oxalique présente des propriétés réductrices et chélatrices. Il a la capacité de déplacer et complexer les ions métalliques alcalino-terreux, au premier rang desquels se trouve le calcium. La figure 17 illustre cette propriété.

La consommation d'aliments riches en acide oxalique est donc associée à la complexation du calcium, ce qui en diminue l'absorption. A ce titre, il possède l'effet inhibiteur le plus fort. (50), (54), (45)

Figure 17 : Formation d'un complexe d'oxalate de calcium à partir d'acide oxalique et de calcium ionisé (52)



Les épinards cuits sont souvent vantés pour leur teneur en calcium. Effectivement, ils renferment 141 mg de calcium pour 100 g (58), mais ils sont pourtant une source de calcium peu intéressante en terme de biodisponibilité, car la quantité très importante d'acide oxalique qu'ils contiennent est théoriquement suffisante pour complexer la totalité du calcium présent. (51) En réalité, une faible quantité de calcium des épinards reste échangeable et peut être absorbée. Ceci a été mis en évidence à l'aide d'isotopes radiomarqués utilisés comme traceurs (marquage intrinsèque). (50)

On comprend ainsi que les nombreuses interactions se faisant entre la matrice alimentaire et le calcium rendent la résultante plus complexe que l'effet sur l'absorption de chacun des constituants pris séparément.

L'acide oxalique est également présent dans les haricots verts cuits, en quantité suffisante pour complexer tout le calcium (56 mg/100 g). Toutefois, l'absorbabilité potentielle du calcium des haricots (de l'ordre de 15%) est bien supérieure à celle des épinards qui ne dépasse pas 5%. (44), (55), (56), (45), (57)

Ainsi, l'acide oxalique est bien un inhibiteur de l'absorption, connu depuis longtemps puisqu'en 1935 on retrouvait déjà une publication expliquant la différence entre le « bon » calcium du chou (dépourvu d'acide oxalique) et le « mauvais » calcium des épinards. (59) Toutefois, l'importance de cette inhibition est particulièrement dépendante de la composition globale de l'aliment considéré.

Les oxalates contenus dans les végétaux sont comestibles, cependant l'acide oxalique peut s'avérer toxique au-delà d'une certaine dose. Il peut être à l'origine de troubles gastro-intestinaux graves, de violentes douleurs spasmodiques ou de la formation de lithiase rénale. C'est la forme soluble qui est impliquée dans la formation de ces lithiases. Elle est excrétée par le rein et précipite sous forme d'oxalate de calcium, ayant parfois un aspect épineux, et pouvant alors obstruer les canaux. (51), (57) Ceci rend l'acide oxalique d'autant plus dommageable en nutrition.

Certains essais en cours travaillent d'ailleurs sur la modification génétique des végétaux consommés, afin de réduire leur teneur en acide oxalique et d'anéantir ainsi son effet néfaste sur l'absorption du calcium. (57)

2.3.1.2. L'acide phytique

L'acide phytique de formule brute $C_6H_{18}O_{24}P_6$ est le constituant phosphoré le plus abondant des végétaux chez lesquels il constitue une substance de réserve de phosphates, d'éléments métalliques et d'inositol. Il est naturellement présent dans l'enveloppe des graines de nombreuses céréales et légumineuses. Du fait du grand nombre de radicaux phosphorés dans sa molécule, les charges négatives du phosphore viennent facilement se lier avec les cations. Ainsi, comme l'acide oxalique, il complexe le calcium (figure 18), ce qui en fait un autre inhibiteur de son absorption intestinale. (48)

L'acide phytique se lie au calcium de façon moins forte qu'avec les autres cations divalents comme le zinc ou le magnésium. De fait, son potentiel inhibiteur de l'absorption est moins important que celui de l'acide oxalique, (51), (45) mais son abondance dans les végétaux reste un inconvénient majeur.

Certaines études montrent néanmoins que des aliments comme le pain au levain, ou certaines céréales comme le son de blé, riche en phytates, permettent quand même au calcium d'être absorbé. C'est une enzyme, la phytase, présente dans le blé ou produite par fermentation qui rend inopérante l'action complexante des phytates par hydrolyse. (55), (45)

Cependant l'inactivation des phytases végétales au cours de la cuisson et l'absence de ces enzymes dans notre tube digestif empêchent en pratique le métabolisme de l'acide phytique. Une fois le végétal ingéré, les phytates libérés forment avec le calcium des complexes insolubles qui ne sont pas absorbés par l'intestin, et qui sont par la suite éliminés dans les fèces. (48)

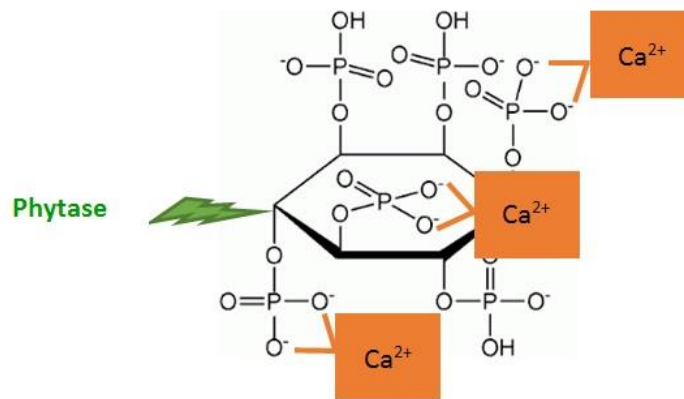


Figure 18 : Capacité des phytates à complexer le calcium

Ainsi, bien que les végétaux soient source de calcium, ils renferment dans leur composition deux puissants inhibiteurs de l'absorption qui font relativiser l'intérêt nutritionnel du calcium végétal comme le montre la figure 19.

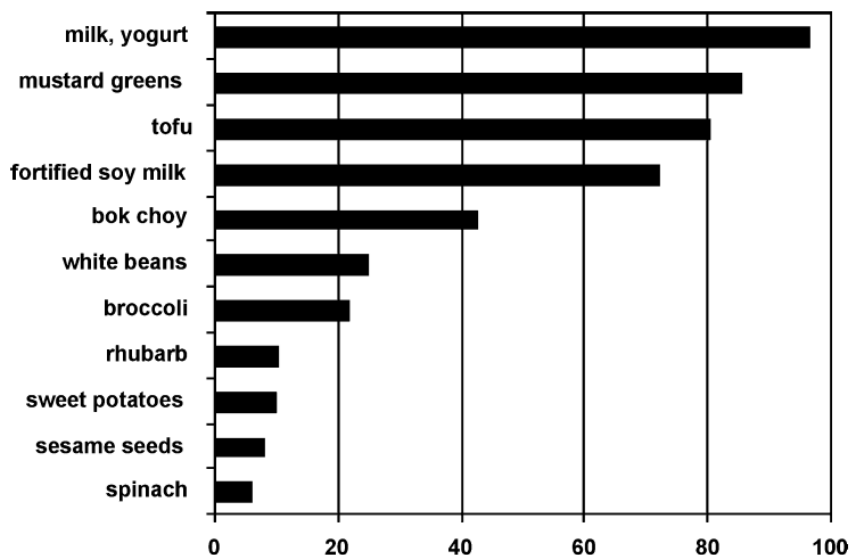


Figure 19 : Pourcentage de calcium absorbé pour une même portion : différence entre les sources d'aliments contenant ou non de l'acide phytique (51)

Le pourcentage retenu pour le jus de soja enrichi (« fortified soy milk ») n'est réel que si le jus est bien remis en suspension avant la consommation (cf. II)3.5.1.1.).

2.3.2. Les pectines et fibres

2.3.2.1. Les pectines :

Ce sont des polysides d'origine végétale, présents dans les parois de nombreux fruits et légumes. Ce sont des fibres solubles, composées d'un squelette d'acide α -D-galacturonique et de faibles quantités de α -L-rhamnose plus ou moins ramifiés. (14)

C'est la fonction carboxylique présente sur les acides α -D-galacturoniques qui confère aux pectines la capacité d'échanger des ions, et c'est le calcium qui est mis en jeu la plupart du temps. Une pectine peut être sous forme acide, estérifiée par du méthanol, ou ionisée par différents cations dont le calcium. Des ponts calciques peuvent se former entre deux groupements carboxyles de deux molécules de pectine. (Figure 20) La cellule contrôle la proportion de fonction carboxyle et de cela dépendra la quantité de calcium piégée par les pectines.

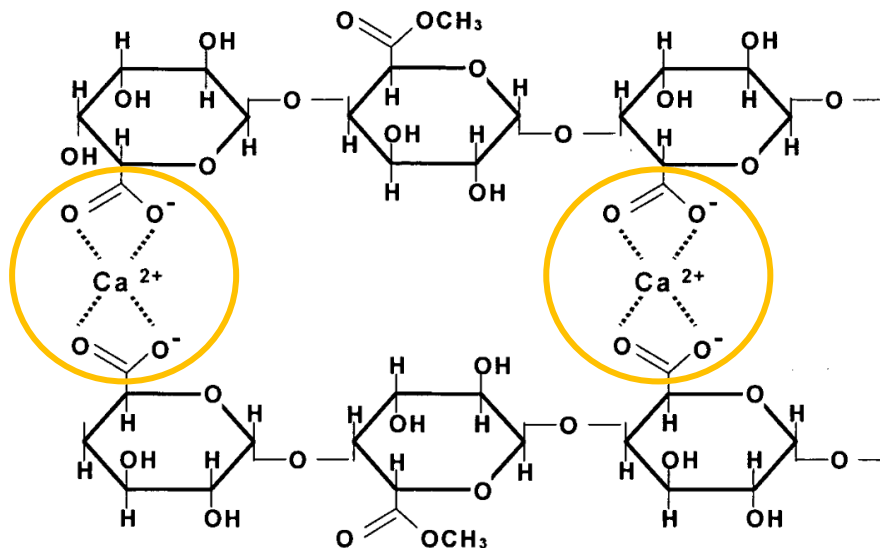


Figure 20 : Ponts calciques entre deux pectines

2.3.2.2. Les fibres :

Ce sont aussi des glucides présents dans la paroi des végétaux, mais à la différence des pectines, les fibres ne sont pas digérées et elles ne se lient pas aux minéraux. (45)

Contrairement aux idées reçues, les fibres proprement dites ou insolubles (cellulose, lignine, carraghénane...) ne diminuent pas directement l'absorption intestinale du calcium.

Néanmoins, la présence de fibres insolubles dans le bol alimentaire accélère le transit, ce qui diminue le temps de contact du calcium avec la surface d'absorption de la muqueuse intestinale. Ceci peut donc réduire indirectement son absorption. (27)

Il y a souvent une confusion entre l'effet de l'acide phytique et celui des fibres, les aliments riches en l'un étant souvent riches en l'autre. En effet, lors d'un régime riche en fibres, le défaut d'absorption en calcium est plus dû aux phytates qu'aux fibres elles-mêmes. (51) D'ailleurs, une expérimentation menée par HEANEY et Coll. montre que l'administration concomitante de calcium et de fibres de psyllium (utilisées comme laxatif) ne provoque pas de retentissement significatif sur l'absorption. (60), (45)

2.3.3. Le calcitriol

D'autres facteurs alimentaires jouent un rôle important dans l'absorption du calcium. Tel est le cas du dérivé actif de la vitamine D, le calcitriol, déterminant majeur de la régulation du transport actif du calcium.

Son action ayant déjà été décrite, nous rappelons simplement que son effet s'exerce au niveau du duodénum, où il stimule de façon prolongée le transport transcellulaire du calcium, en augmentant le passage à travers la bordure en brosse. (61)

Outre sa synthèse endogène suite aux rayonnements UV, la consommation de poissons gras type maquereau, saumon, pilchart ou hareng permet un apport de calcitriol et potentialise l'absorption du calcium ingéré.

2.3.4. Les glucides et le lactose

Beaucoup de sucres stimulent l'absorption intestinale du calcium. En dehors du lactose, le mannose, le raffinose, le xylose et le sorbitol stimulent le transfert iléal du calcium. Cet effet des disaccharides est plus marqué dans les parties distales de l'intestin grêle que dans les segments proximaux. (61) Le glucose semble de son côté moins efficace.

Le mécanisme de cette stimulation par les glucides n'est pas encore connu. Il pourrait s'expliquer par le fait que leur présence entraîne une diminution de la concentration endoluminale en sodium, lui-même hypercalciuriant. (62) En effet, le contenu iléal a la propriété d'être iso-osmotique au plasma. Par conséquent, de fortes concentrations de sucres s'accompagnent de faibles concentrations de sodium dans la lumière intestinale.

L'effet du lactose est plus complexe et sera détaillé dans la partie dédiée au lait et aux produits laitiers.

2.3.5. Les acides gras

Les graisses alimentaires peuvent interférer avec le calcium après leur ingestion. De façon physiologique les acides gras saturés non absorbés chélatent le calcium avec lequel ils forment des savons insolubles. (61), (27), (28) Ceci sert d'argument aux publications qui tentent de démontrer la nocivité des produits laitiers sur la minéralisation osseuse, ces derniers étant riches en acides gras qui limiteraient la biodisponibilité minérale.

Toutefois, la formation de ces savons se fait dans l'intestin grêle distal, à partir du calcium normalement non absorbé. (27), (28)

Ainsi, hormis lors de stéatorrhées majeures (insuffisance pancréatique exocrine par exemple), les acides gras du lait n'ont pas d'action inhibitrice de l'absorption du calcium. (61) En effet, la malabsorption des graisses et leur accumulation dans le tube digestif entraîne dans ce cas une saponification au site de l'absorption, diminuant alors la quantité de calcium captée par les entérocytes. (61)

2.3.6. L'alcool, le thé, le café

La consommation chronique d'alcool diminue l'absorption du calcium :

- par action directe : il diminue le transport intestinal ;
- par action indirecte : il entraîne une malabsorption des vitamines liposolubles dont fait partie la vitamine D.

Par ailleurs, les tanins du vin, de la même manière que les oxalates contenus dans le thé et le café, peuvent une fois encore complexer le calcium et tous les cations divalents, réduisant la part absorbable. (61)

2.3.7. Le phosphate

L'absorption intestinale du calcium est dépendante du rapport calcium/phosphate du régime alimentaire. La plupart des publications estiment qu'un régime relativement pauvre en phosphates contribue à une meilleure absorption intestinale du calcium. (27), (28), (51), (61)

Il y a au moins deux raisons à cela :

- D'une part, le calcium est complexé par les phosphates dans la lumière digestive, ce qui limite sa solubilité, et donc, son transport à travers la paroi intestinale. Par conséquent, une teneur en phosphates relativement basse dans l'intestin permettrait une meilleure absorption du calcium.
- D'autre part, des apports alimentaires de phosphates limités s'accompagnent d'une stimulation de la synthèse rénale de calcitriol qui augmente secondairement le transport actif du calcium.

Cependant, le phosphate reste un élément essentiel du cristal osseux. Il est indispensable à l'ostéo-renouvellement et il favoriserait la rétention du calcium fixé. (63), (64)

Il n'y a pas de consensus clair sur la résultante de ses effets, toutefois on comprend que s'il n'est pas promoteur de l'absorption intestinale, un apport de phosphate suffisant reste nécessaire pour la fixation et la rétention du calcium au niveau de l'os.

2.4. Les principaux facteurs influençant la calciurie

2.4.1. Le phosphore

Dans le rein, le phosphore (élément de base, participant à la composition des phosphates) est hypocalciuriant :

- il augmente directement la réabsorption du calcium dans la partie distale du néphron (42) ;
- Il exerce un effet indirect sur la calciurie en stimulant la sécrétion de PTH. (62)

Tous les aliments courants étant riches en phosphore, sa présence a donc une double influence. En effet, s'il n'est pas bénéfique à l'absorption intestinale sous forme de phosphate du calcium, il le retient au niveau rénal. Ainsi, le phosphore exerce un rôle complexe dont l'effet global sur le bilan calcique n'est pas tranché.

2.4.2. Les bicarbonates, le potassium et l'augmentation du pH

La perte urinaire de calcium est diminuée par les régimes alcalogènes, soit à base de légumes et fruits qui augmentent le pH, soit à base de bicarbonates ou de sels de potassium. (62)

Contrairement au phosphore et aux constituants qui participent à l'augmentation du pH, tous les autres facteurs alimentaires ayant un effet sur le rein augmentent la calciurie, le plus souvent via une réduction de la réabsorption tubulaire du calcium.

2.4.3. L'acidose, les anions sulfates et chlorures

A l'inverse de l'alcalose induite par les bicarbonates, l'acidose métabolique chronique est associée à une augmentation de l'excrétion urinaire de calcium. (65), (62) Cette acidose peut être induite par le régime alimentaire lorsqu'il amène un excès d'anions sulfates ou chlorures. Une étude de 2005 (65) montre d'ailleurs qu'à apport égal de calcium, une eau calcique très sulfatée (1 g/L) entraîne une calciurie plus élevée qu'une eau non sulfatée ou que le lait.

2.4.4. L'excès de protéines

Des apports protidiques importants s'accompagnent d'une augmentation de la calciurie, parfois masquée par l'effet opposé du phosphore (les mêmes aliments étant riches en protéines et en phosphore). Cette influence sur l'excrétion urinaire du calcium est surtout marquée dans le cas des protéines riches en acides aminés soufrés car leur catabolisme libère du soufre oxydé en sulfate. Ceci conduit à une acidose modérée, favorable à la calciurie comme nous venons de l'exposer.

2.4.5. Le sodium

Enfin, la perte rénale de sodium est corrélée à celle du calcium, et l'effet d'un excès de sel alimentaire sur la calciurie est bien démontré. (62), (61) Ainsi, chaque augmentation de 2 grammes de sodium ingéré (soit 5 grammes de sel de chlorure de sodium) augmente la calciurie de 30 mg. (62)

En somme, l'absorption intestinale et l'excrétion rénale sont les déterminants majeurs de la biodisponibilité réelle du calcium et donc, du bilan calcique.

Les facteurs diététiques qui influencent ces deux déterminants ont une importance essentielle. Aussi, pour pouvoir juger de l'intérêt nutritionnel d'un aliment en termes d'apport minéral, il faut analyser sa composition au sens large, plus que sa teneur brute en calcium.

3. TABLES NUTRITIONNELLES : LES SOURCES ALIMENTAIRES DE CALCIUM

Cette partie est consacrée aux diverses sources alimentaires de calcium. Le but est de mettre en évidence l'intérêt nutritionnel de chaque aliment présenté pour l'apport minéral. Sans se montrer exhaustif, nous présenterons la grande famille des produits laitiers, mais aussi des denrées moins connues et pourtant riches en calcium.

Tous les aliments exposés ci-après ont des propriétés différentes en termes d'absorption du calcium, de biodisponibilité et de coût qui font qu'ils ne sont pas tous exploitables dans l'alimentation courante.

C'est pourquoi nous avons choisi dans un premier temps de dresser la liste des 100 denrées alimentaires les plus riches en calcium (aliments de base ou plats cuisinés, cf. ANNEXE 1) ; ceci pour faire état d'où se trouve concrètement le calcium dans l'alimentation. Cette liste sera ensuite exploitée pour mettre en exergue certains points importants.

Dans un second temps, nous nous appliquerons à détailler la teneur en calcium de chaque sous-classe de denrées alimentaires jugées pertinentes pour assurer les ANC.

Enfin nous nous pencherons sur la problématique de l'utilisation du lait et des produits laitiers. Sont-ils indispensables à la couverture des apports calciques recommandés ? Nous tenterons de répondre à cette question, en exposant les alternatives au calcium d'origine laitière, et en débattant des difficultés de la mise en pratique de cette éviction.

C'est en ayant connaissance de ces différentes sources alimentaires de calcium, et des modérations qu'il faut apporter à certaines d'entre elles que le pharmacien pourra établir des conseils nutritionnels adaptés à chaque situation rencontrée.

3.1. Table de composition minérale : les 100 denrées les plus riches en calcium (cf. ANNEXE 1).

Les données du tableau présenté en ANNEXE 1 sont issues des tables de composition nutritionnelle du CIQUAL (Centre d'Information sur la Qualité des Aliments), qui dépend de l'ANSES. Elles sont exprimées en mg de calcium pour 100 g de denrée.

Pour chaque denrée, la teneur en calcium est mesurée à partir d'échantillons de tailles différentes dont on précise la grandeur. Un indice de confiance est attribué à la fiabilité de la valeur moyenne annoncée. Celui-ci va de A à D, A correspondant aux données les plus fiables. Il est établi sur la base des indices de qualité des données brutes utilisées pour la compilation, notamment selon le mode d'obtention (données issues d'analyse, de calcium, etc.).

3.2. Exploitation des données

La figure 21 met en évidence l'importance des fromages et spécialités fromagères pour la nutrition calcique. En effet, sur les 100 denrées alimentaires répertoriées, ils en représentent les 60%.

Ceci est intéressant car contrairement aux herbes, épices et assaisonnements qui ne peuvent constituer un apport quantitativement important de calcium, les fromages peuvent être consommés en quantité suffisante pour couvrir une part importante des apports journaliers recommandés.

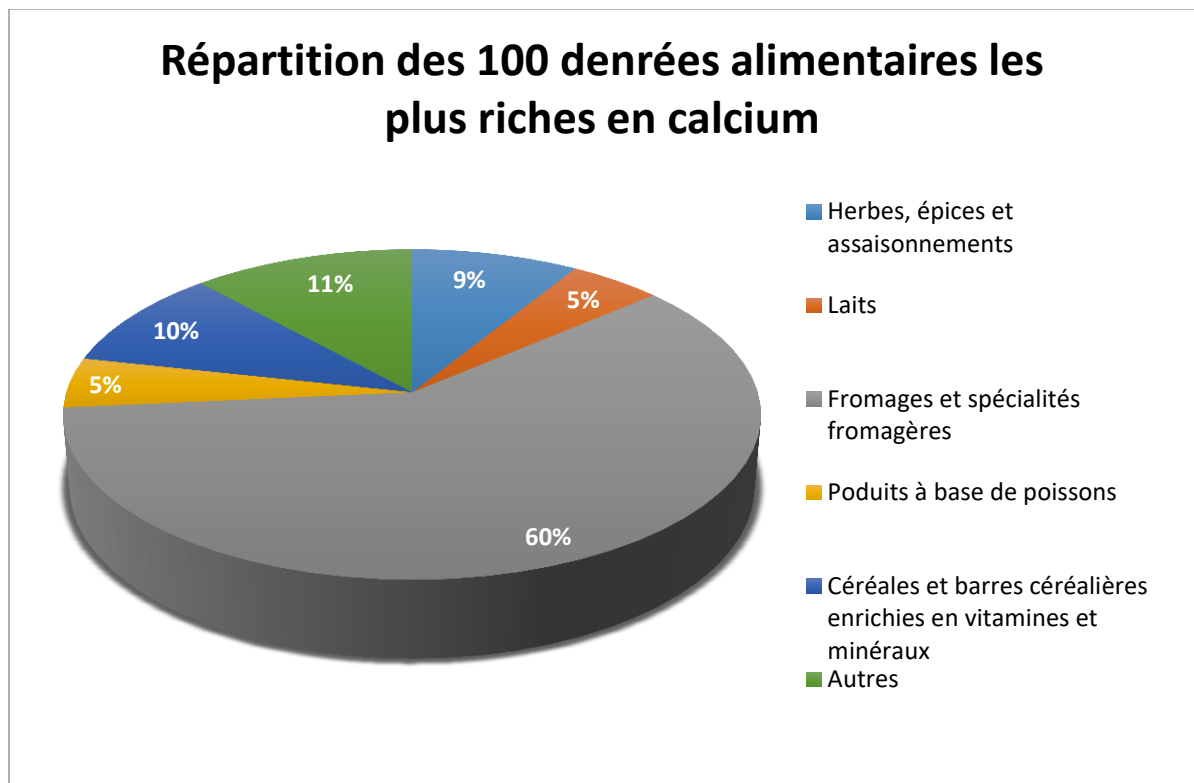


Figure 21 : Répartition des 100 denrées alimentaires les plus riches en calcium (58)

Tous les fromages ne sont pas équivalents en termes de teneur minérale. Alors que 100 g de parmesan renferment 1200 mg de calcium, la même quantité de camembert au lait cru n'en contient que 245 mg. L'utilisation du terme générique « fromages » ne paraît donc pas suffisamment précise en ce qui concerne l'apport calcique.

Par ailleurs, s'il est communément acquis que le calcium se retrouve dans le lait et les produits laitiers, il n'est pas aussi évident qu'il soit bien plus présent dans certaines plantes aromatiques telles que le meloukhia, le thym, la cannelle ou encore le cumin. De même, il est souvent méconnu que le calcium soit fortement présent dans certains poissons comme les sardines et ses produits dérivés.

Le meloukhia (dit aussi mloukhia ou molokheya) est la denrée la plus riche en calcium répertoriée par le CIQUAL (58), mais elle reste pourtant mal connue. Il s'agit à la fois d'une

herbe connue sous le nom commun de « corète » ou « corète potagère », et d'une épice de couleur verte, conditionnée en poudre (extraite des feuilles de corète mouluées). La poudre de Meloukhia est l'épice la plus riche en calcium avec 2000 mg de calcium pour 100 g. A titre indicatif, c'est aussi l'herbe la plus riche en fer (toujours selon les données disponibles) avec 87 mg/100 g, loin devant les épinards. (58)

Il est impossible d'en utiliser une quantité suffisante pour pouvoir assurer une partie significative des apports calciques journaliers, mais son utilisation comme condiment reste intéressante pour l'enrichissement minéral de certains plats.

3.3. Sources alimentaires de calcium : classification pratique

Toujours à partir des données du CIQUAL, nous avons choisi de présenter de manière pratique différentes denrées alimentaires, en fonction de leur teneur en calcium (mg/100 g). L'idée est de faciliter la composition des repas grâce au tableau 13, en choisissant certains produits de consommation courante, dans le but d'atteindre l'ANC en calcium.

Tableau 13 : Sources alimentaires classées selon leur teneur en calcium (mg/100 g)

Teneur en Ca ²⁺ (mg/100g)	Lait et produits laitiers	Céréales et dérivés	Produits carnés	Fruits, légumes et autres végétaux	Œufs et ovo-produits	Poissons, mollusques et crustacés	Autres
2000-1300				Meloukhia			
1300-1200	Lait en poudre, écrémé Parmesan			Thym sec			
1200-1000	Lait en poudre demi-écrémé, Emmental râpé, Gruyère,			Cannelle			
1000-800	Lait en poudre entier, Comté Tomme Mimolette			Sésame (graines) Cumin (graines)			
800-600	Edam Morbier Cantal Beaufort Gouda Cheddar Gorgonzola Roquefort	Barre céréalière pour petit déjeuner enrichie en vitamines et minéraux		Coriandre (graines)		Sardine à l'huile (conservée)	
600-400	Bleu d'Auvergne Feta de vache Saint Nectaire Mozzarella Reblochon Camembert Bleu de Bresse	Céréales pour petit déjeuner chocolatées, non fourrées		Curry (poudre) Poivre noir moulu		Sardine à la sauce tomate, égouttée, appétisée	

400-200	Brie Munster Maroilles Feta de brebis	Riz soufflé au chocolat Pétales de maïs glacés au sucre Pétales de blé chocolatés Biscotte au son		Cerfeuil (frais) Amande (avec peau) Menthe (fraîche) Basilic (frais)		Anchois, filets à l'huile Pilchard, sauce tomate Crevette cuite	Gélatine Chocolat blanc Poudre maltée, cacaotée pour boisson
200-150	Lait de brebis Yaourt nature Crottin de chavignol Saint-Maure	Biscuit sec pour petit déjeuner Brioche traditionnelle		Persil (frais) Figs sèches Noix du Brésil		Pâté à base de poisson ou crustacés Coquilles St- Jacques Sole	Croque -madame Pizza fromage Chocolat au lait
150-120	Yaourt 0% Crème dessert vanille Crottin de chèvre Rocamadour Yaourt au bifidus Lait écrémé pasteurisé	Biscuits pour bébé Muesli aux fruits		Epinard, cuit Noisette Cresson		Bar Loup (cru) Bigorneau (cuit) Maquereau (consERVE) Anchois mariné	Raviolis frais au fromage Café poudre soluble Chocolat noir 40% min
120-90	Lait ½ écrémé pasteurisé ou UHT Desserts lactés Fromage blanc Lait de chèvre Crème chantilly	Pain de seigle et froment Pétales de maïs nature	Carpaccio de bœuf	Gingembre (moulu) Pistache Epinard cru Mâche crue Toumésol (graine)		Daura de crue Sole cuite vapeur	Fougasse Quiche lorraine Café soluble Pâte à tartiner au chocolat
90-60	Lait de croissance infantile	Pain de mie complet Pain grillé		Cemeau de noix, Noix de	Omelette Ile flottante	Soupe de poisson Hareng grillé	Cacao nonsucré en poudre

3.4. Le lait et les produits laitiers : sources majeures de calcium

Le lait et les produits laitiers forment une famille d'aliments à part entière du fait de leur richesse naturelle en calcium, mais aussi en protéines, vitamines, autres minéraux et oligoéléments. En nutrition, l'appellation « produits laitiers » regroupe les laits, les fromages, les laits fermentés (dont font partie les yaourts) et les crèmes qui peuvent aussi être classées comme matières grasses.

De nombreuses études se sont intéressées aux produits laitiers, notamment pour comprendre la composition chimique de chacun. Nous exposons dans cette partie les caractéristiques nutritionnelles de ces produits et nous faisons état de la consommation au niveau national de ces derniers. Nous développons aussi et surtout l'intérêt indéniable de leur utilisation pour la couverture des ANC en calcium.

3.4.1. Définition et composition nutritionnelle du lait

3.4.1.1. Définition

Le lait est défini par la réglementation européenne (règlement C.E. N°1898/87 du 2 juillet 1987) qui précise que le terme lait est « réservé exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ou soustraction ».

L'article premier du décret du 25 mars 1924 précisait déjà à l'époque que « la dénomination lait, sans indication de l'espèce animale de provenance, est réservé au lait de vache » ; ce à quoi il existe deux exceptions (acceptées par l'usage) : le lait de coco et le lait d'amande. Tous les autres produits végétaux sont des « jus » ou « boissons » et non pas des laits. (66), (67), (68)

3.4.1.2. Composition nutritionnelle

En moyenne lors de la traite, le lait contient près de 87% d'eau, 4,8% de glucides, 4,2% de lipides, 3,5% de protéines et 0,5% de minéraux, oligo-éléments et vitamines. (69) Cette composition moyenne est influencée par la race, l'âge, le stade de lactation de la vache, son alimentation, ou encore la saison et la région d'élevage.

Le lactose représente l'essentiel des glucides du lait, la proportion des autres sucres étant très faible. Il s'agit d'un disaccharide qui une fois dans l'intestin, est hydrolysé en glucose et galactose par une enzyme : la lactase.

Le lait est caractérisé par une composition en matière grasse complexe. En effet, c'est elle qui est qualitativement et quantitativement variable en fonction des facteurs cités plus haut. O rangent sous le terme de matière grasse laitière des triglycérides (96%), des diglycérides (2 à 3%), des phospholipides (1%), quelques monoglycérides, des acides gras libres, ainsi que des composés liposolubles tels que le cholestérol, les vitamines ADEK, et les caroténoïdes. (58), (69) Ce panel de composés rend la matière grasse laitière extrêmement intéressante au niveau nutritionnel.

En France, les différents laits proposés à la vente ont une teneur en lipides standardisée. Leur dénomination est fonction de cette teneur en matière grasse et il faut distinguer :

- Le lait entier : standardisé à 3,5% de lipides soit 34 g/L. Il est identifié par un code couleur rouge sur le bouchon des bouteilles et sur étiquette des briques. La mention « lait entier » est obligatoire sur l'emballage ;
- Le lait demi-écrémé : il contient en moyenne 1,6% de lipides. Le règlement européen impose que la teneur soit au minimum de 1,5% et au maximum de 1,8%. (69) Il est repérable par son bouchon ou sa dominance de couleur bleu sur l'emballage ;
- Le lait écrémé : c'est le moins riche en matière grasse avec moins de 0,5% de lipides. Néanmoins, il reste tout aussi riche en calcium. Son emballage et son bouchon sont de couleur verte.

La valeur énergétique du lait dépend principalement de cette teneur en matière grasse. A titre d'exemple, voici celles retenues pour 100 mL :

- 64,6 kcals pour le lait entier ;
- 46,0 kcals pour le lait demi-écrémé ;
- 31,5 kcals pour le lait écrémé. (58)

Concernant les constituants azotés du lait, deux types de protéines entrent dans sa composition : les caséines et les protéines du lactosérum.

Les caséines se présentent sous forme de micelles et comptent pour 82% de la composition protidique du lait. Il existe les caséines α_1 , α_2 , β , κ et γ . Aussi, de par leur thermostabilité et leur résistance à l'hydrolyse, elles sont jugées responsables de la plupart des allergies aux protéines du lait de vache.

Les protéines du lactosérum, ou protéines solubles représentent 18% des protéines totales du lait. Elles regroupent la β -lactoglobuline, l' α -lactoglobuline, la sérum-albumine et les immunoglobulines.

Ces protéines apportent tous les acides aminés essentiels, ce qui confère au lait un intérêt nutritionnel supplémentaire. (70)

Enfin, le lait est riche en minéraux, oligoéléments et vitamines. Les minéraux majeurs ou macroéléments sont classés généralement d'un côté, avec avant tout le calcium, mais aussi le magnésium, le phosphore, le potassium ou encore le sodium. De l'autre côté, ce sont les microéléments ou oligoéléments comme le fer, l'iode, le manganèse, le sélénium et le zinc. La teneur minérale des laits de consommation courante est résumée dans le tableau 14. Ils renferment également de nombreuses vitamines : vitamine A (rétinol), vitamines hydrosolubles du groupe B (en proportions différentes), et vitamines liposolubles dont fait partie la vitamine D (en quantité proportionnelle à la teneur en matière grasse). (58), (70)

Si on se concentre uniquement sur sa teneur en calcium, la table nutritionnelle du CIQUAL donne les valeurs regroupées dans le tableau 15.

Tableau 14 : teneur générale en minéraux du lait pasteurisé et stérilisé UHT (58)

Lait	Lait pasteurisé			Lait stérilisé UHT		
	Entier	½ écrémé	Ecrémé	Entier	½ écrémé	Ecrémé
Calcium (mg/100 g)	117	119	121	112	117	113
Sodium (mg/100 g)	52,2	43,1	47,5	42,2	43,1	41,8
Phosphore (mg/100 g)	92,0	95,0	95,0	87,0	91,9	88,8
Potassium (mg/100 g)	143	150	156	140	167	173
Magnésium (mg/100 g)	11,0	47,4	6,03	11,0	12,1	10,6
Fer (mg/100 g)	0,048	0,050	0,130	0,050	0,050	0,050
Iode ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	9,77	13,20	13,40	11,20	11,50	12,70
Cuivre (mg/100 g)	< 0,22	< $4,2 \times 10^{-3}$	traces	< 0,01	< $8,7 \times 10^{-3}$	3×10^{-3}
Zinc (mg/100 g)	0,379	0,408	0,400	0,381	0,392	0,410
Sélénium ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	< 3,0	1,0	0,8	1,0	0,94	0,80
Manganèse (mg/100 g)	$3,3 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	traces	$2,23 \times 10^{-3}$	$5,85 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-3}$

Tableau 15 : teneur en calcium des différents laits (58)

Laits	Teneur en calcium (mg/100 mL)	Nombre d'échantillons ayant servi à la mesure	Code de confiance
Lait concentré non sucré, entier	286	43	B
Lait concentré sucré, entier	290	2	A
Lait entier, pasteurisé	117	4	B
Lait entier, stérilisé UHT	112	5	A
Lait demi-écrémé, pasteurisé	119	3	A
Lait demi-écrémé, stérilisé UHT	117	65	A
Lait écrémé, pasteurisé	121	12	A
Lait écrémé, stérilisé UHT	113	62	A
Lait en poudre entier	965	24	B
Lait en poudre écrémé	1230	15	A
Lait en poudre demi-écrémé	1030	16	C
Lait de croissance infantile	75	1	B
Lait de brebis, entier	187	3	B
Lait de bufflonne, entier	195	-	-
Lait de jument, entier	110	-	-
Lait d'ânesse, entier	110	-	-
Lait de chèvre, entier, cru	107	16	A
Lait de chèvre, entier, stérilisé UHT	117	3	B

Plusieurs commentaires peuvent être faits à partir de ces données. D'une part, ni le type de traitement thermique, ni l'écémage du lait ne semblent affecter sa teneur en calcium.

En effet, le lait demi-écrémé contient 119 mg/mL de calcium lorsqu'il est pasteurisé, contre 117 mg/mL lorsqu'il est stérilisé UHT. De plus, le lait écrémé, stérilisé UHT contient 113 mg/mL de calcium quand son équivalent entier en contient 112 mg/mL. Ces valeurs étant toutes des moyennes obtenues grâce aux échantillons étudiés, on comprend qu'il n'y a pas de différence significative concernant la teneur calcique.

Ceci est un argument nutritionnel important à mettre en avant : les personnes soucieuses de l'apport énergétique du lait entier ou demi-écrémé, et les sujets qui le digèrent mal pourraient faire usage du lait écrémé plutôt que de délaissé l'ensemble des produits lactés.

La teneur moyenne en calcium du lait est de 120 mg/100 mL. Ainsi un verre (150 mL) et un bol de lait (250 mL) apportent respectivement 180 mg et 300 mg de calcium, soit entre un cinquième et un tiers des ANC. Il paraît d'ores et déjà évident que la consommation de lait est déterminante pour atteindre de façon simple et économique ces apports.

Lorsqu'on étudie le lait, en général celui de vache sert de référence mais la consommation de lait d'autres espèces est possible. Celui de bufflonne est le plus concentré en calcium des laits de consommation, avec 195 mg de calcium pour 100 mL. Le lait de brebis en contient

187 mg/mL. Tous deux d'aspect plus visqueux et plus riche, leurs compositions restent pourtant assez voisines, toutefois celui de brebis présente l'avantage d'avoir des caséines différentes de celle des bovins, ce qui peut être utile en cas d'allergie aux protéines du lait de vache (APLV). Cependant, il contient également du chlore en grande quantité, ce qui empêche en pratique son usage quotidien, et le contre indique chez le nourrisson. (68)

Le lait de jument contient lui aussi du calcium en quantité notable, mais il manque en contrepartie d'autres minéraux. Il contient seulement 64 mg/100mL de potassium (contre 167 mg pour le lait de vache demi-écrémé UHT) et 54 mg/100mL de phosphore (contre 91,9 mg), ce qui ne permet pas non plus de recommander sa consommation courante.

Ainsi, le lait de vache apparaît comme le plus adapté à nos besoins humains. Sa composition en calcium, autres minéraux, nutriments, vitamines et oligoéléments, permet une consommation quotidienne, et ce pour un faible coût par rapport aux autres laits souvent bien plus onéreux. Il est donc le plus à même de participer à la couverture des apports nutritionnels recommandés en calcium, tout en fournissant un complexe nutritionnel extrêmement riche et nécessaire au tissu osseux.

3.4.2. Particularité du calcium du lait pour l'absorption

Un litre de lait contient en moyenne l'équivalent de 1200 mg de calcium, à comparer à des apports nutritionnels conseillés globalement compris entre 900 et 1200 mg par jour. Nous l'avons dit, cette richesse minérale est donc particulièrement attrayante. Toutefois, elle n'est profitable que si le calcium est suffisamment absorbable, ce qui conditionne sa biodisponibilité et par conséquent, son efficacité biologique. Alors que la plupart des essais de solubilité ont recours au calcium du lait comme standard de référence, qu'en est-il de son absorbabilité ? Quelle est l'influence des constituants du lait sur celle-ci ?

3.4.2.1. Influence du lactose

Le lactose est certainement le constituant du lait qui a fait l'objet du plus grand nombre de travaux, notamment pour étudier son action sur l'absorption du calcium. Nous en avons analysé certains, dans le but de comprendre les mécanismes de « l'effet lactose ». Nous regroupons ici les grandes lignes des différentes conclusions tirées de ces études.

Les premières hypothèses suggéraient que le lactose agissait au niveau osseux comme précurseur des protéines de l'os. Celles-ci ont été rapidement abandonnées au profit d'hypothèses sur une action intestinale.

Il est maintenant bien établi que le lactose, comme d'autres glucides lentement absorbés, agit en prolongeant la présence du calcium dans le tube digestif. Le contact prolongé avec les villosités augmentant l'absorbabilité, on admet que le lactose agit comme promoteur de l'absorption. (66), (26), (71)

Plusieurs théories ont mis en avant le rôle du lactose dans le maintien de la solubilité du calcium, dans les parties distales de l'intestin. Ceci soit par formation de chélates solubles, soit par compétition avec des inhibiteurs de l'absorption comme les phosphates. L'hypothèse sur l'antagonisme lactose-phosphates vis-à-vis de l'absorption du calcium a été particulièrement étudiée. (66), (61), (72), (71), (44) Le lactose est un glucide phosphorylable qui agirait dans ce cas comme un accepteur de phosphates, par l'intermédiaire de la phosphatase alcaline. Ceci réduirait donc l'inhibition due aux phosphates présents dans la lumière intestinale. Cette théorie ne fait cependant pas consensus dans les études. Le lactose et les phosphates agissant en sens contraire, cette influence reste relativement faible.

D'autres expliquent en partie l'effet du lactose par le fait que sa présence entraîne une diminution de la concentration luminale en sodium, lui-même hypercalciuriant. (28)

Certains auteurs américains privilégient l'hypothèse d'un conditionnement par le lactose de la muqueuse intestinale, dont la perméabilité deviendrait accrue. (72) Toute solution à forte osmolarité augmenterait la diffusion passive du calcium par élargissement des espaces de jonction intercellulaire. Cette hypothèse confirmerait d'ailleurs le fait que d'autres sucres non absorbables augmentent l'absorption intestinale du calcium chez l'animal (essai sur le rat). (72)

Si « l'effet lactose » a bien été démontré dans de nombreux essais *in vitro* ou chez l'animal à court et long terme, son effet chez l'homme reste toutefois moins évident. Les différences existantes entre la lactase du rat et la lactase humaine en termes d'activités compliquent l'extrapolation des résultats obtenus. (72), (71)

D'autres études démontrent que le lactose à dose physiologique, ne modifie pas significativement l'absorption du calcium du lait. Seules des doses très importantes (50 g par jour) auraient manifesté un effet net. (72)

De plus, l'absorption du calcium des yaourts dont le lactose est en partie hydrolysé, ou celle des fromages (qui n'en contiennent pas) est aussi bonne que celle du calcium du lait. (26), (61)

Il faut aussi analyser les résultats de ces études sur « l'effet lactose » avec prudence car il existe des biais pouvant influencer les conclusions avancées : choix d'une méthode de mesure de l'absorption pas assez sensible, biais sur le statut vitaminique (vitamine D) ou hormonal...

En conclusion, le ou les mécanismes par lesquels le lactose potentialise l'absorption intestinale du calcium restent à ce jour mal codifiés. Il est cependant probable que « l'effet lactose » qui se manifeste sur l'absorption passive soit masqué par le transport actif, en général suffisant quand l'apport calcique est modéré et en présence de vitamine D. La plupart des études s'accordent sur un point : l'action du lactose se fait par un processus passif, indépendant de la vitamine D. L'importance du lactose serait alors plus nette en cas d'apport élevé de calcium, lorsque la solubilité est un facteur limitant, et que l'absorption passive devient prédominante. (72), (71)

3.4.2.2. Influence favorable des protéines et des phosphopeptides

Les protéines et les phospholipides du lait font également l'objet d'un grand nombre de travaux *in vitro* et *in vivo*. Ces derniers montrent qu'il existe un effet favorable des constituants azotés du lait sur l'absorption du calcium. C'est en particulier le cas des phosphopeptides issus de l'hydrolyse enzymatique des caséines. Ils ont la propriété bien démontrée de séquestrer le calcium, et donc de le protéger vis-à-vis des anions tels que les phosphates, susceptibles de le précipiter dans l'intestin. (66), (71)

Ces phosphopeptides faciliteraient la mise en solution du calcium jusqu'aux parties distales de l'intestin, permettant ainsi son absorption par diffusion. (73)

Les protéines du lactosérum comme l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline peuvent également lier le calcium, la première avec une force de liaison telle qu'elle s'apparenterait à une véritable protéine liante comme la calmoduline. (71)

Par ailleurs, les protéines du lait - et notamment la caséine - stimulent la sécrétion d'IGF1, facteur indispensable à l'acquisition et au maintien d'un bilan osseux positif. (63), (56) En effet, l'IGF1

- active le transport des ostéoblastes activés ;
- stimule la production de calcitriol
- augmente la réabsorption tubulaire de phosphate.

Ainsi, les protéines du lait participent à l'anabolisme osseux via la production de ce facteur. De plus, elles inhibent la production de TNF α , cytokine responsable de l'activation des ostéoclastes.

Malgré des résultats observés *in vitro* parfois très en faveur du bénéfice de ces protéines et peptides sur la solubilité intestinale du calcium, leur influence favorable *in vivo* n'a pas encore été suffisamment étudiée. Les résultats obtenus chez le rat n'ont pas été confirmés chez le porc (66), ni chez l'humain (71). Les données disponibles vont cependant dans le sens d'un effet promoteur de la formation osseuse. (63), (56)

3.4.2.3. Influence des lipides du lait : un effet controversé

Les lipides du lait et des produits laitiers sont parfois soupçonnés de diminuer l'absorption et donc la biodisponibilité du calcium, par la formation de savons insolubles. Si cette réaction chimique est possible (cf. II) 2.3.5.), elle n'influence pratiquement pas l'absorption intestinale. Comme nous l'avons expliqué, les acides gras saturés libres du lait ont le pouvoir de déplacer le calcium des phosphates dans l'iléon, et de former des savons insolubles qui sont ensuite excrétés. Néanmoins, ces savons formés sont dissociés dans l'estomac (à cause du pH acide) et ils ne peuvent se reconstituer que dans l'iléon, après le site principal d'absorption du calcium.

Ils sont donc formés à partir d'acides gras saturés libres et de calcium ayant échappé à l'absorption. (66) Ceci est d'ailleurs plus un avantage qu'un inconvénient, car ce calcium non absorbé réduit l'absorption des acides gras et des sels biliaires libres dans le côlon. (44)

3.4.2.4. Influence du phosphore

Le phosphore est abondant dans le lait. Il peut entraîner la formation de phosphate de calcium, a priori insoluble. Cependant, l'influence d'un excès relatif de phosphore sur l'absorption de calcium a été contestée par plusieurs études. (26), (66), (44) Chez le jeune en croissance, l'absorption simultanée de calcium et de phosphore (contenus tous deux dans le lait), dans un rapport compris entre 1,5 et 2,0 est d'ailleurs indispensable à l'efficacité de la rétention osseuse du calcium.

De plus, comme nous l'avons vu, les autres constituants du lait, et en particulier le lactose, peuvent contrecarrer l'effet chélateur du phosphore.

En l'état actuel des choses, on retient donc que les constituants du lait ne vont pas à l'encontre de l'absorption du calcium, bien au contraire. A l'inverse des végétaux, ils ne présentent pas de substance (oxalate, phytate) susceptible de l'insolubiliser. Cependant, la confirmation par des essais réalisés chez l'homme manque encore à l'appel.

Par ailleurs, si les constituants du lait semblent véritablement « booster » l'absorption intestinale du calcium, ils aident aussi à l'absorption d'autres minéraux comme le magnésium, le zinc ou le phosphore.

Le lait et les produits laitiers servent donc de référence pour l'absorption et pour la biodisponibilité du calcium. Celle-ci est bien documentée (69), (46), (74) et varie entre 30 et 40% dans des conditions normales d'apports (non excessifs par rapport aux besoins).

3.4.3. Teneur en calcium des crèmes, laits fermentés et yaourts

Le lait se prête à de nombreuses transformations qui donnent naissance aux produits laitiers, dont font partie les crèmes et les laits fermentés. Ces produits gardent les bénéfices nutritionnels du lait dont ils dérivent, mais leur composition minérale leur est propre, notamment leur teneur en calcium, présentée dans le tableau 16. On fait le point sur les différentes appellations :

- La dénomination « crème » est réservée au lait contenant au moins 30 g de matière grasse pour 100 g de poids total, provenant exclusivement du lait de vache ;
- La dénomination « crème légère » est réservée au lait contenant entre 12 g inclus et 30 g non-inclus de matière grasse pour 100 g de poids total, provenant exclusivement du lait de vache également ;
- La dénomination « laits fermentés » est réservée aux produits laitiers préparés avec des laits écrémés ou non, sous forme liquide, concentrée ou en poudre, et ayant

subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation. Ils sontensemencés avec des bactéries appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit. Il existe deux grands types de laits fermentés :

- Ceux aux *Lactobacillus acidophilus* et aux *Lactobacillus casei* ;
- Ceux aux Bifidobactéries.

Ils peuvent être enrichis avec des constituants du lait tels que la poudre ou les protéines de lait.

- La dénomination « yaourt » est réservée aux laits fermentés obtenus par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques, dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini. Elles doivent être présentes à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée. De plus, la quantité d'acide lactique libre contenue dans 100 g de yaourt ne doit pas être inférieure à 0,7 g.
- Enfin la dénomination « spécialité laitière » ou « préparation laitière » est utilisée en cas d'emploi de matière première non laitière (amidon, gélatine...), à condition que cet ajout reste dans une proportion inférieure à la quantité maximale nécessaire pour obtenir la transformation désiré pour le produit fini. (75)

Tableau 16 : Teneur en calcium (mg/100g) des crèmes, laits fermentés et yaourts (58)

Denrée alimentaire : crèmes et yaourts	Teneur en calcium (mg/100g)	Nombre d'échantillons ayant servi à la mesure	Code de confiance
Crème chantilly sous pression, stérilisée UHT	101	3	C
Crème fraîche 30% MG ou +, épaisse, rayon frais	75	4	A
Crème fraîche légère 15 à 20% MG, épaisse, rayon frais	95	2	A
Spécialité laitière (lait fermenté) type yaourt au lait entier au bifidus et aux fruits, sucrée	122	7	B
Spécialité laitière (lait fermenté) type yaourt au lait entier au bifidus, aromatisé, sucrée	121	11	A
Spécialité laitière (lait fermenté) type yaourt au lait entier au bifidus, nature	138	12	A
Spécialité laitière de fromage blanc, avec crème, aux fruits, sucrée	85	4	A
Spécialité laitière de fromage blanc, avec crème, nature	102	6	B

Spécialité laitière ou yaourt 0%, aromatisée, sucrée	152	3	B
Spécialité laitière ou yaourt 0%, nature	149	18	A
Yaourt à boire, au lait demi-écrémé, aromatisé sucré	111	11	B
Yaourt au lait de chèvre partiellement écrémé, nature	120	1	B
Yaourt au lait entier, aromatisé, sucré	119	16	A
Yaourt au lait entier, aux fruits, sucré	115	15	A
Yaourt au lait entier, nature	138	13	A
Yaourt au lait entier, nature, brassé	167	7	B
Yaourt au lait entier, nature, sucré	116	1	B
Yaourt au lait partiellement écrémé, aromatisé, sucré	125	20	A
Yaourt au lait partiellement écrémé, nature	141	16	A
Yaourt au lait partiellement écrémé, nature, sucré	136	5	B
Yaourt au lait demi-écrémé aux fruits, sucré	114	4	B

La teneur en calcium des laits fermentés et des yaourts est relativement constante quel que soit le type de produit : elle avoisine généralement les 120 mg/100 g. Elle est souvent plus importante dans les yaourts par rapport au lait ; ceci grâce à l'augmentation de l'extrait sec. On parle alors de densité calcique plus élevée. L'avantage des laits fermentés est qu'ils peuvent être enrichis en calcium lors de la fabrication, par simple ajout de poudre de lait, elle-même d'une densité calcique très importante. (73), (58)

Une portion de 125 g de yaourt (la plus courante en France) apporte en moyenne 150 mg de calcium. Les yaourts et les laits fermentés sont donc largement en mesure de contribuer aux ANC. (76)

De la même manière que pour le lait, l'allègement des crèmes et des laits fermentés n'altère en rien leur teneur en calcium. Au contraire, certains yaourts dits « 0% » concentrent plus de minéraux que leurs homologues non allégés. Ainsi, un yaourt au lait entier nature renferme 138 mg de calcium pour 100 g contre 149 mg pour un yaourt 0% nature. On constate aussi qu'une crème fraîche à 30% de matière grasse (MG) contient 75 mg de calcium pour 100 g, contre 95 mg pour la même quantité de crème fraîche légère (15 à 20% MG).

Encore une fois, dans la mouvance actuelle où nombre de personnes sont à la recherche d'une alimentation équilibrée pour un minimum de calories, cet aspect peut être mis en avant lors du conseil, afin de promouvoir l'utilisation des produits laitiers « zéro pour cent ».

Concernant les procédés de transformation, l'acidification des yaourts par l'acide lactique provoque une solubilisation du calcium, ce qui le rend mieux absorbable. En effet, le pH du lait cru est généralement de 6,7, (66), (68) ; dans ces conditions le calcium est lié aux caséines sous la forme de micelles. Durant la phase d'acidification par les bactéries, le pH diminue à 4,0, ce qui libère le calcium qui est alors remplacé par le phosphore dans les micelles. (68), (73)

Par ailleurs les yaourts brassés sont les plus riches en calcium, avec une teneur moyenne de 167 mg/100 g pour un yaourt brassé au lait entier, nature. Le procédé de transformation des yaourts brassés est différent de celui des yaourts fermes : fermentation en cuve et non en étuve, brassage du coagulum et refroidissement simple (et non en tunnel). (76) La littérature ne nous donne pas de réponse à cela, mais il est possible que ce procédé de transformation puisse préserver plus efficacement les minéraux.

Concernant les crèmes, leur richesse énergétique ne permet pas d'envisager l'ingestion d'une portion importante au quotidien. Cependant, l'incorporation de tels produits dans les préparations culinaires permet un enrichissement de celles-ci en calcium. Les crèmes légères peuvent être préférées pour la préparation de plats moins caloriques. Ainsi, une portion de 100 g de quiche lorraine classique - qui requiert à la fois du lait et de la crème pour sa préparation - présente une teneur moyenne de 106 mg de calcium, ce qui constitue un apport comparable à celui d'une portion de yaourt. (58)

Le Programme National Nutrition Santé (PNNS) préconise l'utilisation de trois produits laitiers par jour (77) pour l'atteinte des ANC en calcium. La consommation de crèmes, laits fermentés et yaourts s'inscrit donc dans cet objectif et présente un avantage qui ne s'arrête pas à leur richesse minérale. En effet, un intérêt majeur des produits fermentés est la présence de bactéries lactiques, bénéfiques notamment pour la digestion du lactose et le confort intestinal.

3.4.4. Teneur en calcium des fromages

Comme nous l'avons vu, les teneurs calciques des produits laitiers sont variables, souvent dépendantes des procédés de transformation du lait. Ceci est particulièrement vrai pour les fromages que nous abordons ici. Leur teneur moyenne en calcium est donnée par la table nutritionnelle du CIQUAL présentée par le tableau 17 ci-après.

Tableau 17 : teneur en calcium (mg/100 g) des fromages (58)

Denrée alimentaire : fromages	Teneur en calcium (mg/100g)	Nombre d'échantillons ayant servi à la mesure	Code de confiance
Beaufort	745	1	B
Brie	367	10	B
Camembert au lait cru	245	1	B
Camembert environ 20% MG	463	12	A
Camembert et apparentés environ 26% GM	490	1	C
Fromage type camembert 10% MG	269	3	A
Cantal, Salers ou Laguiole	759	113	A
Carré de l'Est	450	1	C
Chabichou	202	8	B
Cheddar	720	1	B
Comté	909	2	B
Coulommiers	453	2	B
Crottin de Chavignol	151	3	B
Crottin de chèvre	139	29	B
Crottin de chèvre, au lait cru	141	4	A
Edam	793	9	B
Emmental	971	45	A
Feta de brebis	318	9	B
Fourme d'Ambert	443	2	B
Fromage à pâte ferme 28% MG (moyenne)	758	3	B
Fromage à pâte ferme 14% MG (moyenne)	716	4	C
Fromage à pâte dure enrobé de cire (type Babybel®)	608	2	B
Fromage à pâte molle double crème (type Caprice des Dieux®)	211	303	A
Fromage à pâte molle triple crème	415	2	C
Fromage bleu au lait de vache	543	3	B
Fromage bleu d'Auvergne	563	3	B
Fromage de chèvre à tartiner, nature	81	16	A
Fromage de chèvre frais, au lait cru (type palet ou crottin frais)	92	24	A
Fromage de chèvre frais, au lait cru ou pasteurisé (type crottin frais ou bûchette fraîche)	107	24	A
Fromage de chèvre frais, au lait	97	24	A

pasteurisé (type buchette fraîche)			
Fromage de chèvre lactique affiné, au lait cru (type crottin de Chavignol, Picodon, Poligny Saint Pierre, Rocamadour, Sainte-Maure)	141	62	B
Fromage de chèvre frais, au lait cru (type palet ou crottin frais)	107	24	A
Fromage de chèvre lactique affiné, au lait pasteurisé ou cru (type bûchette, crottin, Picodon, Sainte-Maure)	134	357	B
Fromage de chèvre type « camembert » au lait pasteurisé ou cru	391	53	A
Fromage des Pyrénées au lait de brebis	788	2	B
Fromage des Pyrénées au lait de vache	623	1	B
Fromage fondu en portions ou en cube 15% MG	492	6	B
Fromage fondu en portions ou en cube 22% MG (type Vache-qui-rit®, Apéricubes®)	576	13	B
Gorgonzola	612	1	C
Gouda	736	5	B
Gruyère	1020	7	B
Livarot	654	2	B
Maroilles	335	58	A
Mimolette	860	2	B
Morbier	760	1	C
Mozzarella	495	2	B
Munster	350	4	B
Parmesan	1200	1	B
Pont-l'Evêque	478	2	B
Port-Salut®	650	4	C
Raclette (fromage)	661	11	A
Reblochon	493	6	B
Ricotta	215	6	C
Rocamadour	99	130	A
Roquefort	601	22	A
Rouy	703	2	B
Saint-Marcellin	107	2	B
Saint-Nectaire	519	4	B
Saint-Paulin	705	3	B
Spécialité fromagère non affinée 13% MG (type St Morêt® et autres)	89	1	B
Spécialité fromagère non affinée 42%	100	1	B

MG (P'tit Louis®)			
Spécialité fromagère non affinée allégée	550	4	B
Spécialité fromagère non affinée double crème 31% MG	50	1	B
Tomme	869	1	B
Tomme de montagne ou tomme de Savoie	626	106	A
Vacherin, Mont-d'Or	700	1	C
Fromage blanc battu 0% MG aux fruits, allégé en sucre, édulcoré	100	4	B
Fromage blanc battu 0% MG nature	118	16	A
Fromage blanc battu au lait demi-écrémé nature	111	9	B
Fromage blanc battu au lait entier	113	8	B
Fromage blanc battu au lait partiellement écrémé	105	1	C

Quelques notions sur le fromage

La fabrication du fromage affiné se fait en six étapes contre seulement trois pour les fromages frais :

- 1) L'ensemencement du lait avec une flore spécifique ;
- 2) Le caillage du lait. Le but est d'initier la coagulation de la caséine ? ce qui entraîne la formation du caillé. Cette coagulation peut être obtenue :
 - par l'activité des bactéries lactiques, c'est le « caillage lactique » ;
 - par l'action de la présure et on parle de « caillage par emprésurage » ;
 - par l'action combinée de la présure et des ferments lactiques ;
- 3) L'égouttage (plus ou moins rapide). Il permet de « sécher » le fromage par élimination du lactosérum qui est plus ou moins riche en minéraux ;
- 4) Le moulage ;
- 5) Le salage ;
- 6) L'affinage. C'est au cours de cette étape qu'à lieu la fermentation lactique (transformation du lactose en acide lactique). Ainsi, les fromages ne contiennent pas ou très peu de lactose : plus un fromage est affiné et moins sa teneur finale en lactose est importante.

Les fromages affinés sont donc des concentrés de lait, et par conséquent de calcium. Ils se répartissent en plusieurs familles selon la texture finale de leur pâte. La densité calcique de chacune lui est propre (tableau 17). Ainsi, ils sont classés en fromages à pâtes persillées, molles, fermes (ou semi dures), ou à pâtes dures.

Les plus riches en calcium sont ceux à pâte dure, avec en tête le parmesan qui renferme non moins de 1200 mg de calcium pour 100 g, suivi du gruyère avec ses 1020 mg /100 g et de l'emmental avec ses 971 mg/100 g.

Le caillage et l'égouttage sont deux étapes cruciales car elles influencent directement la richesse minérale du produit fini.

Lors d'un caillage à dominance lactique, avec un égouttage lent, la fermentation lactique solubilise en partie le calcium qui se retrouve alors dans le lactosérum, et qui est donc éliminé. En revanche, lors d'un caillage à prédominance présure, suivi d'un égouttage accéléré, les pertes en calcium sont moindres, et le fromage fini en renferme davantage.

En pratique, le caillage lactique est de moins en moins utilisé, ce sont donc les conditions d'égouttage qui influencent principalement la densité calcique finale.

Enfin, la répartition des minéraux au sein même du produit fini est variable. La croûte et la partie superficielle de la pâte sont en général plus riches en calcium que la zone centrale (parfois jusqu'à trois fois plus). (68)

Tableau 18 : Composition minérale moyenne des fromages (en mg pour 100 g de produit) selon leur classes (68)

Type de fromage	Ca	P	Mg	K	Na	Zn
Pâte dure	1100	740	45	135	500	10
Pâte ferme pressée	800	450	35	130	780	7
Pâte persillée	600	400	26	135	1500	6.5
Pâte molle à croûte lavée	600	420	28	120	770	7
Pâte molle à croûte moisie	300	280	16	150	865	4
Fromages de chèvre	200	300	25	230	900	1.5
Pâte fondue	< 150	645	18	100	1100	8

Le tableau 18 porte notre attention sur la teneur en sodium des fromages, facteur nutritionnel important à prendre en considération, notamment pour les conséquences cardiovasculaires qu'induit l'excès de sel dans l'alimentation.

Les fromages à pâte persillée sont certes riches en calcium, mais aussi en sel. Ils font l'objet d'exclusion systématique dans les régimes limités en sodium. Une personne contrainte à une telle restriction pourra se tourner vers ceux à pâte dure, pressée, ou molle, qui peuvent être consommés en quantité contrôlée.

Concernant les fromages frais, ils font partie de la sous famille des « ultra-frais » avec les laits fermentés et les yaourts, mais ils sont classés avec les fromages du fait de leurs procédés de fabrication comparables.

Leur teneur en calcium est de l'ordre de 110 mg/100g. Ainsi, la contribution d'une portion courante de 100 g de fromage frais est sensiblement comparable à celle des laits fermentés et des yaourts.

3.4.5. Contribution des produits laitiers à l'apport calcique des Français

Le lait est bien ancré dans les habitudes alimentaires des Français : 61% en consomment au moins une fois par semaine. Il est plus consommé par les enfants que par les adultes : plus d'un enfant sur trois (36%) contre un adulte sur quatre (25%) en boivent quotidiennement. Les français ne sont pourtant pas de grands consommateurs de lait en comparaison de nos voisins européens. (78)

En 2013, la consommation française annuelle de lait liquide était estimée à 54 litres environ par habitant, avec en moyenne 164 mL consommés par jour et par habitant, selon les statistiques de consommation intérieure du Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL). (79)

Les adultes n'en consommeraient pas plus de 100 mL par jour selon diverses estimations et enquêtes alimentaires (Insee, Su.Vi.Max.) (66) et cette consommation est en constante baisse depuis 1999 (toujours selon le CNIEL). (79)

Aussi, la contribution du lait à la nutrition minérale des Français doit être évaluée globalement, en prenant en compte tous les produits laitiers : lait, laits fermentés, yaourts, fromages, crèmes, etc. On constate également une baisse de la consommation des fromages depuis 2001. (80) Ceux perçus comme les plus gras - notamment les fromages à pâte pressée non cuite - sont de moins en moins consommés, probablement dans un souci de restriction calorique mais aussi de prix.

En revanche, la consommation des ultras frais (yaourts, fromages frais et desserts lactés) reste relativement stable. (67)

Le bilan des enquêtes récentes fait donc état d'une baisse de la consommation des produits laitiers, pourtant indispensables à la couverture des besoins en calcium. En France, plus de la moitié des adolescentes, et près des trois quarts des femmes de plus de 55 ans et des personnes âgées n'atteindraient pas les ANC. Devant un tel constat, il est indispensable de rappeler la place primordiale des produits laitiers dans la couverture des apports en calcium.

3.4.6. Conclusion partielle : les produits laitiers, meilleure source alimentaire de calcium ?

Comme le montre la figure 22, le lait et les produits laitiers assurent plus des deux tiers (70%) de nos apports calciques moyens en France. La part revenant au lait liquide et aux yaourts est prépondérante chez les enfants et adolescents, mais elle devient minoritaire chez les adultes au profit des fromages.

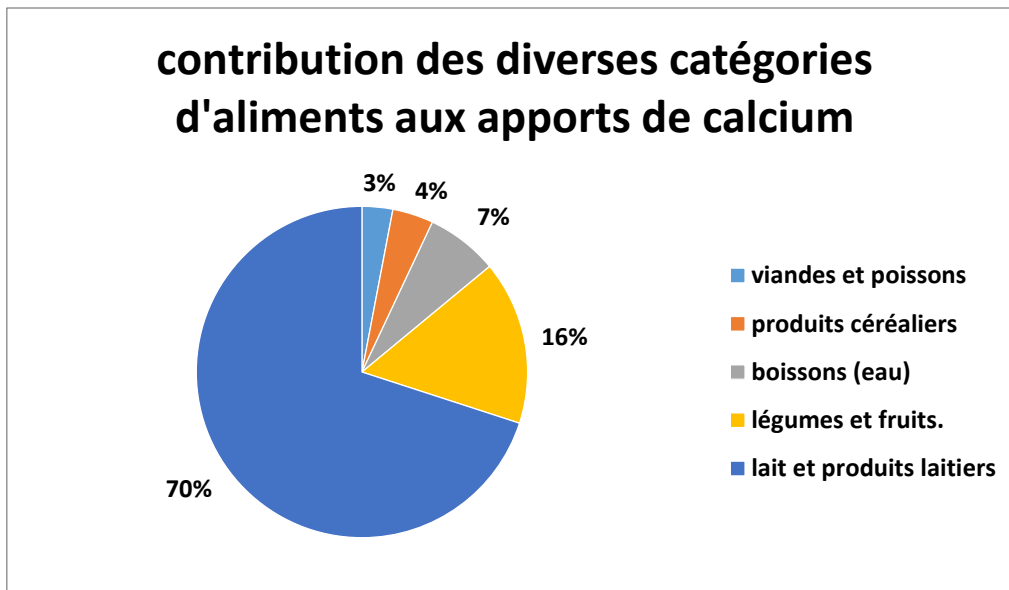


Figure 22 : Contribution des diverses catégories d'aliments aux apports de calcium (66)

L'intérêt du lait et des produits laitiers pour la nutrition calcique est évident puisque sans modification du régime alimentaire ou sans recours aux compléments alimentaires, le régime d'éviction des produits laitiers ne permettrait qu'un apport limité d'environ 350 mg de calcium par jour, c'est-à-dire, un tiers des ANC, ce qui est très insuffisant.

L'avantage du lait pour l'apport calcique n'est pas seulement quantitatif mais aussi qualitatif. Par rapport à d'autres sources de calcium, alimentaires ou médicamenteuses, il présente une richesse nutritionnelle particulière grâce aux protéines et aux matières grasses variées qu'il contient. Le lait et les produits laitiers sont aussi vecteurs de vitamines et oligoéléments, précurseurs de molécules fonctionnelles indispensables.

Contrairement à d'autres sources de calcium tels que les sels calciques ou certaines eaux minérales, le lait provoque un « effet-repas », favorable à la minéralisation osseuse. En effet, l'absorption étant étalée du fait d'une vidange gastrique lente, la biodisponibilité du calcium du lait est protégée et prolongée.

Enfin, la présence de lactose et de matière grasse ne doit pas être un obstacle à la consommation de produits laitiers, sauf contre-indication médicale. Les sujets intolérants au lactose supportent généralement bien des quantités modérées de lait (de l'ordre du quart de litre par jour), ainsi que les laits fermentés et les fromages. Quant aux risques éventuels liés à un excès de lipides saturés, ils peuvent être contournés par le recours à des produits laitiers pauvres en matières grasses (mais toutefois riches en minéraux).

Tout ceci permet de conclure sur l'intérêt indéniable des produits laitiers, qui constituent selon nous le support de choix pour la couverture des besoins calciques, d'autant plus lorsque ces derniers sont élevés.

3.5. Assurer les ANC sans produit laitier ?

Nous avons vu que dans l'alimentation courante, la part de calcium d'origine non laitière est d'environ 30% chez l'adulte, et donc forcément moins chez des personnes aux besoins augmentés (enfants, femmes allaitantes, femmes ménopausées...).

Nous nous sommes donc interrogés sur la nécessité ou non de supplémenter les individus qui ne consomment pas de produit laitier. Peut-on trouver du calcium en quantité suffisante dans d'autres aliments qui ne sont pas (ou plus) dans nos habitudes culinaires ? Pour trouver des éléments de réponses, nous nous sommes penchés notamment sur l'alimentation des populations qui n'ont pas accès au lait ou qui n'en consomment pas.

3.5.1. Alternatives aux produits laitiers : les autres sources de calcium

Dans les mœurs alimentaires de certains pays, on retrouve :

- La consommation d'algues ;
- L'utilisation des fermentations pour la préparation ou la conservation des aliments ;
- La consommation de petits poissons avec leurs arêtes ;
- L'utilisation de graines germées.

Nous reprenons dans les paragraphes ci-dessous chacun de ces produits, afin de discuter de leur intérêt quant à l'apport minéral. Nous aborderons ensuite l'utilité des eaux minérales riches en calcium.

3.5.1.1. Les algues alimentaires

L'idée de l'utilisation des algues dans l'alimentation peut surprendre, mais cela fait longtemps qu'elles sont exploitées et consommées en France. En effet, les industriels les utilisent sous la forme d'additifs, surtout pour leurs propriétés gélifiantes. Bon nombre de flans, plats cuisinés et même produits cosmétiques en contiennent. Dans l'industrie agroalimentaire on les trouve soit sous forme pure, soit sous forme d'acide alginique (E 400) :

- E 401 alginates de sodium ;
- E 402 alginates de potassium ;
- E 403 alginates d'ammonium ;
- E 404 alginates de calcium ;
- E 405 alginates de propylène glycol.

Actuellement, elles sont de plus en plus utilisées comme source de calcium dans les jus végétaux, présentés comme des « laits » bien que cette appellation n'ait pas lieu d'être (cf. II 3.4.1.1.). L'algue lithotamme en est l'exemple type. Elle est souvent ajoutée aux jus d'amande ou de riz pour en garantir la teneur en calcium.

A noter une caractéristique peu connue des consommateurs de ces jus végétaux : le lithothamne n'est pas complètement soluble dans ces préparations et il a tendance à faire un dépôt au fond de la brique. Si l'utilisateur ne prend pas la précaution de bien la secouer avant de se servir, l'algue ayant pour but premier d'apporter le calcium ne sera pas consommée.













Le lithothamne ou *Lithothamnium calcareum* est une petite algue rouge au thalle très fortement minéralisé. Le séchage à l'état vivant lui fait perdre sa couleur et lui donne un aspect calcaire, à l'origine de son nom. (81), (82) Elle se trouve en profondeur sur les côtes bretonnes et méditerranéennes, mais également en Islande, en Norvège, et en Angleterre. (81)

Elle constitue le principal composant du *maërl*, milieu marin biogénique constitué d'accumulation d'algues riches en calcaire, de débris de coquilles et de sable. C'est sous cette forme qu'elle est le plus souvent récoltée.

Le lithothamne et les autres algues marines captent directement par osmose les éléments minéraux de la mer et les concentrent. (83) Elles sont en moyenne dix à quinze fois plus riches en oligoéléments et minéraux que les plantes terrestres. De plus, le lithothamne contient du calcium hautement biodisponible. En effet, il y est présent sous la forme de carbonate de calcium et la composition de l'algue est fortement alcaline (avec un pH égal à 9) ce qui rend le cation particulièrement assimilable par l'organisme. L'intérêt du lithothamne a d'ailleurs été démontré sur le rééquilibrage acido-basique, la lutte contre l'excès d'acidité gastrique, et surtout sur la minéralisation osseuse. (83), (84)

Notons que le lithothamne est relativement peu utilisé en Asie, où l'on emploie une grande variété d'autres algues que nous représentons ci-après. Ce sont toutes des concentrés de minéraux. Le tableau 19 donne la composition en calcium, autres minéraux et en iode de quelques-unes de ces algues alimentaires. Elles y sont classées par genre ou espèce dont on précise le nom d'usage. Ces valeurs doivent être considérées comme des valeurs moyennes, car il faut garder à l'esprit que la composition des algues (comme celle de tout végétal) est modulée par de multiples facteurs tels que l'origine géographique, la saison ou la méthode de récolte. (83), (85), (62)

Tableau 19 : teneur nutritionnelle moyenne de quelques algues alimentaires (mg/100 g de matière sèche (MS)) (85), (62), (83)

Nom	Na	K	Mg	Ca	P	Fe	I	
<i>Ascophyllum nodosum</i> Géomon noir	2859	2269	836	1652	162	21,8	68,2	
<i>Himanthalia elongata</i> Haricot de mer	3687	5970	1616	712	104	2,5	14,4	
<i>Laminaria digitata</i> Laminaire digitée	3148	4592	800	847	857	9,3	485,5	
<i>Laminaria japonica</i> Kombu	2564	10582	1052	803	761	13,3	235,9	
<i>Laminaria saccharina</i> Laminaire sucrée	3633	6249	834	801	208	23,1	340,7	
<i>Undaria pinnatifida</i> Wakamé	5169	7142	1106	1002	319	17,2	19,1	
<i>Lithothamnium calcareum</i> Lithothamne	317	92	2653	30445	113	144,3	6,4	
<i>Palmaria palmata</i> Dulse ou petit goémon	1659	6812	241	547	280	34,8	32,5	
<i>Porphyra sp.</i> Nori, Porphyre	1983	1733	486	318	518	37,2	5,1	
<i>Enteromorpha sp.</i> Aonori	4759	1847	2439	1613	1043	234,1	9,4	
<i>Ulva sp.</i> Laitue de mer	1974	1952	2776	1198	181	78,9	9,2	
<i>Arthrospira sp.</i> Spiruline	618	1360	560	487	1041	79,7	0	

Le lithothamne est l'algue la plus riche en calcium avec une teneur moyenne impressionnante de 30445 mg pour 100 g de matière sèche. Parmi les autres algues alimentaires les plus couramment utilisées et riches en calcium, figurent :

Le haricot de mer (712 mg/100 g) :

Il est très consommé en Bretagne et relativement peu en Asie où il est moins connu. De couleur vert olive, il prend l'aspect d'une sorte de ruban. Il est connu sous le nom de « spaghetti de mer ». Sa consistance assez tendre permet sa consommation, généralement cru en salade, ou cuit en poêlée. Au-delà de sa teneur en calcium, il est très riche en oligoéléments et vitamines. (86), (62), (83)

La laitue de mer (1198 mg/100 g)

Il s'agit de l'algue la plus consommée en Europe. Sa texture est beaucoup plus élastique que celle du haricot de mer. Elle se consomme soit crue, hachée finement, soit cuite en accompagnement ou en soupe. Sa densité calcique est très importante, comme sa teneur en fer qui s'élève à 78,9 mg/100g contre 1,59 mg/100g pour les lentilles cuites par exemple. Elle est également riche en protéines (10 à 25% de sa masse sèche) ce qui en fait également un produit de consommation intéressant. (84), (62), (58)

Le nori (318 mg/100 g)

Il s'agit d'une algue de couleur noire une fois séchée. Elle est extrêmement fine et plus parfumée gustativement que les précédentes. Concentrée en calcium comme les autres, elle se distingue par sa richesse en vitamine A, en oméga 3 et 6 ainsi qu'en acides aminés essentiels. (83), (84), (62)

Elle représente le plus gros volume de production des algues au Japon. (83) Elle peut être consommée grillée (yakinori) dans les rāmen (nouilles de blé à la chinoise) ou accompagner de nombreux plats comme les sobas coréennes (nouilles de sarrasin). Par ailleurs elle permet la confection des makizushis. En France, le nori est consommé cru, haché finement, cuit avec du poisson, ou rajouté en fin de cuisson dans les pâtes et les légumes.

Le kombu (847 mg/100 g)

C'est une grande algue dure. Sa texture est épaisse et charnue et son goût iodé. Elle est aussi très consommée au Japon et en Corée, et elle se prête bien à la cuisson avec des céréales ou des légumineuses germées. Le kombu se démarque des autres algues riches en calcium par sa teneur en iode. (83), (84), (62)

Le wakamé (1002 mg/100 g)

Le wakamé est une algue brune. La nervure centrale large et épaisse demande d'être cuite ou ébouillantée rapidement, après quelques minutes de trempage, suite à quoi elle peut compléter un plat de légumes ou de poissons. Les feuilles quant à elles sont longues et tendres, et elles peuvent être consommées crues en salade. (85), (83), (62), (84)

La dulse (547 mg/100 g) :

De couleur rosée, la dulse a une saveur douce qui la rend facilement consommable. Bien que sa teneur en calcium soit inférieure à celle du wakamé, du kombu, ou de la laitue de mer, une portion de 100 g de Dulse apporte plus de calcium que 3 yaourts, ce qui est remarquable. Elle est couramment utilisée en Europe du Nord.

Ainsi, les algues peuvent constituer une alternative aux produits laitiers de par leur densité calcique très attrayante. Cependant, quelques réserves peuvent être émises quant à leur utilisation.

Nous l'avons vu, leur richesse minérale s'étend bien au-delà du calcium puisque elles sont toutes extrêmement concentrées en macro et microéléments (Na, K, Mg, P, I, Fe...). De ce fait, il faut rester relativement vigilant car un excès d'apport de ces minéraux n'est pas toujours souhaitable, même s'ils accompagnent une quantité importante de calcium. Il faut surtout être attentif vis-à-vis de l'apport iodé et sodique. Le rinçage des algues avant utilisation permet d'enlever le sel de surface. Toutefois le taux de sodium reste souvent important, et il est nécessaire d'en tenir compte dans les préparations culinaires.

En ce qui concerne l'iode, une consommation importante pourrait entraîner des troubles thyroïdiens bien que les excès d'iode soient rares dans la population. Toutefois, il est essentiel de surveiller une surcharge iodée par consommation importante d'algues, surtout de kombu ou de laminaire sucrée. Leur consommation est contre-indiquée chez des patients traités par hormones thyroïdiennes.

Un dernier point reste à souligner : l'impact écologique de la consommation d'algues. En effet, l'algue lithothamne qui présente certainement le plus grand intérêt quant à l'apport de calcium, est en fait le squelette d'une algue morte. Sa physiologie est assez lente. Aussi, s'il existe actuellement un gisement encore important de ces squelettes (ce qu'on récolte sous forme de *maërl*), son abondance risque de se tarir. De plus le lithothamne améliore la structure du sol marin auquel il fournit de nombreux minéraux et oligoéléments. C'est la raison de son succès en agrobiologie. Malheureusement la surexploitation menace cet écosystème.

Cette algue est maintenant facile d'accès dans de nombreux magasins « bio » ce qui facilite sa diffusion mais surtout son exploitation. Il nous paraît donc important de ne pas baser tout l'apport calcique complémentaire sur cette seule denrée.

3.5.1.2. Les denrées fermentées

De même que pour les algues, la consommation de produits fermentés provoque parfois une certaine répulsion de la part du consommateur. Cependant, nombre d'aliments courants sont issus des fermentations : choucroute, pain au levain, brioche, olive, ou encore saucisson traditionnel.

Quelle est l'intérêt de cette transformation par rapport à la biodisponibilité du calcium ?

La fermentation présente l'avantage de ne pas être seulement une méthode de conservation d'un aliment. C'est aussi un procédé d'enrichissement en micronutriments et en bactéries (probiotiques). L'intérêt majeur mis en avant pour le calcium est qu'il permet la destruction de l'acide phytique des végétaux fermentés. Nous l'avons vu, cet acide est un facteur limitant de la biodisponibilité du calcium. Lors de fermentations suffisamment longues à pH suffisamment acide, les phytases sont activées, ce qui permet la destruction de l'acide phytique. En pratique, ces conditions sont respectées pour la majorité des

fermentations ce qui confère au procédé un réel intérêt nutritionnel. La figure 23 présente l'exemple du levain. (62), (45)

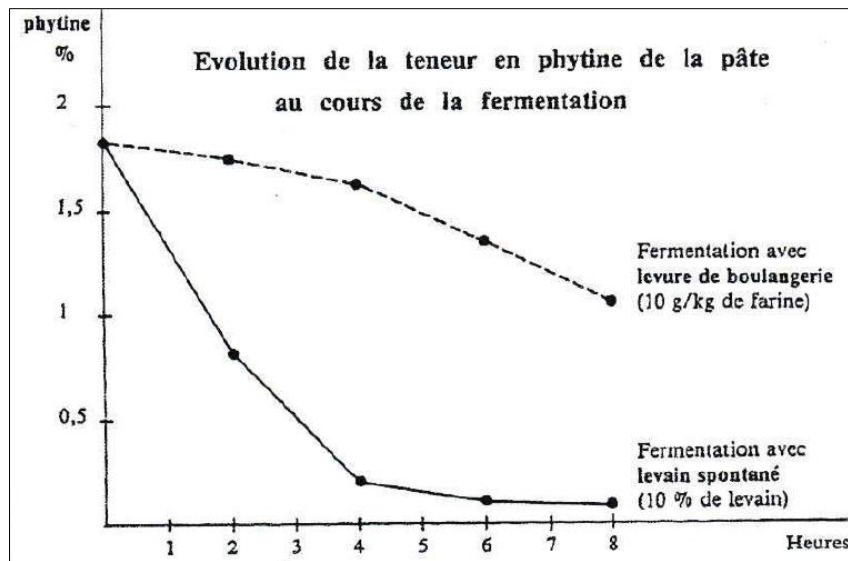


Figure 23 : Diminution de la teneur en phytine de la pâte à pain au levain au cours de la fermentation (62)

Le procédé de fermentation est universellement utilisé. Il est facile de s'en rendre compte au travers de quelques habitudes culinaires étrangères. Le but premier n'est pas l'enrichissement en calcium ; mais il n'empêche que de nombreuses préparations permettent l'absorption du minéral là ou sans fermentation, elle ne serait pas possible :

- Les *idlis* (gâteaux salés) ou *dosai* (équivalent sous forme de crêpes) en Inde sont préparés à base de lentilles fermentées et de riz ;
- Le *pozole* au Mexique est un ragout à base de maïs fermentés ;
- Le *falafel* au Moyen-Orient est à base de pois chiches fermentés ;
- et le *kimchi* est un plat traditionnel coréen à base de légumes lacto-fermentés, c'est-à-dire trempés dans de la saumure pendant plusieurs semaines jusqu'au développement d'une acidité.

Ainsi, le calcium issu des lentilles, du maïs, des pois-chiches et des légumes de ces préparations présente une bien meilleure absorbabilité. Ceci est d'autant plus avantageux que dans nombre de ces pays, la population ne consomme pas ou peu de produits laitiers.

Par ailleurs, la solubilité du calcium est augmentée par l'acidification du pH qu'engendre la fermentation. Ceci est donc indirectement en faveur de l'absorption intestinale.

3.5.1.3. Les poissons avec leurs arêtes

Les arêtes des petits poissons de différentes espèces renferment une quantité importante de calcium. Ce dernier s'y trouve sous forme d'hydroxyapatite (86), donc associé à du phosphore. Le ratio Ca/P de ces arêtes est en moyenne de 1,67 ; ce qui favorise l'absorption du cation après ingestion. Cette richesse minérale est largement documentée (87), (62), (58),

(88), (86), (89), si bien qu'aujourd'hui, les arêtes de certains poissons sont récupérées, puis transformées en poudre afin d'obtenir du phosphate de calcium naturel, bon marché (86), et possiblement utilisable pour l'enrichissement de certaines denrées alimentaires. (89)

Par ailleurs, ces poissons sont bien souvent source de vitamine D. On comprend donc que la matrice nutritionnelle qui découle de la consommation simultanée de la chair du poisson et de ses arêtes est particulièrement profitable à l'absorption du calcium, et donc, à sa biodisponibilité potentielle. Cette biodisponibilité a été étudiée (87), (86), (89), (88), et comparée à celle du lait (87). Cependant, aucune conclusion ne nous paraît envisageable car les essais ont été menés chez l'animal uniquement. De plus, la matrice alimentaire du lait et du poisson sont trop différentes pour pouvoir être comparées.

Il n'en reste pas moins que les conclusions de la littérature scientifique s'accordent sur le fait que ces poissons apportent un réel bénéfice pour la couverture des besoins en calcium. Ceci est d'autant plus confirmé pour les groupes de populations qui ont difficilement accès aux produits laitiers, ou qui n'en consomment pas (par choix ou pour des raisons culturelles). La sardine ou le maquereau sont facilement accessibles et relativement peu onéreux, ce qui nous permet de soutenir leur consommation.

En s'intéressant encore une fois aux mœurs asiatiques, on remarque que les petits poissons sont couramment utilisés, soit tels quels, soit dans les curry ou les sauces fermentées comme le *nuoc-mâm*.

En France, il est possible de bénéficier de cet apport de calcium de qualité en consommant des sardines, anchois, maquereaux ou encore du pilchard, toujours avec leurs arêtes. Ceci est simple en utilisant ces poissons en boîtes/conserves : ils sont transformables en pâte à tartiner en les écrasant entiers. Les sardines à l'huile d'olive (en conserve et égouttées) ont une teneur en calcium de 798 mg/100 g. (58) Ainsi, une portion de seulement 37,5 g suffit à apporter 300 mg de calcium, soit 1/3 des ANC chez un adulte sans besoin supplémentaire particulier.

3.5.1.4. Les graines germées

Très utilisées actuellement dans les préparations culinaires diététiques, les graines germées sont elles aussi intéressantes en termes de densité calcique. Haricot mongo, dit soja vert (qui donne les germes de soja), blé germé (qui sert à la confection de boulghour après avoir été séché et concassé), quinoa... : toutes sont issues du procédé de germination.

Cette technique est depuis longtemps connue et utilisée pour moduler la composition nutritionnelle des graines. En effet, la germination multiplie de 3 à 12 fois la quantité de vitamines suivant le type de graine. (90) Ainsi, toutes les graines citées ci-dessus bénéficient d'améliorations nutritionnelles, très proches de celles obtenues par fermentation.

En plus de l'enrichissement en minéraux et vitamines, la mise en germination est un procédé qui permet l'activation enzymatique endogène des graines. Ceci impacte donc directement l'activité phytasique. (62), (90) Aussi, la dégradation partielle de ces acides par les phytases permet une meilleure libération du calcium et donc, une plus grande absorbabilité. Pour illustrer ces propos nous donnons quelques chiffres :

Tableau 20 : teneur en calcium (mg/100 g) de plusieurs farines avant et après mise en germination des graines ou légumineuses (90)

Farine	Teneur en Ca ²⁺ sans germination	Teneur en Ca ²⁺ après germination
Haricot rouge	13,8	16,1
Pois d'Angole	12,5	15,5
Cornille (haricot d'Afrique de l'Ouest)	11,8	13,8

L'augmentation de la teneur en calcium après germination peut paraître faible, mais associée à l'augmentation de la biodisponibilité de celui-ci, la consommation de ces denrées est utile en termes d'apports calciques.

En outre, cette technique rend meilleure la digestibilité des légumineuses et elle diminue l'apport énergétique de la graine sèche initiale. La digestibilité est un réel gain, car la consommation des légumineuses est souvent délaissée pour cette raison. Concernant l'apport énergétique, ceci pourrait être un inconvénient dans un contexte de dénutrition, mais dans notre société il est avantageux de bénéficier d'une richesse minérale importante pour un apport calorique modéré.

A titre indicatif, de plus en plus de boulghours sont vendus sous forme de blé concassé, mais qui n'a pas bénéficié de germination au préalable. Ces derniers ne présentent donc aucun avantage pour la teneur en calcium.

3.5.1.5. Les eaux minérales naturelles (EMN)

L'eau du robinet peut être une bonne source de calcium dans les régions où elle est dite « dure ». En effet, sa teneur calcique varie de 1 mg par litre pour l'eau très douce, à 160 mg par litre pour l'eau très minéralisée. L'échelle des teneurs est encore plus grande pour les eaux minérales naturelles (EMN) qui peuvent renfermer de 10 à plus de 500 mg de calcium par litre. (44) Les minéraux de l'eau sont bien absorbés (91), (92), (93), (44), (81), ce qui fait de l'EMN une bonne source de calcium, certainement la plus intéressante après le lait et les produits laitiers. (92)

L'EMN est régie par une réglementation stricte en termes de composition, de critères microbiologiques, physico-chimiques, et d'étiquetage. Elle est dite « calcique » si, et seulement si, sa teneur en calcium est supérieure à 150 mg/L. Les tableaux 21 et 22 donnent la composition chimique des EMN courantes, plates et gazeuses.

Tableau 21 : composition chimique des eaux minérales naturelles plates (92)

	pH	Résidu sec à 180 °C	Ca ^{2+a}	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Nature
Abatilles	8,2	350	20	10	97	130	9	Eau faiblement minéralisée
Courmayeur	7,4	2287	579	59	0,7	180	1447	Eau sulfatée calcique et magnésienne
Contrex	7,4	2078	468	74,5	9,4	372	1121	Eau sulfatée calcique et magnésienne
Evian	7,2	309	80	26	6,8	360	6,8	Eau faiblement minéralisée
Hépar	7,2	2513	549	119	14,2	383,7	1530	Eau sulfatée calcique et magnésienne
Plancoët	Entre 6 et 6,8	254	23	14	31	122	38	Eau faiblement minéralisée
Thonon	7,4	342	92	19	5,7	340	20	Eau fluorée
Valvert	7,7	201	67,6	2	1,9	204	18	Eau faiblement minéralisée
Vittel	7,6	844	203,8	43,1	5	399	328,9	Eau sulfatée calcique
Volvic	7	130	11,5	8	11,6	71	ND	Eau faiblement minéralisée

ND : non disponible.
^a Teneurs exprimées en mg/litre sauf pH exprimé en unité.

Tableau 22: composition chimique des eaux minérales naturelles gazeuses (92)

	pH	Résidu sec à 180 °C	Ca ^{2+a}	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Nature
Arvie	6,3	2520	170	92	650	2195	31	Eau bicarbonatée chlorurée sodique et calcique
Badoit/Badoit Rouge	6	1200	190	85	165	1300	38	Eau bicarbonatée calcique magnésienne et fluorée
La Salvetat	6	850	253	11	7	280	25	Eau bicarbonatée et calcique
Perrier/Eau de Perrier	5,5	479	155	6,8	11,8	445	46,1	Eau faiblement minéralisée
Quézac	Entre 5,5 et 5,9	1244	195	75	135	1220	100	Eau bicarbonatée sodique calcique magnésienne et fluorée
Rozana	6,3	3022	301	160	493	1837	230	Eau bicarbonatée chlorurée sodique magnésienne calcique et sulfatée
San Pellegrino	7,6	948	179	52	33,6	239	445	Eau sulfatée calcique et magnésienne
St Yorre	6,6	4774	90	11	1708	4368	174	Eau bicarbonatée chlorurée et sodique
Vernière	6	1226	168	66	105	946	142	Eau bicarbonatée calcique et magnésienne
Vichy Célestins	6,8	3325	103	10	1172	2989	138	Eau bicarbonatée chlorurée et sodique

^a Teneurs exprimées en mg/litre sauf pH exprimé en unité.

Ainsi, la Courmayeur®, l'Hépar® et la Contrex® sont trois EMN plates, sulfatés calciques et magnésiennes, qui contiennent respectivement 579, 549 et 468 mg de calcium par litre.

Les EMN gazeuses sont moins riches en calcium comparativement aux eaux plates. Cependant, la Rozana® et la Salvetat® en contiennent 301 et 253 mg/L ce qui reste notable.

Pour toutes les EMN calciques étudiées, le calcium a une absorbabilité égale, sinon légèrement supérieure à celle du calcium du lait. En effet, après l'ingestion de ces eaux, on observe une diminution des marqueurs de la résorption osseuse et du taux de PTH sérique, ce qui est en faveur de l'absorption de calcium. (94), (91), (92)

Ceci nous permet d'affirmer l'intérêt de ces eaux, qui manifestement peuvent apporter une quantité non négligeable de calcium, utile à la couverture des besoins journaliers. (93) Elles se présentent comme l'alternative au calcium laitier certainement la plus facile et la plus rentable. En somme, elles sont particulièrement utiles pour compléter les apports des personnes aux besoins augmentés (adolescents, femmes enceintes ou allaitantes, femmes ménopausées...).

Toutefois, à absorption équivalente, les anions contenus dans ces eaux pourraient influencer la calciurie et l'absorption intestinale du calcium mis en jeu. En effet, avec une eau fortement sulfatée, la calciurie est plus élevée qu'avec le lait. Ceci est dû à l'action acidifiante des sulfates (cf. II) 2.4.3.). (91)

Les eaux les plus riches en calcium sont aussi le plus souvent les plus riches en sulfates, comme le montre la composition des eaux Courmayeur®, Hépar® ou Contrex®. On peut donc penser que l'un provoque l'excrétion urinaire de l'autre.

Certaines études ont pourtant minimisé l'effet calciuriant des sulfates (92), (93), (94). Par le biais de plusieurs méthodes (utilisation d'isotopes comme traceur notamment) elles ont montré que la perte urinaire n'était pas systématiquement accrue avec ces eaux calciques sulfatées, et que si elle l'était, les marqueurs de résorption osseuse n'étaient pas forcément augmentés. Par ailleurs, elles confirment que les eaux bicarbonatées ont un effet bénéfique sur l'absorption du calcium, toujours pour des raisons de pH. Les résultats de ces études sont présentés dans le tableau 23.

De plus, après analyse de deux autres études (93), (94), les anions sulfates ne semblent pas affecter l'absorption du calcium de ces eaux. Le sel de sulfate de calcium a été étudié en parallèle (93) et, qu'il soit présent dans les EMN ou dans d'autres matrices alimentaires, il présenterait lui-même une bonne absorbabilité.

On précise que le résultat des essais sur l'absorption sont à interpréter différemment selon que l'ingestion a lieu au cours d'un repas, ou à jeun. On sait en effet que le calcium est mieux absorbé lors d'une prise alimentaire simultanée, ce qui influence les données finales.

En définitive, même si l'influence des sulfates peut être controversée, les EMN calciques sulfatés restent suffisamment riches en calcium pour que leur consommation (toujours dans le cadre d'une alimentation équilibrée) puisse compter pour une fraction importante des apports journaliers.

L'intérêt des bicarbonates est lui totalement admis. A apport égal, une eau sulfatée calcique entraîne toujours une calciurie plus importante qu'une eau bicarbonatée calcique. Ces dernières vont dans le sens d'une balance calcique positive. A ce titre, l'eau Salvetat® qui contient 253 mg/L de calcium contre seulement 25 mg/L de sulfate nous paraît être une EMN de choix, bien qu'elle soit gazeuse.

Tableau 23 : études menées sur l'absorption du calcium de l'eau (92)

Études	Eau testée	Concentrations en ions (mg/L)				Nombre de sujets	Absorption moyenne du calcium de l'eau (moyenne ± SD)	Charge calcique (mg)	Éléments comparés
		Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	HCO ₃ ⁻				
Halpern et al., 1991	Vittel G5®	202	306	3,8	402	15 (M)	ND	ND	EMN vs lait
Heaney et al., 1994	Sangemini®	318	42	16,5	1000	18 (F)	47,53 %	100	EMN vs lait
Couzy et al., 1995	Contrex®	466	1160	10	403	9 (F)	23,8 ± 4,8 %	500	EMN vs lait
Van Dokkum et al., 1996	Ferrarelle®	483	5	56	1751	12 (F)	37,0 ± 9,8 %	150	EMN vs fromage
Wynckel et al., 1997	EMN1	10,4	6,7	8	64	8 (M) 4 (F)	34,1 ± 15,4 %	10,4	EMN vs EMN
	EMN 2	78	10	5	357		37,0 ± 8,3 %	97,5	
	EMN 3	467	1192	7	377		36,1 ± 13,0 %	128,425	
Baccittini et al., 2004	Uliveto®	202	151	113,7	683,2	18 (F) 9 (M)	22,24 %	130	EMN vs lait
Heaney, 2006	Sanfaustino®	420	ND	ND	ND	15 (F)	40,2 ± 2,1 %	200	EMN

SD : standard déviation ; ND : non disponible ; EMN : eaux minérales naturelles.

La composition en sel de ces eaux est un facteur certainement plus important à considérer que la présence de sulfates pour juger de la biodisponibilité du calcium. En France, la moitié des EMN ont une teneur en sodium très faible (<20 mg/L) ce qui les rend consommables, mêmes par des sujets suivant un régime pauvre en sodium, qui pourront bénéficier quand même de leur richesse calcique. Seules quatre eaux méritent d'être consommées avec modération (figure 24) en raison de leur teneur élevée en sodium (493 à 1708 mg/L) et de l'effet calciuriant de ce dernier.

Pour conclure sur les EMN, qu'elles soient sulfatées ou non, leur consommation nous semble pertinente pour participer à la couverture des apports calciques recommandés. Elle pourrait permettre de réduire l'écart qu'il existe entre les ANC et les apports réels. (93)

Dans ce sens, elles peuvent donc être conseillées dans la mesure où elles sont peu salées, et d'autant plus si elles sont riches en bicarbonates. C'est pourquoi, encore une fois, l'eau Salvetat® qui répond à tous ces critères, nous semble être un bon exemple.

Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'une telle source de calcium se présente plus comme un complément, en comparaison au lait qui apporte non seulement du calcium en grande proportion, mais aussi de nombreux nutriments importants.

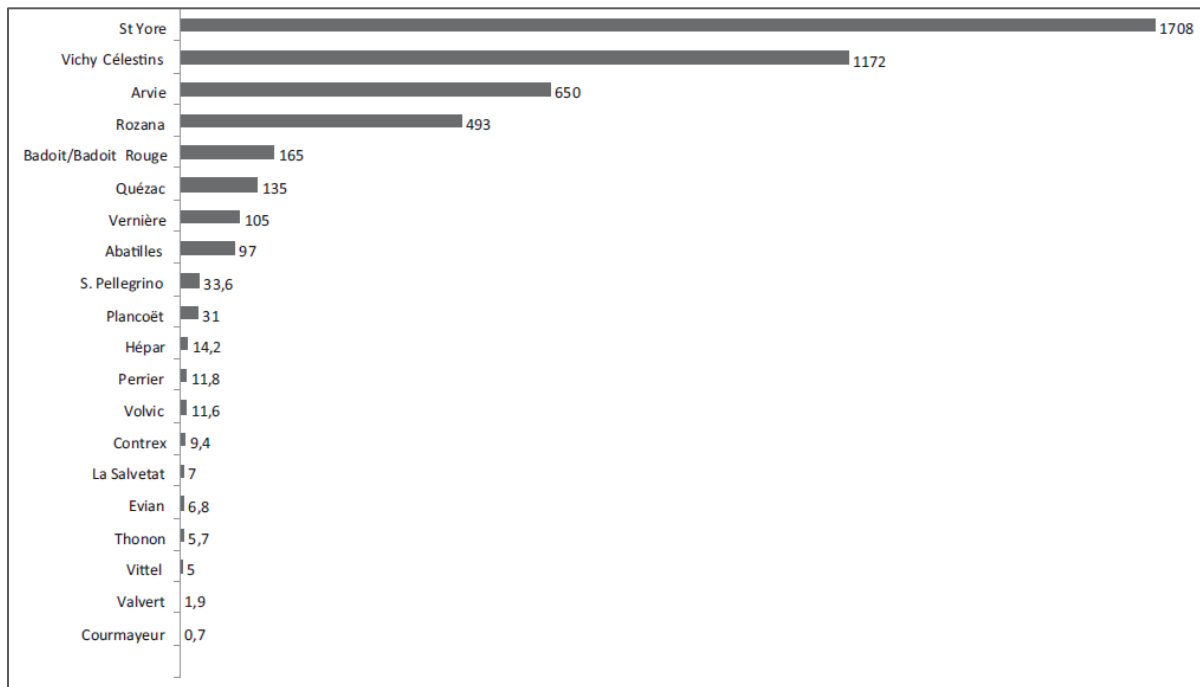


Figure 24 : Teneur en Na⁺ (mg/L) des EMN plates et gazeuses commercialisées en France (92)

3.5.1.6. Les autres aliments riches en calcium

Il faut aussi souligner l'intérêt de quelques denrées riches en calcium et facilement consommables :

- les crustacés et les mollusques (bigorneaux, crevettes, escargots ou encore coquilles St-Jacques) contiennent entre 100 et 150 mg de calcium pour 100 g. (58), (44) Cependant il n'existe pas à notre connaissance de données sur la biodisponibilité du calcium de ces denrées, même s'il n'y a pas de raison apparente de la remettre en cause.
- les fruits secs et oléagineux, en particulier les amandes, noix ou figes sèches sont aussi des sources importantes de calcium, avec un bon rapport phosphocalcique et une richesse minérale globale. (82), (44) En effet, les amandes renferment 248 mg de calcium/100 g et 668 mg de phosphore/100 g. De même, les figes sèches ont une teneur calcique de 167 mg/100 g, les noix de 68 mg/100 g, et les noix du Brésil de 150 mg/100. (58)
- les légumes de la famille des *Brassicaceae* (ou crucifères) présentent du calcium en plus grande quantité que la moyenne des végétaux. Cette famille a la caractéristique de ne contenir ni acide oxalique ni acide phytique ce qui rend le calcium hautement absorbable, à environ 40%. (44), (95), (96), (45) Ainsi la

consommation des divers choux, rutabaga, navet ou encore moutarde noire peut contribuer aux ANC.

Le chou kale ou chou frisé, très en vogue aux Etats-Unis pour ses propriétés anti-oxydantes et sa concentration minérale, semble être le plus riche de cette famille en calcium absorbable. (97), (95), (96), (56) En effet il contient 150 mg de calcium pour 100 g (98) dont 39,7% se retrouverait sous forme soluble au niveau gastrique. (76) Le brocoli cuit, renferme lui 56 mg de calcium/100 g (40) dont le pourcentage sous forme soluble varie entre 27,5 et 32,5%. (94)

A l'heure actuelle, certains chercheurs s'intéressent à la composition chimique des *Brassicaceae* pour mettre en évidence le ou les promoteurs de l'absorption du calcium. (45)

3.5.2. Régime d'éviction des produits laitiers : quelles contraintes en pratique ?

La table de composition minérale (cf. II) 3.1.) ainsi que le tableau 13 répertorient certains aliments particulièrement riches en calcium et qui pourtant n'appartiennent pas à la famille des produits laitiers. Comme nous l'avons vu, grâce à la consommation de ces aliments, ainsi qu'à certains modes de préparation et de conservation, l'apport calcique peut-être optimisé. Cependant, la richesse minérale de ces denrées et leur intérêt en pratique demandent à être relativisés.

3.5.2.1. La quantité utilisée pour un repas équilibré

Les contraintes diététiques imposées par le renoncement aux produits laitiers sont considérables. Non seulement pour le maintien d'un apport de calcium suffisant, mais aussi pour celui des autres minéraux, oligoéléments et vitamines. (56)

En effet, les denrées connues pour être les plus riches en calcium sont nombreuses : herbes aromatiques fraîches ou en poudre (meloukhia, thym, coriandre, cerfeuil, menthe...). Il est cependant difficile d'envisager une consommation de plus de 10 à 20 grammes dans un plat.

Les fruits secs sont également bien pourvus en calcium, mais ils ne peuvent pas non plus constituer une part prépondérante du régime. (44) S'il s'agit d'une faible ration, la consommation quotidienne d'amandes (248 mg de calcium et 634 kcal pour 100 g) ne pose a priori pas de problème. A contrario, elle devient problématique lorsqu'elle est trop importante. Ainsi, une poignée d'amandes (environ 28 g) apporte en moyenne 70 g de calcium et 178 kcal, ce qui semble correct. Mais pour arriver à un apport calcique équivalent à celui d'une portion de 30 g de gruyère (soit 306 mg de calcium), il faudrait consommer l'équivalent de 123 g d'amandes. Une telle portion est associée à 780 kcal, ce qui ne nous paraît plus du tout équilibré, de par l'excès énergétique et lipidique que cela engendre. (58)

Le chou est une autre illustration de cette contrainte. Il présente une teneur calcique importante et une bonne biodisponibilité potentielle. Toutefois, pour bénéficier de 180 mg de calcium biodisponible, il faut 305 g de chou contre 150 mL de lait demi-écrémé UHT, soit un grand verre.

Si consommer plusieurs produits laitiers par jour ne pose pas de problème, ingérer quotidiennement et plusieurs fois par jour 300 g de chou est moins évident.

3.5.2.2. Réalité sur la biodisponibilité du calcium des végétaux

Moins prometteuse que leur densité minérale ne le promet, la biodisponibilité du calcium des végétaux reste très limitée par la présence d'acide phytique ou oxalique.

Ainsi, il faut se montrer prudent devant de très nombreuses publications, revues, ou page web qui prônent l'avantage du calcium végétal par rapport au calcium laitier, et qui conseillent volontiers la consommation d'épinards par exemple, pour atteindre les ANC. S'il s'agit d'un légume intéressant d'un point de vu nutritionnel, il n'est absolument pas déterminant pour l'apport calcique. (51)

Les données sur la biodisponibilité du calcium des céréales et autres graines restent rares. Celle des fruits secs n'a pas été étudiée, ce qui ne permet pas de conclure quant à leur réel intérêt. (44) De surcroit, les études de biodisponibilité effectuées sur le rat ne sont pas extrapolables à l'homme, car la phytase intestinale des animaux n'a pas la même activité et permet l'hydrolyse d'une bonne partie des phytates. Ceci étant, il est connu par exemple que l'absorbabilité du son de blé (riche en calcium) est de l'ordre de 0,6 par rapport au lait (44) ce qui reste faible.

En outre, il faut relativiser l'intérêt du régime alcalogène, permis par la consommation de fruits et légumes. Celui-ci est censé stimuler la réabsorption tubulaire du calcium. Néanmoins, une consommation importante de végétaux est toujours associée à un apport de fibres et d'acides inhibiteurs de l'absorption intestinale du calcium. Par conséquent, l'effet bénéfique du pH alcalin sur la calciurie est contrebalancé par l'inhibition de l'absorption.

La biodisponibilité relative du calcium de divers produits végétaux est présentée dans le tableau 24. Il s'agit bien de valeurs relatives, la biodisponibilité réelle n'étant pas connue à ce jour. L'index 1 est attribué au calcium du lait servant de référence. Ces données sont issues d'une compilation d'études (44), (74) utilisant des méthodes fiables de mesure : un simple ou double marquage isotopique (^{45}Ca et ^{47}Ca), par la voie intrinsèque en cours de culture des végétaux.

Tableau 24 : biodisponibilité relative du calcium de divers produits végétaux (44)

Lait et produits laitiers	1*
Chou frisé ou kale	1,25
Chou chinois	1,1
Brocoli	1
Haricot blanc	0,5
Haricot rouge	0,45
Patate douce	0,4
Epinards chinois	0,25
Rhubarbe	0,2
Epinards communs	0,2

**L'index 1 est attribué au lait*

3.5.3. Eléments de conclusion

Ainsi, à la question qui nous occupait : « Peut-on assurer les apports calciques conseillés sans produit laitier ? », notre travail de recherche nous amène à formuler une réponse en plusieurs points.

Celle-ci dépend en effet des valeurs adoptées pour les apports conseillés, du degré d'acceptation des contraintes diététiques, et de la durée de l'éviction.

Comme nous l'avons vu, les apports nutritionnels conseillés varient selon les pays et l'âge mais globalement en France, ils oscillent entre 900 et 1200 mg de calcium par jour. (41), (28), (44) Comme un régime courant sans produit laitier ne fournit pas plus de 350 mg de calcium par jour, il en manquerait donc entre 550 et 850 mg.

Les auteurs qui prônent l'éviction des produits laitiers avancent souvent l'argument que le besoin en calcium de l'homme adulte ne dépasse pas 500 mg par jour. (99). Dans ces conditions, il est évidemment plus simple de se passer des produits laitiers.

Cependant, cet avis repose sur l'apport minimum prescrit par l'OMS, adapté aux pays en voie de développement, qui ne disposent pas aisément des produits laitiers, et pour lesquels l'ostéoporose ne constitue pas un problème préoccupant majeur de santé publique, et ce pour diverses raisons (mode de vie, exercice physique, ensoleillement et surtout faible longévité). (26), (28), (100)

En se basant sur les apports nutritionnels recommandés pour la population française, deux arguments peuvent être exposés :

Les alternatives au calcium lacté existent bel et bien. Il n'est donc pas juste d'affirmer que seuls les produits laitiers sont utiles à la couverture des besoins. Des produits d'alimentation courante peu connus pour être fortement minéralisés, aux denrées plus atypiques comme les algues, présentent un intérêt en ce qui concerne le calcium. Ils peuvent à ce titre aider à couvrir les besoins journaliers et, pourquoi pas, suppléer les produits laitiers de façon ponctuelle.

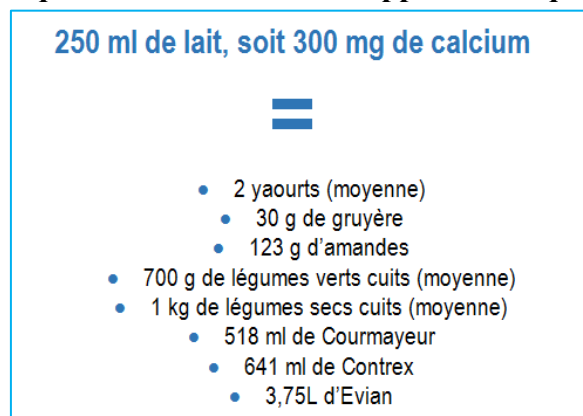
Le problème réside dans la couverture des ANC au quotidien. Pour une personne qui, par choix, adopterait certaines modifications alimentaires, une réflexion doit être engagée. Si elle a recourt à des eaux minérales calciques peu salées, à une alimentation pauvre en sodium, ainsi qu'à une consommation importante des toutes les autres sources de calcium que nous avons présenté, alors la somme de toutes ces mesures peut lui permettre d'accumuler des apports modestes, et aboutir ainsi à un apport de calcium suffisant. Cependant les contraintes que cela implique en pratique nous laissent penser que ceci n'est pas applicable au quotidien, à fortiori si on extrapole à toute une population. En effet, on peut envisager de consommer du chou kale ou du boulghour au déjeuner, des sardines au dîner, de privilégier les graines oléagineuses pour un encas, tout en buvant de l'eau minérale calcique mais non sur long terme. Ce choix nutritionnel ne correspond pas à un régime courant, rares étant les personnes qui mangent quotidiennement 700 g de légumes cuits. Par ailleurs, il engendre rapidement des déséquilibres non souhaitables, entre excès d'apport lipidique et carences en nutriments, minéraux et vitamines. (56), (55) Enfin, pour des raisons écologiques que nous avons déjà abordées, il n'est pas raisonnable de surexploiter la source marine de calcium par le biais de la consommation quotidienne d'algues.

Pour une personne qui elle, s'abstiendrait de consommer des produits laitiers, tout en gardant une alimentation occidentale courante (comme nous en rencontrons beaucoup), la réponse à notre question est manifestement non.

Là est donc la nuance : si on peut atteindre les ANC en calcium sans utiliser de lait ou de produit laitier, ceci se fait au détriment d'une alimentation équilibrée. La figure 25 illustre bien la difficulté qu'engendre un tel régime en termes de choix diététiques.

Quels que soit les chiffres des recommandations en termes d'ANC, il semble nécessaire de motiver à la consommation de produits laitiers qui restent indéniablement la source de calcium la plus intéressante de l'alimentation. Si l'utilisation de ces produits n'est pas possible, on peut alors discuter de la mise en place d'une supplémentation adaptée, puisqu'une alimentation lactoprivative ne satisfait tout au plus qu'un tiers des ANC pour un régime équilibré.

Figure 25 : Quelques équivalences en termes d'apports calciques (101), (58)



300mg de calcium correspondent à 1/3 des ANC chez l'adulte, 1/4 chez l'adolescent ou la femme de plus de 55 ans

3.5.4. Qu'en est-il des produits enrichis en calcium ?

Il est souhaitable que toute personne qui ne peut ou ne veut pas consommer de produits laitiers puisse disposer d'un apport complémentaire de calcium, qui lui permettrait d'atteindre les ANC. C'est pourquoi nous nous sommes penchés enfin sur l'enrichissement en calcium des produits de consommation courante. Ce procédé est peu utilisé en France contrairement aux Etats-Unis ou au Canada. Les données françaises restent donc limitées et nous ferons simplement l'état des lieux des connaissances actuelles sur le sujet.

Ces dernières années, on observe une diversification des produits enrichis en calcium aux Etats-Unis dont l'accessibilité devient de plus en plus importante. Ce sont les américains qui ont initié l'enrichissement minéral des aliments et entre 1999 et 2006, 1100 nouveaux produits enrichis ont fait leur entrée sur le marché outre-Atlantique (55) rendant l'offre particulièrement importante.

Cette démarche n'est pas seulement marketing. Elle s'est inscrite dans un objectif avant tout sécuritaire : celui de réduire l'écart entre les apports recommandés et les apports réels de calcium de la population américaine. C'est d'ailleurs dans cette logique que John Harvey Kellogg, médecin spécialisé en agroalimentaire et co-fondateur de la *Kellogg Company*, a mis au point les corn-flakes enrichis en calcium pour le petit-déjeuner des américains, signant dès 1895 le début de l'enrichissement minéral des produits de consommation courante.

Par ailleurs, en 2006 on estimait que 77% des enfants et adolescents américains âgés de 9 à 19 ans ne consommaient pas les 3 produits laitiers quotidiens recommandés, et que 90% des adolescentes n'atteignaient pas les *adequat intake*. (55) Or, durant cette période, 40% de la masse osseuse définitive se forme. Cette situation, (certainement due à la consommation importante de sodas par les jeunes américains au détriment de celle du lait (38)), a donc motivé le développement de l'enrichissement minéral.

La couverture des besoins en calcium est donc théoriquement possible depuis longtemps sur le continent américain, soit en consommant des produits laitiers quotidiennement, soit en utilisant ces produits enrichis. (51) Ils sont aujourd'hui très variés : jus de fruits, boissons végétales, céréales pour petit déjeuner, barres de céréales ou «snack», pâtes, pains, margarines, sirop de chocolat et même sodas ou boissons dites « fitness ». (55), (43)

Chaque pays reste maître de la réglementation qu'il adopte en ce qui concerne l'enrichissement en calcium des denrées alimentaires. Il en est de même en Europe. Ceci rend d'ailleurs la situation compliquée, car des pays frontaliers comme la France et la Suisse n'offrent pas le même choix de produits. (102) Il existe chez nous quelques produits qui ne sont pas tous équivalents en terme de teneur minérale :

- Des jus d'orange enrichis en citrate malate de calcium, ou en phosphate tricalcique ;
- Des boissons végétales (succédanés de laits) enrichies en carbonate de calcium, phosphate tricalcique ou algue lithothamne :
 - jus de soja
 - jus de riz

- jus d'amande
- Des barres céréalières ou des céréales pour petit-déjeuner à teneur garantie en vitamines et minéraux. (58), (55), (38), (56), (103), (104)

Force est de constater que les causes de la faible consommation de lait ou de produits laitiers sont multiples dans notre pays également : intolérance au lactose, allergie aux protéines de lait, régime pauvre en cholestérol, régime végétalien, etc. Les instances françaises de santé publique ont autorisé l'enrichissement pour ces quelques produits de consommation courante.

C'est à ce titre qu'en 2001 l'Afssa a émis un avis favorable à l'adjonction de calcium dans les boissons au soja, riz et amande, à hauteur de 120 mg de calcium pour 100 mL. (105) L'étiquetage doit alors indiquer qu'il n'est pas recommandé de consommer ces produits en association avec une forte consommation de lait ou de produits laitiers. En effet, compte tenu de l'enrichissement, la consommation quotidienne de telles boissons, associée à un régime riche en produits laitiers induirait un risque de dépassement de la limite de sécurité. (106), (107), (105)

L'ANSES précise en 2009 que les quantités maximales de calcium ajoutées doivent être définies en tenant compte :

- de la limite supérieure de sécurité ;
- de la différence des niveaux de sensibilité de différents groupes de consommateurs ;
- des apports en calcium provenant d'autres sources alimentaires.

Concernant les jus d'orange, il en existe deux types riches en calcium sur le marché qu'il faut distinguer. Certains jus sont enrichis avec du lait en poudre écrémé ou des substances lactiques modifiées, d'autres, uniquement avec du calcium. Ceux qui sont enrichis en substances lactiques sont considérés comme des aliments ordinaires, puisqu'ils combinent effectivement deux aliments. Il en va autrement des seconds, qui sont eux, de vrais produits enrichis.

Le choix du sel de calcium utilisé pour l'enrichissement est un point important. Chacun présente des propriétés différentes en termes de compatibilité avec le produit enrichi, de texture, de coût etc.

La contrainte de la solubilité du sel est primordiale. En effet, lorsqu'il est hautement soluble, il peut être ajouté à une boisson en plus grande quantité, sans précipiter. Malheureusement, le carbonate de calcium n'est que peu soluble dans les boissons enrichies bien que ce soit le sel le plus utilisé. (108), (38), (109)

De plus, les procédés de fabrication doivent être pensés en fonction du sel utilisé : lorsqu'il est chauffé en présence d'aliments acides, le carbonate de calcium dégage du dioxyde de carbone dont la présence n'est pas souhaitable dans le produit fini. (108), (55), (45)

D'autre part, les anions comme le citrate de calcium ou le malate de calcium (autres sels utilisés pour l'enrichissement) peuvent influencer la saveur des aliments. Ils sont cependant tous les deux compatibles avec les jus de fruits.

Enfin, la quantité de sel de calcium nécessaire à l'enrichissement des aliments dépend de leur propre densité minérale. Le tableau 25 nous en donne un aperçu.

Tableau 25 : Pourcentage de calcium dans les sels calciques communs (45)

Sel de calcium	% de calcium contenu
Carbonate de calcium	40
Phosphate tricalcique	38
Phosphate dicalcique, dihydrate	31
Sel de calcium issu d'os animal	31
Citrate malate de calcium	30
Sel de calcium issu de coquille d'huitre	28
Dolomite	22
Citrate de calcium	21
Lactate de calcium	13
Gluconate de calcium	9
Glubionate de calcium	6.5

Nous avons suffisamment insisté sur ce point, mais nous rappelons tout de même que la quantité de sel de calcium ajouté dépend aussi de la matrice de l'aliment enrichi. L'absorption du phosphate tricalcique ajouté au jus de soja est moins bien absorbé que celui du lait de vache bien que les sels de calcium issus des deux boissons aient la même absorbabilité à l'état pur (75% du calcium absorbé pour le jus de soja en prenant celui du lait de vache comme base de référence). (110) Ceci montre encore une fois le rôle prépondérant de la matrice alimentaire.

En s'écartant de ce qui se pratique dans notre pays, il est intéressant de voir qu'en Inde, mais aussi de plus en plus en Asie, l'enrichissement des denrées alimentaires en calcium se développe à grands pas et tend à se démocratiser. Nous nous sommes arrêtés à titre d'exemple, sur une étude au sujet de l'enrichissement en calcium d'un encas pour les enfants et adolescents indiens. (108) Des chercheurs démontrent que les apports calciques optimaux sont particulièrement importants en période de croissance. Or, la consommation de produits laitiers en Inde est souvent impossible pour les enfants issus de milieux défavorisés. L'alimentation de base de ces derniers est essentiellement faite de céréales et de légumes, riches en phytates et oxalates, ce qui se rajoute au défaut d'apport en calcium. C'est donc dans ce cadre que l'équipe s'est penchée sur l'enrichissement du *laddoo*, une petite pâtisserie sucrée. En y ajoutant 500 mg de carbonate de calcium, la concentration sérique de calcium mesurée une heure après l'ingestion était particulièrement encourageante. On ne s'étend pas sur le choix du vecteur (certainement à repenser du fait des conséquences de la consommation quotidienne de sucreries), ni sur le prix des produits enrichis (certainement inaccessible pour

les familles de ces mêmes enfants). Toutefois, ceci fait état de la dimension sociale et sécuritaire qu'il peut y avoir derrière l'enrichissement des denrées.

Ainsi, les produits enrichis en calcium peuvent être utiles aux personnes sujettes aux carences, afin qu'elles puissent accéder à un apport calcique suffisant. Ces produits ne doivent pourtant pas remplacer le lait et les produits laitiers quand la consommation de ces derniers peut être encouragée. En effet, la santé est dépendante d'une bonne hygiène alimentaire, et le problème de l'éviction des produits laitiers n'impacte pas seulement le statut calcique. Il est aussi associé à un déficit d'apport en protéines, magnésium, riboflavine, ou encore en vitamines du groupe B. Tout ceci n'est pas couvert par les aliments enrichis. (51), (56), (45)

De plus, pour l'équivalent de 300 mg de calcium apportés par des produits laitiers ou par des produits enrichis, on remarque que le profil des apports annexes est bien différent. Globalement, les produits enrichis fournissent davantage de glucides, de lipides saturés, de sodium et moins de protéines, phosphore, potassium, et vitamine A que les produits laitiers. (55)

En outre, très peu de ces produits enrichis ont été testés pour la biodisponibilité du calcium qu'ils retiennent. Ainsi, vouer leurs mérites nous paraît encore prématuré, au-delà du fait qu'il ne nous semble pas judicieux de remplacer totalement la consommation des produits laitiers par ces derniers, pour les raisons que nous avons évoqués ci-dessus. L'usage de produits laitiers reste selon nous la façon la plus simple, économique et équilibrée de satisfaire les apports calciques recommandés pour la santé osseuse. (56)

III. APPLICATIONS CLINIQUES ET CONSEILS NUTRITIONNELS A L'OFFICINE

Comme nous l'avons vu, le calcium est largement présent dans l'alimentation, mais il existe également sous forme médicamenteuse.

Une calcithérapie peut être prescrite aux personnes carencées en calcium ou à risque de l'être. Le choix de la spécialité revient au médecin, néanmoins, le pharmacien doit être renseigné sur les différentes options envisageables et les propriétés de chacune. Il doit avoir connaissance de la compatibilité de la supplémentation avec l'alimentation et les autres traitements, des posologies usuelles et de la galénique, ceci afin de faire une bonne analyse de l'ordonnance. (51)

Ainsi nous développerons dans cette partie les conditions de prescription d'une calcithérapie, les modalités de prise, les spécialités disponibles et les éventuels risques d'un tel traitement.

Par ailleurs, il est souvent plus facile d'établir une prescription médicamenteuse plutôt que de travailler avec le patient sur les règles hygiéno-diététiques, et sur la révision des apports calciques par le biais d'une alimentation adaptée. Pourtant, cette démarche doit précéder l'instauration d'une supplémentation. C'est pourquoi, pour clôturer ce travail, nous présenterons quelques outils d'aides au conseil nutritionnel destinés au pharmacien, mais également aux différentes personnes concernées par ces traitements.

1. FOCUS SUR LA SUPPLEMENTATION CALCIQUE

Selon l'ANSES, les apports moyens quotidiens de calcium de la population française s'élèvent à 930 mg/j chez les adultes de 18 à 79 ans. (111) Pour certains groupes de population, il y a donc un écart entre les apports réels et les ANC qui s'élèvent à :

- 1200 mg/j pour la femme de plus de 55 ans ;
- 1200 mg/j pour l'homme de plus de 65 ans ;
- 1000 mg/j pour la femme enceinte ou allaitante.

De plus, la réactualisation des recommandations du GRIO de 2012 (112) indique que les apports quotidiens optimaux doivent également être de 1200 mg dès l'âge de 50 ans chez les femmes ménopausées.

Pour comprendre quelle est la place de l'alimentation et celle des traitements médicamenteux dans l'arsenal thérapeutique des carences calciques, il semble donc nécessaire de faire le point sur la supplémentation en calcium.

1.1. Conditions de prescription d'une calcithérapie

Le calcium peut être prescrit (associé à un supplément vitaminique D la plupart du temps), dans le cadre :

- De carences calciques en période de croissance, de grossesse, d'allaitement ;
- De traitement d'appoint des ostéoporoses : séniles, post-ménopausiques, sous corticothérapie, ou d'immobilisation lors de la reprise de la mobilité ;
- De correction des carences vitamino-D calciques dans certaines situations pathologiques. (113)

1.1.1. Traitement des carences calciques

1.1.1.1. En période de croissance

Chez l'enfant en période de croissance, la calcithérapie est inutile si les apports alimentaires de calcium sont suffisants, mais elle devient indispensable en cas de déminéralisation osseuse. En effet, une carence calcique peut entraîner une hypocalcémie chronique aboutissant à la mobilisation des stocks calciques osseux. Dans ce cas, la calcithérapie est associée à un complément vitaminique D (114) et le dosage est dépendant de la gravité et de l'expression clinique de l'hypocalcémie.

Le traitement est instauré pour un minimum de 6 mois, tant que la calciurie reste basse et/ou que l'activité des phosphatases alcalines reste élevée.

Le rachitisme carenciel est un cas particulier pour lequel la prescription doit être initiée, quelle que soit l'importance des signes cliniques, biologiques ou radiologiques observés. (114), (115) En effet, les recommandations ont été actualisées en 2016 (114) et préconisent dans ce cas un apport de 4 à 5 produits laitiers quotidiens, associé à un apport de calcium jusqu'à ce que la calciurie s'élève. Cette prescription est toujours couplée à celle de vitamine D.

1.1.1.2. Au cours de la grossesse ou l'allaitement

Le développement du fœtus au cours de la grossesse, ainsi que la préparation des glandes mammaires à la lactation nécessitent des apports importants de nutriments, minéraux, vitamines et oligoéléments. L'organisme maternel s'adapte naturellement aux besoins accrus en calcium par différents mécanismes (augmentation de l'absorption intestinale notamment), c'est pourquoi la supplémentation calcique systématique n'est pas justifiée. Certaines mères peuvent toutefois présenter des pertes ou des déficits d'apports avant ou au moment de la grossesse ou l'allaitement, qui justifient alors une calcithérapie (116), (117) :

- En cas d'apports alimentaires insuffisants : consommation trop faible ou non consommation de produits laitiers ;

- En cas de prise de corticoïdes ou d'héparine durant la grossesse ou l'allaitement ;
- En cas de pathologie rénale avec fuite calcique.

Les femmes enceintes sont quasi systématiquement supplémentées en acide folique et en fer. Or, le calcium inhibe l'absorption du fer de façon dose-dépendante et saturable, ce qui suggère que la prise du supplément en calcium doit se faire à distance de celle du supplément quotidien en fer et en acide folique, le cas échéant. (118)

Une calcithérapie peut également être mise en route chez la femme enceinte dans le cadre de la prévention des troubles hypertensifs et de leurs complications. (119), (120) En effet, elle réduit le risque d'hypertension artérielle gravidique et de pré-éclampsie au cours de la grossesse. (118), (121), (122), (123).

Les résultats des effets du calcium dans cette indication sont encore controversés mais si l'efficacité n'est pas spectaculaire, une sévérité moindre des complications maternelles est bien démontrée pour des doses de calcium d'au moins 1 g/j. (120), (114).

Au préalable, une enquête alimentaire est indiquée pour définir le dosage de la supplémentation, ceci afin éviter la survenue de lithiase chez les femmes à risque et bénéficiant déjà d'une alimentation suffisamment riche en calcium. En revanche, pour les femmes ayant un régime pauvre en calcium et n'ayant jamais eu de coliques néphrétiques, la supplémentation semble être réellement bénéfique et sans risque. (120)

1.1.2. Correction des carences calciques associées à l'ostéoporose

Il s'agit de la situation la plus fréquente d'initiation d'une calcithérapie. Sous le terme d'ostéoporose on évoque le plus souvent l'ostéoporose post-ménopausique, mais il existe aussi l'ostéoporose cortisonique, ou celle de l'homme âgé.

Dans ce cas, la correction d'un déficit en calcium (et/ou en vitamine D) est un préalable à la mise en route d'un traitement spécifique anti-ostéoporotique. (112), (124) En effet, les recommandations de la HAS (Haute Autorité de Santé) précisent qu'un tel traitement ne doit être prescrit « qu'après avoir corrigé une éventuelle carence en calcium et/ou vitamine D, par ajustement des apports alimentaires et/ou une supplémentation médicamenteuse ».

1.1.2.1. L'ostéoporose post ménopausique

L'arbre décisionnel de prise en charge est présenté en annexe 2. (113) L'ostéoporose post ménopausique n'implique pas systématiquement la mise en route d'un traitement médicamenteux, cependant la correction d'une éventuelle carence vitamino-D-calcique est impérative :

- Chez les femmes ménopausées avec fractures par fragilité osseuse ;
- Chez les femmes ménopausées sans fracture :

- Si le risque fracturaire est élevé (T-score $\leq -2,5$), avec plusieurs autres facteurs de risque de fracture, ou que le T-score est ≤ -3 ;
- Si le risque fracturaire est modéré ($-2,5 < \text{T-score} \leq -1$) ;
- Si le risque fracturaire est faible (T-score > -1) ;
- Chez les femmes de plus de 80 ans, même en l'absence de fracture. A cet âge-là, la carence vitamino-D-calcique est un facteur de risque essentiel de fracture et un supplément calcique doit être proposé.

1.1.2.2. L'ostéoporose de l'homme âgé

Pour l'homme âgé, deux situations principales conduisent à une ostéoporose et nécessitent une calcithérapie si la carence est avérée :

- Lors d'une corticothérapie au long cours ;
- Lors d'un traitement hormonal du cancer de la prostate (l'hypogonadisme iatrogène induit une perte osseuse). (125)

De plus, comme pour la femme, une supplémentation sera instaurée dès lors que l'ostéodensitométrie montre une ostéoporose (T-score $\leq 2,5$) où qu'il existe un faisceau d'arguments en faveur d'une potentielle carence vitamino-D calcique. (126)

1.1.2.3. L'ostéoporose cortisonique

C'est la plus fréquente des ostéoporoses secondaires. Sa prévention doit être systématiquement envisagée lors de l'instauration d'une corticothérapie pour plus de 3 mois (113), (127), à des doses supérieures ou égales à 7,5 mg/j d'équivalent prednisone. Elle comprend la recherche et le traitement des facteurs de risque d'ostéoporose, et donc d'une éventuelle carence vitamino-D-calcique. Les apports calciques recommandés sont fixés à 1500 mg par jour (et 800 UI par jour de vitamine D), et la calcithérapie doit être instaurée dès le début du traitement car l'effet des corticoïdes sur la résorption osseuse est maximal dès les premiers mois de traitement.

Quel que soit le type d'ostéoporose, la prise en charge comprend aussi les règles hygiéno-diététiques qui sont essentielles et dont nous reparlerons :

- Maintien d'une activité physique ;
- Alimentation équilibrée ;
- Sevrage tabagique ;
- Limitation de la consommation l'alcool ;
- Et prévention des chutes chez le sujet âgé.

1.1.3. Calcithérapie dans le cadre de l'insuffisance rénale chronique

A ce jour il n'y a pas de consensus pour la mise en place d'une calcithérapie chez l'insuffisant rénal chronique. Une prise en charge individualisée de chaque patient doit être envisagée. Celle-ci est complexe car elle allie deux objectifs principaux : la prévention du risque fracturaire et la limitation des calcifications. (128), (129)

En effet, la question des apports calciques optimaux sous-tend celle du bilan calcique. L'insuffisance rénale chronique diminue l'absorption intestinale de calcium et abaisse rapidement la calciurie qui ne reflète alors plus les entrées de calcium.

Le but de la prise en charge est d'arriver à un bilan calcique équilibré, en sachant qu'un bilan positif augmente le risque de calcification vasculaire ou néphrologique, et qu'un bilan négatif augmente le remodelage osseux et donc le risque de fracture. (128), (130), (131)

Il faut pour cela que la prescription de calcium tienne compte du statut vitaminique D du patient, des apports calciques alimentaires, du niveau de remodelage osseux et de la présence ou non de calcifications vasculaires.

A l'heure actuelle, les KDIGO (*Kidney Disease Improving Global Outcomes*) conseillent une calcithérapie à une posologie strictement individualisée qui doit être diminuée dans les stades 3 à 5 s'il existe des calcifications vasculaires ou si la PTH se maintient à un niveau bas (signe d'hypoparathyroïdie). Enfin, le traitement doit être logiquement interrompu en cas d'hypercalcémie. (132)

1.2. Modalités de mise en place de la calcithérapie

1.2.1. Posologies

Les posologies d'usage de la supplémentation calcique sont résumées dans le tableau 26.

Tableau 26: Posologies d'administration de la supplémentation calcique (ou vitamino D-calcique) selon l'indication (113), (114), (117), (120)

Indication	Posologie de la calcithérapie
Carence calcique de l'adulte	1000 à 1500 mg/j
Carence calcique de l'enfant et de l'adolescent en période de croissance	500 à 1000 mg/j ou 40 à 60 mg/kg/j selon l'âge et le statut osseux. Généralement : -jusqu'à 10 ans : 500 mg/j -plus de 10 ans : 1000 mg/j
Carence calcique de la femme enceinte ou allaitante	A adapter selon l'état de carence et le bilan des apports alimentaires
Prévention de l'hypertension artérielle gravidique et de la pré-éclampsie	Posologie \geq 1000 mg/j, à adapter selon les apports alimentaires. Recommandation de

	l'OMS 1500 à 2000 mg/j
Carences vitamino-calciques chez les sujets âgés	1000 mg/j de calcium associé à 800 UI de vitamine D3 (en 1 ou 2 prises)
Apport vitamino-D-calcique associé aux traitements spécifiques de l'ostéoporose chez les patients carencés ou à haut risque de carence calcique	

1.2.2. Contre-indications

De façon logique, la supplémentation calcique est contre-indiquée en cas d'hypercalcémie, d'hypercalciurie, de lithiase calcique ou de calcifications tissulaires. (113) Par ailleurs, lors d'une immobilisation prolongée s'accompagnant d'hypercalciurie et/ou d'hypercalcémie, la supplémentation ne doit être débutée qu'après la reprise de la mobilisation.

1.2.3. Mises en garde et précautions d'emploi

Une calcithérapie (associée ou non à la prise de vitamine D) doit être suivie et ajustée par la mesure de la calcémie et de la calciurie. En cas d'insuffisance rénale, ce contrôle est d'autant plus important, et il doit être effectué régulièrement pour éviter l'administration de doses trop élevées.

De plus, il est nécessaire d'interrompre momentanément le traitement si la calciurie dépasse 7,5 mmol/24 h (300 mg/24 h) chez l'adulte et 0,12 à 0,15 mmol/kg/24 h (5 à 6 mg/kg/24 h) chez l'enfant. (113)

1.2.4. Interactions médicamenteuses

La supplémentation calcique n'est pas sans risque, et les interactions médicamenteuses sont possibles. Le pharmacien doit donc être attentif lors de la délivrance du traitement, et le questionnement ouvert est souvent un bon moyen de déceler et de prévenir une interaction. Ceci est d'ailleurs vrai pour la délivrance de tous les compléments alimentaires riches en vitamines et minéraux dont la prise quotidienne est trop souvent banalisée.

Ainsi, la calcithérapie *per os* nécessite des précautions d'emploi avec certains traitements concomitants. Les principales sont regroupées dans le tableau 27.

Tableau 27: calcithérapie et interactions médicamenteuses (113), (38), (56)

Traitement interférant avec le calcium	Nature de l'interaction	Précaution d'emploi
Tétracyclines	Diminution de l'absorption digestive du médicament administré simultanément au calcium par formation de complexes insolubles	Délai de 3 h recommandé entre la prise du sel de calcium et d'antibiotique.
Quinolones		Idéalement : prise de l'antibiotique 2 h avant le sel de calcium ou 4 à 6 h après.
Lévothyroxine		Délai de 4 h entre la prise du sel de calcium et la lévothyroxine
Bisphosphonates, fluorure de sodium		Délai de 2 h minimum et 4 h dans l'idéal entre la prise du sel de calcium et celle des bisphosphonates ou du fluorure de sodium
Sels de fer		Prise du fer à distance des repas et en l'absence de calcium
Digitaliques	Augmentation de la toxicité des digitaliques par le calcium : risque de troubles du rythme	Surveillance clinique et, s'il y a lieu, contrôle de l'ECG et de la calcémie
Diurétiques thiazidiques	Risque d'hypercalcémie par diminution de la calciurie.	Surveillance de la calcémie
Inhibiteurs de la pompe à proton et anti-histaminique H2	Diminution de l'acidité gastrique nécessaire à l'absorption du carbonate de calcium	Pas d'alternative en France mais utilisation du citrate de calcium aux USA (compatible avec ces traitements)
Corticostéroïdes	A des doses $\geq 7,5$ mg d'équivalent prednisone, diminution de l'absorption du calcium et augmentation de son excrétion par mobilisation des réserves osseuses induite par les corticoïdes	Adaptation posologique en conséquence et association de la calcithérapie à une supplémentation en vitamine D

On ne revient pas sur les possibles interactions avec les aliments mais il faudra également formuler les conseils en conséquence lors de la délivrance. La prise du supplément calcique reste malgré tout préconisée au cours ou en fin de repas.

D'autre part, lorsque la supplémentation calcique est associée à la vitamine D3, il faut être vigilant dans deux cas en particulier :

- Lors d'un traitement par phénytoïne ou barbituriques ;
- Lors d'un traitement par glucocorticoïdes ;

car l'inhibition du métabolisme de la vitamine D3 par ces médicaments peut entraîner une diminution de son effet et donc une perte d'efficacité du traitement.

1.3. Décryptage des spécialités disponibles en ville

Tableau 28 : Suppléments calciques per os (associés ou non à la vitamine D3) disponibles en ville (113)

Composition	Spécialités disponibles
Calcium (gluconate / lactate / chlorure / glucoheptonate) + <i>saccharomyces cerevisiae</i>	CALCIFORTE® 500 mg sol buv
Calcium carbonate + <i>saccharomyces cerevisiae</i> + cholécalciférol	CALCIFORTE VITAMINE D3® cp à croquer/sucer/dispers
Calcium carbonate	CACIT® 1000 mg cp. efferv. CACIT® 500 mg cp. efferv. CALCIDOSE® 500 pdre. P. susp. buv. CALCIPRAT® 1000 mg cp. à sucer CALCIPRAT® 500 mg cp. à sucer CALPEROS® 500 mg cp. à sucer séc CALPRIMUM® 500 mg cp. enr. à croquer CALTRATE® 600 mg cp. pellic. FIXICAL® 500 mg cp. à croquer/sucer OROCAL® 500 mg cp. à sucer
Calcium carbonate / gluconolactate	CALCIUM SANDOZ® 500 mg cp. efferv. CALCIUM SANDOZ® 500 mg pdre. p. susp. Buv. en sachet-dose
Calcium carbonate + cholécalciférol	CACIT VITAMINE D3® 1000 mg/880 UI glé. efferv. en sachet CACIT VITAMINE D3® 500 mg/440 UI cp. à croquer/sucer CALCIDOSE VITAMINE D3® 500 mg/400 UI pdre. p. sol. buv. en sachet CALCIPRAT VITAMINE D3® 1000 mg/800 UI cp. à sucer CALCIPRAT VITAMINE D3® 500 mg/400 UI cp. à sucer CALPEROS D3® cp. à sucer CALTRATE VITAMINE D3® 600 mg/400 UI cp. pellic. DENSICAL VITAMINE D3® cp. à croquer/sucer EPTAVIT® 1000 mg/880 UI cp. efferv. FIXICAL VITAMINE D3® 1000 mg/800 UI cp. à sucer FIXICAL VITAMINE D3® 500 mg/400 UI cp. à croquer/sucer IDEOS® 500 mg/400 UI cp. à croquer/sucer METOCALCIUM® 600 mg/400 UI cp. à croquer NATECAL VITAMINE D3® 600 mg/400 UI cp. orodispers. OROCAL VITAMINE D3® 500 mg/200 UI cp. à sucer OROCAL VITAMINE D3® 500 mg/400 UI cp. à sucer OSSEANS VITAMINE D3® 500 mg/400 UI cp. à croquer/sucer STRUCTOCAL VITAMINE D3® 1000 mg/880 UI cp. à croquer

Les spécialités des laboratoires génériqueurs ne sont pas inscrites (sauf pour l'association calcium carbonate + calcium gluconolactate car il n'y a pas d'autre spécialité référencée)

1.3.1. Les sels de calcium utilisés

La majorité des suppléments calciques disponibles sont formulés à partir de carbonate de calcium. C'est en effet le sel de choix pour la fabrication.

La plupart des suppléments calciques utilisés en thérapeutique ont une absorbabilité comparable quand ils sont administrés à la même dose. De plus, cette absorbabilité est comparable à celle du calcium laitier qui, rappelons-le, varie entre 30 et 40%. (51), (55), (60) Seules quelques formes organiques comme le citrate-malate par exemple peuvent fournir du calcium de biodisponibilité légèrement supérieure. Cependant, elles ne sont pas commercialisées en France.

En effet, aux Etats-Unis le panel des sels calciques utilisés pour la supplémentation est bien plus large que chez nous. Le carbonate de calcium reste le plus courant car il est aussi le plus économique, mais les américains utilisent aussi le citrate de calcium qui présente l'avantage d'être compatible avec les traitements par IPP ou antihistaminiques H2. (38)

1.3.2. La galénique et les dosages

Un large choix de formes galéniques est disponible : comprimés à avaler, à croquer, à sucer, orodispersibles, granulés effervescents, poudre pour solution buvable... Or la capacité à tolérer une forme médicamenteuse influence directement l'adhésion au traitement. Ainsi, lors de la prescription, le choix d'une forme galénique plutôt qu'une autre doit être étudié par le médecin avec son patient. Sur le long terme, les comprimés à croquer ou à sucer seraient préférés aux formes effervescentes. (133)

En outre, la prise quotidienne d'un médicament peut rapidement devenir un frein à l'observance, d'autant plus lorsqu'elle est vécue comme une contrainte, et que le traitement est de longue durée. Ceci n'est pas seulement lié à la volonté du patient, mais aussi à la présentation du médicament. (133) Ainsi, associé à la galénique, le choix du dosage est important.

En France, les spécialités sont principalement dosées à 500 et 1000 mg de calcium, (excepté quelques rares formules à 600 mg) ce qui impose une à deux prises quotidiennes. Ce n'est pas le cas au Canada ou aux Etats-Unis où des formes faiblement dosées à 200 mg par exemple sont commercialisées. Ces dernières contraignent à des administrations répétées (jusqu'à 8 prises par jour) ce qui est particulièrement lourd pour l'utilisateur, d'autant plus que le nombre de prises quotidiennes serait le paramètre le plus fortement lié à la poursuite du traitement. (133)

Néanmoins, ce choix de formulation n'est pas dénué de sens : des études américaines (134), (135) suggèrent que le fractionnement des doses administrées permettrait une meilleure absorption du minéral. L'absorption serait optimale pour des doses inférieures ou égales à 500 mg par prise.

Nous n'avons pas trouvé de publication française permettant de comparer l'absorption des différents dosages de suppléments calciques mais au vue des contraintes pratiques que cela

impose, il ne semble pas judicieux de conseiller des dosages inférieurs à 500 mg. Par ailleurs, toujours dans un souci pratique, des spécialités combinées calcium/vitamine D3 sont disponibles et favorisent l'observance. En revanche elles ne sont pas utilisables chez l'enfant, car elles ne permettent pas l'adaptation posologique optimale et nécessaire pendant la croissance. (114), (115)

A titre informatif, nous nous sommes arrêtés sur une spécialité particulière : OSSOPAN 600 mg.

Cette spécialité renferme 600 mg d'un extrait d'os total, soit 321 mg d'hydroxyapatite correspondant à 129 mg de calcium par comprimé. La HAS a estimé que le service médical rendu (SMR) de cette formule était insuffisant pour justifier sa prise en charge par l'assurance maladie, cependant elle présente un avantage qui mérite d'être souligné.

Des études cliniques utilisant du calcium radio-marqué (Ca^{47}) ont permis de caractériser le profil pharmacocinétique de ce médicament. Le complexe d'osséine hydroxyapatite est dissous lentement, permettant une absorption continue le long du tractus gastro-intestinal, et une absorption plus distale du calcium par rapport aux autres sels. En conséquence, l'administration de ce médicament n'entraîne pas de pics d'hypercalcémie comme observé avec les sels de calcium. (136), (113) Bien qu'il ne soit pas remboursé, cette propriété nous semble intéressante, surtout pour les insuffisants rénaux chez qui cette augmentation brutale de la calcémie fait risquer la formation de calcifications vasculaires.

1.4. Quels sont les risques de la supplémentation calcique ?

Le calcium sous sa forme médicamenteuse est donc largement utilisé pour la prévention des carences d'apports, et comme traitement adjuvant de l'ostéoporose. Il est globalement bien toléré mais il existe tout de même des effets indésirables. De plus, il faut mettre en garde sur les risques d'une supplémentation tout venant.

1.4.1. Effets indésirables gastro-intestinaux

Des troubles digestifs de type diarrhées ou constipation, flatulences, douleurs abdominales et nausées sont parfois rapportés (113), (56) et pourraient même être fréquents. (137) Ces effets seraient principalement liés au carbonate de calcium, mais d'autres causes peuvent être avancées, notamment la part des fibres dans le régime, une éventuelle intolérance au lactose, ou une colopathie fonctionnelle associée. L'inconfort digestif n'est pas nécessairement imputable à la supplémentation calcique.

Aux Etats-Unis, l'alternative proposée aux personnes incommodées est le changement du carbonate pour le citrate de calcium, sel mieux toléré au niveau digestif. (38)

1.4.2. Formation de calculs rénaux

La supplémentation calcique est depuis longtemps incriminée dans la formation de calculs rénaux. Il y a peu de temps encore, un régime carencé en calcium était d'ailleurs conseillé aux personnes concernées. (129), (137), (138) Aujourd'hui on estime qu'au contraire, des apports de calcium trop faibles augmentent le risque de formation des calculs. (38), (139), (45)

Cependant c'est un effet indésirable possible de la calcithérapie, surtout lorsque elle est prise à jeun.

Une adaptation posologique personnalisée en fonction des apports alimentaires, ainsi que la prise du médicament au cours d'un repas permet de réduire le risque. En effet, le calcium se lie aux oxalates du bol alimentaire, ce qui contribue à limiter l'absorption de ces derniers, et constitue un moyen de diminuer la formation des calculs rénaux. (140) En revanche, la prise de calcium à jeun est sans bénéfice et pourrait augmenter la calciurie. (45)

1.4.3. Accidents cardio-vasculaires

Plusieurs études font état d'une relation positive entre supplémentation calcique et risque d'apparition d'événements cardiovasculaires. (141), (144), (145), (138), (142), (143), (116), (137) A l'heure actuelle, c'est certainement l'effet indésirable qui fait le plus débat. De nombreuses publications se contredisent, entre arguments en faveur (106), (144), (146), (137) ou contre cette relation (147), (148), (56) sans qu'une conclusion claire puisse être faite.

Les résultats d'une méta-analyse de 2010 avancent que la prise de calcium médicamenteux augmente le risque de survenue d'accidents cardiovasculaires (141), (138), (116), et notamment d'infarctus du myocarde. (147) Elle regroupe les résultats de 15 essais randomisés « supplément calcique contre placebo », avec les caractéristiques suivantes :

- Une dose de calcium supérieure à 500 mg/j, sans vitamine D associée ;
- Une population supérieure à 100 patients d'un âge moyen de 74,5 ans, avec 78% de femmes ;
- Des apports alimentaires de calcium de la population de 830 mg/j ;
- Un taux sérique moyen de calcitriol de 65 nmol/L ;
- Des facteurs de risques cardiovasculaire de prévalence modérée : 28% pour l'hypertension artérielle, 10% pour le tabagisme, 7% pour le diabète et 15% pour les dyslipidémies.

Ces données sont similaires dans les groupes sous suppléments calcique et placebo et les résultats montrent une augmentation de 30% du risque d'infarctus du myocarde, mais sans augmentation statistiquement significative des accidents vasculaires cérébraux et de la mortalité cardio-vasculaire. (141)

Cependant ces essais étaient initialement destinés à évaluer l'efficacité du calcium dans la prévention de la perte osseuse. De fait, un biais important existe puisque ces études n'étaient pas construites pour rechercher la survenue d'évènements cardio-vasculaires (147), et il y a une sur-représentation du nombre de sujets tabagiques, dyslipidémiques, ou présentant des antécédents cardiovasculaires.

Une autre méta-analyse (regroupant des essais thérapeutiques randomisés sur la supplémentation calcique contre placebo) met aussi en avant l'augmentation du risque cardiovasculaire. (144) Toutefois, elle présente une limite importante concernant les apports totaux en calcium des groupes traités. En effet, ils combinent l'apport alimentaire et la supplémentation, pour finalement atteindre des valeurs hautes de 2000 mg/j en moyenne. (147) Le risque augmenté d'infarctus du myocarde n'est d'ailleurs retrouvé que chez les patients ayant un apport alimentaire supérieur à 800 mg/j (associé à la supplémentation) à leur inclusion dans l'étude. (141), (138), (146)

Des fortes consommations de calcium induisent un risque potentiel de calcification des tissus mous, notamment des vaisseaux. Il est donc possible de se demander si l'augmentation du risque cardiovasculaire passe par la formation de ces calcifications vasculaires ?

Il est admis que la prise de calcium *per os* s'accompagne d'une légère augmentation postprandiale de la calcémie. (147) La supplémentation calcique l'élève de façon plus prononcée et brutale que ne le fait le calcium de l'alimentation. (121), (147) Des dépôts calciques sont retrouvés sur les lésions athéromateuses, et ils peuvent effectivement entraîner des thromboses, des anévrismes et des infarctus du myocarde.

De plus, un apport excessif pourrait causer une calcification ou une raideur des grosses artères élastiques prédisposant le sujet aux ischémies.

En revanche, ces effets n'ont pas été retrouvés chez les personnes ayant un apport élevé de calcium d'origine alimentaire, qui aurait même un effet protecteur sur certains facteurs de risque cardiovasculaires comme la prise de poids. (149), (147), (150), (56) Nombre d'études montrent une relation inverse entre la consommation de calcium et le poids corporel ou la masse grasse (en dépit des acides gras saturés du lait). (151)

Alors face à de tels constats, et dans l'attente de nouvelles études, certains points nous paraissent essentiels :

- La mise en perspective de cet effet potentiellement néfaste sur le plan cardiovasculaire est à relativiser, car les biais des essais sont trop importants pour conclure sur une réelle relation de cause à effet. Il faudrait construire une étude taillée uniquement pour la recherche d'une augmentation du risque d'évènement cardiovasculaire.

Cependant elle doit faire réévaluer la place de ces suppléments calciques dans la prise en charge des carences ou de leur prévention, notamment chez les sujets présentant des facteurs de risque cardiovasculaire.

- La meilleure source de calcium reste l'alimentation, et une supplémentation médicamenteuse ne doit être mise en place qu'en cas d'impossibilité d'atteindre la ration journalière recommandée. (149), (151), (147), (137)
- Un patient qui prend actuellement du calcium ne doit pas arrêter son traitement mais il faut régulièrement évaluer ses apports alimentaires en calcium. S'ils sont proches des ANC, il est conseillé de rediscuter l'intérêt du supplément.

Pour la pratique quotidienne, il paraît donc nécessaire d'ajuster les apports de calcium aux besoins de l'individu, en fonction de son âge, de son sexe et de sa situation physiologique, tout en privilégiant les apports alimentaires. C'est dans ce cadre que le pharmacien d'officine peut insister sur l'importance de l'équilibre nutritionnel.

La partie suivante est donc consacrée aux règles nutritionnelles et hygiéno-diététiques concernant le calcium.

2. AIDE AU CONSEIL EN NUTRITION A L'OFFICINE

Les recherches dans le domaine de l'alimentation sont à l'origine de l'émergence du concept de nutrition préventive. L'objectif est de sensibiliser la population à mieux gérer sa santé par le biais de l'alimentation et l'hygiène de vie.

Les personnes ont souvent du mal à repérer les principes généraux d'une bonne alimentation, compte tenu de la diversité des messages disponibles, sur internet notamment. Par ailleurs, l'augmentation de la consommation de calcium est l'un des neuf objectifs du Plan National Nutrition et Santé (PNNS) qui a pour but de réduire de 25% la population ayant des apports calciques en dessous des ANC. (77) Dans ce contexte, un message scientifique clair de la part du pharmacien d'officine favorise la crédibilité de l'information nutritionnelle et contribue à la promotion de la santé.

Pour chacun des cas abordés ci-après, le pharmacien doit être en mesure d'adapter son discours, de motiver, et d'argumenter en faveur d'une bonne gestion des apports calciques. Pour ce faire, dans cette dernière partie nous développerons les situations auxquelles il est souvent confronté et lorsque cela s'y prête, nous présenterons des « fiches-pratiques » qui pourront servir d'outil au professionnel de santé pour asseoir son conseil.

2.1. Situations fréquentes et conseils associés

2.1.1. L'intolérance au lactose

L'intolérance au lactose est une raison donnée par de nombreuses personnes ayant fait le choix d'éviter les produits laitiers. Elle fait l'objet d'idées préconçues et elle est souvent confondue avec la malabsorption du lactose ou l'allergie aux protéines du lait de vache (ALPV).

La malabsorption du lactose est fréquente mais elle n'entraîne pas toujours l'intolérance. (150). Elle est le plus souvent asymptomatique (152), (153), (154) et c'est lorsqu'elle génère des troubles digestifs que, dans ce cas-là seulement, il faut parler d'intolérance. (152) Elle n'a aucune conséquence pathologique, hormis les plaintes fonctionnelles qu'elle engendre.

L'APLV repose sur des mécanismes physiopathologiques totalement différents de l'intolérance au lactose. Comme toute allergie, elle résulte d'une réponse inadaptée du système immunitaire. Elle peut provoquer des manifestations bénignes comme un eczéma mais également un urticaire, de l'asthme, voir même un choc anaphylactique dans les cas graves. Elle touche environ 3% des jeunes enfants, chez qui elle implique l'éviction de toute protéine laitière (et non de sucre comme le lactose). Dans 90% des cas, elle s'amende spontanément avant l'âge de 6 ans, et elle est très rare chez l'adulte, pour qui le lait est en 15^{ème} position dans la liste des allergènes alimentaires. (116)

L'intolérance au lactose est due à un déficit en une enzyme, la lactase, qui métabolise le lactose au niveau de l'intestin grêle. Son expression décline physiologiquement chez l'adulte jusqu'à environ 10% de sa valeur initiale (maximale chez le nouveau-né). (153) Le lactose non digéré accélère le transit par effet osmotique au niveau de l'intestin grêle. (152) (56) Au niveau colique, il se comporte comme une fibre : il est fermenté par la flore microbienne, et la production de gaz qui en résulte est responsable des symptômes tels que les ballonnements et les douleurs abdominales. (51), (152), (56)

S'il s'agit bien d'un déficit partiel en lactase et non d'une absence totale d'enzyme, l'intolérance au lactose n'interdit pas la consommation de quantités modérées de lait et elle n'altère pas l'absorption du calcium. Même les sujets alactasiques pourraient tolérer sans symptôme 12 g de lactose par jour, équivalant à environ 250 mL de lait en une seule prise, soit 300 mg de calcium en moyenne (ou 25 à 30% des ANC). (152), (56), (66), (153) Elle n'empêche pas non plus la consommation de yaourts qui permet une ingestion de lactases contenues par les bactéries lactiques. Enfin, elle ne contre-indique pas la consommation de fromages qui ne renferment que très peu ou pas de lactose s'ils sont affinés. (56)

L'excès de prudence dans le régime d'éviction des produits laitiers dans le cas d'une intolérance au lactose peut ainsi se comprendre. Cette attitude est fréquemment initiée à tort. (152)

En pratique la tolérance est améliorée par le fractionnement des prises et le ralentissement de la vidange gastrique : l'ingestion du lait au cours d'un repas est donc mieux tolérée. (152) En effet, le temps de transit intestinal est un facteur important modulant la digestibilité du lactose. Par ailleurs, quelques auteurs avancent l'hypothèse qu'une consommation régulière de lactose pourrait induire des modifications de la flore intestinale qui amélioreraient la tolérance, sans modifier l'activité lactasique. (152)

En définitive, la stratégie de prise en charge nutritionnelle de l'intolérance au lactose doit permettre de préserver des apports en calcium suffisants sans engendrer de troubles digestifs. Elle repose sur une adaptation personnelle de la consommation de produits laitiers, chaque individu devant apprendre à se connaître. (152) Plusieurs moyens simples permettent d'éviter les symptômes :

- Diminuer la charge en lactose : en réduisant les portions de lait ingérées, et en préférant les produits pauvres en lactose comme les fromages affinés et les laitages. Selon nous, c'est la méthode la plus simple pour couvrir les besoins en calcium sans symptôme.
- Rajouter de la lactase à l'alimentation, sous forme de bactéries vivantes par exemple, via la consommation de yaourts.
- Un autre moyen simple et souvent suffisant consiste à supprimer la consommation de lait à jeun pour privilégier celle au cours des repas, toujours en petites quantités.

Pour les plus intolérants, un lait dé lactosé ou une préparation pharmaceutique à base de lactase (comprimés ou gélules) que de nombreux laboratoires proposent peuvent être conseillés. Cette dernière doit être prise juste avant les repas.

En ce qui concerne la composition des repas, là aussi plusieurs solutions simples peuvent être adoptées : (tableau 29)

Tableau 29 : Exemples de solutions diététiques permettant de maintenir l'ANC en calcium chez l'intolérant en lactose (155), (156)

Repas	Alternatives pour l'intolérant au lactose
Petit-déjeuner	-Remplacer le lait par un yaourt nature -Si maintien d'une consommation de lait, choisir un lait entier (mieux toléré), y ajouter du chocolat en poudre (améliore la tolérance), sinon choisir un lait dé lactosé ou prendre de la lactase <i>per os</i>
Déjeuner ou Dîner	-Rajouter du gruyère / emmental / parmesan râpé aux féculents -Incorporer le lait ou la crème aux préparations : béchamel, flan, quiche, soupe, purée... -Choisir une eau minéralisée à forte teneur en calcium -Consommer une portion (30g) de fromage affiné (Cantal, Beaufort, Comté...) - Penser aux sources non laitières de calcium (choux, graines oléagineuses ou germées, légumes fermentés, sardines avec les arêtes...)
Collation (non nécessaire chez l'adulte)	-Préférer un yaourt nature ou aromatisé pour accompagner un fruit ou un biscuit -Toujours penser à l'eau minéralisée calcique

Concernant le diagnostic de l'intolérance au lactose, il est possible d'effectuer un test d'éviction des produits laitiers pendant une dizaine de jours. Si lors de leur réintroduction les symptômes réapparaissent, il faut confirmer le diagnostic par un test dit « de l'hydrogène expiré ». Il consiste à évaluer la présence d'hydrogène expiré par la personne, avant et dans les heures qui suivent la consommation d'une quantité déterminée de lactose. Nous l'avons vu, lorsqu'il n'est pas digéré, il provoque une formation de gaz qui, après passage dans la circulation sanguine atteint les voies respiratoires pour être expiré. Un niveau d'hydrogène élevé dans l'air expiré témoigne ainsi d'une mauvaise digestion du lactose.

Enfin, il nous semble particulièrement important d'insister sur le fait que toute personne intolérante au lactose doit en informer son médecin et son pharmacien. De nombreux médicaments contiennent ce sucre parmi leurs excipients, c'est pourquoi la substitution d'un princeps sans lactose par un générique qui en contient n'a pas lieu d'être dans ce cas. Le médecin qui connaît le statut de son patient peut rédiger la prescription en conséquence, ce qui permet au pharmacien de procéder à la délivrance sans difficulté, la substitution étant souvent source de conflit.

2.1.2. Les régimes d'éviction : végétarien et végétalien

Nous invitons à la plus grande prudence vis-à-vis de l'adoption d'un régime végétarien ou végétalien. En effet, pour ce qui est de l'équilibre nutritionnel, les végétariens (et encore plus les végétaliens) sont souvent carencés en calcium, vitamine D, vitamine B12, protéines et oméga 3. Or, nous savons que ces éléments sont essentiels au maintien de la densité minérale osseuse (DMO). Du fait d'un apport en calcium insuffisant, les végétariens auraient d'ailleurs une DMO plus faible de 4%, et les végétaliens de 6%, au niveau du col du fémur et du rachis lombaire par rapport aux non végétariens. (157), (158)

L'impact de ces deux régimes sur les apports calciques reste toutefois très différent, et il dépend fortement du moment auquel ils sont initiés.

Le régime végétarien se caractérise par le refus de consommer de la chair animale. Mais dans le cas le plus commun, la consommation d'œuf, de lait et de produits laitiers est maintenue (on parle d'ovo-lacto-végétariens). De fait, les ANC en calcium sont facilement maintenus et un apport de 3 à 4 produits laitiers par jour est recommandé pour couvrir les besoins non seulement en calcium mais aussi en protéines, en zinc et en vitamine B12, importante pour la formation osseuse. (157), (158), (70)

A titre indicatif, il faut être vigilant au fait que des apports importants en vitamine B9 (situation fréquente chez les végétariens puisque les végétaux en contiennent) peuvent masquer une déficience en vitamine B12. Aussi, le taux de vitamine B12 doit être surveillé régulièrement et une supplémentation peut être conseillée si nécessaire.

Ainsi, le régime végétarien n'empêche pas d'atteindre les ANC en calcium à condition d'un peu de vigilance et d'une consommation quotidienne de produits laitiers. (158)

A l'inverse, l'apport en calcium des végétaliens est une réelle source de préoccupation. Ce régime est caractérisé par un rejet de tout produit animal ou issu de l'exploitation animale. Au-delà de toutes les autres carences auxquelles il expose, il n'offre pas de source alimentaire de calcium permettant de couvrir les besoins quotidiens. De plus en plus d'études tendent à montrer le caractère à risque de ce régime. (101), (159), (160)

Au comptoir, le questionnement ouvert est conseillé afin de déceler des éventuelles carences et d'initier des conseils nutritionnels adaptés. Concernant les apports calciques du végétariens, les conseils à donner sont les mêmes que pour la population générale. En revanche, pour les végétaliens, il faut composer différemment :

- Mettre l'accent sur toutes les autres sources de calcium : eaux minérales calciques en premier lieu car elles ne déséquilibrent pas le régime ;
- Conseiller les boissons végétales enrichies en calcium (et plus ou moins en vitamine D) : jus d'amande, de riz, ou d'orange ;
- Proposer systématiquement une évaluation des apports calciques via le questionnaire du GRIO, en ligne ou distribué par le pharmacien lui-même (cf. III) 2.2.1.) ;
- Le cas échéant, inciter à une consultation médicale pour bénéficier d'un réel entretien nutritionnel et ainsi, discuter de l'intérêt d'une supplémentation médicamenteuse ;

- Enfin, mettre en garde sur la dangerosité d'un tel régime chez l'enfant et l'adolescent.

Nous ne nous étendrons pas sur ce dernier point ; cependant il est impératif que le pharmacien, en tant qu'acteur de santé, transmette le message qu'un régime végétalien chez l'enfant n'est pas souhaitable, voir même dommageable. Les publications scientifiques concernant les apports en calcium chez ces enfants et adolescents sont rares, mais globalement, elles relatent des apports calciques bien inférieurs aux apports recommandés : de l'ordre de 500 à 550 mg/j (159) avec pour probable conséquence une mauvaise densité osseuse et une forte augmentation ultérieure du risque fracturaire et d'ostéoporose.

2.1.3. Le calcium chez l'adolescent

Chez l'adolescent, une intervention précoce au niveau des conseils nutritionnels doit être envisagée, surtout concernant l'apport calcique puisque cette période est capitale dans la construction du capital osseux. En 5 à 6 ans, l'adolescent acquiert 40% de sa masse osseuse optimale. La qualité de cette dernière est un marqueur de prévention de l'ostéoporose. (56)

Les recommandations préconisent une portion de produit laitier par repas, soit 3 ou 4 produits laitiers par jour (selon leur richesse en calcium et la taille de la portion) pour atteindre l'ANC de 1200 mg de calcium. (161) Ceci reste simple en pratique comme le montre le tableau 30.

Dans certains cas en revanche, l'atteinte des ANC devient moins évidente. L'adolescence est marquée par le changement des goûts et l'émancipation des choix diététiques. On observe souvent un détachement du lait, souvent représentée comme la boisson de l'enfance. Pour formuler un conseil, il est intéressant d'identifier la raison du refus des produits laitiers :

- S'il s'agit d'un souci de prise de poids (préoccupation courante chez les adolescentes) : conseiller la consommation de lait demi-écrémé ou écrémé, et celle de produits laitiers 0%.
- S'il s'agit d'une réelle aversion pour les produits laitiers : boire des eaux riches en calcium, de se servir de l'emmental, du comté ou un parmesan râpé pour l'incorporer aux plats (omelettes, gratins, quiches, soupes), de mettre en avant les sources de calcium non lactiques et de consommer quelques produits enrichis disponibles.
- Si l'adolescent présente une intolérance au lactose : se baser sur les conseils présentés un peu plus haut (tableau 27).

Les tableaux 30 et 31 présentent quelques astuces permettant d'atteindre les 1200 mg de calcium journalier, même en cas de refus du lait.

Tableau 30 : Composition des repas permettant d'atteindre les ANC de calcium chez l'adolescent (155), (58), (162), (161)

Repas	Exemple de sources de calcium
Petit-déjeuner	- 1 bol de lait
Déjeuner / Dîner	- 1 portion de fromage râpé ajoutée aux féculents - 1 plat cuisiné à base de crème ou lait (quiche lorraine, flan, gratin) - 1 yaourt nature / aromatisé ou 1 portion de fromage
Goûter	-Penser aux milk-shakes, appréciés des adolescents -1 yaourt à boire / 1 fromage frais en gourde / 1 petite brique de lait aromatisée / 1 portion de fromage

Tableau 31 : Aide à la composition des repas sans lait permettant d'atteindre les ANC de calcium chez l'adolescent (155), (58), (161), (162)

Repas	Astuces pour atteindre les ANC sans lait	Gain de calcium (moyenne)
Petit-déjeuner	-Consommer 1 yaourt nature (+/- 0%) (125g) ou un fromage blanc (100g)	+ 150 mg
Déjeuner / Dîner	-Rajouter du gruyère râpé (10g) aux féculents	+ 102 mg
	-Utiliser 1/2 fromage blanc (50g) pour agrémenter une sauce salade (0% si préféré)	+ 50 mg
	-Choisir une eau riche en calcium	+71 mg /verre de 150mL
	-Consommer une portion (30g) de fromage affiné (Cantal, Beaufort, Comté...)	+270 mg
Goûter	- Accompagner un fruit ou un biscuit d'un yaourt nature ou aromatisé	+ 150 mg
	-Toujours penser à l'eau minéralisée calcique	+71 mg /verre de 150mL

Il ne faut pas oublier que la vitamine D et l'activité physique jouent un rôle important sur la minéralisation. Donc conseiller en plus :

- Une consommation hebdomadaire de poissons gras (2 fois par semaine dans l'idéal), associée quotidiennement à un court moment d'ensoleillement (15 à 30 minutes suffisent) ;
- Une activité physique régulière.

Enfin, il faut mettre en garde sur quelques faux-amis concernant les sources alimentaires de calcium chez les adolescents : les glaces et les crèmes dessert sont sucrées et grasses mais elles ne font pas partie des produits laitiers. Les barres dites « lait et chocolat » sont elles aussi pauvres en calcium et très riches en sucres et lipides saturés. Enfin, les fromages fondus à

tartinier, (souvent très appréciés à cet âge) ne contiennent que peu de calcium et leur consommation doit être limitée de par leur teneur en sel et matières grasses.

2.1.4. Le calcium chez la femme enceinte et allaitante

La femme enceinte ou allaitante voit rapidement ses besoins en calcium augmenter. Il faut bien lui expliquer l'enjeu de cette période : faire face à l'ostéoformation du fœtus (ou à la croissance du bébé) tout en préservant son propre capital osseux. L'organisme maternel permet des adaptations physiologiques efficaces, à condition d'avoir une alimentation équilibrée. C'est pourquoi, on conseille :

- Un produit laitier à chaque repas et au goûter, surtout au cours du 3^{ème} trimestre de la grossesse, car le fœtus fixe une grande quantité de calcium (environ 200 mg/j). (70)
Le goûter est important car il permet d'éviter les fringales et le grignotage ainsi que les déjeuners trop copieux qui empêchent la digestion chez la femme enceinte. Plusieurs options sont possibles pour garantir un apport de calcium satisfaisant, en voici quelques exemples :
 - o 1 portion de pain (1/6 de baguette) et 1 portion de fromage autorisé (cf. infra) + un verre d'eau minéralisée calcique ;
 - o 1 pot de semoule ou riz au lait + ½ verre de jus de fruits 100% jus + un verre d'eau minéralisée calcique ;
 - o 1 fromage blanc + une banane + 1 verre d'eau minéralisée calcique ;
 - o 1 verre de lait et 4 petits-beurre (les biscuits trop gras ou trop sucrés sont à éviter). (161)
- Privilégier une eau minéralisée à forte teneur en calcium. Ces eaux sont souvent riches en magnésium ce qui présente l'intérêt supplémentaire d'aider au transit intestinal, souvent ralenti par la grossesse. De plus une hydratation suffisante est impérative pour l'allaitement maternel.
- Déconseiller la consommation de fromages au lait cru et des croutes de fromages en général lors de la grossesse, ceci dans un souci bactériologique, la listériose étant redoutée. En revanche les fromages au lait pasteurisé sans croûte, à pâte pressée cuite sans croûte et les fromages fondus peuvent être consommés sans risque.
- Mettre en garde sur la consommation de produits contenant des phyto-estrogènes qui ne sont pas souhaitables lors de la grossesse. La consommation de jus de soja, de tofu, ou de desserts à base de soja doit se limiter à une portion par jour maximum même si elle amène du calcium. Si le lait n'est pas souhaité par la future mère, il faut l'orienter vers les jus végétaux enrichis en calcium à base d'amande ou d'avoine.
- En cas de fringale en soirée, proposer d'associer un yaourt nature à un fruit.

Le pharmacien doit également savoir dépister une situation à risque de carence calcique et pouvant nécessiter une supplémentation :

- Des grossesses rapprochées ou gémellaires ;
- Un régime végétarien, végétalien ;
- Un niveau socio-économique bas pouvant entraîner des répercussions sur l'équilibre alimentaire ;
- Une pathologie maternelle digestive ou rénale (excès de pertes). (cf. III) 1.1.1.)

2.1.5. Le calcium chez la femme ménopausée

Nous avons suffisamment insisté sur le fait que l'ostéoporose post ménopausique est un problème de santé publique dont la prévention primaire et secondaire passe par la maîtrise des apports de calcium alimentaire et le respect d'une bonne hygiène de vie.

Dans ce contexte, le pharmacien a toute sa place d'acteur de santé compétant pour rappeler les règles hygiéno-diététiques.

Au comptoir, la simple lecture de la carte vitale nous renseigne sur l'âge de la personne et ses traitements en cours (si le Dossier Pharmaceutique a été ouvert). En fonction de ces informations et de la qualité de la relation entretenue avec la personne, le pharmacien peut engager le dialogue en adoptant un questionnement ouvert dont nous proposons quelques accroches :

- « Etes-vous vigilante à vos apports de calcium au quotidien ? »
- « Veillez bien lors des repas à satisfaire vos besoins en calcium, c'est important car ils augmentent chez tout le monde après 50 ans »
- « Pensez à consommer des produits laitiers quotidiennement pour satisfaire vos besoins en calcium ». Si la personne n'en consomme pas, elle saura répondre à ce conseil et le praticien saura utiliser d'autres approches pour maintenir le dialogue.
- « Pensez à suffisamment vous hydrater, et si c'est une eau riche en calcium c'est encore mieux. »
- « Cela vous intéresserez-il d'évaluer vos apports en calcium et que je vous donne quelques pistes pour que vous puissiez atteindre les valeurs recommandés ? » Le questionnaire du GRIO (Groupe de Recherches et d'Informations sur les ostéoporoses) est simple et rapide (cf. III) 2.2.2.) et le pharmacien peut le proposer.

La conversation une fois initiée, il faut passer des messages clairs et percutants :

- La perte osseuse est particulièrement importante au cours des 3 années qui suivent la ménopause, essentiellement à cause du déficit oestrogénique. En effet, on estime que 3 à 5% de la perte osseuse a lieu dans les 2 à 3 ans qui suivent la ménopause pour se stabiliser ensuite à 1% par an (63), (56). C'est donc à ce moment-là qu'il faut être vigilant quant au statut calcique.

- La perte osseuse est physiologique. Cependant, s'il est impossible de modifier certains facteurs de risque d'ostéoporose (génétiques, liés à l'âge), il est possible d'agir sur beaucoup d'autres, notamment par l'observation de règles d'hygiène de vie.

Les conseils associés à l'apport calcique chez la femme ménopausée sont résumés dans le tableau 32.

Tableau 32 : champs d'action pour le maintien des ANC en calcium et la prévention de l'ostéoporose (63), (56), (163)

Domaine d'intervention	Conseils associés
Apports calciques	-Consommer 3-4 produits laitiers par jour -Boire de l'eau à forte teneur en calcium + conseils supplémentaires adaptés à la situation
Limitier les pertes de calcium	-Lutter contre le tabagisme (+++) et la consommation excessive d'alcool -Eviter l'excès de sodium alimentaire -Respecter des apports protéiques de l'ordre de 1 g/kg/j. Les protéines sont fondamentales pour le tissu osseux mais l'excès est en faveur de la calciurie
Hygiène de vie	-Maintenir un poids et un IMC dans les limites conseillées (un faible poids est associé à un risque augmenté d'ostéoporose et de fracture) -Maintenir d'une activité physique : l'exercice ralentit la perte de la masse osseuse et favorise le renouvellement
Statut vitaminique D	-Consommer des poissons gras (2x par semaine) +/- -Profiter d'une marche quotidienne pour lier activité physique et ensoleillement (et donc synthèse de vitamine D)

Une autre problématique courante chez la femme ménopausée est celle de la prise de poids. Cette crainte peut être un frein à la consommation de produits laitiers. L'apport de calcium reste toutefois possible en limitant le bilan énergétique des repas. Voici quelques solutions à proposer :

- Mettre à profit l'eau minéralisée calcique pour un apport de calcium sans calorie associée ;
- Remplacer la crème fraîche des préparations comme la quiche lorraine par du fromage blanc mélangé à un blanc d'œuf battu ;
- Pour accompagner les crudités, se servir d'un yaourt ou un fromage blanc 0% pour préparer des sauces légères ;
- De façon générale, préférer les laitages 0%, et les agrémenter de morceaux de fruits ou d'un coulis de fruits sans sucre ajouté ;
- Choisir un lait écrémé pour le petit-déjeuner ;
- Ne pas se priver des fromages à pâtes cuites (à forte teneur calcique) mais limiter les portions à 30 g.

2.1.6. Le calcium chez la personne âgée

Chez la personne âgée, le contexte est défavorable au maintien du « capital calcique » :

- Réduction des apports alimentaires (diminution de l'appétit, maladies chroniques) ;
- Altération du métabolisme calcique au niveau intestinal et rénal ;
- Apport insuffisant en vitamine D (défaut d'exposition solaire, diminution de la synthèse de calcitriol)
- Carence protéique qui contribue à l'ostéoporose. (56)

Le respect des règles hygiéno-diététiques nécessite un vrai travail d'éducation thérapeutique de la part du corps médical.

Les recommandations sont les mêmes que celles exposées plus haut : 4 produits laitiers par jour (161) ; mais il faut davantage insister sur l'intérêt des eaux à forte teneur en calcium. La lutte contre la déshydratation est un véritable enjeu chez les sujets âgés et ces eaux présentent le triple avantage de lier apports de calcium, apports de minéraux bénéfiques au transit, et hydratation. On recommande la consommation de 1 à 1,5 L d'eau par jour. (161)

Par ailleurs il faut se soucier des mécanismes qui entraînent une fuite urinaire de calcium plutôt que de se focaliser uniquement sur les apports alimentaires dont les habitudes sont difficiles à faire changer chez le sujet âgé. Il faut donc mettre l'accent sur :

- L'importance d'une limitation de la consommation de sodium alimentaire qui augmente la calciurie ;
- L'intérêt d'une consommation raisonnée d'alcool et du sevrage tabagique ;
- L'importance d'un apport suffisant de protéines (1 g/kg/j), tout en prévenant un excès (bien que cela soit rare chez les sujets âgés plus souvent dénutris).

Comme pour la population générale, conseiller une exposition solaire suffisante (15 à 30 minutes par jour) pour la synthèse de vitamine D.

Enfin, il faut aborder la lutte contre la sédentarité. L'activité physique, et ce à tout âge, permet d'exercer sur l'os des légères pressions qui favorise le renouvellement osseux. Il faut recommander une activité sportive régulière, adaptée à l'âge et à la condition physique : 30 minutes de marche par jour ou 1 heure d'activité physique 3 fois par semaine. Ceci permet également de préserver la masse musculaire et donc de lutter contre le risque de chute.

Le tableau 33 regroupe quelques conseils nutritionnels facilement applicables. Ils permettent d'allier la problématique de la dénutrition et celle des apports calciques, souvent étroitement liés à un âge avancé.

Tableau 33 : conseils pour maintenir des apports calciques chez la personne âgée (155), (161)

Repas	Conseils associés à l'apport calcique
Tout repas confondus	<ul style="list-style-type: none"> -Augmenter le nombre de repas dans la journée en ajoutant une collation supplémentaire à 11 h et/ou à 16 h -Consommer les aliments appréciés, aux saveurs prononcées pour stimuler l'appétit -Insister sur l'hydratation au moment et en dehors des repas -Dans la journée, alterner lait, laitages et fromages pour obtenir un bon compromis entre apport de calcium et de matières grasses
Petit-déjeuner	<ul style="list-style-type: none"> -Un produit laitier impératif : yaourt / fromage blanc / lait -Ajouter du beurre aux tartines pour gagner en apport calcique et participer à l'enrichissement énergétique
Déjeuner / Diner	<ul style="list-style-type: none"> -Penser au fromage râpé, à la poudre de lait, à la crème fraîche, pour enrichir en calcium les soupes, purées, et autres préparations -Beurrer le pain -Boire une eau minéralisée calcique (1 à 1,5 L d'eau par jour) -Selon les goûts, consommer une portion de fromage en fin de repas ou un yaourt aromatisé / sucré
Collations	<ul style="list-style-type: none"> -Privilégier un yaourt ou une portion de fromage, toujours accompagnés d'un verre d'eau à forte teneur en calcium

2.2. Outils pratiques à disposition du pharmacien d'officine

2.2.1. Outils d'évaluation des apports

En France, il existe actuellement des questionnaires permettant d'évaluer les apports calciques alimentaires. Deux de ces derniers ont été validés par la communauté scientifique et sont couramment utilisés.

2.2.1.1. Auto-questionnaire de Fardellone

C'est le questionnaire de référence au niveau national pour l'évaluation des apports en calcium. (Annexe 3) Il est détaillé et donne une estimation de la consommation quotidienne en milligramme. Il prend en compte l'âge, le sexe et les apports alimentaires généraux (pas seulement ceux des produits laitiers). L'évaluation se fait au travers de 20 items qui cherchent à quantifier les produits consommés en volume par semaine ou par jour. L'exactitude du résultat annoncé dépend évidemment du soin apporté aux réponses. (164)

Ce questionnaire présente pourtant des inconvénients majeurs. Il est avant tout chronophage, car il faut plus de 5 minutes pour le réaliser. (165) Il demande d'évaluer la taille des portions alimentaires, sans comparatif possible. De plus, sa forme est telle qu'il ne peut être rempli que par des personnes ayant toutes leurs facultés intellectuelles. En effet, le principe est simple : un score obtenu pour chaque item, qu'il faut ensuite additionner pour obtenir le résultat final. Mais chaque item est associé à un coefficient multiplicateur (permettant d'obtenir un résultat en mg/j), ce qui ne rend pas le calcul évident pour tous. (166)

Le GRIO propose une version en ligne de l'auto-questionnaire de Fardellone, disponible sur : <http://www.grio.org/calcul-apport-calcique-quotidien.php>. (164) Il est beaucoup plus simple car l'utilisateur n'a qu'à répondre aux items et le calcul des apports est fait directement par un algorithme. La personne qui réalise le test en ligne peut même imprimer son questionnaire pour l'amener lors d'un entretien avec son pharmacien ou d'une consultation médicale.

Ainsi, ce test est certes un outil d'évaluation précis mais il reste difficile à réaliser au comptoir. Il se prête davantage à une utilisation lors d'un entretien en éducation thérapeutique à l'officine.

2.2.1.2. Questionnaire d'évaluation du CERIN / UNAFORMEC

Le CERIN (Centre de Recherche et d'Information Nutritionnelles), en collaboration avec l'UNAFORMEC (Union Nationale des Associations de Formation Médicale et d'Evaluation Continues) a mis au point son propre questionnaire. (164)

Il est disponible en ligne sur le site du GRIO également, ou sous forme téléchargeable : <http://www.grio.org/documents/questionnaire-alimentation-calcium.pdf> (ANNEXE 4). A la différence du questionnaire de Fardellone, celui-ci ne porte que sur l'apport de calcium issu des produits laitiers. Il présente l'avantage d'être simple et rapide (6 items seulement), et donc il peut être fait plus facilement par les patients eux-mêmes. On y indique son âge, son sexe, et pour une femme, il est possible de préciser si elle est ménopausée ou enceinte. Le test ne donne pas de résultat final en mg mais un score allant de 3 à 42 points. (164), (165), (166)

Le pharmacien peut remettre à ses patients/clients le format papier de ce questionnaire lors d'un conseil associé à la délivrance d'un traitement ou lors d'une demande spontanée en nutrition. Il peut aussi simplement indiquer l'adresse du site internet du GRIO pour que la personne puisse s'auto-évaluer chez elle.

L'inconvénient de ce questionnaire est son manque de précision. Néanmoins il permet de dépister les faibles consommateurs de calcium. En pratique, il faudra inviter ces derniers à solliciter les conseils du pharmacien ou le cas échéant, à prendre rendez-vous pour une consultation médicale auprès d'un praticien.

Âge : Sexe : masculin féminin

	Vous en mangez tous les jours		Vous en mangez de temps en temps		
	2 à 3 fois par jour	1 fois par jour	5 à 6 fois par semaine	3 à 4 fois par semaine	1 à 2 fois par semaine
Lait (200ml) : un bol ou un grand verre	8	4	3	2	1
Sandwich au fromage ou quiche ou croque-monsieur ou soufflé au fromage ou plat au gratin	9	4	3	2	1
Fromage (1 part)	8	4	3	2	1
1 Yaourt	6	3	2	1	0
Fromage blanc (1 part)	4	2	1	0	0
Flan ou riz au lait ou gâteau de semoule ou glace ou crème dessert	7	3	2	1	0
TOTAL de POINTS par COLONNE					
	+	+	+	+	
	TOTAL des COLONNES =				

POUR COUVRIR VOS BESOINS EN CALCIUM IL VOUS FAUT AU MOINS :

VOUS ÊTES :

Un(e) adolescent(e) (10 à 18 ans) :	15 points
Une femme enceinte :	12 points
Un(e) adulte :	10 points
Une femme ménopausée :	15 points
Un homme de plus de 65 ans :	15 points

Attention,
si vous êtes dans les groupes à risque : essentiellement adolescentes et femmes ménopausées, vous pouvez manquer sérieusement de calcium si votre score est inférieur à 10 points.
Demandez conseil à votre médecin ou votre pharmacien : ils vous aideront à y remédier.

Référence : Estimation des apports calciques. Validation d'un questionnaire. Revue du praticien Médecine générale 2005 ; 19 : 972-75

CERIN
UNAFORMEC
MPVA - Information CERIN - Siren 381 207 018 - 0516 82044C

Figure 26 : Questionnaire d'évaluation des apports calciques du CERIN / UNAFORMEC (164)

Le pharmacien dispose donc d'outils pour l'évaluation des apports calciques quotidiens ayant chacun ses avantages et ses inconvénients. Si le dialogue à l'officine est fréquemment mis à mal par l'affluence, le manque de temps ou l'absence d'espace de confidentialité, remettre un questionnaire est une démarche simple qui constitue un bon moyen d'engager la réflexion sur les apports en calcium. Elle contribue au conseil nutritionnel en pharmacie, à la prévention des carences calciques et de l'ostéoporose.

On ne peut qu'encourager le développement d'outils simples et rapides afin de rendre systématique cette étape d'évaluation, nécessairement préalable à toute attitude de recommandation nutritionnelle ou thérapeutique concernant les apports quotidiens en calcium. En effet, c'est en passant ces messages de prévention et en se montrant à l'écoute que le pharmacien se place en véritable acteur de santé publique. Sa disponibilité quotidienne, sans rendez-vous, est un réel avantage pour établir le suivi des patients.

2.2.2. Les « cas-patients nutrition » par Nestlé NutriPro®

Le site de Nestlé NutriPro® (URL : <https://www.nutripro.nestle.fr/nutripro>) est une plateforme digitale dédiée à la nutrition qui propose de nombreuses ressources aux professionnels de santé.

Les fiches « cas-patients nutrition » font partie de ces outils mis à disposition sur le site. (155) Ces dernières aident à mieux cerner les problématiques de nutrition propres à chaque type de personne : enfants, adolescents, femmes et seniors et ainsi à mieux répondre à leurs questions sur l'alimentation et la nutrition. Sont répertoriés les principaux conseils à dispenser

lors de situations que nous avons abordées un plus tôt telles que l'ostéoporose, l'intolérance au lactose, la place du calcium à l'adolescence, la grossesse, ou chez les sujets âgés... Toutes les informations utiles y sont extrêmement bien résumées, c'est pourquoi nous incitons à l'utilisation de ces fiches regroupées en ANNEXE 5, 6, 7, 8 et 9. (155)

Bien que la *Nestlé Nutrition Institute* soit une organisation à but non-lucratif, nous sommes prudents sur le fait qu'elle est financée par le groupe Nestlé ayant lui des objectifs commerciaux. Toutefois, l'exactitude scientifique des données avancées, la forme particulièrement intéressante de ces fiches et leur accessibilité justifie le fait qu'elles méritent d'être connues des pharmaciens et utilisées comme support de formation au conseil.

2.2.3. Gérer ses apports quotidiens de calcium: les applications smartphone

A l'heure du développement des objets connectés, il existe de plus en plus d'applications dédiées à la santé disponibles sur les stores des téléphones portables. Depuis longtemps développées dans le domaine de l'auto surveillance glycémique notamment, ces applications fleurissent aujourd'hui dans le domaine de la nutrition et certains laboratoires proposent depuis peu leur propre application de suivi et d'évaluation des apports en calcium.

Prendre soin de sa santé grâce à son smartphone est une idée séduisante, à condition de trouver une application utile, validée et développée avec une certaine rigueur scientifique. C'est pourquoi nous avons choisi deux d'entre elles :

- CalciCoach® du laboratoire Mayoly-Spindler
- OSCare® développé par les laboratoires Teva.

Celles-ci se démarquent en proposant des fonctionnalités pertinentes, une bonne précision des données avancées et un design intéressant. Elles présentent par ailleurs l'avantage d'être toutes les deux gratuites.

S'il est vrai que le choix d'un tel outil n'est pas forcément approprié pour les personnes âgées, il l'est beaucoup plus pour les adolescentes et les femmes adultes, pré- et post-ménopausées plus souvent connectées à leur smartphone.

2.2.3.1. CalciCoach® par Mayoly-Spindler

CalciCoach® est une application validée par le GRIQ, qui propose une double interface, avec une partie « évaluation » et une partie « suivi » des apports (figure 27). La partie évaluation passe par la réalisation de l'auto questionnaire de Fardellone. A la fin du test, le résultat obtenu s'affiche à côté d'un tableau regroupant les différentes valeurs des ANC en fonction de l'âge et du statut physiologique. Ceci permet à l'utilisateur de mettre en relation ses apports et ses besoins et de connaître l'état présumé de son bilan calcique.

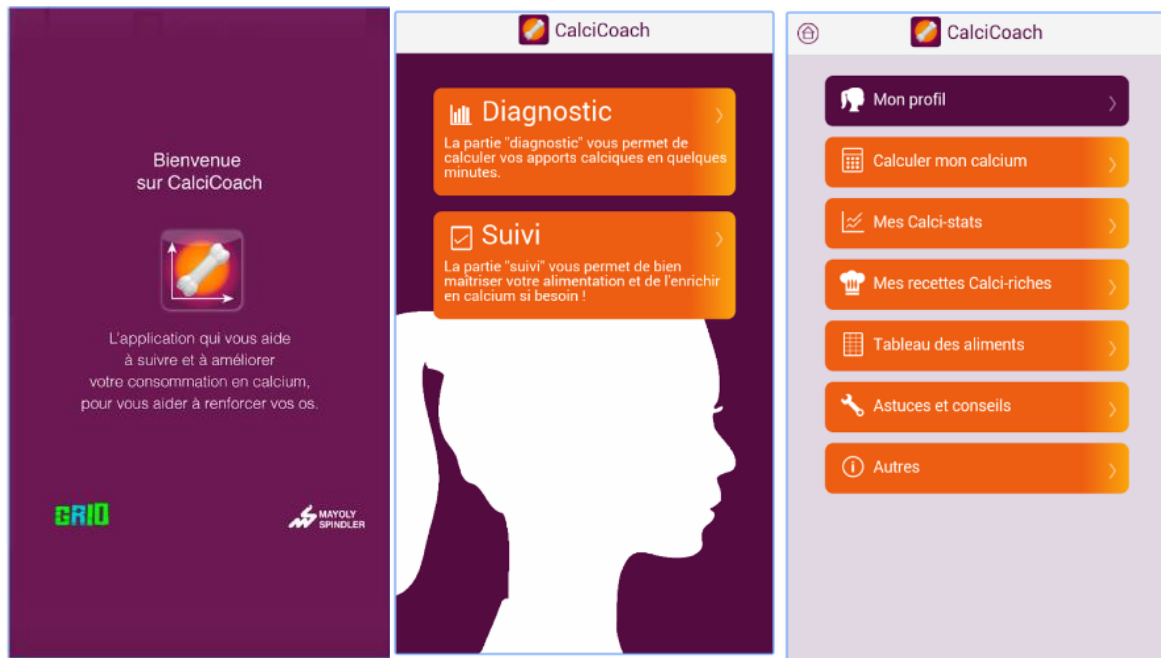


Figure 27 : Présentation de l'interface de l'application CalciCoach® (167)

Pour utiliser les fonctionnalités de la partie « suivi », l'utilisateur doit renseigner au préalable sa tranche d'âge, son sexe et s'il s'agit d'une femme enceinte ou qui allaite il devra le préciser. De ces renseignements sera automatiquement déduit un objectif d'apport en calcium personnalisé (figure 28).

Le principe est ensuite très simple : il suffit d'inscrire au fur et à mesure les aliments consommés pendant la journée (la liste proposée est très complète) et l'application convertit ces apports alimentaires en équivalents d'apports calciques (en milligrammes). Si l'objectif n'est pas atteint, elle propose des astuces et recettes riches en calcium pour aider l'utilisateur à satisfaire ses besoins.

L'application propose également des tables de correspondance donnant la teneur en calcium pour 100 g d'aliments de consommation courante. Elle met à disposition les équivalences entre les portions classiques d'aliments et le poids en gramme pour faciliter le choix des quantités consommées. Toutes ces informations sont issues des données du CIQUAL.

Enfin, elle met à disposition des conseils hygiéno-diététiques concernant la santé osseuse (apports de vitamine D, activité physique...).

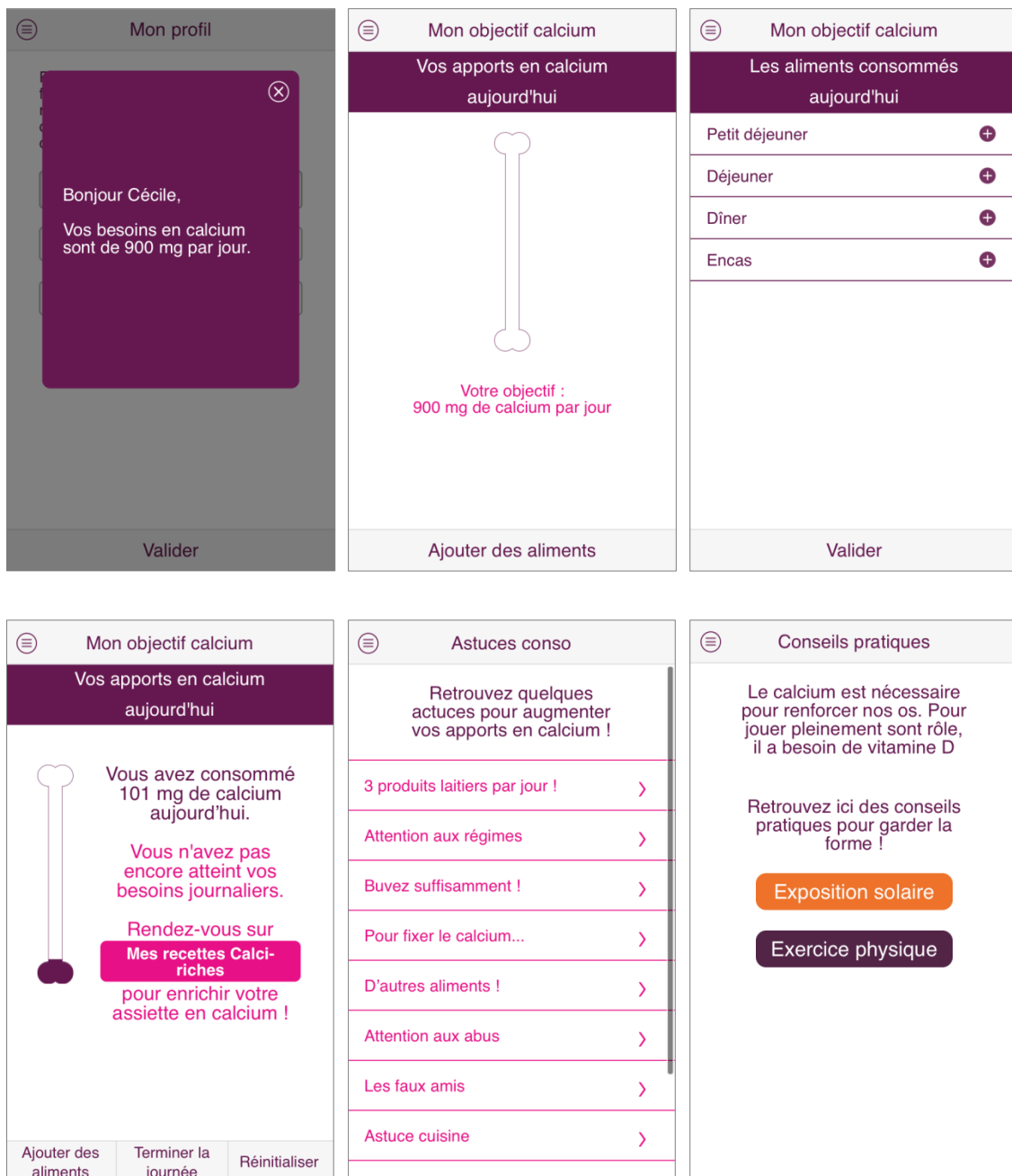


Figure 28 : Fonctionnalités de l'application Calcicoach® (163)

2.2.3.2. OSCare® par Laboratoires-Teva

De la même façon que l'application CalciCoach®, celle des Laboratoires Teva s'adresse principalement aux femmes. Ses fonctionnalités sont sensiblement identiques : suivi de la consommation de calcium au quotidien, historique des apports et progression, astuces diététiques et conseils de santé. (Figure 28)

OSCare® se démarque par son interface un peu plus ergonomique (figure 29) et ses conseils hygiéno-diététiques plus complets, notamment grâce rubriques suivantes :

- « fragilité osseuse, quels sont mes risques » ;
- « idées reçues sur le calcium »
- « calcium et régime diététiques »
- « conseils pour prévenir l'ostéoporose »

Cependant la base de données des aliments répertoriés ainsi que la table des teneurs en calcium sont beaucoup moins complètes que celle de l'application développée par Mayoly-Spindler. L'évaluation de l'objectif d'apport personnalisé manque quelque peu de précision puisqu'il ne passe pas par un questionnaire validé. C'est pourquoi nous préférons l'application CalciCoach® qui nous semble être celle de choix pour l'évaluation et le suivi des apports quotidien en calcium.

Quelle que soit l'application choisie, l'utilisation reste toujours simple ce qui rend presque ludique le fait de veiller au statut calcique.

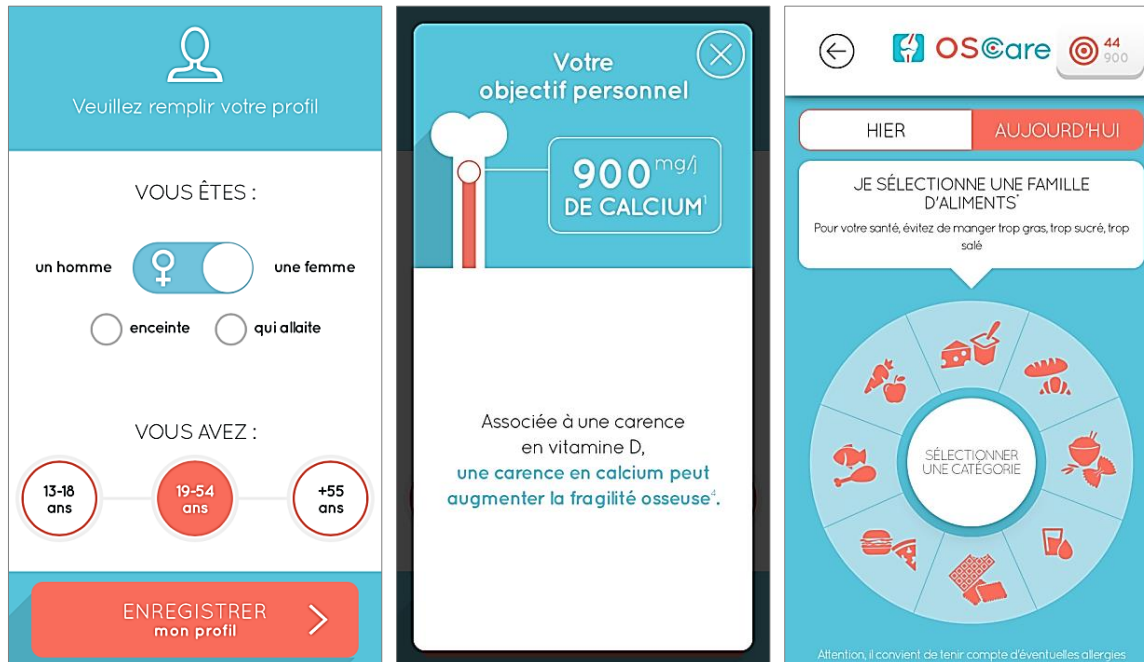


Figure 29 : Présentation de l'interface de l'application OSCare® (168), (169)

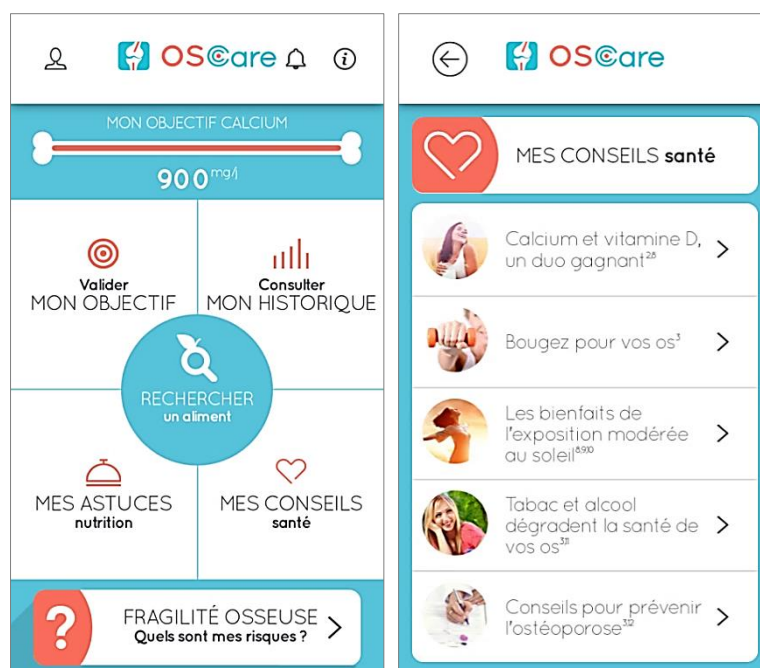


Figure 30 : Fonctionnalités de l'application OSCare® (168), (169)

Ainsi, les besoins en calcium sont propres à chacun. Ils varient en fonction de l'âge et de la condition physiologique comme nous l'avons vu, mais ils sont aussi en lien direct avec le régime alimentaire adopté. Les situations qui en découlent sont nombreuses et amènent à des recommandations différentes et personnalisées.

La mise en place d'une supplémentation calcique médicamenteuse n'est pas systématique en cas de carence et le travail préalable sur la gestion des apports alimentaires est impératif. Si elle s'avère nécessaire, le pharmacien d'officine doit être en mesure de guider et rassurer ses patients sur les modalités de prise, les posologies, et les éventuels risques d'un tel traitement. De même, il doit être vigilant aux conditions de prescription, à l'apport alimentaire qui est associé et aux possibles interactions médicamenteuses.

Supplémentation calcique ou non, le rappel des messages nutritionnels principaux est important. Une fois de plus, il faut souligner l'importance de la consommation quotidienne de produits laitiers sans lesquels les ANC en calcium ne peuvent être garantis efficacement. La promotion des eaux minéralisées calciques est justifiée dans de nombreux cas : besoins en calcium augmentés, situations comme la grossesse, l'allaitement ou encore la sénescence qui est marquée par la problématique de la déshydratation des sujets âgés. Par ailleurs, la lutte contre le tabagisme, la consommation excessive d'alcool et la sédentarité sont de vrais leviers pour la prévention du capital osseux sur lequel il faut s'appuyer et insister.

On rappelle une fois de plus que le pharmacien a toute sa place dans la délivrance de ces conseils. Ces derniers font partie intégrante de l'acte de dispensation qu'il exerce au quotidien. Sa compétence en nutrition et sa disponibilité sont deux atouts majeurs pour l'instauration d'une relation de confiance et avec ses patients/clients.

Ceci nécessite en amont une formation de la part du pharmacien qui dispose pour ce faire de nombreux outils. Il peut par exemple facilement s'approprier les fiches « cas-patients » de

Neslté-NutriPro®, car elles sont téléchargeables gratuitement et peuvent servir de support de formation pour l'équipe officinale. Il en va de même pour les questionnaires d'évaluation des apports calciques. Ils peuvent être imprimés et exploités dans le cadre de la formation continue de l'équipe et dans le cadre d'une démarche d'assurance qualité.

Enfin, les applications pour smartphone constituent un moyen simple et ludique de veiller aux apports en calcium. Il faut cerner les personnes réceptives à ce type d'alternatives et leur en faire connaître l'existence.

Du reste, qu'ils s'adressent au pharmacien d'officine ou aux patients, tous ces outils ne doivent pas se substituer aux conseils du professionnel de santé. Ils peuvent au contraire asseoir les recommandations des autorités compétentes ou des sociétés savantes, et participer à l'éducation thérapeutique des patients dans le domaine de la nutrition.

CONCLUSION

A ce jour, le rôle du calcium dans l'équilibre nutritionnel est bien connu, et l'importance d'un apport suffisant est communément admise, notamment pour l'acquisition du capital osseux. Le calcium est indispensable au bon fonctionnement de l'organisme puisque l'accrétion osseuse, la conduction nerveuse, la contraction musculaire ou encore l'hémostase font appel à celui-ci.

Notre travail nous a avant tout permis d'éclaircir diverses problématiques venant biaiser nombres de conclusions avancées par certaines publications de la littérature scientifique.

D'une part, au niveau international, nous avons pu mettre en évidence une disparité entre les apports recommandés : les ANC français ne s'alignant pas toujours sur celles de nos voisins à l'étranger. D'autre part, les coutumes alimentaires sont elles aussi propres à chaque pays, en lien avec le niveau économique et la culture de chacun d'entre eux. Enfin, les moyens diagnostics à disposition et les préoccupations de santé publique nationale influencent les recommandations nutritionnelles. De fait, toutes les études ne sont pas comparables, et il faut se méfier des démonstrations faites par certains auteurs sur la possible révision à la baisse des ANC en calcium, qu'ils jugent trop élevés.

Par ailleurs, nous avons montré l'ubiquité du calcium dans l'alimentation, et pas seulement dans les produits laitiers. Certains aliments comme les herbes aromatiques, les choux ou les algues ont une richesse minérale souvent méconnue. Toutefois il faut distinguer teneur en calcium et réel intérêt nutritionnel. Nous avons montré en effet que la nutrition du calcium est régit par de multiples facteurs comme le coefficient d'absorption ou la matrice alimentaire. Tous viennent influencer la biodisponibilité finale et font relativiser l'intérêt de nombreuses denrées d'origine non laitière, qui présentent à priori une concentration minérale prometteuse.

C'est dans ce cadre que les produits laitiers trouvent une place de choix dans la couverture des besoins calciques quotidiens. Ils renferment du calcium absorbable et biodisponible (mais aussi d'autres nutriments et minéraux) ce qui les rend essentiels à la santé et à l'équilibre nutritionnel. Les alternatives au calcium laitier existent bel et bien : eaux minérales calciques, algues, denrées fermentées, poissons avec les arêtes, graines germées ou encore produits enrichis... Cependant, le régime d'éviction des produits laitiers expose à un déséquilibre diététique certain si l'objectif est de maintenir un apport calcique suffisant. De plus, si le statut calcique n'est pas une préoccupation, ce type de régime expose de fait aux carences par défaut d'apports.

Ceci étant, la consommation régulière de produits laitiers ne fait pas encore l'unanimité et une part non négligeable de la population française n'atteint pas les ANC en calcium. C'est pourquoi dans sa pratique quotidienne, le pharmacien d'officine a un rôle important à jouer dans l'accès à l'information claire et scientifique d'une problématique touchant nombre de sujets, de l'enfant en pleine croissance à la personne âgée souffrant d'ostéoporose.

L'éducation du patient à la diététique doit être prise en charge à l'officine. En effet, qui mieux que le pharmacien peut prolonger la délivrance de médicaments par des conseils diététiques adaptés aux personnes âgées, aux femmes enceintes, aux enfants ou encore aux femmes ménopausées et assurer la prise en charge nutritionnelle de ces derniers ?

Le Plan National Nutrition Santé (PNNS) comprend entre autres dans ses objectifs, une augmentation de la consommation des produits laitiers pour la satisfaction des apports calciques. Le pharmacien, en tant que partie prenante de ce plan, doit participer à la valorisation de cet objectif et travailler en conséquence sur la formation, la surveillance et l'évaluation de l'état nutritionnel de ces patients.

En outre, nos recherches nous ont amené à aborder la calcithérapie. L'administration de calcium sous sa forme médicamenteuse est une thérapeutique courante dont le pharmacien doit connaître les principes généraux. Des posologies à la gestion d'éventuelles interactions médicamenteuses, nous avons développé les grandes lignes de ce traitement qui, rappelons-le, n'est pas sans risque et ne doit pas être banalisé.

Dans ce contexte, nous insistons une fois de plus sur le fait que la dispensation est un acte complexe, et qu'il ne s'agit pas d'une simple vérification de la cohérence de l'ordonnance mais d'une véritable validation thérapeutique associée à la remise de conseils personnalisés. Le marché de la nutrition et la diététique étant en pleine expansion, la maîtrise des notions de base dans ces domaines est indispensable.

Ainsi l'étude approfondie des sources alimentaires de calcium nous a permis de formuler des éléments de réponses sur la place des produits laitiers dans la couverture des ANC, de développer les grandes lignes de la calcithérapie et enfin, d'élaborer des conseils nutritionnels adaptés à la plupart des situations rencontrées en pratique quotidienne à l'officine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- 1 : COLLEGE DES PHARMACIENS CONSEILLES ET MAITRE DE STAGE. *Guide du stage de pratique professionnelle en officine 2017*. 24^{ème} Edition [en ligne]. Concours de l'Ordre des Pharmaciens Conseil Central A des Pharmaciens titulaires d'officine. Paris : 2017, 459p. Format PDF. Disponible sur : <http://cpcms.fr/guide-du-stage-de-pratique-professionnelle-en-officine-2017/> (consulté le 09/01/17).
- 2 : PERROTEY J. Le calcium [en ligne]. *Encyclopaedia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis-edu.com.docelec.u-bordeaux.fr/encyclopedie/calcium/> (consulté le 15/12/2015).
- 3 : SOCIETE CHIMIQUE DE FRANCE. *Calcium* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.societechimiquedefrance.fr/calcium> (consulté le 21/07/2016).
- 4 : PERECK S. Eléments chimiques, le calcium [en ligne]. *Découverte scientifique et pédagogique sur la classification périodique des éléments chimiques*. Disponible sur : <http://www.elementschimiques.fr/?fr/elements/z/20> (consulté le 21/07/2016).
- 5 : GIDENNE S., VIGEZZI J.F., DELACOUR H. *et al.* : Dosage direct du calcium ionisé plasmatique ou estimation par calcul : intérêts et limites. *John Libbey Eurotext Revues*, 2003, 61(4), 393-9.
- 6 : VITAL DURAND D., LE JEUNNE C : Constantes biologiques et repères médicaux. *Dorosz - Guide pratique des Médicaments 35^{ème} éd.* Paris : Maloine, 2016, 1610-1643.
- 7 : MARZOUK S., DEOM A. : *Dosage du calcium et du phosphate*. Fiche technique 23 SIS 051, Centre Suisse de Contrôle Qualité CSCQ, 2009, 2p.
- 8 : DECHAUX M., BAUDIN B. : Métabolisme phosphocalcique. *Le Moniteur Internat, Tome.2 Biochimie – Hématologie 4^{ème} éd.* Paris : Wolters Kluwer, 2013, 301-323.
- 9 : LAFAGE-PROUST M.H. : Métabolisme phosphocalcique [en ligne]. Disponible sur : <http://www.lbmroanne.com/docs/rhumatologie/Métabolisme%20Phosphocalcique.doc> (consulté le 29/11/2016).
- 10 : HOUILLIER P. : Bilan de calcium et comportement rénal du calcium [en ligne]. *Publications pédagogiques du CUEN Collège Universitaire Enseignants Néphrologie*. Disponible sur : <http://www.cuen.fr/lmd/spip.php?rubrique17> (consulté le 13/12/2015).
- 11 : LANDRIER JF. : Vitamine D : sources, métabolisme et mécanismes d'action, *OCL*, 2014, 21(3) D302, 1-7.
- 12 : ELADARI D., PAILLARD M., HOUILLIER P. : Parathormone : régulation et mécanismes d'action. *Jonh Libbey Eurotext Revues*, 2000, 6(3), 239-43.

- 13 : WEAVER C.M., HEANEY R.P. : Calcium functions. *Calcium in Human Health*. Totowa, New Jersey : Humana press, 2006, 7-13.
- 14 : HAIECH J. : Cellule - La régulation du métabolisme [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/cellule-la-regulation-du-metabolisme/>, 2016, (consulté le 13/07/2016).
- 15 : QUIGNARD J.F. : *Physiologie des muscles*. Enseignement de physiologie de la faculté de pharmacie de Bordeaux, DFGSP Semestre 2, 2014.
- 16 : BODIN L.A. : *Relation dose-effet du calcium sur la coagulation*. Mémoire pour l'obtention du DES d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale. Paris : Académie de Paris, 2010, 28p.
- 17 : DE MOERLOOSE P., BOEHLLEN F. : *Hémostase*. Cours du service d'angiologie et hémostase. Hôpitaux universitaires et faculté de médecine de Genève, 2005, 2-24.
- 18 : CAMUS J.P., DE RICQLÈS A. : Os [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/os/> (consulté le 15/07/2016).
- 19 : DE RICQLÈS A. : Dents [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/dents/> (consulté le 16/07/2016).
- 20 : PERALDI M.N., MOULIN B. : Hypercalcémie – hypocalcémie [en ligne]. *Publication pédagogique du CUEN Collège Universitaire des Enseignants de Néphrologie*. Disponible sur : <http://cuen.fr/umvf/spip.php?rubrique405>, 2016, 265-266 (consulté le 17/07/2016).
- 21 : BELLAICHE M. : Alimentation et besoins nutritionnels du nourrisson et de l'enfant. *KB Médecine Pédiatrie*. Paris : Vernazobres grego, 2013, 164-165.
- 22 : FAO Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture, Chapitre 18, Rachitisme et ostéomalacie [en ligne]. *Archives de documents de la FAO*. Disponible sur : <http://www.fao.org/docrep/004/W0073F/w0073f19.htm> (consulté le 17 juillet 2016).
- 23 : COFER. : Ostéoporose. *Collège Français des Enseignants en Rhumatologie 4^{ème} éd.* Paris : Elsevier-Masson, 2014, 34-55
- 24 : COLLEGE DES ENSEIGNANTS D'ENDOCRINOLOGIE, Ostéoporose. *Polycopié des enseignants en endocrinologie, diabète et maladies métaboliques 3^{ème} éd.* Paris : Elsevier-Masson, 2016, item 56, 1-20
- 25 : CAULIN C., BAUMELOU A., LECA-COLONNA E. et al. : Ostéoporose - traitements [en ligne] *Vidal-Reco*. Disponible sur <https://www.vidal.fr/recommandations/1660/osteoporose/traitements/> 2016, (consulté le 06/01/2017).
- 26 : MARTIN A. : *Apports nutritionnels conseillés pour la population française 3^{ème} éd.* Paris : Tec et doc, 2009, 605p.

- 27 : GAUCHERON F. : *Le calcium, Minéraux et produits laitiers*. Paris : Lavoisier-Tec et doc, 2003, 960p.
- 28 : GUEGUEN L. : Le bilan calcique : besoins, apports, biodisponibilité. *Nutr Clin Métab.*, 2000, 14, 206-15.
- 29 : GUEGUEN L. : Le rôle du calcium dans l'équilibre alimentaire et la prévention des maladies. *Le concours formation*, 2005, 127(5), 284-7.
- 30 : CERIN. Les apports journaliers recommandés [en ligne]. *Glossaire du CERIN* Disponible sur : <http://www.cerin.org/outils/terme-glossaire/apports-journaliers-recommandes> (consulté le 23/11/2016).
- 31 : EUFIC. Les valeurs nutritionnelles de référence : des repères pour qui ? [en ligne]. *European Food Information Council, Food Today*, 2013. Disponible sur : <http://www.eufic.org/article/fr/artid/Les-valeurs-nutritionnelles-reference-reperes-pour-qui/> (consulté le 23/11/16).
- 32 : GUEGUEN L., Faut-il remettre en cause les apports calciques conseillés ? *Cholé-doc.*, 2005, 89, 1-6.
- 33 : EUFIC. Repères Nutritionnels Journaliers - De quoi s'agit-il ? [en ligne]. *European Food Information Council, Food Today*, 2007. Disponible sur : http://www.eufic.org/article/fr/artid/Reperes_Nutritionnels_Journaliers_De_quoi_sagit-il/ (consulté le 23/11/16).
- 34 : EFSA. : Scientific opinion on principles for deriving and applying Dietary Reference Values. *EFSA Journal*, 2010, 8(3), 14-58.
- 35 : EUFIC. : Première série de nouvelles recommandations nutritionnelles pour l'Europe [en ligne]. *European Food Information Council, Food Today*, 2011. Disponible sur : <http://www.eufic.org/article/fr/nutrition/sucres/artid/Premiere-serie-nouvelles-recommandations-nutritionnelles-Europe/> (consulté le 23/11/16).
- 36 : EFSA. : Scientific opinion on Dietary Reference Values for energy. *EFSA Journal*, 2013, 11(1), 30-35.
- 37 : HEANEY R.P., WEAVER C.M. : Requirements for What Endpoint? *Calcium in Human Health*, Totowa. New Jersey : Humana press, 2006, 97-105.
- 38 : STRAUB D. A. : Calcium Supplementation in Clinical Practice: A Review of Forms, Doses, and Indications. *Nutrition in Clinical*, 2007, 22, 286-296.
- 39 : MESCHY F., GUEGUEN L. : Mineral requirements of ruminants analysis and possible improvements, *Rencontres autour des recherches sur les ruminants*, 1998, 5, 1279-6530.
- 40 : WEAVER C.M., HEANEY R.P. : Dietary Calcium, Recommendations and Intakes Around the World. *Calcium in Human Health*. Totowa, New Jersey : Humana press, 2006, 105-135.

- 41 : FARDELLONE P. : Apports calciques et ostéoporose : quelles recommandations en 2008 ? *XXIème journée scientifique du GRIIO*, 18 Janvier 2008, Paris : 2008, 3p.
- 42 : CASHMAN K., FLYNN A. : Optimal nutrition : calcium, magnesium and phosphorus. *Cambridge Journal*, 1999, 58, 477-487.
- 43 : VATANPARAST H., A-BAILEY D., G-BAXTER-JONES A.D., J-WHITING S. : Calcium requirements for bone growth in Canadian boys and girls during adolescence. *British Journal of Nutrition*, 2010, 103, 575–580.
- 44 : GUEGUEN L. : Assurer les apports calciques conseillés, est-ce possible sans produit laitier ? *Cholédoc*, 2014, 139, 1-4.
- 45 : WEAVER C.M. : Calcium in Food Fortification Strategies. *Internatinoal Dairy Journal*, 1998, 8, 443-449.
- 46 : GUEGUEN L., POINTILLART A. : The bioavailability of dietary calcium. *J An Coll Nutr.*, 2000, 19, 119-136.
- 47 : IAN J., GRIFFIN I.A., ABRAMS A.S. : Methodological considerations in measuring human calcium absorption: relevance to study the effects of inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*, 2005, 93(1), 105-110.
- 48 : TIBI A. : Phytique acide [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/acide-phytique/> (consulté le 29 juillet 2016).
- 49 : FOURNET G. : Oxalique acide ou acide éthanedioïque [en ligne]. *Encyclopædia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/oxalique-acide-ethanedioique> (consulté le 29 juillet 2016).
- 50 : WEAVER C.M., HEANEY R.P. : Isotopic exchange of ingested calcium between labeled sources. Evidence that ingested calcium does not form a common absorptive pool. *Calcif Tissue Int.*, 1991, 49, 244-247.
- 51 : WEAVER C.M., HEANEY P. : Food Sources, Supplements and Bioavailability. *Calcium in Human Health*. Totowa, New Jersey : Humana press, 2006, 129-149.
- 52 : RIEMENSCHNEIDER W., TANIFUJI M. : Oxalic Acid. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 7th ed.* Wiley-VCH : Verlag GmbH & Co, 706p.
- 53 : GASINSKA A.A. : Tea and coffee as the main sources of oxalate in diets of patients with kidney oxalate stones. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 2007, 58, 61-67.
- 54 : CHARRIER M.J-S., SAVAGE G.P., VANHANEN L. : Oxalate content and calcium binding capacity of tea and herbal teas. *Asia Pacific J Clin Nutr.*, 2002, 11(4), 298-301.

- 55 : RAFFERTY K., WATSON P., LAPPE J.M. : The Selection and Prevalence of Natural and Fortified Calcium Food Sources in the Diets of Adolescent Girls. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 2011, 43(2), 96-102.
- 56 : ROZENBERG., BODY J-J., BRUYERE O., *et al.* : Effects of Dairy Products Consumption on Health: Benefits and Beliefs - A Commentary from the Belgian Bone Club and the European Society for Clinical and Economic Aspectsof Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases. *Calcif Tissue Int.*, 2016, 98, 16-17.
- 57 : NAKATA P.A. : Plant calcium oxalate crystal formation, function, and its impact on human health. *Frontieres In Biologie*, 2012, 7(3), 254-266.
- 58 : ANSES. Composition nutritionnelle des aliments, teneurs en calcium par constituant pour 100 grammes d'aliment comestible [en ligne]. *Table CIQUAL 2013*. Disponible sur : <https://www.pro.anses.fr/TableCIQUAL/index.htm> (consulté le 20/09/16).
- 59 : FINCKE M.L., SHERMAN H.C. : The availability of calcium from some typical foods. *J Biol Chem.*, 1935, 110, 421-428.
- 60 : HEANEY R.P., WEAVER C.M. : Effect of psyllium on absorption of co-ingested calcium. *J Am Geriatrics Society*, 1995, 43, 1-3.
- 61 : LACOUR B., TARDIVEL S., DRÛEKE T. : Biodisponibilité du calcium exogène. *Nutr. Clin. Métabol.* 1995, 9, 15-28.
- 62 : HANOTTE M., ROBINSON F., TALLON A. : Facteurs influençant la biodisponibilité du calcium. *NAFAS Nutrition, Aliments Fonctionnels, Aliments santé*, 2008, 6(3), 6-21.
- 63 : BONJOUR J., CHEVALLEY T., FERRARI S., RIZZOLI R. : Lait et santé osseuse : rôle essentiel du calcium et des protéines. *Cahier de Nutrition et Diététique*, 2005, 40(1), 12-19.
- 64 : HEANEY R.P. : Phosphorus nutrition and the treatment of osteoporosis. *Mayo Clin. Proc.*, 2004, 79, 91-97.
- 65 : BRANDOLINI M., GUEGUEN L., BOIRIE Y. *et al.* : Higher calcium urinary loss induced by a calcium sulphate-rich mineral water than by milk in young women. *Brit. J Nutr.*, 2005, 93, 225-23
- 66 : DEBRY G. : *Lait, nutrition et santé*. Paris : Lavoisier-Tec et Doc, 2007, 566p.
- 67 : ANSES. *Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.anses.fr/> (consulté le 23/11/2016).
- 68 : FREDOT E. : *Produits laitiers, Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Connaissance des aliments 3^{ème} éd.* Paris : Lavoisier-Tec et Doc, 2012, 609p.
- 69 : NOBLET B. : Le lait : produits, compositions et consommation en France, *Cahiers de nutrition et diététique*, 2012, 47, 242-249.

- 70 : GALANTIER M., BERNARD B. : En pratique : connaissance et place du lait et des produits laitiers dans une alimentation équilibrée. *Cahier de Nutrition et Diététique*, 2005, 40(1), 57-63.
- 71 : TOBA Y., TAKADA Y., TANAKA M. *et al.* : Comparaison of the effects of milk components and calcium source on calcium bioavailability in growing male rats. *Nutrition Research*, 1999, 19(3), 449-459.
- 72 : ZITTERMANN A., BOCK P., DRUMMER C. *et al.* : Lactose does not enhance calcium bioavailability in lactose-tolerant, healthy adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2000, 71, 931-6.
- 73 : DE LA FUENTEA M.A., MONTES F., GUERRERO G. *et al.* : Total and soluble contents of calcium, magnesium, phosphorus and zinc in yoghurts. *Food Chemistry*, 2003, 80, 573-578.
- 74 : GUEGUEN L., POINTILLART A. : Le lait est-il indispensable pour couvrir les ANC en calcium ? *Sci Aliments*, 2006, 26, 505-515.
- 75 : MINISTERE DE L'ECONOMIE, DE L'INDUSTRIE ET DE L'EMPLOI : *Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition*. Chapitre 5 : Laits et produits laitiers, Définition des produits, 2009, 5-23.
- 76 : BOURLIOUXA P., BRAESCO V., MATER D. : Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 2011, 46, 305-314.
- 77 : PNNS. : *Programme national nutrition santé*. Axe 1, Sous-objectif général 3-4 : augmenter les apports en calcium dans les groupes à risque, 2011-2015, 21-22.
- 78 : LSA. : L'alimentation sur ordonnance - Etude SU.VI.MAX. [en ligne]. *LAS –Conso*. Disponible sur : <http://www.lsa-conso.fr/l-alimentation-sur-ordonnance-etude-suvimax,42107> (consultée le 03/11/16).
- 79 : CNIEL. : La consommation de lait [en ligne]. *Infos - CNIEL*. Disponible sur : <http://www.produits-laitiers.com/le-comportement-des-consommateurs/> (consulté le 03/11/16).
- 80 : CNIEL. : *ATLA. : La consommation de produits laitiers en France*, 2008, 60p.
- 81 : REVELESENS : Le lithothamne [en ligne]. Disponible sur : <http://www.naturemania.com/bioproducts/lithothamne.html> (consulté le 08/11/16).
- 82 : DE REVIERS B. : Les algues [en ligne]. *Encyclopédia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/algues/> (consulté le 08/11/16).
- 83 : PEREIRA L. : A review of the nutrient composition of selected edible seaweeds. *Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses 1st. Ed.* GA : Nova Science Publishers, 2011, 15-47.

- 84 : WINBERG P., GHOSH D., TAPSELL L. : Seaweed Culture in Integrated, Multi-Trophic Aquaculture, Nutritional Benefits and Systems for Australia. *Rural Industries Research and Development Corporation*, 2009, 9(5), 11-25.
- 85 : CEVA. : Algues alimentaires, fiches nutritionnelles [en ligne]. *Centre d'Etude et de Valorisation des Algues*. Disponible sur : <http://www.ceva.fr/fre/algues-alimentaires> (consulté le 21/11/16).
- 86 : BOUTINGUIZA M., POU J., COMESAÑA R. *et al.* : Biological hydroxyapatite obtained from fish bones. *Materials Science and Engineering*, 2012, 32, 478-486.
- 87 : LARSEN T., H. THILSTED S., KONGSBAK K., HANSEN M. : Whole small fish as a rich calcium source. *Br. J. Nutr.*, 2000, 83, 191-196.
- 88 : TOMASTU E., NINOMIYA E., ANDO M., *et al.* : Nutritional status of calcium and other bone-related nutrients in Japanese type 2 diabetes patients. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 2016, 2, 94-98.
- 89 : ABDEL-MOEMIN A.R. : Healthy cookies from cooked fish bones. *Food Bioscience*, 2015, 12, 114-121.
- 90 : CLIFFORD O., CHIKA O., JUDE I., TOCHI E. : Use of Seed Sprouting in Modification of Food Nutrients and Pasting Profile of Tropical Legume Flours. *Nigerian Food Journal NIFOJ.*, 2014, 32(1), 117-125.
- 91 : GUILLEMANT S. : Consommation d'eau et apports calciques. *NAFAS Pratique*, 2001, 4, 11-18.
- 92 : CONSTANT F., HAWILI N., Les eaux embouteillées. *Cahier de nutrition et diététique*, 2011, 46, 40-50.
- 93 : HEANEY R.P. : Absorbability and utility of calcium in mineral waters. *Am J Clin Nutr*, 2006, 84, 371-4.
- 94 : FARDELLONE P. : Calcium, magnésium et eaux minérales naturelles. *Cahier de nutrition et de diététique*, 2015, 50, 22-29.
- 95 : HEANEY R.P., WEAVER C.M., HINDERS S.M. *et al.* : Absorbability of calcium from Brassica vegetables: broccoli, bok choy, and kale. *J Food Sci.*, 1993, 58, 1378-1380.
- 96 : HEANEY R.P., WEAVER C.M. : Calcium absorption from kale. *Am J Clin Nutr.*, 1990, 51, 656-657.
- 97 : LUCARINI M., CANALI R., CAPPELLONI M., *et al.* : In vitro calcium availability from brassica vegetables (*Brassica oleracea* L.) and as consumed in composite dishes. *Food Chemistry*, 1999, 64, 519-523.
- 98 : USDA. : Food Composition Databases, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service [en ligne]. Disponible sur : <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2983?manu=&fgcd=&ds=> (consulté le 19/11/2016).

- 99 : LANOU A.J. : Should dairy be recommended as part of a healthy vegetarian diet? Counterpoint. *Am J Clin Nutr.*, 2009 ; 89, 1-5.
- 100 : GUEGUEN L. : Faut-il remettre en cause les apports calciques conseillés ? *Cholé-Doc*, 2005, 89, 1-6.
- 101 : TOURNIAN P. : Végétalisme chez l'enfant : une véritable maltraitance nutritionnelle. *Cholé-doc*, 2016, 152, 1-6.
- 102 : ALLEN L., DE BENOIST B., DARY O., HURRELL RQ. : *Guidelines on food fortification with micronutrients*. Genève : WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2006, 376p.
- 103 : BJORG : Valeur nutritionnelle du lait d'amande Calcium Bjorg® [en ligne]. *BJORG*. Disponible sur : <http://www.bjorg.fr/produits-bio/lait-amande-calcium.html> (consulté le 28/11/16).
- 104 : PLAISIRS LAITIERS : Riches en calcium, peut être ! Mais pas de la même manière [en ligne]. *Plaisirs Laitiers – nourrir votre quotidien*. Disponible sur : <https://www.plaisirlaitiers.ca/bien-etre/les-bienfaits-des-produits-laitiers/riches-en-calcium-peut-etre!-mais-pas-de-la-meme-maniere> (consulté le 28/11/16).
- 105 : AFSSA. : Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation des teneurs en vitamines et minéraux des denrées enrichies et des compléments alimentaires: synthèse. *Saisine n°2007-SA-0315*, 3 juillet 2009, 38p.
- 106 : AFSSA. : Avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation de l'enrichissement en calcium de trois boissons au soja à la teneur de 120 mg de calcium pour 100 mL. *Saisine n° 2001-SA-0006*, 16 avril 2002, 1-2.
- 107 : DESSEN-MUGNIOT M. : Adjonction de vitamines aux denrées alimentaires et modalités de communication. *OCL-Journal*, 2011, 18(2), 99-103.
- 108 : VEENA H., EKBOTE M.SC., ANURADHA V. *et al.* : Calcium bioavailability from a fortified cereal-legume snack (laddoo). *Nutrition*, 2011, 27, 761-765.
- 109 : VANRULLEN I. : Synthèse du rapport sur l'enrichissement des aliments courants en vitamines et minéraux : quels intérêts, quels risques ? *AFSSA. Unité d'évaluation de la nutrition et des risques nutritionnels*, 2003, 6p.
- 110 : HEANEY R.P., DOWELL M.S., RAFFERTY K., BIERMAN J. : Bioavailability of the calcium in fortified imitation milk with some observations on method. *Am J Clin Nutr.*, 2000, 71, 116-119.
- 111 : ANSES. : Le calcium : niveaux et sources d'apport, [en ligne]. *Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/content/le-calcium> (consulté le 01/12/16).
- 112 : BRIOT K., CORTET B., THOMAS T. *et al.* : *Actualisation 2012 des recommandations françaises de l'ostéoporose post-ménopausique*. Société Française de Rhumatologie (SFR) et Groupe de Recherche et d'Information sur les Ostéoporoses (GRIO), mai 2012, 11p.

- 113 : VIDAL : L'ostéoporose [en ligne]. *Vidal-Reco*. Disponible sur : https://www.vidal.fr/recommandations/1660/osteoporose/prise_en_charge/ (consulté le 01/12/16).
- 114 : LIENHARDT-ROUSSIE A., LINGLART A., GARABEDIAN M. : Treatment of chronic hypocalcaemia during childhood. *Arch Pediatr.*, 2008, 15, 650-2.
- 115 : LIENHARDT-ROUSSIE A. : Traitement du rachitisme carenciel [en ligne]. *Pas à pas en Pédiatrie*. Disponible sur : <http://pap-pediatrie.fr/calcium> (consulté le 03/12/16).
- 116 : BERKANE N., UZAN S. : Supplémentation de la femme enceinte, *J Gynecol Obstet Biol Reprod.*, 2004, 33(S1), 33-36.
- 117 : HOFMEYR G.J., LAWRIE T.A., ATALLAH Á.N., *et al.* : Calcium supplementation during pregnancy for preventing hypertensive disorders and related problems. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2014, 1059, 1-3.
- 118 : PALACIOS C., PENA-ROSAS J.P. : Supplémentation en calcium au cours de la grossesse en prévention des troubles hypertensifs et de leurs complications : Commentaire de la BSG [en ligne]. *Bibliothèque de Santé Génésique de l'OMS*. Disponible sur : http://apps.who.int/rhl/pregnancy_childbirth/antenatal_care/nutrition/cd001059_penasrosaspj_com/fr/ (consulté le 03/12/16).
- 119 : MOHAUPT M.G. : Hypertension durant la grossesse. *Swiss Medical Forum*, 2016, 16(38), 780–786.
- 120 : WINER N., TSASARIS V. : État des connaissances : prise en charge thérapeutique de la prééclampsie. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, 2008, 37(1), 5-15.
- 121 : VILLAR J., BELIZAN J.M., FISCHER P.J. : Epidemiologic observations on the relationship between calcium intake and eclampsia. *International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 1983, 21, 271-278.
- 122 : BUCHER H.C., GUYATT G.H., COOK R.J. *et al.* : Effect of calcium supplementation on pregnancy-induced hypertension and preeclampsia: a meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA*, 1996, 275(14), 1113-1117.
- 123 : GEGUEN L. : Le calcium du lait : fonctions, intérêts, besoins, biodisponibilité. *Cahier de Nutrition et Diététique*, 2005, 40(1), 5-11.
- 124 : HAS : *Prévention, diagnostic et traitement de l'ostéoporose*. Note de synthèse, juillet 2009, 19p.
- 125 : LEGRAND E., HOPPE E., BOUVARD B., AUDRAN M. : Ostéoporose chez l'homme. *La revue du praticien*, 2012, 62, 193-197.
- 126 : HAS : *Prévention, diagnostic et traitement de l'ostéoporose*. Note de synthèse, juillet 2006, 19p.

- 127 : LAMISSE F. : Quel régime alimentaire pour les patients sous corticothérapie au long cours ? *La revue du praticien*, 2009, 59, 74.
- 128 : COURBEBAILLISSE M. : Apports en calcium au cours de la maladie rénale chronique : y-a-t-il un consensus ? *Néphrologie & thérapeutique*, 2016, 8(6), 493-496.
- 129 : GONDOUIN B. : Pourquoi prescrire du calcium chez les patients insuffisants rénaux chroniques (IRC) en 2014 ? *Néphrologie et Thérapeutique*, 2014, 10, 1-9.
- 130 : MOE S.M. : Vascular calcification : the three-hit model. *J Am Soc Nephrol.*, 2009, 20, 1162-64.
- 131 : KLAWSKY S., KOMAROFF E., CAVANAUGH P.F., *et al.* : Relationship between age, renal function and bone mineral density in the US population. *Osteoporos Int.*, 2003, 14, 570-6.
- 132 : KDIGO : Clinical Practice Guidelines for the Management of CKD-MBD. *Kidney Int.*, 2009, 76(113), 70-97.
- 133 : ALLAIN J., TOUSSI M. : Suppléments calciques, préférences des patients et adhésion au traitement. *Le Concours Médical*, 2008, 130(14), 739-743.
- 134 : HARVEY J.A., ZOBITZ M.M., PAK C.Y. : Dose dependancy of calcium absorption : a comparison of calcium carbonate and calcium citrate. *J Bone Miner Res.*, 1988, 3, 252-258.
- 135 : KARKKAINEN M.U., LAMBERG-ALLARDT C.J., AHONEN S., VALIMAKI M. : Does it make a difference how and when you take your calcium ? The acute effects of calcium on calcium and bone metabolism. *Am J Clin Nutr.*, 2001, 74, 335-342.
- 136 : VIDAL : Résumé des Caractéristiques du Produit, OSSOPAN 600mg cp pellic, Annexe 1 [en ligne]. *Vidal, base de données en ligne des prescripteurs*. Disponible sur : <http://document-rcp.vidal.fr/e2/df2ea4d3cd4d4398a81e505eeb7d33e2.pdf> (consulté le 08/12/16).
- 137 : REID I.R., BRISTOW S.M. : Calcium fortified foods or supplements for older people ? *Maturitas*, 2016, 85, 1-4.
- 138 : DARGENT P., THOMAS T. : Le calcium, un traitement à risque ? [en ligne]. *GRIO* Disponible sur : <http://www.grio.org/documents/artrhum-58-1362417072.pdf> (consulté le 01/12/16).
- 139 : BORGHI L., SCHIANCHI T., MESCHI T. *et al.* : Comparison of two diets for the prevention of recurrent stones in idiopathic hypercalciuria. *New England Journal of Medecine*, 2002, 346, 77-84.
- 140 : LIEBMAN M., CHAI W. : Effect of dietary calcium on urinary oxalate excretion after oxalate loads. *Am J Clin Nutr.*, 1997, 65(5), 1453-9.
- 141 : BOLLAND M.J., AVENELL A., BARON J.A. *et al.* : Effect of calcium supplements on risk of myocardial infarction and cardiovascular events: meta-analysis. *BMJ.*, 2010, 341(3691), 1-9
- 142 : REID I.R., BOLLAND M.J., GREY A. : Does calcium supplementation increase cardiovascular risk? *Clinical Endocrinology*, 2010, 73, 689–695.

- 143 : TANG B.M., ESLICK G.D., NEWSON C. *et al.* : Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older a meta analyse. *Lancet*, 2007, 370, 657-66.
- 144 : BOLLAND M.J., BARBER P.A., DOUGHTY R.N. *et al.* : Vascular events in healthy older women receiving calcium supplementation randomised controlled trial. *BMJ.*, 2008, 336, 262-6.
- 145 : PENTTI K., TUPPURAMEN M.T., HONKANEN R. *et al.* : Use of calcium supplementation and the risk of coronary heart disease in 52 62 year old women the Kuopio osteoporosis risk factor and prevention study. *Matuntas*, 2009, 63, 73-8.
- 146 : BOLLAND M.J., GREY A., AVENELL A. *et al.* : Calcium supplements with or without vitamin D and risk of cardiovascular events reanalysis of the Womens Health Initiative limited access dataset and meta analyse. *BMJ.*, 2011, 342, d2040.
- 147 : FARDELLONE P., PACCOU J., CORTET B. *et al.* : Supplémentation calcique et risque cardiovasculaire. *Revue du rhumatisme*, 2014, 81, 131-135.
- 148 : LEWIS J.R., CALVER J., ZHU K. *et al.* : Calcium supplementation and the risks of atherosclerotic vascular disease in older women results of a 5 year RCT and a 4 5 year follow up. *BMJ.*, 2011, 26, 35-41.
- 149 : ISO H., STAMPFER M.J., MANSON J.E. *et al.* : Prospective Study of Calcium, Potassium, and Magnesium Intake and Risk of Stroke in Women. *Stroke : Journal of the American Heart Association*, 1999, 30, 1772-1779.
- 150 : GUY-GRAND B. : Apports calciques et prévention. *Cahier de nutrition et diététique*, 2012, 47, 157-158.
- 151 : SOEDAMAH-MUTHU S., DING E.L., AL-DELAIMY W.K., *et al.* : Milk and dairy consumption and incidence of cardiovascular diseases and all-cause mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Am J Clin Nutr.*, 2011, 93, 158-71.
- 152 : MORIN. M.C. : Prise en soin diététique de l'intolérant au lactose : quand et comment ? *Information Diététique*, 2015, 3, 20-30.
- 153 : LAVILLE M. : Lait, produits laitiers, calcium et poids. *Cahier de Nutrition et Diététique*, 2005, 40(1), 35-40.
- 154 : MARTEAU A., MARTEAU P.H. : Entre intolérance au lactose et maldigestion. *Cahier de Nutrition et Diététique*, 2005, 40(1), 20-23.
- 155 : NESLITE : Outils & Ressources [en ligne]. *Neslté-NutriPro*. Disponible sur : <https://www.nutripro.nestle.fr/outil#> (consulté le 12/12/17).

156 : CNIEL. : Question de santé sur l'intolérance au lactose [en ligne]. *Les Produits-Laitiers*. Disponible sur : <http://www.produits-laitiers.com/article/le-vrai-le-faux-de-l-intolerance-au-lactose> (consulté le 12/12/16)

157 : CERIN : Les dossiers : Manger végétarien. Des carences en vitamines et minéraux sont-elles à craindre chez le végétarien ? [en ligne] *Cerin, la base de connaissances nutritionnelles des professionnels de santé*. Disponible sur : <http://www.cerin.org/feuilleter/des-carences-en-vitamines-et-mineraux-sont-elles-a-craindre-chez-le-vegetarien.html> (consulté le 13/12/16).

158 : L TUCKER K.L. : Vegetarian diets and bone status. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2015, 100, S329-S335.

159 : LARSSON C.L., JOHANSSON G.K. : Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. *Am J Clin Nutr.*, 2002, 76, 100-106.

160 : HO-PHAM L.T., NGUYEN N.D., NGUYEN T.V. : Effect of vegetarian diets on bone mineral density: a Bayesian meta-analysis. *Am J Clin Nutr.*, 2009, 90, 943-950.

161 : INPES. : Les guides de nutrition du PNNS [en ligne]. *Inpes, Santé publique France*. Disponible sur : http://inpes.santepubliquefrance.fr/10000/themes/nutrition/nutrition_guides_alimentaires.asp (consulté le 14/12/16).

162 : INPES : Dépliant, « 3 produits laitiers par jour ? Vive la variété ! » [en ligne]., Disponible sur : inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/1180.pdf (consulté le 14/12/16).

163 : BERDAH J. : Intérêt d'une bonne hygiène dans la prévention de l'ostéoporose : le rôle du gynécologue. *Gynécologie Obstétrique & Fertilité*, 2007, 35, 785-790.

164 : GRIO. : Calcul des apports calciques quotidiens [en ligne]. *GRIO, Groupe de Recherche et d'Informations sur les Ostéoporoses*. Disponible sur : <http://www.grio.org/calcul-apport-calcique-quotidien.php> (consulté le 21/12/16).

165 : LEVASSEUR R. : Comment évaluer les apports nutritionnels en calcium en consultation quotidienne ? *Réalités Cardiologiques*, 2012, 4, 1-3.

166 : PENSEC N. : *Evaluation d'un questionnaire simplifié d'apports en calcium et d'une supplémentation orale en vitamine D en consultation de dépistage d'ostéoporose* [en ligne], Thèse de doctorat en pharmacie. Angers : Université d'Angers, 2014, 135p. Disponible sur : <http://dune.univ-angers.fr/fichiers/20050174/2014PPHA1815/fichier/1815F.pdf> (consulté le 21/12/16).

167 : MAYOLY-SPINDLER : Application calcicoach®. Disponible sur : <https://itunes.apple.com/fr/app/calcicoach/id942672738?mt=8>

168 : TEVA LABORATOIRES : Application OSCare®, [en ligne]. *Teva-Laboratoires*. Disponible sur : <http://www.teva-laboratoires.com/actualite/oscare-lapplication-pour-suivre-ses-apports-calciques-au-quotidien/>

169 : TEVA LABORATOIRES : Application OSCare®. Disponible sur :
<https://itunes.apple.com/fr/app/oscare/id1078570017?mt=8>

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : les 100 denrées les plus riches en calcium répertoriées par le CIQUAL

ANNEXE 2 : Arbre décisionnel de prise en charge de l'ostéoporose

ANNEXE 3 : Auto questionnaire de Fardellone

ANNEXE 4 : Questionnaire d'évaluation du CERIN / UNAFORMEC

ANNEXE 5 : fiches « cas-patient » Nestlé Nutripro, L'intolérance au lactose

ANNEXE 6 : fiches « cas-patient » Nestlé Nutripro, Le calcium à l'adolescence

ANNEXE 7 : fiches « cas-patient » Nestlé Nutripro, La nutrition pendant la grossesse

ANNEXE 8 : fiches « cas-patient » Nestlé Nutripro, La nutrition chez la personne âgée

ANNEXE 9 : fiches « cas-patient » Nestlé Nutripro, L'ostéoporose

ANNEXE 1 : les 100 denrées les plus riches en calcium répertoriées par le CIQUAL (58)

N° de ligne	Denrée alimentaire	Teneur en calcium (mg/100g)	Famille	Nombre d'échantillons ayant servi à la mesure	Code confiance
1	Meloukhia, feuilles de corète séchées, en poudre	2000	Herbes, épices et assaisonnements	1	B
2	Thym, sec	1260	Herbes, épices et assaisonnements	6	C
3	Lait en poudre, écrémé	1230	Laits	15	A
4	Parmesan	1200	Fromages affinés à pâte dure	1	B
5	Cannelle	1080	Herbes, épices et assaisonnements	8	C
6	Fromage à pâte pressée cuite type emmental, allégé	1017	Fromages affinés à pâte dure	2	C
7	Emmental râpé	1040	Fromages affinés à pâte dure	3	B
8	Lait en poudre, demi-écrémé	1030	Laits	16	C
9	Gruyère	1020	Fromages affinés à pâte dure	7	B
10	Emmental	971	Fromages affinés à pâte dure	45	A
11	Lait en poudre, entier	965	Laits	24	B
12	Sésame, graine	962	Graines oléagineuses et châtaignes	2	A
13	Cumin, graine	931	Herbes, épices et assaisonnements	8	C
14	Comté	909	Fromages affinés à pâte dure	2	B
15	Tomme	869	Fromages affinés à pâte ferme	3	B
16	Mimolette	860	Fromages affinés à pâte ferme	2	B
17	Sardine, à l'huile d'olive, conserve, égouttée	798	Produits à base de poissons	2	B
18	Barre céréalière à base de céréales pour petit déjeuner et de lait, enrichie en vitamine et	793	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	36	A

	minéraux				
19	Edam	793	Fromages affinés à pâte ferme	9	B
20	Fromage des Pyrénées au lait de brebis	788	Fromages affinés à pâte ferme	2	B
21	Morbier	760	Fromages affinés à pâte ferme	1	C
22	Cantal, Salers ou Laguile	759	Fromages affinés à pâte ferme	113	A
23	Fromage à pâte ferme environ 28% de MG	758	Fromages affinés à pâte ferme	3	B
24	Beaufort	745	Fromage affiné à pâte dure	1	B
25	Gouda	736	Fromages affinés à pâte ferme	5	B
26	Cheddar	720	Fromages affinés à pâte ferme	1	B
27	Fromage à pâte ferme environ 14% MG	716	Fromages affinés à pâte ferme	4	C
28	Coriandre, graine	709	Herbes, épices et assaisonnements	7	C
29	Saint-Paulin	705	Fromages affinés à pâte ferme	3	B
30	Rouy	703	Fromages affinés à pâte molle	2	B
31	Vacherin Mont d'Or	700	Fromages affinés à pâte molle	1	C
32	Raclette (fromage)	661	Fromages affinés à pâte ferme	11	A
33	Livarot	654	Fromages affinés à pâte molle	2	B
34	Port-Salut	650	Fromages affinés à pâte ferme	4	C
35	Tomme de montagne ou Tomme de Savoie	626	Fromages affinés à pâte ferme	106	A
36	Fromage des Pyrénées au lait de vache	623	Fromages affinés à pâte ferme	1	B
37	Sardine, à l'huile, appertisée, égouttée	613	Produits à base de poissons	18	A
38	Gorgonzola	612	Fromages affinés à pâte persillée	1	C
39	Fromage à pâte ferme, enrobé de cire	608	Fromages affinés à pâte ferme	2	B
40	Roquefort	601	Fromages affinés à pâte persillée	22	A
41	Biscuit sec à teneur garantie en vitamines et	579	Biscuits secs sucrés	1	A

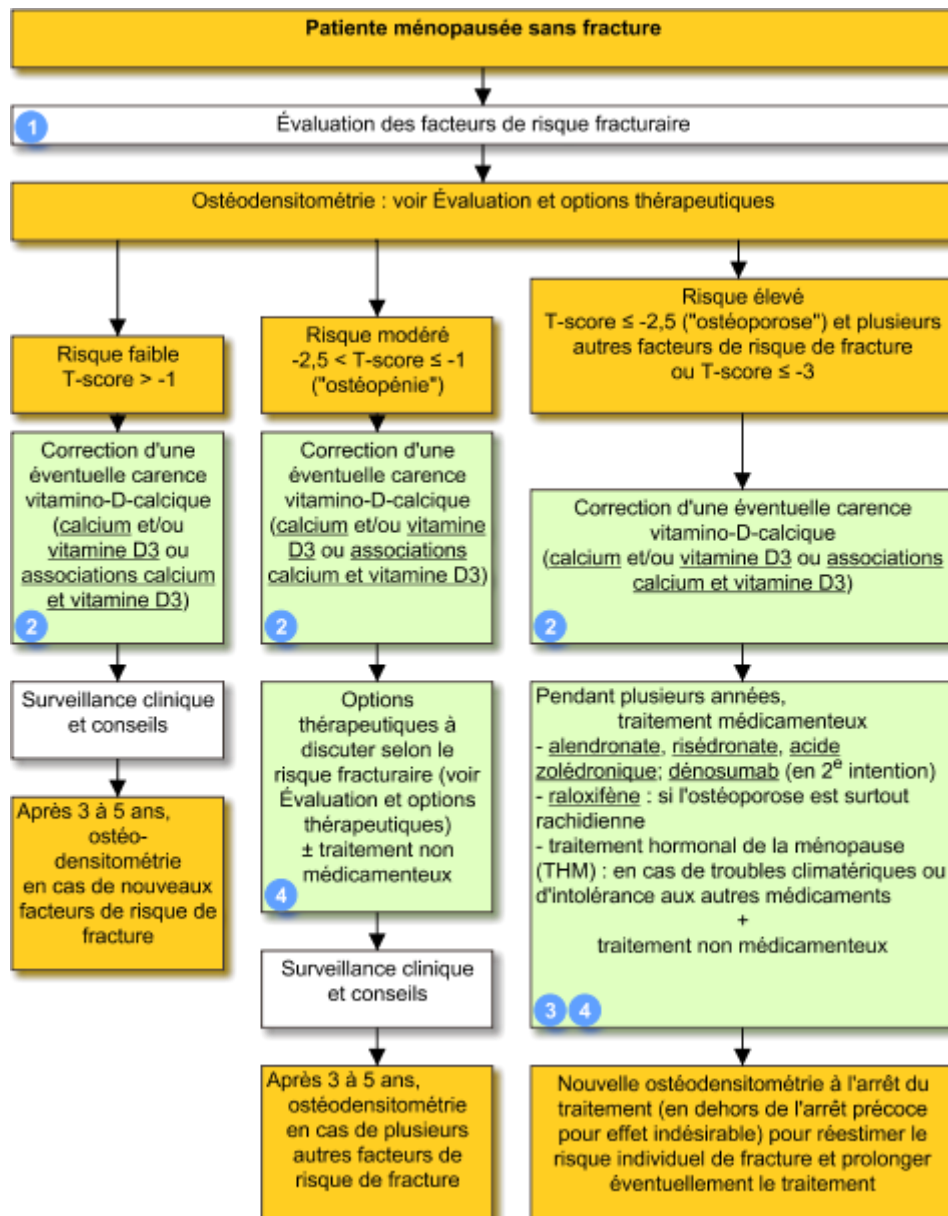
	minéraux				
42	Fromage fondu en portions ou en cubes environ 22% MG	576	Fromages fondus	13	B
43	Fromage bleu d'Auvergne	563	Fromage affinés à pâte persillée	3	B
44	Fromage type Feta, au lait de vache	556	Fromages non affinés et spécialités fromagères	3	C
45	Spécialité fromagère non affinée allégée	550	Fromages non affinés et spécialités fromagères	4	B
46	Fromage bleu au lait de vache	543	Fromages affinés à pâte persillée	3	B
47	Saint-Nectaire	519	Fromages affinés à pâte ferme	4	B
48	Fondue savoyarde	517	Plats à base de fromage	2	B
49	Fromage à pâte ferme type Maasdam	495	Fromages affinés à pâte ferme	1	B
50	Mozzarella	495	Fromages non affinés et spécialités fromagères	2	B
51	Reblochon	493	Fromages affinés à pâte molle	6	B
52	Fromage fondu en portions ou en cubes environ 15% MG	492	Fromages fondus	6	B
53	Camembert et apparentés environ 26% MG	490	Fromages affinés à pâte molle	1	C
54	Curry, en poudre	478	Herbes, épices et assaisonnements	2	D
55	Pont l'Evêque	478	Fromages affinés à pâte molle	2	B
56	Camembert environ 20% MG	463	Fromages affinés à pâte molle	12	A
57	Coulommiers	453	Fromages affinés à pâte molle	2	B
58	Céréales pour petit déjeuner chocolatées, non fourrées, enrichies en vitamines et minéraux	453	Céréales pour petit déjeuner et barres céréalières	26	A
59	Carré de l'Est	450	Fromages affinés à pâte molle	1	C
60	Fourne d'Ambert	443	Fromages affinés à	2	B

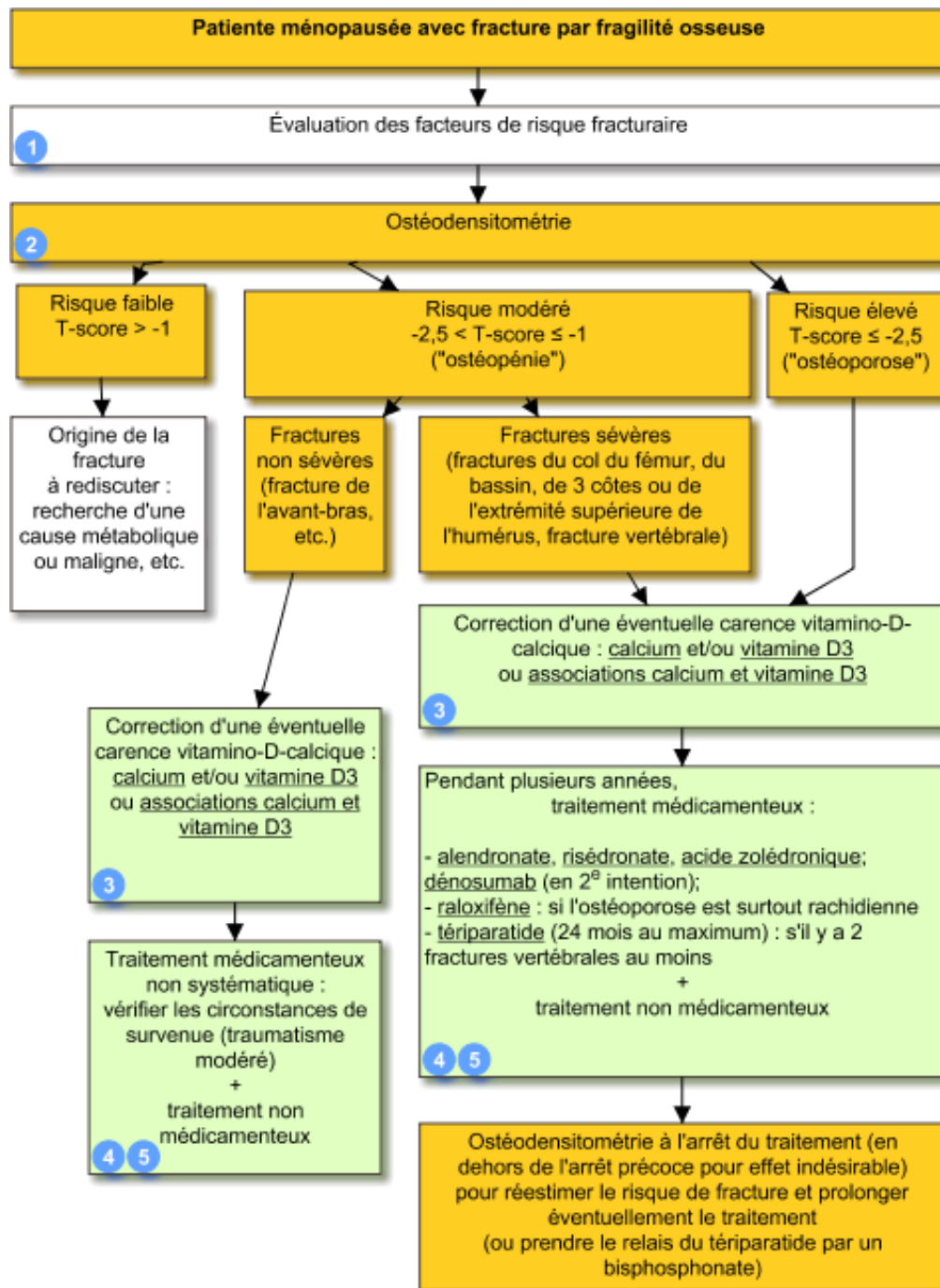
			pâte persillée		
61	Fromage bleu de Bresse	434	Fromages affinés à pâte persillée	1	B
62	Poivre noir, moulu	430	Herbes, épices et assaisonnements	1	B
63	Spécialité fromagère non affinée environ 23% MG	416	Fromages non affinés et spécialités fromagères	4	C
64	Fromage à pâte molle triple crème	415	Fromages affinés à pâte molle	2	C
65	Sardine, sauce tomate, appertisée, égouttée	404	Produits à base de poissons	2	B
66	Fromage de chèvre type « camembert » (chèvre-boîte ou brique), au lait pasteurisé ou cru	391	Fromages affinés à pâte molle	53	A
67	Brie	367	Fromages affinés à pâte molle	10	B
68	Munster	350	Fromages affinés à pâte molle	4	B
69	Riz soufflé au chocolat, enrichi en vitamines et minéraux	346	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	17	A
70	Pétales de maïs glacés au sucre, enrichis en vitamines et minéraux	343	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	15	A
71	Maroilles	335	Fromages affinés à pâte molle	58	A
72	Fromage pané	334	Plats à base de fromage	1	B
73	Pétales de blé chocolatés, enrichis en vitamines et minéraux	328	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	14	A
74	Feta de brebis	318	Fromages non affinés et spécialités fromagères	9	B
75	Anchois, filets à l'huile, semi-conserve, égoutté	296	Produits à base de poissons	3	B
76	Lait concentré sucré, entier	290	Laits	2	A
77	Lait concentré non sucré, entier	286	Laits	43	B
78	Barre céréalière diététiques, hypocalorique	285	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	22	B
79	Cerfeuil, frais	272	Herbes, épices et	2	C

			assaisonnements		
80	Fromage type camembert environ 10% MG	269	Fromages affinés à pâte molle	3	A
81	Grains de blé soufflés chocolatés, enrichis en vitamines et minéraux	267	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	1	C
82	Gélatine	265	Préparation pour pâtisseries	2	C
83	Chocolat blanc, tablette	262	Chocolats et produits à base de chocolat	4	B
84	Boules de maïs soufflées au miel, enrichies en vitamines et minéraux	253	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	16	A
85	Croque-monsieur	252	Sandwichs	18	B
86	Multi-céréales soufflées ou extrudées, enrichies en vitamines et minéraux	252	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	24	A
87	Pilchard, sauce tomate, appertisé, égoutté	250	Produits à base de poissons	2	B
88	Amande (avec peau)	248	Graines oléagineuses et châtaignes	2	A
89	Camembert au lait cru	245	Fromages affinés à pâte molle	1	B
90	Grains de blé soufflés au miel ou au caramel, enrichis en vitamines et minéraux	243	Céréales petit déjeuner et barres céréalières	15	A
91	Poudre maltée, cacao et sucrée pour boisson	243	Café, thé, infusions, boissons cacao	4	B
92	Biscuit apéritif, crackers, garni ou fourré, au fromage	236	Biscuits salé apéritifs	10	B
93	Pizza 4 fromages	232	Pizzas, crêpes et tartes salées	2	B
94	Confiseries au chocolat dragéifiée	231	Chocolats et produits à base de chocolat	3	A
95	Pain de mie, courant	231	Pains	16	A
96	Soufflé au fromage	226	Plats à base de fromage	1	C
97	Crevette, cuite	225	Crustacés et mollusques non transformés	18	B
98	Génoise sèche fourrée	220	Biscuits secs sucrés	1	A

	aux fruits et nappée de chocolat				
99	Croissant au jambon	219	Sandwichs	10	B
100	Menthe, fraîche	217	Herbes, épices et assaisonnements	5	C

ANNEXE 2 : Arbre décisionnel de prise en charge de l'ostéoporose (113)





ANNEXE 3 : Auto questionnaire de Fardellone (176) :

Evaluation de l'apport calcique journalier. Questionnaire Patient

Nom :

Prénom :

Date de naissance :

Ce questionnaire a pour but d'estimer la quantité de calcium apportée par l'alimentation. Veuillez inscrire vos réponses dans les cases réservées à cet effet et ne rien inscrire dans la case blanche.

<p>1. Buvez-vous du lait tous les jours ?</p> <p>Si oui, combien en buvez-vous par jour ?</p>	<p>nombre de verres <input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p>nombre de tasses <input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p>nombre de bols <input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 120 =</p> <p>X 120 =</p> <p>X 360 =</p>
<p>Si non, combien en buvez-vous par semaine ?</p>	<p>nombre de verres <input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p>nombre de tasses <input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p>nombre de bols <input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 17 =</p> <p>X 17 =</p> <p>X 51 =</p>
<p>2. Mangez-vous des yaourts ou des crèmes desserts ?</p> <p>Si oui, combien par semaine ?</p>	<p><input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 21 =</p>
<p>3. Mangez-vous du fromage blanc ? si oui :</p> <p>Combien de pots de 100 g par semaine ?</p> <p>Combien de pots de 500 g par semaine ?</p> <p>Combien de pots de 1 kg par semaine ?</p>	<p><input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p><input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p><input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 14 =</p> <p>X 68 =</p> <p>X 136 =</p>
<p>4. Mangez-vous des petits suisses ? Si oui :</p> <p>Combien de petits modèles par semaine ?</p> <p>Combien de grands modèles par semaine ?</p>	<p><input style="width: 40px;" type="text"/></p> <p><input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 4 =</p> <p>X 8 =</p>
<p>5. Mangez-vous du gruyère, édam, gouda ou un autre fromage à pâte cuite ?</p> <p>Si oui, combien de fois en mangez-vous par semaine ?</p> <p>vos portions sont-elles : petites^a <input type="checkbox"/> moyennes^b <input type="checkbox"/> grosses^c <input type="checkbox"/></p>	<p><input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 19^a =</p> <p>X 38^b =</p> <p>X 56^c =</p>
<p>6. Mangez-vous du camembert, brie, chèvre ou autre fromage à pâte molle ?</p> <p>Si oui, combien de fois en mangez-vous par semaine ?</p> <p>vos portions sont-elles : petites^a <input type="checkbox"/> moyennes^b <input type="checkbox"/> grosses^c <input type="checkbox"/></p>	<p><input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 9^a =</p> <p>X 17^b =</p> <p>X 26^c =</p>
<p>7. Mangez-vous de la viande (charcuterie comprise) ou du poisson tous les jours ?</p> <p>Si oui, combien de fois en mangez-vous par jour ?</p> <p>vos portions sont-elles : petites^a <input type="checkbox"/> moyennes^b <input type="checkbox"/> grosses^c <input type="checkbox"/></p>	<p><input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 7^a =</p> <p>X 15^b =</p> <p>X 22^c =</p>
<p>8. Combien d'œufs mangez-vous en moyenne par semaine ?</p>	<p><input style="width: 40px;" type="text"/></p>	<p>X 4 =</p>

9. Combien de fois mangez-vous des **pommes de terre** (vapeur, à l'eau...) **par semaine** ?
vos portions sont-elles : petites^a moyennes^b grosses^c
10. Combien de fois mangez-vous des **frites par semaine** ?
vos portions sont-elles : petites^a moyennes^b grosses^c
11. Combien de fois mangez-vous des **pâtes** ou de la **semoule par semaine** ?
vos portions sont-elles : petites^a moyennes^b grosses^c
12. Combien de fois mangez-vous des **légumes secs** (lentilles, haricots secs, pois chiches...) **par semaine** ?
vos portions sont-elles : petites^a moyennes^b grosses^c
13. Combien de fois mangez-vous des **légumes verts** (potage compris) **par semaine** ?
vos portions sont-elles : petites^a moyennes^b grosses^c
14. Combien mangez-vous de **pain par jour** ? ficelles
baguettes
biscottes
15. Combien mangez-vous de **fruits par semaine** ?
16. Mangez-vous du **chocolat au lait** (ou blanc) ?
si oui, combien en mangez-vous par semaine ?
nombre de barres **par semaine** :
17. Mangez-vous du **chocolat noir** ?
si oui, combien en mangez-vous par semaine ?
nombre de barres **par semaine** :
18. Combien buvez-vous **d'eau du robinet** par jour ?
nombre de verre **par jour** :
19. Buvez-vous de **l'eau minérale** ?
Si oui, combien de verres buvez-vous **par jour** ?
- | | | |
|-----------|----------------------|--------------|
| Taliens | <input type="text"/> | X 9 = |
| Badoit | <input type="text"/> | |
| Contrex | <input type="text"/> | X 59 = |
| Evian | <input type="text"/> | X 22 = |
| Hépar | <input type="text"/> | X 46 = |
| Perrier | <input type="text"/> | X 8 = |
| Vichy | <input type="text"/> | X 55 = |
| Vittel GS | <input type="text"/> | X 14 = |
| Autre | <input type="text"/> | X 8 = |
20. Buvez-vous du **vin, bière, cidre ou jus de fruits** ?
Si oui, nombre de verres par jour :

X 1,5^a =
X 3^b =
X 4^c =
X 7^a =
X 14^b =
X 21^c =
X 0,7^a =
X 1,4^b =
X 2^c =
X 4^a =
X 8^b =
X 11^c =
X 7^a =
X 13^b =
X 20^c =
X 25 =
X 20 =
X 4 =
X 4 =
X 6 =
X 9 =
X 59 =
X 22 =
X 46 =
X 8 =
X 55 =
X 14 =
X 8 =
X 20 =
X 10 =
X 7 =

Apport calcique journalier (mg/jour), TOTAL :

ANNEXE 4 : Questionnaire d'évaluation du CERIN / UNAFORMEC (164), (165), (166)

Comment savoir si vous manquez de calcium ?



COMMENT REMPLIR LE QUESTIONNAIRE ?

Seuls les aliments riches en calcium les plus couramment consommés figurent dans ce questionnaire.
Ce sont le lait, les fromages, les yaourts et les plats ou desserts à base de fromage ou de lait.

- 1 Essayez de faire une réponse « en général », en vous basant sur votre alimentation moyenne.
- 2 Pour chaque aliment proposé, 5 réponses sont possibles, mais une seule doit être entourée :

Pour ceux que vous mangez au moins une fois par jour, entourez les cases gris-bleu

Pour ceux que vous mangez moins souvent, mais au moins une fois par semaine, entourez les cases rouges

- 3 N'entourez rien pour les aliments que vous mangez peu souvent, c'est-à-dire moins d'une fois par semaine.
- 4 Pour connaître votre score, faites le total des points obtenus par colonne puis le total des colonnes.

Âge : Sexe : masculin féminin

	Vous en mangez tous les jours		Vous en mangez de temps en temps		
	2 à 3 fois par jour	1 fois par jour	5 à 6 fois par semaine	3 à 4 fois par semaine	1 à 2 fois par semaine
Lait (200ml) : un bol ou un grand verre	8	4	3	2	1
Sandwich au fromage ou quiche ou croque-monsieur ou soufflé au fromage ou plat au gratin	9	4	3	2	1
Fromage (1 part)	8	4	3	2	1
1 Yaourt	6	3	2	1	0
Fromage blanc (1 part)	4	2	1	0	0
Flan ou riz au lait ou gâteau de semoule ou glace ou crème dessert	7	3	2	1	0
TOTAL de POINTS par COLONNE	+	+	+	+	+
	TOTAL des COLONNES				=



POUR COUVRIR VOS BESOINS EN CALCIUM IL VOUS FAUT AU MOINS :

Un(e) adolescent(e) (10 à 18 ans) :	15 points
Une femme enceinte :	12 points
Un(e) adulte :	10 points
Une femme ménopausée :	15 points
Un homme de plus de 65 ans :	15 points

Attention,
si vous êtes dans les groupes à risque : essentiellement adolescentes et femmes ménopausées, vous pouvez manquer sérieusement de calcium si votre score est inférieur à 10 points.

Demandez conseil à votre médecin ou votre pharmacien : ils vous aideront à y remédier.

Référence : Estimation des apports calciques. Validation d'un questionnaire. Revue du praticien Médecine générale 2005; 19: 972-75

MFRP - Information CERIN - Evén. 3011 2007 018 - 0376 120466

ANNEXE 5 : FICHES « CAS-PATIENT » NESLÉ NUTRIPRO L'intolérance au lactose (155)

LES CAS PATIENT NUTRITION | Intolérance au lactose

*"Je suis souvent ballonné...
Je pense être intolérant au lactose.
Est-ce vrai ? Dois-je vraiment
me priver de produits laitiers ?"*

ADULTE

Problématique

Certains patients pensent être intolérants au lactose, car ils souffrent de colopathie avec des symptômes spécifiques comme des diarrhées ou des douleurs abdominales.

Effectuer un diagnostic précis est indispensable.

Dans un premier temps, mettez en place une éviction des produits laitiers avec une réintroduction quelques semaines plus tard. Si les symptômes réapparaissent, confirmez votre diagnostic par le test dit de l'hydrogène expiré.

Vos conseils, en pratique

Si l'intolérance est avérée, rassurez vos patients : la **consommation de produits laitiers** est possible sous certaines conditions !



Éviter de consommer du lait à jeun et en trop grande quantité.



Fractionner les prises de produits laitiers et consommer d'autres aliments en même temps.



Incorporer le lait dans des préparations (purée, riz au lait, semoule au lait...).



Privilégier la consommation de yaourts et de fromages affinés, qui contiennent naturellement peu de lactose grâce aux bactéries lactiques présentes dans les yaourts ainsi qu'à l'égouttage et à l'affinage de ces fromages.



Conseiller la consommation de laits dé lactosés ou la prise de préparations pharmaceutiques à base de lactase, pour les patients les plus intolérants.

Ces conseils sont à adapter en fonction de la tolérance individuelle de vos patients.



Bon à savoir

Le lactose est le **sucre du lait de tous les mammifères**.


L'intolérance au lactose est causée par **un déficit en lactase**. Cette enzyme hydrolyse le lactose en glucose et en galactose, ce qui permet sa digestion.

On estime que la majorité de ces patients peuvent en réalité **tolérer une prise de 12 g de lactose tout au long de la journée** (soit l'équivalent de 240 ml de lait)¹.



C'est essentiel aussi...

...de penser au calcium en recommandant :

→ des eaux riches en calcium 

→ la prescription d'une supplémentation en cas de risques de déficience.



Un exemple en pratique

Comment maintenir des apports en calcium adéquats (900 mg/jour)² en diminuant sa consommation de lactose, tout en mangeant équilibré et avec plaisir ?

Journée classique

Petit déjeuner



1 bol de céréales (50 g)
avec du lait écrémé (250 ml)
+ 1 banane (150 g)
+ 1 tasse de thé (200 ml)

Déjeuner



1 bol de soupe de légumes (250 ml)
avec 1 cc.* de crème fraîche (5 ml)
et 30 g de croûtons
+ 1 assiette de spaghetti bolognaise
(250 g)
avec 1 cc. de parmesan (4 g)
+ 1 bol de salade (50 g)
avec 1 cc. de vinaigrette (5 ml)
+ 1 pêche (150 g)
+ 1 verre d'eau (200 ml)

Dîner



1 bol de ratatouille (150 g)
avec 2 tranches de jambon blanc
(80 g) et du riz cuit (180 g)
+ 1 petite noisette de beurre (3 g)
+ 70 g de pain
+ 1 crème dessert au chocolat
(125 g)
+ 1 verre d'eau (200 ml)



19 g de lactose³ et
980 mg de calcium pour 2000 kcal⁴

Journée pour un patient intolérant au lactose

Petit déjeuner



Remplacer
le lait par
1 yaourt nature
(125 g)

Déjeuner



Remplacer
la crème fraîche par
1 cc. de gruyère râpé (4 g)
+ choisir une eau riche
en calcium

Dîner



Remplacer
le beurre par
un morceau de cantal (30 g)
+ la crème dessert au chocolat par
2 clémentines (100 g),
et 2 carrés de chocolat noir
pour la gourmandise
+ choisir une eau riche en calcium



3 g de lactose et 960 mg de calcium pour 2000 kcal⁴

→ Les apports en lactose sont diminués, tout en gardant
un apport calorique et calcique suffisant pour un adulte

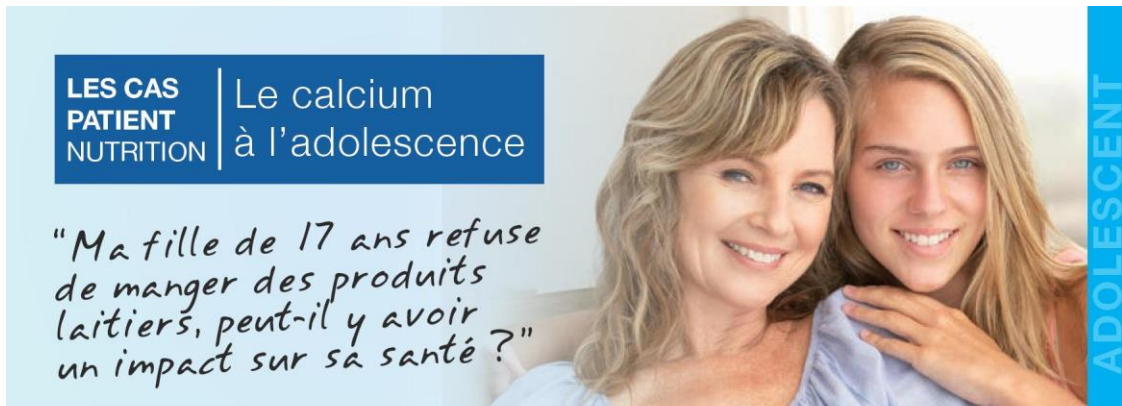
*Cuillère à café. 1. Lomer MC, Parkes GC, Sanderson JD. - "Lactose intolerance in clinical practice - myths and realities" - Aliment Pharmacol Ther 2008; 27(2): 93-103 2. Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française, 3^{ème} édition. Tec & Doc. Lavoisier, 2001. 3. Base de 160 ml de lait dans la crème dessert au chocolat. 4. Table CIQUAL 2013.

En savoir plus ?
Rendez-vous sur
www.nutripro.nestle.fr/intlactose
09 70 80 97 80



ANNEXE 6 : FICHES « CAS-PATIENT » NESLÉ NUTRIPRO

Le calcium à l'adolescence (155)



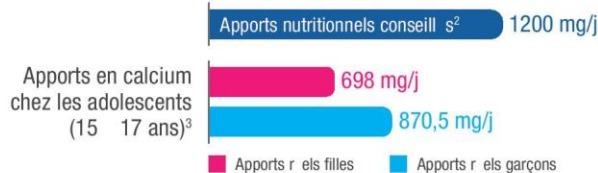
LES CAS PATIENT NUTRITION | Le calcium à l'adolescence

"Ma fille de 17 ans refuse de manger des produits laitiers, peut-il y avoir un impact sur sa santé?"

ADOLESCENT

Problématique

Les produits laitiers étant la principale source de calcium dans notre alimentation, Aurélie a sans doute des apports en calcium inférieurs aux recommandations, comme 81 % des 15 - 24 ans¹. Au moment de l'adolescence, cela est problématique pour la construction du capital osseux. À long terme, cela pourra entraîner des os fragilisés et des risques d'ostéoporose. Que pouvez-vous conseiller à sa mère ?



Vos conseils, en pratique

Il est important d'identifier les raisons du refus de consommer des produits laitiers.



Si Aurélie a peur de prendre du poids, elle pourra privilégier les produits laitiers à 0 % de matières grasses qui apportent autant de calcium.



Si c'est une réelle aversion pour les produits laitiers, vous pouvez lui conseiller de boire des eaux riches en calcium, et lui prescrire une supplémentation en calcium si vous le jugez nécessaire.



Si elle présente une intolérance au lactose modérée, elle pourra consommer des produits laitiers pauvres en lactose : yaourts, fromages à pâte dure et affinés, lait à teneur réduite en lactose.

Vous pourrez lui rappeler, dans tous les cas, que les produits laitiers sont à privilégier. En effet, ils contiennent des quantités importantes de calcium, **particulièrement biodisponible.**⁴



Bon à savoir

Un verre de 200 ml d'eau riche en calcium contient plus de 95 mg de calcium.



Pour les adolescents, le PNNS* recommande de consommer jusqu'à 4 produits laitiers par jour.



*Programme National Nutrition Santé



C'est essentiel aussi...

D'avoir des apports en vitamine D suffisants. En effet, la vitamine D joue un rôle essentiel dans l'absorption du calcium par l'intestin. Les ANC* pour les adolescents sont de 5 µg/jour.²

*Apports Nutritionnels Conseillés



Un exemple, en pratique

Au quotidien, il n'est pas si difficile d'atteindre les apports en calcium recommandés, grâce à une alimentation diversifiée et à quelques astuces :

Repas types consommés par Aurélie

Petit déjeuner	Déjeuner	Dîner
200 ml de thé + 100 g de compote de pommes + 80 g de pain blanc + 30 g de confiture	225 g de pâtes + 120 g de poisson pané + 30 g de gouda + 1 orange (200 g)	2 tranches de jambon (80 g) + 150 g de courgettes + 60 g de salade verte + 50 g de brownie au chocolat + 80 g de pain
619 mg de calcium⁵ pour 1900 Kcal → Un apport très insuffisant !		

Conseils pour augmenter les apports en calcium

Petit déjeuner	Déjeuner	Dîner
Ajouter un yaourt nature 0% (125 g) +186 mg de calcium	Ajouter du gruyère (10 g) sur les pâtes + 150 ml d'eau riche en calcium +71 mg de calcium +102 mg de calcium	Remplacer les courgettes par des brocolis + yaourt nature 0% + 150 ml d'eau riche en calcium +53 mg de calcium +71 mg de calcium +186 mg de calcium
1288 mg de calcium⁵ pour 2060 Kcal → Les apports recommandés sont atteints.		

Pour les personnes réellement diagnostiquées comme intolérantes au lactose, vous pouvez leur prescrire une supplémentation en calcium pour assurer un apport adéquat. Une évaluation au cas par cas est nécessaire⁶.

En savoir plus ?
Rendez-vous sur
www.nutripro.nestle.fr

1. CCAF 2007 2. Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française, 3^e édition. Tec et Doc. Lavoisier, 2001 3. INCA-2006-2007 4. Questions sur le calcium laitier, Juillet/Août 2004, Cerin 5. ANSES – Table CIQUAL 2012 6. National Institutes of Health, 2013.



ANNEXE 7 : FICHES « CAS-PATIENT » NESLÉ NUTRIPRO

La nutrition pendant la grossesse (155)

LES CAS
PATIENT
NUTRITION | Grossesse

"Quels sont les aliments à privilégier ou à éviter pendant ma grossesse ?"



FEMME

Problématique

La grossesse suscite souvent de nombreuses interrogations chez la femme enceinte autour de l'alimentation et de la prise de poids. Garder une alimentation variée et équilibrée est un bon moyen de rester en bonne santé. Cependant, quelques précautions sont à prendre pour limiter certains risques.

Comment conseiller votre patiente face à toutes ses interrogations ?

Vos conseils, en pratique

Manger pour deux ne signifie pas manger deux fois plus, mais plutôt deux fois mieux ! Voici quelques conseils spécifiques :



Éviter les risques de listériose : ne pas consommer de viandes et de poissons crus, ni de croûtes de fromages, ni de charcuteries¹.



Éviter les risques liés à la toxoplasmose pour les patientes non immunisées : bien se laver les mains, nettoyer régulièrement le réfrigérateur et laver soigneusement les fruits et légumes en les préférant cuits (en plus des mêmes réflexes que pour la listériose)¹.



Éviter certains aliments particuliers pouvant entraîner des effets indésirables dus à une teneur élevée en vitamine A (foies d'animaux) ou phyto-œstrogènes (produits à base de soja).



Boire de l'eau en quantité suffisante (1,5 l/jour)¹.

Proscrire le tabac, l'alcool et modérer les boissons contenant de la caféine^{1,2}.



Maintenir les activités physiques habituelles (au moins 30 minutes de marche par jour) excepté celles présentant un risque de chutes ou de chocs¹.



Bon à savoir

Surveiller la prise de poids :

- En fonction des besoins énergétiques :

1^{er} trimestre : + 70 kcal/j
2^{ème} trimestre : + 260 kcal/j
3^{ème} trimestre : + 500 kcal/j³

- En fonction de l'IMC* avant la grossesse :

Maigre (IMC < 18,5) :
+ 12,5-18 kg
Normale (IMC = 18,5-24,9) :
+ 11,5-16 kg
Surpoids (IMC = 25-29,9) :
+ 7-11,5 kg
Obésité (IMC > 30) :
+ 5-9 kg⁴



C'est essentiel aussi...

De surveiller les risques de déficiences en vitamine B9, fer, iode et vitamine D².



Nestlé

DOCUMENT STRICTEMENT RÉSERVÉ À L'USAGE DES PROFESSIONNELS DE SANTÉ

Comment faire en pratique ?

Il est possible d'éviter certains aliments tout en gardant une grande diversité alimentaire nécessaire au bon déroulement de la grossesse.

Aliments à ne pas consommer / à éviter ^{1,2}	Aliments conseillés en remplacement ^{1,2}
Viandes	
Viandes crues, peu cuites, fumées ou marinées Produits à base de foies d'animaux	Viandes cuites à cœur ou mijotées (boeuf bourguignon...)
Charcuterie	
Rillettes, pâté, foie gras...	Jambon blanc
Fromages	
Au lait cru À pâte molle à croûte fleurie (camembert, brie...) À pâte molle à croûte lavée (munster, pont l'évêque...) Râpés industriels Croûtes de fromages	Au lait pasteurisé sans croûte À pâte pressée cuite sans croûte (beaufort, comté, emmental, gruyère, parmesan) Fondus à tartiner
Poissons	
Poissons crus et/ou fumés + Limiter la consommation de poissons prédateurs qui peuvent contenir des teneurs élevées en méthylmercure (thon, lotte, bar, dorade, raie...)	Poissons cuits ou surimi en veillant à diversifier les espèces ➤ 1 à 2 fois par semaine, dont un poisson gras (maquereau, sardine...)
Coquillages et crustacés	
Coquillages crus et crustacés décortiqués cuits	Coquillages bien cuits ou recuits : Noix de Saint-Jacques, crevettes...
Recettes à base d'œufs crus	
Œuf à la coque, mousse au chocolat ou mayonnaise maison...	Omelette, gâteau au chocolat, mousse au chocolat industrielle, sauces industrielles...
Produits enrichis en phytostérols	
Produits enrichis en stérols végétaux (margarine...)	Matières grasses classiques (beurre, huiles...) Produits laitiers classiques
Produits à base de soja	
Jus de soja, tofu, desserts à base de soja... ➤ Pas plus d'un par jour	Produits laitiers à base de lait de vache, de chèvre, de brebis, ou autres produits/jus végétaux enrichis en calcium (avoine, amandes...)
Caféine	
Certains sodas et boissons énergisantes ➤ Pas plus de 3 tasses de café ou thé léger par jour	Café décaféiné, chocolat chaud, jus de fruits, tisanes, eau

NESTLÉ FRANCE S.A.S. 542 014 428 RCS Meaux. 06/2016, version 1

1. Le guide nutrition de la grossesse, PNNS, 2015. 2. Livret d'accompagnement destiné aux professionnels de santé, PNNS, 2007. 3. Scientific Opinion on Dietary Reference Value for Energy EFSA Journal 2013; 11(1): 3005. 4. Weight Gain during Pregnancy: Re-examining the Guidelines, Institute of Medicine, 2009.
*Indice de Masse Corporelle.

En savoir plus ?
Rendez-vous sur
www.nutripro.nestle.fr/grossesse
09 70 80 97 80

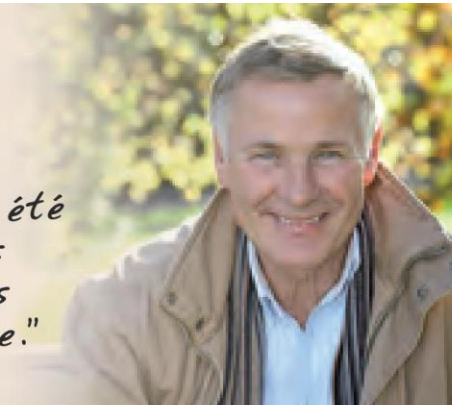


ANNEXE 8 : FICHES « CAS-PATIENT » NESLÉ NUTRIPRO

La nutrition chez la personne âgée (155)

LES CAS
PATIENT
NUTRITION | Vieillir
en forme

"J'ai 65 ans et j'ai toujours été très actif. Depuis que je suis à la retraite, j'ai pris 2 kilos et je ne me sens pas en forme."



SENIOR

Problématique

Le passage à la retraite symbolise un changement de rythme et d'habitudes. Il peut ainsi s'accompagner d'une baisse de forme et d'une prise de poids. Le poids est un marqueur de la santé et, à l'âge de Bernard, il est important de le maintenir. Quels conseils lui donner pour mieux vivre aujourd'hui et bien vieillir demain ?

Vos conseils, en pratique

Pour aider Bernard à passer le cap de la retraite, aidez-le à avoir les bons réflexes alimentaires et à rester actif, deux facteurs essentiels pour gérer son poids et maintenir sa forme.



Composer des menus à 3 composantes (entrée, plat, dessert) plutôt qu'un plat unique.



Au moins 4 couleurs dans un repas est un repère simple pour assurer diversité, équilibre alimentaire et apports en vitamines et minéraux.



Ne pas se priver, pour éviter les frustrations et conserver le plaisir de manger. Bernard peut continuer à manger ses aliments préférés, mais en petites portions et occasionnellement.



Prendre le temps de manger à table, en étant attentif à ses sensations de faim et de rassasiement. En effet, les signaux de satiété arrivent seulement 15 à 20 minutes après le début du repas.



Pratiquer une activité physique tous les jours, pour rester en forme le plus longtemps possible.



Bon à savoir

Entretenir les liens sociaux est essentiel pour la forme et l'épanouissement. Des études ont en effet montré le lien direct entre l'absence de relations sociales et la dépression¹. À l'inverse, la présence d'amis et de famille influe sur le bien-être physique et moral².



C'est essentiel aussi...

Avec l'âge, Bernard ressent moins la soif. Il doit pourtant continuer à boire 1,5 litres d'eau par jour, soit 8 verres.



Comment faire en pratique ?

Pour rester en forme, certains points clés de l'alimentation sont à surveiller.

Limiter l'ajout de sel

Selon l'ANSES*, les hommes adultes devraient consommer moins de 8 g de sel par jour. Or, en France, seul un tiers des hommes respectent cette recommandation³.

En pratique, à table :

- Goûter avant de resaler.
- Diminuer le sel au profit d'épices, d'herbes aromatiques, d'ail... pour plus de saveur et plus de plaisir.



Penser au calcium

L'ostéoporose touche plus de 5 % des hommes de plus de 50 ans⁴.

En pratique, sur la journée :

- Au moins trois produits laitiers par jour en alternant yaourts, lait, fromage blanc, fromage, etc.
- Penser aussi aux eaux riches en calcium.



Bien choisir les matières grasses

L'ANSES* recommande de maintenir un apport en acides gras saturés inférieur à 12 % de l'apport énergétique journalier⁵. Or, la consommation moyenne des hommes est d'environ 15 %⁶.

En pratique, sur la semaine :

- Réduire la charcuterie (sauf le jambon blanc), les fromages, le beurre, les pâtisseries, contenant des acides gras saturés.
- Privilégier l'huile de colza, de noix, les poissons gras, les fruits oléagineux, contenant des acides gras insaturés.



Ne pas négliger les protéines

Dès 65 ans, il est important de maintenir des apports suffisants en protéines (de l'ordre de 1g/kg/j) pour prévenir la fonte musculaire.

En pratique, sur la journée, Bernard, qui pèse 75 kilos, pourra consommer :

- | | |
|--|---|
| 200 ml de lait | + 120 g de poisson |
|  |  |
| + 150 g de lentilles | + 30 g de fromage |
|  |  |
| + 2 tranches de jambon | + 110 g de fromage blanc |
|  |  |
| ⇒ 75 g de protéines | |

*ANSES = Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

1. Chi I, Chou KL. Social support and depression among elderly Chinese people in Hong Kong. *Int J Aging Hum Dev.* 2001;52(3):231-52 2. A Dean, B Kolody, P Wood. Effects of social support from various sources on depression in elderly persons. *Journal of Health and Social Behavior*, 1990 3. Etude Nationale Nutrition Santé. Institut National de Veille Sanitaire, 2006 4. Prévention, diagnostic et traitement de l'ostéoporose, HAS 2006 5. Actualisation des apports recommandés en acides gras, Rapport d'expertise collective. ANSES Mai 2011 6. Etude INCA 2, ANSES 2006-2007

En savoir plus ?
Rendez-vous sur
www.nutripro.nestle.fr
09 70 80 97 80



ANNEXE 9 : FICHES « CAS-PATIENT » NESLÉ NUTRIPRO L'ostéoporose (155)

LES CAS
PATIENT
NUTRITION

Ostéoporose

"J'ai bientôt 50 ans,
ai-je un risque
d'ostéoporose?"



FEMME

Problématique

L'ostéoporose est une maladie qui se caractérise par une faible masse osseuse et une détérioration de la micro-architecture du tissu osseux, responsables d'une fragilité osseuse, donc d'une augmentation du risque de fracture¹.

Lors de la ménopause, le déficit d'œstrogènes entraîne une accélération de la perte osseuse et donc une augmentation du risque d'ostéoporose. Ainsi, les besoins en calcium passent de 900 mg à 1200 mg par jour pour les femmes de plus de 55 ans².

Cette pathologie peut être détectée précocement par l'analyse des facteurs de risques et, dans certains cas, par la mesure de la densité minérale osseuse (ostéodensitométrie avec un T score inférieur ou égal à 2,5)¹.

Quels conseils donner à votre patiente pour maintenir une bonne densité osseuse ?

Vos conseils, en pratique

S'il est impossible de modifier certains facteurs de risque (âge, sexe, génétique, antécédents de fractures, ménopause précoce, ...), votre patiente peut toujours agir en améliorant son hygiène de vie :



Assurer un apport en calcium suffisant

- consommer 3-4 produits laitiers par jour³
- boire de l'eau à forte teneur en calcium (> 150 mg/l)



Veiller à apporter la juste quantité de protéines consommées² : 1 g/kg/j

- ni trop : pour éviter l'élimination urinaire du calcium
- ni trop peu : pour préserver le statut osseux et la force musculaire⁴



Manger équilibré, en quantités suffisantes pour maintenir son poids de forme



Pratiquer une activité physique régulière



Arrêter la consommation de tabac et modérer la consommation d'alcool



Bon à savoir

À 50 ans, l'ostéoporose concerne :

- 5 à 6 % des hommes¹,
- 8 à 18 % des femmes¹.

75 % des femmes de 55-65 ans et 81 % des plus de 65 ans n'atteignent pas les apports nutritionnels conseillés en calcium⁵.



C'est essentiel aussi...

De ne pas oublier la vitamine D qui joue un rôle essentiel dans l'absorption du calcium dans l'intestin (5 µg/j pour les adultes, 10 µg/j après 75 ans²).

De penser à la supplémentation en calcium ou en vitamines (D mais également C, E, K⁶...) en cas de déficiences.



Nestlé

DOCUMENT STRICTEMENT RÉSERVÉ À L'USAGE DES PROFESSIONNELS DE SANTÉ

Comment faire en pratique ?

Au quotidien, il est possible d'atteindre simplement les 1200 mg/jour de calcium en suivant la recommandation du PNNS³ : 3-4 produits laitiers par jour.

Exemple d'un menu équilibré⁷ respectant cette recommandation :

Petit déjeuner	Déjeuner	Goûter	Dîner
1 bol de café au lait (250 ml) + 2 tranches de pain (80 g) avec 2 cuillères à soupe de confiture (30 g) + 1 pomme (150 g)	1 poisson pané (100 g) + 125 g de riz + 75 g de courgettes + 40 g d'emmental + 80 g de pain + 1 kiwi (100 g)	1 fromage blanc (100 g) + 1 petite poire (100 g) + 1 tasse de thé	1 bol de soupe au potiron (250 ml) + 250 g salade de pâtes aux légumes et au poulet + 50 g de salade + 1 yaourt aux fruits (125 g) + 1 orange (150 g)
			
1203 mg de calcium pour 2049 Kcal⁸			

Apports en calcium de différents aliments⁸

Exemples pour des portions consommées au cours d'un repas



La biodisponibilité, qui est la proportion d'un nutriment absorbée et utilisée par le corps, est différente selon les sources de calcium.

Exemple

Le coefficient d'absorption est d'environ 30 % pour les produits laitiers et l'eau minérale contre 5 % pour les épinards⁹.

1. Prévention, diagnostic et traitement de l'ostéoporose. Note de synthèse, Haute Autorité de Santé, 2006. 2. Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française, 3^{ème} édition. Tec et Doc. Lavoisier, 2001. 3. Programme National Nutrition Santé 3. 4. L'ostéoporose, recommandations et conseils pratiques pour une prévention nutritionnelle, CERIN. 5. Étude CCAF 2013. 6. Données nouvelles sur la prévention nutritionnelle de l'ostéoporose, Médecines Sciences, vol. 21, n°3, 97-301, Coxam V., 2005. 7. GEMRCN juillet 2015. 8. Ciquel 2013. 9. CNIEL, www.produits-laitiers.com.

En savoir plus ? Rendez-vous sur :
www.nutripro.nestle.fr/osteoporose
 09 70 80 97 80

Si votre patient ne souhaite pas consommer de produits laitiers, reportez-vous à la fiche calcium à l'adolescence et intolérance au lactose.



SERMENT DE GALIEN

Je jure, en présence des maîtres de la Faculté, des conseillers de l'Ordre des Pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruite dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.