

Livret financé par :



*Fondation Groupama
pour la santé*

Vaincre les maladies rares



CMT-France - BP 70513 - 35305 FOUGÈRES CEDEX
Tél. : 0820 077 540 - Courriel : cmt-france@cmt-france.org
Site : www.cmt-france.org
www.facebook.com/cmtfrance 

Association, loi 1901, déclarée le 15 mai 1990
et transférée à la Préfecture d'Angers sous le n°0491013710
Reconnue d'intérêt général

F. ARNDT.



MALADIE DE CHARCOT-MARIE-TOOTH ET NUTRITION

MITOCHONDRIE : MON ÉNERGIE

Médecine fonctionnelle pour optimiser la fonction mitochondriale
Conseils à l'usage des patients

Docteur Frédérique ARNDT-VANKEMMEL
avec Alice ARNDT et Romain VANKEMMEL



CURRICULUM VITAE

Docteur Frédérique ARNDT-VANKEMMEL

- Internat d'Anesthésiste Réanimation au CHU de Rouen.
- Année de recherche dans un laboratoire de neuroscience autour du thème de la Douleur et de la Dopamine (Rouen) 1995.
- Chef de clinique en anesthésie au CHU de Lille en Maternité, Neurochirurgie (1996-1998).
- Régulatrice de don d'organes pour l'Établissement Français des Greffes (1998-2002).
- Praticien Hospitalier d'Anesthésie au CHU de Montpellier en Chirurgie Digestive (2003-2008).
- Praticien Hospitalier au Centre de la Douleur du CHU de Reims (depuis 2008).
- Master de Neuropsychopharmacologie (Université de Paris IX).
- Diplôme Universitaire d'Hypnose médicale (Université de Paris).
- Capacité de traitement et évaluation de la douleur chronique (Université de Lille).
- Diplôme universitaire de micronutrition (Université de Dijon).
- Diplôme universitaire d'expertise judiciaire (Université de Reims).

TABLE DES MATIÈRES

F. ARNDT

Préface	P. 4
1. Introduction	P. 5
Fatigue et mitochondrie	P. 5
Quand la métaphore devient science	P. 5
2. Production énergétique dans la mitochondrie	P. 5
Structure des cellules nerveuses et des cellules musculaires	P. 5
Le lien entre la maladie de Charcot-Marie-Tooth et la mitochondrie	P. 6
Structure de la mitochondrie	P. 8
Les « carburants » nécessaires	P. 9
Le « démarreur »	P. 10
Le rôle de la flore digestive	P. 10
3. Mitochondrie et stress	P. 11
Le « stress cellulaire » ou les radicaux libres toxiques	P. 11
Les toxiques environnementaux	P. 12
Le jeûne	P. 13
4. Particularités de l'axone et de la jonction neuromusculaire	P. 13
« Le courant électrique et le magnésium »	P. 13
Le calcium	P. 14
Le lien nerf-muscle : l'acétylcholine	P. 14
La gaine de myéline	P. 15
Cas particulier de l'homocystéine	P. 16
5. Besoins particuliers du muscle	P. 17
Les acides aminés spécifiques	P. 17
L'antioxydant de la « fatigue à l'effort » : la coenzyme Q10	P. 17
L'oxygénation musculaire	P. 18
6. Recommandations	P. 19
Les recommandations nutritionnelles	P. 19
Biologie possible en fonction de l'intensité des signes de fatigue	P. 19
Biologie spécialisée non prise en charge par la CPAM	P. 19
7. Conclusion	P. 21
La mitochondrie s'intègre dans la « loi du maillon le plus faible »	P. 21
8. Espoir	P. 22
9. Glossaire	P. 23
10. Remerciements	P. 23

PRÉFACE

« Que ta nourriture soit ton médicament et que ton médicament soit dans ta nourriture », cette phrase culte d'Hippocrate reste d'actualité !

La nourriture joue en effet un rôle fondamental dans le maintien - voire l'amélioration - de notre santé, suivie de près par l'exercice physique, à condition d'avoir une bonne hygiène alimentaire, car si la nourriture est source de vie elle peut aussi la compromettre.

Ceci est d'autant plus vrai lorsque l'on est atteint d'une maladie neurodégénérative comme la CMT, pathologie orpheline de surcroît.

Une alimentation saine, équilibrée - c'est-à-dire apportant à l'organisme les vitamines et minéraux dont il a besoin - faisant appel si besoin aux compléments alimentaires (les biens nommés !) pourrait contribuer à ralentir l'évolution de la maladie et celle de ses handicaps induits.

Le sujet étant littéralement « vital », mais se prêtant à des interprétations, et suscitant encore des réserves en ce qui concerne le recours aux compléments, nous avons demandé à une spécialiste de la nutrition et de la micronutrition de nous éclairer sur ce thème.

Le Docteur Frédérique Arndt-Vankemmel, membre de notre Conseil Médical, a accepté le challenge et a conçu et rédigé ce livret dédié à « La CMT et la nutrition ».

La Fondation Groupama pour la Santé a bien voulu en financer l'impression et l'édition.

Nous les remercions vivement pour leur contribution à l'amélioration de nos conditions de vie.

Et bien sûr, selon la formule consacrée, les recommandations contenues dans ce livret sont données sous la seule responsabilité de son auteur, l'association CMT-FRANCE n'étant nullement compétente en la matière.

Bonne lecture !

Le Conseil d'Administration de CMT-France

1. Introduction

Fatigue et mitochondrie

Dans la population générale, le symptôme de fatigue est une plainte récurrente. La fatigue correspond à un défaut de production d'énergie. L'énergie est produite au cœur de chaque cellule dans une « *centrale énergétique* » nommée mitochondrie.

Les muscles et les nerfs consomment beaucoup d'énergie. Muscles et nerfs ont donc besoin de plus de mitochondries que les autres cellules pour assurer leurs besoins.

Si les mitochondries fonctionnent bien, « *si j'optimise la fonction de mes mitochondries* », les signes de fatigue seront atténués.

Les muscles et les nerfs consomment beaucoup d'énergie et ont donc plus de mitochondries pour assurer leurs besoins.

Ainsi la fatigue musculaire pourra être améliorée en optimisant la fonction des mitochondries.

Dans certaines maladies neurodégénératives, comme dans la maladie de Charcot-Marie-Tooth (CMT), les mitochondries localisées dans les cellules nerveuses sont fragilisées ou trop stimulées. Cette fragilité constitutionnelle ou induite des mitochondries est responsable d'une diminution de l'énergie véhiculée le long des axones.

La conséquence en est une diminution de l'énergie délivrée aux muscles. Le muscle, qui est moins sollicité, manque d'entraînement et se fatigue plus vite.

L'objectif de cette brochure est de mieux connaître le fonctionnement de la mitochondrie pour optimiser les muscles et les nerfs.

L'objectif final étant de retarder et de diminuer l'expression de la faiblesse de fonctionnement mitochondriale au niveau musculaire et d'impliquer le patient dans cette thérapie.

Quand la métaphore devient science

Pour faciliter l'enseignement et la compréhension des notions biologiques et biochimiques, parfois complexes, de nombreuses métaphores issues de la vie pratique seront proposées (en respectant la rigueur scientifique).

2. Production énergétique dans la mitochondrie

Structure des cellules nerveuses et des cellules musculaires

Les cellules nerveuses (neurone) et les cellules musculaires (myocytes) ont besoin de beaucoup d'énergie pour fonctionner.

La production d'énergie se fait sur place dans une « *centrale énergétique* » qui se nomme mitochondrie.

L'axone est une extension de la cellule nerveuse qui conduit l'influx nerveux jusqu'au muscle pour lui donner l'ordre de se contracter.

Les axones et les myocytes contiennent plusieurs milliers de mitochondries dans chacune de leurs cellules.

L'axone est une extension de la cellule nerveuse qui conduit l'influx nerveux jusqu'au muscle pour lui donner l'ordre de se contracter.

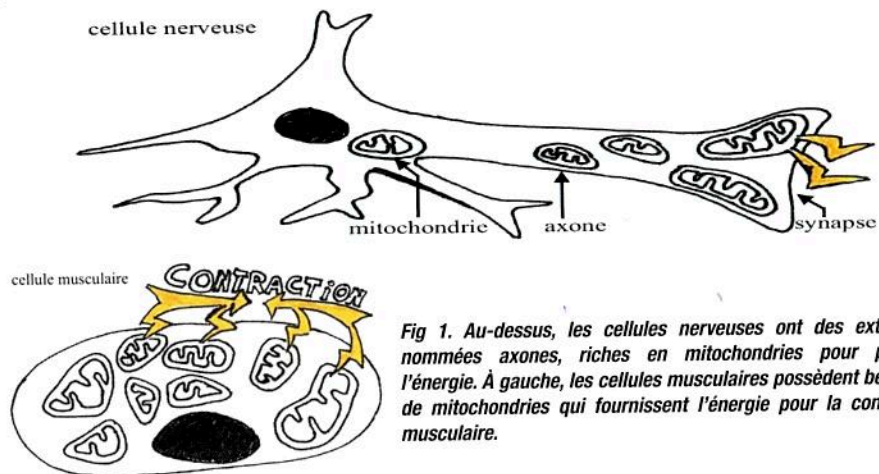


Fig 1. Au-dessus, les cellules nerveuses ont des extensions nommées axones, riches en mitochondries pour produire l'énergie. À gauche, les cellules musculaires possèdent beaucoup de mitochondries qui fournissent l'énergie pour la contraction musculaire.

Les mitochondries génèrent l'énergie indispensable à la propagation de l'influx nerveux le long de l'axone, tel un courant électrique. Dès lors, si la mitochondrie est malade ou fragilisée, l'axone ne reçoit pas assez d'énergie et ne peut pas envoyer le message au muscle.

La gaine de myéline est une gaine protectrice discontinue autour de l'axone.

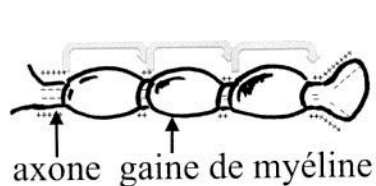


Fig 2. L'axone est une extension de la cellule nerveuse. Tel un fil électrique, l'axone conduit un courant électrique. Il est protégé par une gaine irrégulière : la gaine de myéline. Entre chaque morceau de gaine, il y a des rétrécissements dits nœuds de Ranvier. La conduction électrique est un courant de dépolarisation qui saute de nœud de Ranvier en nœud de Ranvier. Cette conduction saltatoire permet d'économiser l'énergie nécessaire à la propagation de chaque mouvement ionique.

L'amélioration de la fonction des mitochondries des **myocytes** sera bénéfique chez le patient atteint d'une pathologie musculaire ou neuromusculaire.

De même, l'amélioration de la fonction des mitochondries des **axones** sera bénéfique chez le patient atteint d'une pathologie neurodégénérative.

Le lien entre la maladie de Charcot-Marie-Tooth et la mitochondrie

- Dans certains cas, la CMT se caractérise par un mauvais fonctionnement des mitochondries localisées dans l'axone. Il faut donc aider les mitochondries à fonctionner le mieux possible pour assurer la production d'énergie indispensable au bon fonctionnement de l'axone.

Une mitochondrie saine est comme le moteur d'une voiture de course qui a des compétences exceptionnelles et peut rouler très vite même si les conditions ne lui sont pas favorables.

Certaines personnes atteintes de CMT ont des mitochondries qui fonctionnent comme le moteur d'une 2CV, c'est donc au conducteur de s'assurer que son moteur soit optimisé pour en tirer le meilleur profit.



Fig 3. Comme le moteur d'une 2CV, la mitochondrie qui est moins performante fonctionne à faible vitesse. Pour pouvoir accélérer comme «une voiture de course», prenons soin de nos mitochondries.

- La majorité des CMT se caractérise par une anomalie de la gaine de myéline autour de l'axone.

Une gaine de myéline saine permet d'économiser de l'énergie et d'aller plus vite. En effet, au lieu «de rouler le long du nerf», le message nerveux saute au-dessus des fragments de gaine de myéline comme une voiture qui économise son énergie en voyageant en train auto. La consommation d'énergie a lieu uniquement entre les fragments de gaine de myéline ou « nœuds de Ranvier ». Le « voyage » nécessite donc très peu d'énergie et circule plus vite.

Or, dans le cas d'une CMT avec lésion de la gaine de myéline, la voiture 2CV doit rouler tout le temps sur toute la route sans pouvoir s'économiser, « sans l'aide du train auto » : de ce fait, le message circule plus **lentement** et consomme **plus d'énergie**.

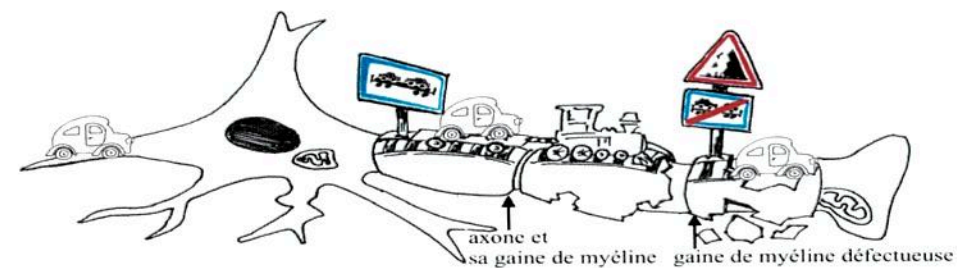


Fig 4. Le train auto permet d'économiser l'énergie de la voiture, comme la gaine de myéline qui économise l'énergie de l'axone. Quand la gaine de myéline est défectueuse, la conduction consomme plus d'énergie tout en étant plus lente.

- Dans ces deux formes de CMT (« 2CV » ou « sans train auto »), la mitochondrie doit fournir plus d'énergie afin de permettre à l'axone de remplir sa mission.

Plus la mitochondrie fournit de l'énergie, plus elle produit de déchets. Mais ces déchets énergétiques sont toxiques (voir chapitre « Mitochondrie et stress »).

Recommandations : Il faut optimiser les mitochondries pour leur permettre de fonctionner le mieux possible (« en cas de CMT, il faudra bien régler notre 2CV ») et aussi générer le minimum de déchets toxiques.

Structure de la mitochondrie

La mitochondrie est composée d'une membrane externe et d'une membrane interne. Ces deux membranes sont composées d'acides gras, comme toute membrane.

La production d'énergie⁽¹⁾ provient d'une cascade de réactions chimiques qui ont lieu entre les acides gras de la membrane interne de la mitochondrie.

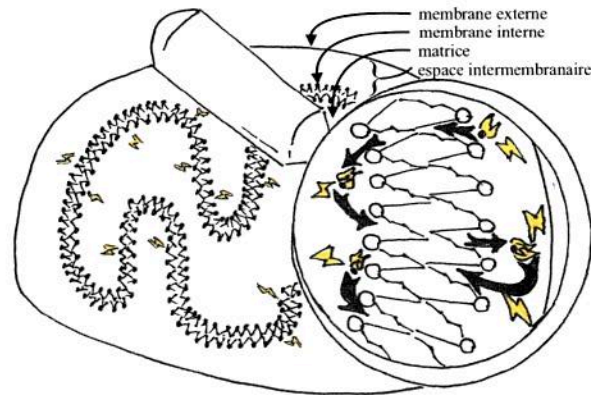


Fig 5. Vue globale et vue à fort grossissement de la membrane interne de la mitochondrie. Cette membrane interne est composée d'acides gras particuliers pour faciliter la production d'énergie.

La membrane interne de la mitochondrie se caractérise par une forte concentration en « bonnes graisses⁽²⁾ » ou « graisses élastiques⁽³⁾ » (en rouge). « L'élasticité membranaire » ou « la fluidité membranaire » facilite les mouvements ioniques et les réactions chimiques qui aboutissent à la production d'énergie. À l'inverse, une « membrane rigide » (en noir), riche en acides gras saturés, bloque les mouvements ioniques et freine la production d'énergie. Tel un moteur qui fonctionne mieux lorsqu'il est bien huilé, la mitochondrie produit davantage d'énergie lorsque les graisses composant sa membrane interne sont de « bonnes graisses ».

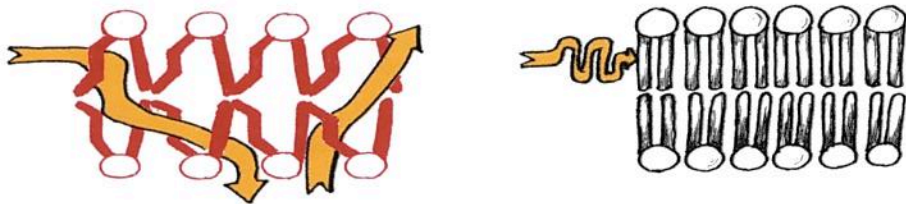


Fig 6. À gauche : les bonnes graisses créent la fluidité membranaire qui facilite les mouvements ioniques. À droite : les acides gras saturés créent la rigidité membranaire qui freine les mouvements ioniques transmembranaires.

Recommandations :

- Veiller à une consommation et à une assimilation suffisante de « bonnes graisses ».
- L'évaluation biologique est possible par le dosage sanguin des acides gras membranaires (dans des laboratoires spécialisés uniquement).

Les « carburants » nécessaires

« Si je mets une mauvaise essence dans ma voiture, elle tombera en panne », il en est de même pour nos mitochondries. La qualité du « carburant », la qualité des aliments est un prérequis pour une production optimale d'énergie.

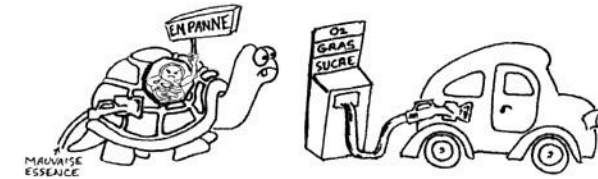


Fig 7. Le bon fonctionnement de la mitochondrie, comme le bon fonctionnement d'une voiture, dépend de la qualité de son essence (substrats alimentaires).

La mitochondrie est le lieu de production de l'énergie cellulaire (ATP⁽¹⁾) qui va transformer les nutriments en énergie. Les substrats énergétiques issus de notre alimentation sont les **sucres**, les **graisses**, voire les **protéines**. La combustion de ces nutriments doit se faire en présence d'**oxygène**.

- Pour avoir un bon apport en oxygène, il faudra veiller à avoir une activité physique douce quotidienne, aérer son logement et vérifier l'absence d'une apnée du sommeil⁽⁴⁾.
- Le premier carburant est le sucre. Le sucre est transformé en pyruvate⁽⁵⁾ dans la cellule avant d'entrer dans la mitochondrie. Pour faire entrer le pyruvate dans la mitochondrie, un taux de vitamine **B1**, de vitamine **B3** et d'**acide alpha-lipoïque** normal est nécessaire.

Leur carence peut provoquer un obstacle à l'entrée du sucre dans la cellule.

Lorsque le sucre ne peut pas entrer dans la mitochondrie, ou lorsqu'il est en excès dans le sang, il se « colle » aux protéines pour former des toxiques mitochondriaux.

Quand le sucre se colle aux protéines, c'est un peu comme coller un chewing-gum sur une clé : elle ne peut plus rentrer dans la serrure. Cette protéine modifiée par le sucre devient inutile et peut même être toxique. Cette réaction se nomme la « glycation », en cuisine on connaît cela sous le nom de caramélisation.

- Le deuxième carburant, les graisses, ne se mélange pas avec l'eau. Les graisses sont dites hydrophobes, leur entrée dans la mitochondrie nécessite la présence d'un transporteur, la **L-carnitine**⁽⁶⁾.

Recommandations : Il faut veiller à consommer des aliments de qualité (éviter les produits transformés), **pratiquer un exercice physique extérieur quotidien**, aérer son logement et écarter une éventuelle apnée du sommeil⁽⁴⁾.

Le médecin recherchera une résistance aux hydrates de carbone⁽⁵⁾, voire un diabète, une mal-digestion des graisses, une carence en vitamine B₁, vitamine B₃ et une carence en L-carnitine⁽⁶⁾, plus fréquente chez les végétariens.

Principales sources de vitamine B₁ : viande de volaille, viande de porc, poisson, légumes secs, fruits secs, flocons d'avoine, riz brun, lait, pain complet, levure de bière.

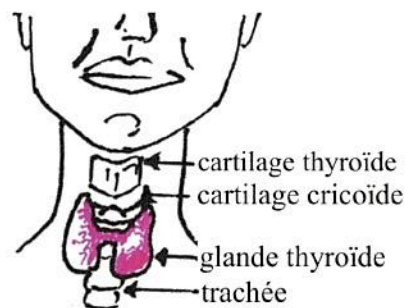
Principales sources de vitamine B₃ : germe de blé, levure de bière, pain complet, foie, viande blanche, œuf, poisson, datte, figue, avocat, beurre de cacahuètes.

Principale source de L-carnitine⁽⁶⁾ : viande rouge.

Le « démarreur »

La mitochondrie a besoin d'un démarreur qui est la thyroïde. La thyroïde est une glande située en avant de la trachée qui libère dans le sang des hormones indispensables pour régler le niveau du métabolisme énergétique de toutes les cellules.

Fig 8. Vue antérieure de la région cervicale



Recommandation : Il faut contrôler la fonction thyroïdienne et proposer un bilan sanguin complet, voire urinaire, ou un traitement d'épreuve, sous contrôle médical, si la clinique est en faveur d'une hypothyroïdie frustrée (prise de poids, frilosité, mauvaise digestion, troubles du sommeil, hyperlaxité ligamentaire, perte des poils, dont « le signe de la queue du sourcil »).

Le rôle de la flore digestive

- « **Deuxième cerveau** » : De nombreux auteurs parlent du tube digestif comme d'un « deuxième cerveau » à cause des très nombreuses terminaisons nerveuses qui siègent dans la muqueuse digestive.

- **Immunité** : L'immense surface d'échange de l'ensemble des cellules des muqueuses digestives (supérieure à un terrain de tennis : 1 000 m²) donne à ces cellules un rôle immunitaire essentiel. Ce système immunitaire est fondé sur la reconnaissance de « l'étranger » (le non-soi) pour éviter toute intrusion néfaste. La première barrière de défense est assurée par la présence de très nombreuses bactéries (2 kilos de bactéries) qui tapissent l'ensemble de notre tube digestif. Ces bactéries sont regroupées sous l'appellation « **microbiote** » ou « **flore digestive** ». Lorsque ces bactéries sont favorables, elles forment une *protection physique telle une « armée de Casques bleus »* et jouent un rôle métabolique (lieu de synthèse des vitamines B, K et C...).

- **Douleur** : Par contre, lorsque les bactéries ne sont pas favorables, on parle de « dysbiose ». Les bactéries dysbiotiques libèrent des gaz responsables de ballonnements et produisent des déchets toxiques à l'origine de l'inflammation de la muqueuse digestive créant des douleurs abdominales ou extra-digestives. La muqueuse digestive inflammatoire peut devenir trop perméable, c'est ce qu'on appelle le syndrome de « l'hyperperméabilité digestive ».

- **Humeur** : Pire parfois, ces bactéries activent les cellules immunitaires présentes dans la muqueuse digestive, responsables alors d'inflammation chronique. Cette inflammation peut détourner le métabolisme de certains acides aminés, créant ainsi des carences en neurotransmetteurs qui modifient notre humeur.

- **Fatigue** : En se nourrissant à nos dépens, ces bactéries néfastes sont responsables de carences. Enfin, certains déchets du métabolisme des bactéries dysbiotiques peuvent bloquer les cascades de synthèse énergétique, dans la mitochondrie, et sont alors responsables de fatigue.



Fig 9. À gauche : tube digestif « deuxième cerveau ». À droite : rôle de protection « Casques bleus » des bactéries qui tapissent le tube digestif.

Recommandation : Il faut mastiquer ou, en cas d'impossibilité, mouliner ses aliments pour éviter l'apparition d'une flore dysbiotique ou du syndrome d'hyperperméabilité digestive. Les signes cliniques sont aspécifiques et parfois absents (gaz, ballonnements, troubles du transit, sensibilité abdominale). La symptomatologie peut être précisée par des analyses spécialisées : coproculture, dosage des métabolites organiques urinaires, recherche d'une hypersensibilité alimentaire ou analyse des gaz expirés. En cas d'hyperperméabilité digestive, il faut veiller à cicatrifier la muqueuse digestive : corriger une carence en vitamine D, suivre les recommandations hygiéno-diététiques et y associer pendant 3 mois l'apport d'un acide aminé « cicatrisant », la **L-glutamine**. Les recommandations hygiéno-diététiques sont axées sur l'éviction des hydrates de carbone (responsables de fermentation), l'éviction des moisissures, des levures et l'augmentation de graisses de qualité. En cas de putréfaction (gaz malodorants), il faut pondérer l'apport de protéines alimentaires. Un traitement antibiotique ou antimycotique peut être proposé dans certains cas. De principe, il faut limiter les traitements antibiotiques ; dommageables pour la flore intestinale, ils doivent être associés à des probiotiques. Les probiotiques sont recommandés en cas de diarrhée, de prise d'antibiotiques ou lors d'inconfort féminin pour prévenir une infection urinaire (ce qui peut éviter le recours aux traitements antibiotiques). De même, pour préserver l'intégrité de la flore, il faut limiter l'usage des herbicides et des antibiotiques prescrits aux animaux (qui ont une action bactéricide⁷ sur notre microbiote).

3. Mitochondrie et stress

Le « stress cellulaire » ou les radicaux libres toxiques

« Le stress est le mal de notre société moderne ». Ce stress existe aussi au niveau de la cellule à cause de la mitochondrie. Comme toute pompe énergétique en action, la mitochondrie produit à la fois de l'énergie cellulaire sous forme d'ATP⁽¹⁾ et des déchets « énergétiques ». Ces déchets chargés d'énergie négative correspondent aux radicaux libres toxiques. Ces derniers sont responsables d'altérations cellulaires dénommées stress oxydant. Il en résulte des lésions cellulaires visibles chez chacun d'entre nous sous la forme du vieillissement de toutes les cellules, mais aussi le vieillissement des axones, déclin cognitif voire cancer quand l'attaque énergétique a lieu sur l'ADN⁽⁸⁾ du noyau cellulaire. Le stress cellulaire ou vieillissement

cellulaire est plus important quand *la pompe énergétique est « mal réglée »*, créant davantage de déchets énergétiques toxiques (radicaux libres), *telle une voiture mal réglée qui consomme plus d'essence et pollue davantage*.

Pour limiter les lésions cellulaires, il faut :

- D'une part, « *bien régler son moteur* » de production d'énergie grâce à l'apport des nutriments essentiels au bon fonctionnement de la mitochondrie et ainsi diminuer la quantité de déchets toxiques produits.
- D'autre part, neutraliser les déchets (radicaux libres) inhérents au fonctionnement de tout moteur. Pour cela, il faut avoir une alimentation riche en antioxydants.

Le sport quotidien a aussi le pouvoir d'augmenter les défenses antioxydantes. En effet, l'activité sportive impose une augmentation de la production d'énergie. Cette adaptation de la production d'énergie est impossible pour les mitochondries « malades » qui sont alors repérées et envoyées « à la casse », *telle une course automobile qui permet de repérer les mauvaises cylindrées et de les éliminer*. Seules les mitochondries les plus performantes restent, celles qui produisent le plus d'énergie et le moins de déchets.



Fig 10. Stress mitochondrial avec production de radicaux libres neutralisés par les antioxydants

Recommandations :

- Les nutriments essentiels au bon fonctionnement de la mitochondrie sont : les **vitamines A, C, E**, les vitamines **B₁, B₂, B₃, B₅**, les « bons acides gras » dont le **DHA** ⁽²⁾, les oligoéléments : **sélénium, zinc, cuivre, fer, acide alpha-lipoïque, L-carnitine** ⁽⁶⁾, **coenzyme Q10, glutathion** réduit et le **magnésium**.
- Les antioxydants qui neutralisent les radicaux libres toxiques se trouvent **dans une alimentation « arc-en-ciel »**, et la pratique quotidienne du **sport**. L'alimentation « arc-en-ciel » signifie une alimentation riche en fruits et légumes de diverses couleurs. Prendre soin de choisir des fruits et des légumes de saison, cueillis à maturité et produits localement, pour faciliter l'absorption digestive et assurer une bonne concentration en antioxydants.

Les toxiques environnementaux

Certains éléments toxiques peuvent bloquer la production d'énergie mitochondriale.

- Les enzymes du foie (nommées cytochromes) jouent un rôle essentiel pour éliminer les toxiques ou déchets métaboliques dans les selles. Chaque individu est doté d'enzymes plus ou

moins performantes, ce qui explique que la tolérance aux médicaments (ou la tolérance aux toxiques environnementaux) soit différente entre chacun.

- La L-carnitine évacue certains déchets métaboliques produits à l'intérieur de la mitochondrie.

Recommandation : Limiter l'exposition aux toxiques environnementaux (pesticides, colorants, métaux lourds, adjuvants) et contrôler la fonction hépatique et le taux de L-carnitine.

Les toxiques environnementaux sont lipophiles⁽⁹⁾. Ils se concentrent donc dans les graisses de la viande ou dans la couche cireuse (qui protège naturellement les fruits et les légumes avec pelure). En cas d'aliments non biologiques, **il faut donc éplucher les fruits et les légumes à peau** ou bien les laver avec un léger « détergent » (vinaigre blanc, jus de citron). Les fruits et les légumes qui ne peuvent pas être épluchés seront choisis issus d'une agriculture raisonnée ou biologique. Comme les toxiques se concentrent dans les graisses, il faut aussi **éviter de consommer le gras de la viande** si l'on n'en connaît pas l'origine.

Le jeûne

La pratique du jeûne (en gardant un apport hydrique) peut être favorable. Le jeûne permet à notre corps de réaliser « une pause métabolique ». Lors de cette « pause métabolique », les mécanismes de **réparation cellulaire** et de « nettoyage » (**rôle détoxifiant**) ont plus de temps et seront plus efficaces. On distingue différents types de jeûne : un **jeûne court** avec un seul repas matinal ou le jeûne d'un jour par semaine. Ces jeûnes courts peuvent être réalisés régulièrement. Par contre, un jeûne prolongé (une ou deux semaines) doit être occasionnel, préparé et encadré par un suivi médical strict. Le **jeûne prolongé expose le patient à une fonte musculaire** dommageable chez les patients fragilisés (personnes âgées, enfants, pathologies neuromusculaires).

4. Particularité de l'axone et de la jonction neuromusculaire

« Le courant électrique et le magnésium »

Tel l'interrupteur qui permet à l'énergie électrique d'allumer une lampe, le magnésium actionne la pompe qui assure le potentiel de la membrane de l'axone.

Recommandation : Les aliments riches en magnésium sont les oléagineux, le chocolat et les céréales complètes.

En l'absence d'insuffisance rénale, il n'y a pas de risque de surdosage en magnésium. Le magnésium ne se stocke pas, il faut donc en apporter quotidiennement. L'absorption du **magnésium est optimale avec de la vitamine B₆**.

La carence en vitamine B6 favorise le stress psychique et cellulaire car la vitamine B₆ est un cofacteur du neurotransmetteur GABA⁽¹⁰⁾ et de l'antioxydant glutathion. En revanche, l'excès de vitamine B₆ freine la synthèse d'un autre neurotransmetteur : la dopamine⁽¹⁰⁾ (ce neurotransmetteur est essentiel dans une autre pathologie neurodégénérative : le Parkinson). Le dosage de la vitamine B₆ devra donc être renouvelé.

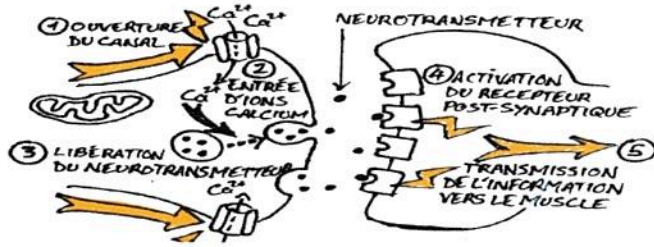


Fig 11. À gauche : le courant électrique (en jaune) véhiculé le long du neurone se termine par l'ouverture du canal calcique qui libère le message (neurotransmetteur) dans la fente synaptique. À droite : le neurone post-synaptique.

Le calcium

Le calcium présent dans l'axone est essentiel à la libération de l'information entre deux nerfs (synapse) et également entre le nerf et le muscle (plaque motrice). C'est la mitochondrie qui contrôle la concentration du calcium intracellulaire.

Recommandation : Le taux de calcium dépend principalement du statut en **vitamine D**. Il faut privilégier un taux de vitamine D élevé, comme cela est validé dans une autre pathologie neurodégénérative : la sclérose en plaques.

Contrairement aux idées reçues, ce n'est pas la forte teneur en calcium du lait ou du fromage qui assure le mieux le renouvellement du pool calcique. Même si la concentration de calcium dans les végétaux est faible, elle est bien mieux assimilée par l'organisme. Ce qui explique la concentration élevée de calcium dans le lait de la vache herbivore, « *alors qu'elle ne boit pas de lait !* ».



Fig12. « La vache ne boit pas de lait ! », bien qu'elle soit herbivore, son lait contient beaucoup de calcium.

Le lien nerf-muscle : l'acétylcholine

L'information de l'axone vers le muscle est portée par un neurotransmetteur : l'acétylcholine. Sa synthèse est liée à la présence de la choline et de l'acide aminé essentiel⁽¹²⁾, la méthionine⁽¹³⁾ ainsi que de la vitamine B₅. Cette vitamine B₅ est aussi le précurseur de l'acétylcoenzyme A. L'acétylcoenzyme A est le carrefour métabolique de la production d'énergie dans la mitochondrie.

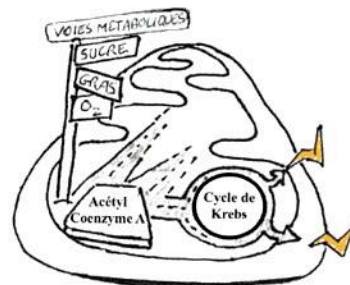
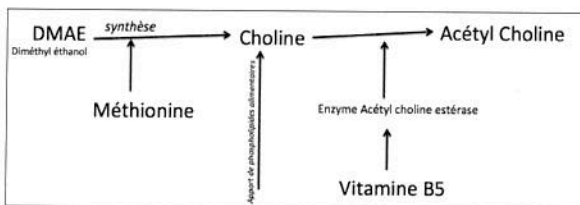


fig 13. À gauche : l'acétylcholine est synthétisée en présence de choline et de méthionine (issus des graisses et des protéines alimentaires) ainsi que de vitamine B₅. À droite : dans la mitochondrie, l'acétylcoenzyme A est le carrefour métabolique entre nutriments et production d'énergie.

Recommandation : consommer des légumes verts à feuilles, du germe de blé, de la lécithine, sources de **choline**.

La **vitamine B₅** ou acide pantothénique, est à la fois apportée par les aliments, et fabriquée par la flore intestinale. C'est une vitamine hydrosoluble, sensible à la chaleur, qui n'est pas stockée par l'organisme et doit être apportée au corps de façon quotidienne. Le raffinage des céréales, la mise en conserve, la congélation ainsi que la cuisson, détruisent la vitamine B₅ des aliments. Une alimentation composée d'aliments transformés, de même que la prise d'antibiotiques (en modifiant la flore digestive) peuvent entraîner un déficit en vitamine B₅.

La vitamine B₅ est abondante dans les produits d'origine animale, les abats (foie et rognon), la viande, le jaune d'œuf, la levure de bière, les céréales entières, le poisson (la laitance de poissons séchés), les légumineuses, les oléagineux (cacahuètes, graines de tournesol, noix de cajou, soja), les légumes (champignons Shiitakés, avocats, légumes verts, tomates séchées), les produits laitiers et la gelée royale.

Une carence en vitamine B₅ peut provoquer de l'insomnie, des crampes dans les jambes, des paresthésies au niveau des pieds et des mains (sensation de picotements, de brûlure ou d'engourdissement), de la fatigue, des troubles gastro-intestinaux, un état dépressif, des infections respiratoires, de l'hypoglycémie et un déficit immunitaire.

Aucun surdosage n'a été observé, il n'a donc pas été fixé d'apport maximal tolérable (AMT). Les seuls désagréments rapportés sont des diarrhées, ainsi qu'une élévation de la glycémie. L'absorption maximale quotidienne est de 10 mg par jour, l'excès est éliminé dans les selles.

La carence en cystéine⁽¹³⁾, en magnésium et en vitamine C aggrave la carence en vitamine B₅.

La gaine de myéline

La myélinisation du nerf est effectuée par les oligodendrocytes qui sont particulièrement riches en acides gras. La qualité de la gaine de myéline dépend donc de l'apport alimentaire de lipides et de leur assimilation digestive. De plus, l'apport de choline est important, car choline et inositol se combinent avec phosphore, acides gras et azote pour former les phospholipides membranaires.

Les vitamines B₅ et B₈ sont essentielles pour la synthèse du Coenzyme A qui intervient dans la production de lipides complexes tels que la sphingomyéline.

La fonction de la sphingomyéline nécessite la présence de cholestérol.

On observe une anomalie de la gaine de myéline chez les poulets carencés en vitamine B₅.

Quant à la vitamine B₈ ou biotine, les résultats récents dans la sclérose en plaques sont compatibles avec son intervention pour la synthèse optimale de la gaine de myéline.

La vitamine B₁₂ est indispensable à l'entretien des épithéliums et de la myéline ; son absorption est compromise lorsque l'estomac n'est plus assez acide (comme lors de traitements antiacide au long cours).

Recommandation : La consommation de graisses de qualité est importante.

Les sources principales d'**inositol** sont le foie et le cœur de bœuf, mais aussi les noix fraîches, les légumineuses, l'avoine et le germe de blé frais.

La majorité des humains obtiennent la **vitamine B₁₂** à partir de la chair des animaux et du produit de leur exploitation (lait, œufs).

Les sources naturelles de **vitamine B₈** (biotine) sont la levure sèche, le jaune d'œuf, les abats, les champignons, les haricots, les lentilles (les fruits et légumes en sont pauvres en général). L'assimilation de la vitamine B₈ est entravée par l'avidine, présente dans le blanc d'œuf cru. Une consommation exagérée de blanc d'œuf cru peut donc conduire à un déficit en vitamine B₈. Comme pour la vitamine B₅ la biotine provient de deux sources : l'alimentation et la flore intestinale. Aucun surdosage n'a été observé : il n'a donc pas été fixé d'apport maximal tolérable (AMT).

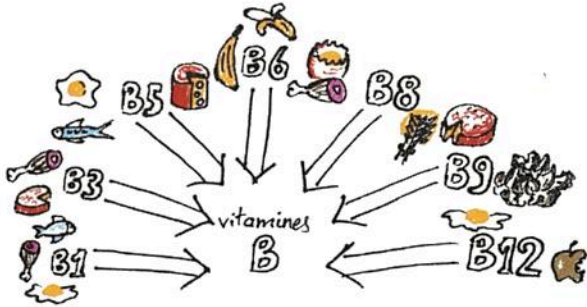


Fig 14. Sources de vitamines B.

Cas particulier de l'homocystéine

L'homocystéine est un déchet du métabolisme qui devient toxique pour les nerfs et pour les parois vasculaires lorsqu'il s'accumule. Pour éviter l'accumulation de l'homocystéine, la voie principale de reconversion de l'homocystéine fait intervenir la présence de vitamine B₉ et vitamine B₁₂. Une voie alternative fait intervenir la bêtaïne (synthétisée à partir de la choline). Enfin, l'homocystéine peut être transformée en cystéine par une voie enzymatique qui nécessite un taux normal de vitamine B₆.

Recommandations : Les **taux des vitamines B6, B9, B12 (méthylcobalamine)** doivent être contrôlés.

Un taux sanguin élevé d'homocystéine impose un apport supplémentaire en vitamine B9, même si le taux de vitamine B9 est dans les normes.

Un taux élevé d'homocystéine peut participer à une mauvaise synthèse de l'hormone du sommeil (mélatonine).

Les aliments riches en **vitamine B₉** sont la levure non chimique, les haricots blancs secs, le germe de blé, la farine de soja, le foie, le jaune d'œuf cru, les épinards, les lentilles, le cerfeuil, le cresson, les petits pois, la mâche, les noix, les fèves...

Les aliments riches en **vitamine B₆** sont les volailles, le foie, les bananes, les choux, les tomates, les épinards, les pommes de terre...

5. Besoins particuliers du muscle

En plus des recommandations déjà citées, les mitochondries de chaque myocyte seront améliorées par :

Les acides aminés spécifiques

Les acides aminés sont les plus petites parties de la protéine, directement assimilables.

- **Acides aminés branchés** ⁽¹²⁾: Ce sont des acides aminés essentiels ⁽¹²⁾, ils sont les plus utilisés par le muscle en exercice pour renouveler la masse musculaire. Lors d'un effort prolongé, ces acides aminés peuvent aussi être utilisés par la mitochondrie pour produire de l'énergie (« essence »). Afin d'optimiser la synthèse des protéines musculaires, il faut veiller à apporter ces protéines « en charge », c'est-à-dire au cours d'un seul repas. Les protéines animales ont cette capacité d'apporter en une fois tous les acides aminés indispensables au renouvellement des protéines musculaires. Les végétariens doivent réaliser une association d'une céréale et d'une légumineuse, au cours d'un même repas, pour avoir cette « charge protéique » sinon ils s'exposent à des carences et des fatigues musculaires.

- **Acide aminé L-glutamine** : Cet acide aminé peut être synthétisé, mais est souvent carencé lors des états inflammatoires. La **L-glutamine** aide le muscle à éliminer certains déchets. De plus, cet acide aminé facilite « la cicatrisation » de la muqueuse digestive (voir chapitre « Le rôle de la flore digestive »).

- **L'entretien, la « reconstruction » du muscle** dépend du taux de vitamine D et de l'activité physique régulière, ainsi que du taux de zinc.

Recommandations : Contrôler le taux de **vitamine D**, le **taux de zinc** et pratiquer une **activité physique régulière**.

Veiller à avoir un repas quotidien avec des protéines « en charge » pour éviter la fonte musculaire.

L'adulte a besoin quotidiennement de 0,8 à 1,2 gramme de protéines par kilogramme de poids corporel, indépendamment du sexe, de l'âge et de l'activité physique (150 g de viande ou 3 œufs apportent en moyenne 20 g de protéines). Cependant, en cas de putréfaction (qui se manifeste par des gaz malodorants), il faut diminuer la quantité de protéines, et se compléter en enzymes digestives.

L'antioxydant de la « fatigue à l'effort » : la coenzyme Q10

La coenzyme Q10 (coQ10) joue un rôle important dans la mitochondrie pour la production d'énergie, mais également un rôle d'antioxydant, protégeant les acides gras membranaires de l'attaque des radicaux libres.

La coQ10 est synthétisée à partir de l'acide aminé tyrosine et de l'acétylcoenzyme A.

Les réactions chimiques mises en jeu sont les mêmes que celles de la biosynthèse du cholestérol ; c'est pourquoi la prise d'un médicament pour réduire la synthèse de cholestérol entraîne une baisse de la synthèse de la coenzyme Q10 et peut provoquer une fatigue musculaire.

L'apport alimentaire de la coQ10 est intéressant, mais ne suffit pas toujours à couvrir nos besoins. Il n'y a pas actuellement de recommandations sur l'apport journalier recommandé. Plusieurs scientifiques estiment que les besoins d'apports nécessaires vont de 30 à 200 mg / j pour les plus de 19 ans.

Recommandation : On peut faire un dosage sanguin de la coenzyme Q 10.

En plus de sa synthèse endogène, la coQ10 est apportée par la consommation de **noix, amandes, d'huiles de qualité** (voir chapitre « Recommandations »), **de poissons gras et de légumes verts frais (surtout les épinards)**.

L'oxygénation musculaire

Lors d'un effort musculaire dans un espace mal aéré, la carence en oxygène ne permet pas à la mitochondrie de « brûler son carburant » pour produire de l'énergie (voir dans le chapitre 2 : les « carburants » nécessaires). La cellule musculaire produit alors difficilement de l'énergie, en dehors de la mitochondrie, et libère des déchets (de l'acide lactique). Cela entraîne une faiblesse musculaire ainsi que des douleurs liées à l'accumulation de ces déchets.

L'apport de nutriments et d'oxygène aux myocytes dépend de la vascularisation profonde du muscle.

- Cette vascularisation est favorisée par la dilatation des petits vaisseaux en présence d'oxyde nitrique (NO) sous contrôle des médiateurs de l'inflammation liés à l'insuline.

La synthèse de NO est stimulée par un acide aminé issu de l'alimentation, l'**arginine**, mais freinée par les aliments riches en leucine.

Les aliments les plus riches en arginine sont les oléagineux. Tandis que l'acide aminé leucine est abondant dans les viandes, laitages et maïs.

L'action vasodilatatrice liée au NO sera maintenue grâce à la présence de polyphénols.

Les aliments riches en polyphénols sont le thé vert, le chocolat noir, les baies rouges, les betteraves rouges.

- La vascularisation profonde peut être améliorée par l'application du froid, c'est la cryothérapie qui est utilisée chez les sportifs.

- La vasodilatation des vaisseaux du muscle est aussi améliorée par le sport.

Recommandations : Avoir une **activité physique** régulière dans un **endroit aéré**.

Lutter contre l'hyperinsulinisme (éviter les aliments sucrés), apporter des **oléagineux** (noix, noisettes, amandes, noix de cajou) associés à des **polyphénols** (thé vert, chocolat noir, baies rouges, betteraves rouges) en dehors de l'apport de protéines animales.

6. Recommandations

Les recommandations micronutritionnelles

- **Mastiquer +++** (20 mastications pour chaque bouchée), à défaut penser à mouliner les aliments.
- **Augmenter la ration en antioxydants** : les épices (surtout le curcuma), les fruits et légumes frais colorés dits « **arc-en-ciel** »).

Choisir des fruits et des légumes de saison, produits localement. Veiller à éplucher ces fruits et légumes, à défaut ceux qui ne peuvent pas être épluchés seront issus d'une agriculture raisonnée ou biologique (voir chapitre « Les toxiques environnementaux »).

Les épices (curcuma, thym, romarin, clou de girofle, gingembre) ainsi que les fruits rouges sont à consommer sans modération.

- **Éviter les hydrates de carbone**, toujours limiter les « sucres rapides », se référer aux tables des index glycémiques⁽¹⁴⁾. En cas de trouble de l'HOMA test⁽¹⁵⁾, éviter également les sucres dits « lents ».

L'apport de sucre issu des fruits (autre que les fruits rouges) reste bénéfique, à condition de ne pas dépasser 2 à 3 fruits par jour.

- **Augmenter la consommation de graisses de qualité** en s'assurant de leur bonne assimilation. L'assimilation impose des enzymes digestives actives. Il est possible d'apporter des enzymes pour faciliter la digestion et limiter les médicaments contre le reflux au long cours. La consommation de « graisses de qualité » se définit par un apport quotidien d'oméga 3,6,7 et 9 sous la forme d'huiles végétales première pression à froid non chauffées (colza, noix, olive, macadamia), de graisses saturées de qualité (beurre de Baratte et huile de coco). Et un apport en choline, vitamine B₅ et B₈ plurihebdomadaire sous la forme de jaunes d'œufs liquides. Enfin, par la consommation de poissons gras de qualité, si possible trois soirs par semaine : saumon sauvage, sardine, hareng, anchois, maquereaux. Veiller à consommer des graisses animales provenant d'animaux d'origine contrôlée (voir chapitre « Les toxiques environnementaux »).

- **Consommer régulièrement des protéines animales**, dont une viande rouge par semaine (car riche en L-carnitine) ; mais il n'est pas recommandé d'en consommer quotidiennement. Consommer les protéines « en charge » (c'est-à-dire au cours d'un seul et même repas) afin de permettre la synthèse des protéines musculaires. Cela est particulièrement important pour un patient végétarien qui doit réaliser sa charge protéique en associant une céréale et une légumineuse au cours d'un même repas, ou bien en consommant des algues.

- Privilégier les **aliments riches en vitamines B** (chapitre 4)

- **Jeûner (uniquement le jeûne court)** est favorable chez l'adulte s'il est réalisé au cours d'une journée de repos.

- Assurer une bonne **oxygénation** (l'activité physique douce doit être quotidienne, il faut aérer son logement et s'assurer de l'absence d'une apnée du sommeil).
- **Corriger les carences authentifiées sur le bilan biologique.**
- **Compléments alimentaires possibles sans dosage :**
- **Magnésium** (biglycinate de magnésium ou magnésium marin) en l'absence d'insuffisance rénale.
- **Vitamine D** (sur prescription médicale).
- Probiotiques en cas de diarrhée, de prise d'antibiotiques ou d'inconfort féminin.

Applications pratiques :

Veiller à avoir une **activité physique** extérieure quotidienne si possible autour de midi et des **horaires** réguliers tout en s'autorisant de sauter un repas de temps en temps (jeûne court).

- **Le matin** : petit déjeuner **gras** avec du beurre, jaune d'œuf, avocat. . .

- Il est possible, **au milieu de la matinée**, de consommer un fruit frais de saison et mûr. Cet encas évitera la fatigue de fin de matinée.

- **Le midi** : **protéines** animales, légumes frais avec une cuisson « vapeur douce », on peut ajouter un féculent à faible index glycémique.

- Il est recommandé, **au milieu de l'après-midi**, d'avoir « **une note sucrée** » vers 16h ou 17h pour assurer une synthèse optimale des « neurotransmetteurs du Zen » (la sérotonine). Cependant, la règle d'éviction des sucres rapides reste valable. Consommer un fruit frais ou des fruits séchés au soleil ou des pruneaux, des oléagineux (amandes, noix, noisettes, noix de cajou), du chocolat noir de qualité (75% de cacao minimum), des compotes sans sucres ajoutés.

- **Le soir** : c'est « le repas du pauvre » avec par exemple un bouillon, un poisson gras avec des légumes crus avant 20h ou des légumes cuits après 20h, voire un féculent à faible index glycémique.

Après trois mois de suivi de ces recommandations, selon l'intensité de la fatigue, un bilan biologique peut être proposé :

Biologie possible en fonction de l'intensité des signes de fatigue

Contrôler les taux de NFS, VS, CRP Ultra sensible,

Vitamines B1, B6, B9, B12, A, E, D.

L-carnitine,

Ferritinémie, Coefficient de Saturation de la Transferrine,

Cuivre, Zinc, Phosphore, Magnésium érythrocytaire

TSH, FT4, FT3,

Bilan lipidique, Glycémie et Insulinémie à jeun avec calcul de l'HOMA test⁽¹⁵⁾.

Biologie spécialisée non prise en charge par la CPAM

Selon la clinique, en cas de fatigue importante difficile à évaluer sur le seul interrogatoire.

Dans un laboratoire classique :

- Homocystéine, vitamine B9 érythrocytaire
- Calcium ionisé, Sélénium,
- Vitamine B3 ou PP, Coenzyme Q10
- Sérologies pour la recherche d'infection froide ou coinfections, dosage de l'iode urinaire et dosages hormonaux sanguins

Par un médecin formé en médecine fonctionnelle ou en micronutrition, dans certains cas, on pourra réaliser :

Dans un laboratoire spécialisé :

- Dosages sanguins :
 - Profil membranaire des acides gras, dosage d'Immunoglobuline G anti-aliment, Méthylcobalamine.
- Dosage urinaires ou salivaires d'hormones
- Étude du microbiote intestinal (flore digestive) :
 - Prélèvement de selle, culture, métabolome (dosage des acides gras à courte chaîne produits par la flore), métagénome (génome bactérien), dosage urinaire : Métabolites Organiques spécifiques (recherche de dysbiose), mesure de gaz expirés : Hydrogène, Hydrogène sulfuré, Méthane.

7. Conclusion

La mitochondrie s'intègre dans la « loi du maillon le plus faible »

Pour lutter contre la fatigue liée à nos mitochondries, il faut « enchaîner » une cascade « d'événements » : qualité du métabolisme du sucre, qualité des acides gras, qualité du microbiote, apport de vitamines B, apport d'antioxydants, taux d'hormones satisfaisant, environnement favorable non toxique (Fig15)...

Même si « la star » de cette brochure s'appelle mitochondrie, au fil de la lecture on comprend que la production d'énergie est un travail global d'harmonie, de respect de soi et de son environnement, dans lequel la gestion du stress et la prise de recul s'imposent aussi.

Je dis souvent à mes patients que **le plus important est l'amélioration de leur hygiène de vie**, les compléments alimentaires ne sont que le carburant qui permet d'aller plus vite vers le but. L'hygiène de vie (alimentation, environnement, gestion du stress) est la racine de l'arbre qui assure sa solidité, son ancrage.

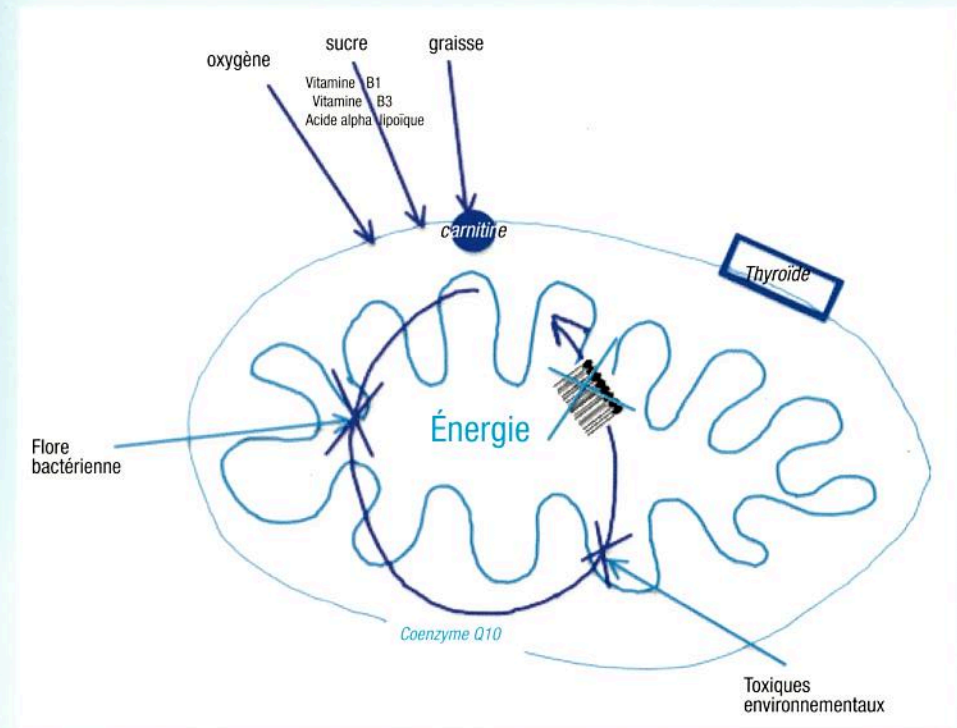


Fig 15. Pour optimiser la fonction mitochondriale, il faut que tous les événements s'enchaînent « sans rompre la chaîne » : il faut tout à la fois un apport en vitamine B, en L-carnitine, une bonne qualité de la flore digestive, la présence suffisante de coenzyme Q10, un apport de bonnes graisses « pour la fluidité des membranes », une bonne fonction thyroïdienne et limiter l'exposition aux toxiques environnementaux.

8. Espoir

Nous savons que nos gènes sont uniques et déterminent notre apparence et nos performances. La moitié de nos gènes vient de notre mère biologique et la moitié de notre père biologique. Chaque variation d'un gène a un impact plus ou moins important sur la fonction codée par ce gène. Ce qui explique que « nous sommes tous un peu pareils (notre apparence humaine) et tous un peu différents (nos caractéristiques propres) ». Ces variations liées aux gènes se nomment le polymorphisme génétique.

Cependant, le monde animal nous enseigne que notre hygiène de vie (alimentation, environnement, stress) peut avoir un impact sur le choix des gènes qui sont copiés ! Cela se nomme l'épigénétique. Cette nouvelle science nous donne de l'espoir, mais nous responsabilise. En voici le récit.



Fig 16. Dans les alvéoles, toutes les larves sont identiques avec les mêmes gènes et peuvent toutes se transformer en une petite ouvrière ou une grande reine fertile. C'est la nourriture donnée durant la période de gestation qui détermine quels gènes sont copiés.

« Mon enfant sera Reine »

Les larves des abeilles sont positionnées dans les alvéoles de la ruche, elles sont nourries avec du miel et vont devenir des ouvrières. Par contre, si pendant cette période de « gestation » une larve est nourrie avec de la gelée royale, cette larve va se transformer en une reine ! Les gènes sont les mêmes entre l'ouvrière et la reine, mais l'expression de ces gènes est différente. L'ouvrière est stérile, de petite taille avec une espérance de vie courte. À l'inverse, la reine est fertile, grande avec une espérance de vie longue. Pourtant leurs gènes sont identiques !

Cette histoire nous enseigne que les bons nutriments (ici, la gelée royale) permettent à certains gènes d'être copiés et de s'exprimer, tandis que la carence de certains nutriments nous prive de l'expression de ces gènes.

Ainsi, avant et pendant la grossesse, la mission de la future maman est d'assurer que la copie des gènes de chaque cellule du futur bébé se fasse le mieux possible dans le but « d'avoir un enfant reine plutôt qu'ouvrière ».

Pour avoir une maison solide, il faut utiliser du matériel de qualité. De même, pour bien copier l'ADN⁽⁸⁾ de mon futur bébé, il faut que les micronutriments soient présents en quantité et en qualité.

Le polymorphisme génétique et l'épigénétique expliquent qu'au sein d'une famille, une même pathologie puisse s'exprimer différemment.

Ainsi, on évitera toute carence en **vitamine D, zinc, magnésium, iode, fer, DHA⁽³⁾ (acides gras), vitamine B9** dans la période préconceptionnelle et pendant toute la gestation. Cependant, tout complément pris pendant la grossesse doit se faire en accord avec le gynécologue-obstétricien. **Durant le dernier mois de la grossesse, on pourra prendre des probiotiques** dans le but de favoriser l'ensemencement d'une flore digestive de qualité lors du passage de la filière génitale au moment de l'accouchement par voie basse.

9. Glossaire

⁽¹⁾ L'énergie produite se nomme Adénosine Tri Phosphate (ATP).

⁽²⁾ Les « bonnes graisses » dans la membrane interne de la mitochondrie se nomment Acide docosa hexahénoïque (DHA).

⁽³⁾ « L'élasticité de la membrane », ou « fluidité membranaire » provient de doubles liaisons dans la chaîne hydrocarbonée qui créent des cassures. Tous les acides gras qui ont une double liaison sur le troisième carbone de la chaîne hydrocarbonée forment la famille des « Oméga Trois », dont le DHA fait partie.

⁽⁴⁾ L'apnée du sommeil signifie que le patient s'arrête de respirer pendant son sommeil. Le cerveau et toutes les cellules sont alors privés d'oxygène.

⁽⁵⁾ Le pyruvate est synthétisé dans la cellule principalement à partir du sucre. C'est sous cette forme que le sucre, ou hydrate de carbone, entre dans la mitochondrie pour produire de l'énergie.

⁽⁶⁾ La L-carnitine est une petite protéine provenant de l'alimentation carnée (viande rouge) et de la synthèse au niveau du foie.

⁽⁷⁾ Bactéricide, signifie qu'il tue les bactéries (exemple : les antibiotiques).

⁽⁸⁾ L'ADN (Acide Désoxyribo Nucléique) contient toute l'information génétique permettant le fonctionnement et développement des êtres vivants. Il est localisé dans le noyau de chaque cellule.

⁽⁹⁾ Lipophile se dit d'une substance qui est soluble dans les graisses.

⁽¹⁰⁾ GABA, dopamine et sérotonine sont des neurotransmetteurs synthétisés à partir des acides aminés provenant principalement de l'apport des protéines alimentaires.

⁽¹¹⁾ Le glutathion est un antioxydant important dans la lutte contre le stress cellulaire. La vitamine B6, la vitamine B2 et le sélénium sont indispensables pour que l'organisme puisse fabriquer du glutathion.

⁽¹²⁾ Les acides aminés s'assemblent pour former une protéine. Un acide aminé est qualifié « d'essentiel » quand il ne peut pas être synthétisé et doit alors être apporté par l'alimentation. Les acides aminés « branchés » sont impliqués dans la synthèse des protéines musculaires.

⁽¹³⁾ Méthionine et cystéine sont des acides aminés soufrés abondants dans les produits animaux.

⁽¹⁴⁾ Index glycémique : se dit d'un aliment qui « crée » un taux de sucre important dans le sang.

⁽¹⁵⁾ HOMA Test : c'est un calcul de la tolérance au sucre. Cette mesure se fait à partir de la glycémie et de l'insulinémie à jeûn.

10. Remerciements

Je remercie mes patients ainsi que Martine Libany et Daniel Tanesse pour leur confiance.

Les propos et illustrations contenus dans ce livret restent la propriété du Dr Frédérique ARNDT-VANKEMMEL, toute modification est interdite sans son accord explicite. Ce texte original peut être reproduit dans son intégralité à titre gratuit sans limitation dans le temps exclusivement sur support papier par l'Association CMT-France. Tout autre mode de reproduction doit se faire avec l'accord écrit de l'auteur.

Illustrations : Romain VANKEMMEL