

## L'EQUILIBRE ACIDE-BASE DE LA RATION

Le 26 Janvier 1999

{ Denis RICÉ in Guide nutritionnel des sports d'endurance }

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>1. LES SELS ALCALINS ET LA PERFORMANCE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. L'INTERET DE LA PRISE PREALABLE DE BICARBONATES.....</b>	<b>4</b>
<b>3. LES SELS DE PHOSPHATE.....</b>	<b>6</b>
<b>4. LES POLYLACTATES.....</b>	<b>8</b>
<b>5. LES SELS DE CITRATE.....</b>	<b>8</b>
<b>6. LE DICHLOROACETATE.....</b>	<b>9</b>
<b>7. L'INFLUENCE DES ALIMENTS.....</b>	<b>9</b>
<b>8. L'INFLUENCE DE L'EXERCICE PHYSIQUE.....</b>	<b>11</b>

## INTRODUCTION

L'obtention d'un bon équilibre alimentaire ne consiste pas seulement à respecter les recommandations de spécialistes relativement aux apports énergétiques, aux proportions des différentes catégories de nutriments ou à la prévention des carences minérales. Il doit également préserver l'état de non-acidité de l'organisme. En quoi cette caractéristique consiste-t-elle exactement ? Lors des réactions métaboliques, lors de la destruction de cellules, divers produits peuvent être élaborés. Certains d'entre eux se caractérisent par leur aptitude à libérer une substance très réactive, le proton ( $H^+$ ), qui fait d'eux des acides. S'y rangent ainsi le vinaigre (acide acétique) ou l'acide chlorhydrique, qui entre dans la composition du suc gastrique.

D'autres constituants, à l'inverse, fixent cet acide et le neutralisent. On parle alors de bases, porteuses d'un caractère alcalin. On y trouve par exemple les bicarbonates (utilisés précisément pour combattre les aigreurs d'estomac) ou la soude. Elles aussi peuvent réagir avec de multiples composés. La neutralité correspond à un état d'équilibre parfait entre ces deux tendances opposées.

Dans les conditions normales, notre organisme présente une légère alcalinité, situation la plus propice au parfait déroulement de moult processus physiologiques. Il s'agit cependant d'un état précaire, susceptible d'évoluer à tout moment selon la prédominance de telle ou telle voie métabolique, et en fonction de divers facteurs, tels que l'activité physique ou certaines maladies. L'acidification persistante des tissus entrave fortement le déroulement de la contraction musculaire, et affecte l'activité de la plupart des enzymes. Selon que cette acidification touche le sang (le milieu extra-cellulaire) ou l'intérieur des tissus, les répercussions varient. Nos cellules peuvent tolérer une augmentation modérée de l'acidité. En effet, dans ce cas, d'efficaces processus d'échange tendent à faire sortir l'acide formé pour qu'il gagne le sang où il se verra neutralisé. Tant qu'existera un gradient (c'est-à-dire une différence de teneur) entre ces deux compartiments, les tissus d'une part, et le sang d'autre part, l'exportation pourra se poursuivre, et l'acide se diluera dans un compartiment plus vaste que le seul tissu où il s'est formé.

### **L'essentiel du travail de neutralisation des acides se déroule dans le sang.**

Si la production d'acide s'effectue à une vitesse qui dépasse les possibilités de neutralisation du sang, aptitudes dues aux protéines, à l'hémoglobine, aux phosphates et aux bicarbonates, celui-là sort moins facilement des tissus et commence à s'y accumuler, et c'est alors que les phénomènes inhibiteurs exercés par cet excès de protons vont se manifester. Il existe certes également des tampons cellulaires, mais leur force demeure mineure comparativement à celle des antiacides du sang. Dans nos tissus, et plus particulièrement dans les fibres rapides, ce sont la créatine phosphate et les peptides riches en histidine (tels que la carnosine) qui participent à cette tentative de neutralisation.

Le contenu de la ration peut également influencer sur l'équilibre acido-basique du sang, mais aussi de sur celui de l'urine, voire des tissus. Suivant le site concerné, ces modifications ne revêtent pas la même signification. Beaucoup de données empiriques et de spéculations hasardeuses ont été avancées dans ce domaine. On pense notamment aux réflexions des praticiens asiatiques à propos de la nature yin ou yang des aliments (qui correspond partiellement à la démarcation acidifiant et alcalinisant), ou aux croyances concernant certains

végétaux acidifiants tels que la tomate ou le citron, qui seraient à exclure de l'alimentation des sportifs en raison de leur propension à favoriser la survenue de tendinites. Les sévères listes d'interdits alimentaires, parfois remises aux sportifs souffrant de blessures musculo-tendineuses à l'origine desquelles on soupçonnerait une acidose chronique, sont beaucoup plus arbitraires que leurs promoteurs le laissent entendre. Aucune étude n'en a jamais démontré le bien-fondé. Nous attendons encore, chiffres à l'appui, qu'on nous démontre que la suppression des tomates faisait disparaître des tendinites... Dans le même ordre d'idée, combien de fois peut-on lire que telle denrée est alcalinisante ou acidifiante, sans savoir si le qualificatif se rapporte aux effets observés dans le sang, dans les urines ou est simplement spéculatif ? Il y a là assurément de quoi se perdre.

Cependant quelques notions scientifiques bien acceptées se dégagent aujourd'hui de ce flou nébuleux. Premièrement, elles portent sur l'intérêt très particulier de régimes acidifiant ou alcalinisant les urines, employés dans la prévention de diverses formes de calculs rénaux. Nous vous renvoyons aux ouvrages généraux de diététique pour mieux connaître ces diètes des lithiases. Deuxièmement, elles portent également sur la recherche d'agents pouvant alcaliniser le sang des sportifs et de ce fait, compte tenu du mécanisme d'exportation de l'acide qui existe dans la cellule, capables d'influer sur les aptitudes physiques. Cela fait plus de 60 ans que des savants s'en préoccupent.

Troisièmement, elles concernent enfin les modifications de l'équilibre du sang en réponse à des rations très caricaturales, hyperglucidiques, hyperlipidiques ou hyperprotéinées, beaucoup étudiées en Ecosse depuis une dizaine d'années à travers des protocoles très rigoureux. Ces études sont à l'origine d'une évolution de nos conceptions du régime précompétitif des sports brefs et maximaux, dans la mesure où son contenu pourrait influencer sur les performances. En effet une acidification immédiate, telle qu'elle survient dans le cas d'un sprint ou d'un exercice maximal court (30 secondes et plus), conduit à plusieurs anomalies au sein du muscle ; survient ainsi un blocage de l'activité d'enzymes-clés du métabolisme, à l'origine d'un ralentissement des processus énergétiques des fibres aérobies. Cette acidification perturbe en outre le bon déroulement de la contraction musculaire. Ceci se traduira au mieux par une baisse sensible de cadence, au pire par un arrêt franc de l'activité. Or, toute procédure permettant de retarder le moment où l'engorgement acide ne permet plus la poursuite d'un effort maximal, aidera indéniablement à réaliser de meilleures performances. Il semble aujourd'hui que selon les composants de la ration adoptée les trois derniers jours avant l'exercice, ou suivant qu'on fournisse ou non des ergogènes particuliers dotés de propriétés antiacides peu avant l'activité, on pourrait influencer sur les potentialités physiques. Il s'agit d'un axe de recherches en plein essor.

## **1. LES SELS ALCALINS ET LA PERFORMANCE**

Dès que les scientifiques ont établi que lors d'efforts intensifs l'accumulation d'acide lactique dans les tissus constituait un facteur qui limitait la performance, certains d'entre eux ont cherché à combattre cette manifestation négative. Ainsi, l'ingestion de composés alcalins avant l'effort a constitué une mesure très tôt envisagée dans le but de retarder cette sensation de fatigue. Les premières tentatives entreprises par Dennis et al, en 1931, Johnson

et Black en 1953, voire Margaria plus près de nous en 1971, se sont soldées par des échecs. Avec le recul, on attribue ces résultats négatifs à l'emploi de mauvais protocoles et à des dosages inappropriés. Par la suite en effet, d'autres expériences, s'appuyant sur des procédures différentes des premières, ont apporté des résultats positifs, notamment avec les bicarbonates tels les sels de créatine, participent efficacement à la neutralisation de l'acide. Mais à l'inverse des différents agents mentionnés ci-dessous, il agissent au niveau cellulaire.

A côté d'un effet physiologique au mécanisme bien établi, la prise d'agents alcalinisants donne lieu à une meilleure tolérance psychologique aux efforts violents. En effet, plus l'acidose est forte, plus l'exercice est perçu comme difficile, ainsi que l'ont établi les travaux de l'équipe de Robertson.

## **2. L'INTERET DE LA PRISE PREALABLE DE BICARBONATES**

Jones et Sutton ont les premiers défini les modalités d'utilisation qui se révélaient efficaces : d'autres équipes ont confirmé leur conception, à savoir qu'il faut apporter au moins 300 mg de bicarbonates par kilogramme de poids. En outre, la durée du test intervient beaucoup. Dans une expérience très bien ficelée, Mc Naughton et son équipe ont apporté des bicarbonates à la dose requise avant des efforts dont les durées étaient respectivement de : 10, 30, 120 et 240 secondes. L'influence des bicarbonates se révélait utile dans les deux dernières situations uniquement. Le délai requis pour noter un effet ergogène se révélait ainsi supérieur aux temps d'effort choisis dans les expériences préalables, d'où les conclusions mitigées de bon nombre d'auteurs initiaux, qui avaient souvent opté pour des exercices uniques trop brefs.

Certains spécialistes ont proposé de classer le recours aux bicarbonates parmi les procédures dopantes, leur point de vue tenant compte du bénéfice réel que son emploi peut procurer lors de certains types de compétitions. L'étude de Wilkes, entreprise en 1983 auprès de 6 bons spécialistes du 800 et du 1500 m, s'est révélée très concluante.

Les volontaires disputaient des épreuves de 800 m dans trois conditions distinctes, sans ingestion de quoi que ce soit (contrôle), soit après prise de placebo, soit enfin après administration de bicarbonates, sous forme d'une solution de 500 ml contenant 300 mg de bicarbonates par kilogramme de poids. Le tableau ci-dessous récapitule les données obtenues, montrant un gain moyen de 2 à 3 secondes après prise de cet ergogène, plus que suffisant, au plus haut niveau, pour faire passer de la dernière à la première place.

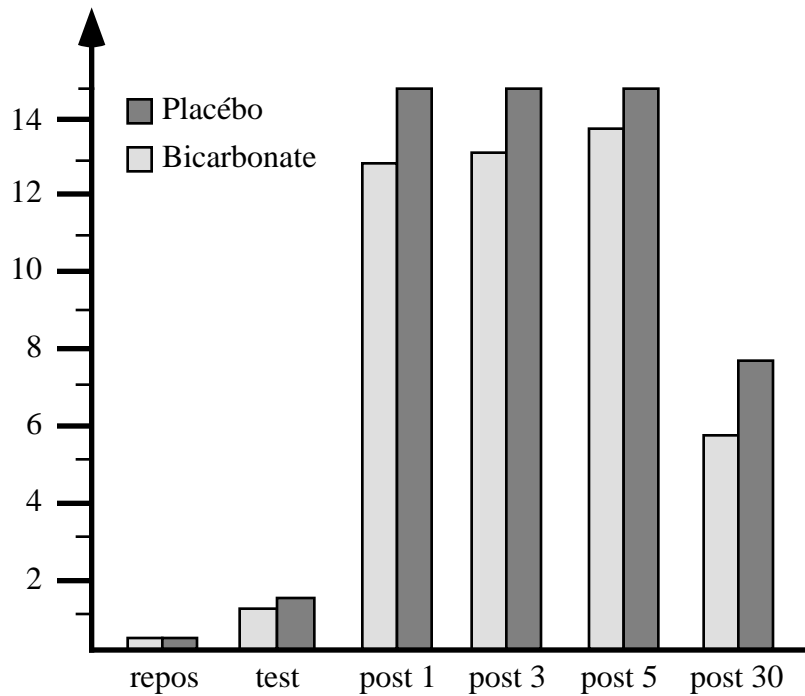
## BENEFICE TIRE DE LA PRISE DE BICARBONATES DANS LE CADRE DU 800 M

<b>Sujet</b>	<b>Contrôle (temps réel)</b>	<b>Placebo (temps réel)</b>	<b>Bicarbonates (temps réel)</b>
1	2' 09"8	2' 07"0	2' 02"9
2	2' 05"8	2' 04"5	2' 05"9
3	2' 03"8	2' 03"3	2' 01"6
4	2' 00"5	2' 00"4	1' 58"7
5	2' 00"9	2' 01"6	1' 58"7
6	2' 14"0	2' 13"7	2' 10"3
<b>Moyenne :</b>	<b>2' 05"8</b>	<b>2' 05"1</b>	<b>2' 02"9</b>

Le mode d'exercice choisi module aussi les résultats observés; ainsi, d'autres études, conduites simultanément, ont indiqué que lorsqu'on entreprend une séance en fractionné, consistant en une répétition d'efforts intensifs espacés de pauses de durée variable, la prise préalable de bicarbonates pouvait assurer une neutralisation plus importante de l'acide au cours des périodes de récupération. De ce fait, lors de la seconde partie de ces séances, les athlètes parvenaient à mieux conserver leur vitesse. La démonstration de cet effet au cours d'exercices intermittents a en outre sensiblement fait évoluer nos conceptions relativement à l'énergétique du sprint.

Dans certaines de ces expériences, les bicarbonates se sont révélés efficaces lors de répétitions d'effort très courtes, puisque dans l'étude illustrée à la figure suivante, les déboulés n'excédaient pas 6 secondes, ce qui correspond à une durée d'effort pour laquelle on considèrerait classiquement que la formation d'acide lactique demeurait quasiment nulle. L'intérêt de cette substance se révèle encore plus net si on l'ingère avant des séquences de fractionné plus importantes, par exemple celles de plus de 30 secondes.

Le recours aux bicarbonates, à l'alcalinisation préalable comme disent les physiologistes, ne s'est pas pour autant généralisé, et est même plutôt déconseillé par les spécialistes. Pourquoi ? Toutes les études conduites ces dernières années ont révélé, avec une frappante unanimité, que l'ingestion de doses élevées de bicarbonates (à la posologie requise, 500 mg/kg, un athlète de 60 kg en avale 30 g), s'accompagne de sévères troubles digestifs dans 50% des cas ! Il ne peut donc pas s'agir d'une habitude susceptible de devenir routinière.



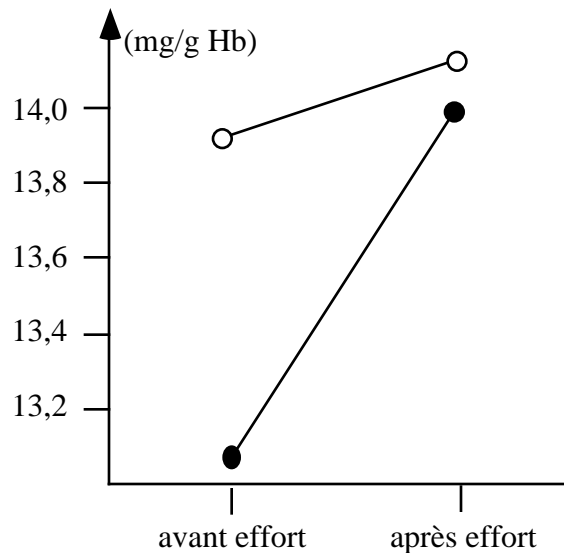
Concentration sanguine de lactate lors d'un test constituant en 10 sprint maximaux de 6 secondes, espacés de 30 secondes de pause. Les données reportées ici concernent le repos, le prélèvement effectué immédiatement avant le test, celui réalisé après le 1<sup>er</sup> sprint (post 1), après le 3<sup>o</sup> sprint (post 3), après le 5<sup>o</sup> (post 5), et 30 minutes plus tard (post 30).

L'acide étant mieux neutralisé après prise de bicarbonate, le lactate s'élève davantage dans ces conditions (d'après Gatainos et al., J. Sport Sci., 1991).

### 3. LES SELS DE PHOSPHATE

D'autres constituants de notre ration présentent, en théorie, un intérêt dans la lutte antiacide. Il s'agit par exemple des sels de phosphate. Le physiologiste américain Robert Kreider, très attiré par tous les composés potentiellement dotés de vertus ergogènes, a réfléchi à l'intérêt que pourrait présenter, au niveau des tampons sanguins, l'ingestion de tels composés. Pourquoi s'est-il intéressé à eux ? Au niveau des globules rouges chargés, rappelons-le, d'assurer le transport de l'oxygène vers les tissus, une molécule bien particulière améliore le relargage de l'O<sub>2</sub> aux tissus. Elle se nomme le 2,3-diphosphoglycérate, abrégé (2,3-DPG). Lorsqu'il se fixe sur l'hémoglobine, celle-ci relâche mieux l'oxygène aux tissus voisins. Une première équipe, en 1984, a réfléchi à l'éventualité qu'un apport de phosphates, en stimulant la synthèse de cet intermédiaire très important, modifierait l'affinité du transporteur d'oxygène pour celui-ci. Ce travail, demeuré dans la confidentialité, avait permis de noter effectivement une augmentation du taux globulaire de 2,3-DPG en réponse à une ingestion accrue de phosphates (dans ce travail, on en apportait 4 doses quotidiennes d'un gramme lors des trois jours précédant chaque test). Bien que ceux-ci figurent à des taux intéressants dans la plupart des denrées, les auteurs de ce

travail avaient préféré fournir directement des préparations industrielles, de façon à mieux contrôler le niveau réel des apports. Cette cure s'est traduite par une élévation du taux globulaire de 2,3-DPG, tant au repos qu'après l'effort (voir la figure suivante).



Evolution des taux globulaires de 2, 3-DPG avant et après test maximal.

Dans le premier cas (cercles blancs), le sujet a ingéré un placebo. Dans le second (cercles noirs), il a suivi une cure de sels de phosphate pendant 3 jours (4 x 1 g)/j.

Ceci donnait lieu à une augmentation de  $VO_2$  max (nettement corrélée à l'accroissement du taux globulaire de 2,3-DPG). Le taux de lactates, traduisant la mise en jeu des processus anaérobies, s'élevait également moins nettement à l'occasion d'exercices s'effectuant dans un registre aérobie. Cette adaptation signifiait que les tissus semblaient recevoir davantage d'oxygène, un effet que les sportifs dopés à l'EPO recherchent avec cette hormone aux effets redoutables. Les études menées par l'Américain Kreider en 1989 ont en effet indiqué des tendances tout à fait comparables à celles du travail de Cade, à savoir une amélioration du transport de l'oxygène, une amélioration des performances chronométriques, et une élévation du taux globulaire de 2,3-DPG. Cette procédure n'a pas encore fait l'objet d'un nombre suffisant d'études. Trop peu notamment permettent d'en évaluer les effets secondaires. En outre, on ne connaît rien de la durée de cet effet, ni dans quelle mesure le taux de 2,3-DPG reste longtemps élevé après interruption de la prise de phosphate. Il nous paraît donc prématuré, actuellement, de la recommander. Mais il s'agit indiscutablement d'une voie de prospection très prometteuse pour l'avenir, en particulier dans le cadre de la prévention du dopage à l'EPO.

#### 4. LES POLYLACTATES

Pour beaucoup de sportifs ou de profanes, l'évocation du terme lactates renvoie à un déchet acide susceptible de s'accumuler et d'altérer les capacités athlétiques. L'idée d'en apporter afin de mieux faire face à l'accumulation de déchets formés à l'occasion d'efforts intensifs semble donc a priori saugrenue. En fait, quelques notions de chimie nous aideront à comprendre cet apparent paradoxe. Lorsqu'on mentionne l'acide lactique, on fait allusion à deux entités distinctes, l'acide lactique d'une part, et le lactate d'autre part. L'acidité de l'organisme dépend d'une part de la facilité de l'acide lactique à libérer un H<sup>+</sup> pour devenir lactate, et d'autre part de l'équilibre entre ces deux formes :

plus le quotient lactate/acide lactique est élevé et moins l'acidité augmente. Le risque de voir celle-ci entraver le déroulement de l'exercice se réduira d'autant. Ces données théoriques ont incité certains scientifiques à envisager d'en fournir un surcroît avant l'effort, de façon à accroître le pouvoir tampon de l'organisme. Certains acides aminés fixent plusieurs molécules de lactate par unité. Les solutions les fournissant ont reçu le nom de polylactates, et plusieurs équipes en ont proposé dans le cadre de protocoles très rigoureux. Cette procédure est, jusqu'alors, restée sans effet sur les performances. Il ne s'agit donc pas, en dépit de la réputation flatteuse qui la précède, d'une manipulation dotée d'un quelconque intérêt, d'autant que l'ingestion de ce produit s'accompagne de troubles digestifs encore pires que ceux qui résultent de la prise de bicarbonate.

#### 5. LES SELS DE CITRATE

Présent dans les sodas, ce sel biologique peut, à l'instar des bicarbonates, contribuer à la neutralisation des molécules d'acide. Mais curieusement, son utilisation n'a été envisagée que récemment. Un récent travail a indiqué que l'intérêt de l'administration de citrate ne se limite pas aux seuls efforts intensifs. L'équipe de Potteiger a récemment décidé de tester son influence dans le cadre d'exercices effectués à une intensité qui correspond à celle du seuil anaérobie. Ces scientifiques ont postulé qu'en accroissant le pouvoir de neutralisation de l'acide, ils élèveraient légèrement la vitesse au seuil de leurs volontaires. Ils ont testé sur le terrain cette intéressante hypothèse ; ils ont proposé pour cela à 8 cyclistes d'effectuer chacun deux tests contre-la-montre de 30 km, et ce dans deux situations distinctes :

- après administration de sels de citrate (à 0,5 g/kg),
- après prise d'un placebo, indiscernable du précédent sur le plan du goût.

Compte tenu du niveau sportif de ces sujets, l'effort durait environ une heure, ce qui permet d'en extrapoler les conclusions à bien d'autres sports d'endurance. Qu'ont constaté ces chercheurs de l'Université de Kansas ? Que les coureurs ayant reçu des sels de citrate ont évolué à une fréquence cardiaque moyenne supérieure, et ont dépensé une plus grande quantité d'énergie dans ces conditions, ce qui semblait signifier que la saturation des processus métaboliques, sous l'effet de l'acide, se trouvait légèrement retardée. D'ailleurs, l'acidité de leur organisme demeurait plus basse. Sur le plan chronométrique, le gain atteignait en moyenne l'43". Seule ombre au tableau ; là encore une proportion non négligeable de ces athlètes (3 sur 8, soit 37,5%), se sont plaints de

troubles gastriques, pas suffisamment sévères cependant pour les obliger à abandonner, ni pour se répercuter sur leur niveau de performance. Les anomalies présentaient donc moins de sévérité que dans le cas des bicarbonates. Gageons que de nombreuses équipes se pencheront plus attentivement sur cette question dans les années qui viennent.

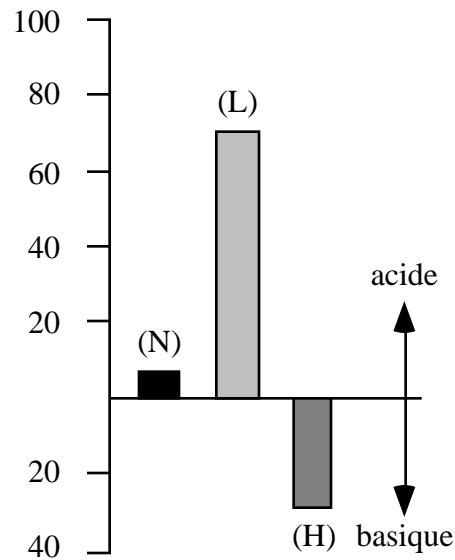
## **6. LE DICHLOROACETATE**

Il s'agit d'une autre molécule, pour l'instant exclusivement employée dans le cadre certaines pathologies. On sait ainsi qu'elle prévient ou neutralise l'accumulation d'acide lactique lors des chocs cliniques, lors d'hémorragies ou d'hypoxie. Ce composé intervient en stimulant l'activité de la pyruvate déshydrogénase, c'est-à-dire de l'enzyme qui favorise le recyclage de l'acide pyruvique et l'empêche de se transformer en acide lactique. Pour cette raison, il pourrait contribuer à une moindre accumulation d'acide lors d'efforts intensifs. Il n'a jusqu'à présent fait l'objet d'études qu'auprès d'espèces animales, et ceci s'est traduit par les effets attendus, ainsi que par une moindre diminution du glycogène. Actuellement au stade expérimental, le recours à ce produit pourrait fort bien être envisagé, au cours des années à venir, chez l'homme.

## **7. L'INFLUENCE DES ALIMENTS**

Aucun constituant de notre ration se révèle neutre vis-à-vis de l'équilibre acide/base de notre organisme. Mais tous n'interviennent pas pour autant avec la même importance. On peut citer quelques-uns des acteurs les mieux connus de ce complexe ballet ; il s'agit par exemple de l'acide benzoïque (additif alimentaire), de l'acide phosphorique (délivré par des boissons au cola), de l'acide oxalique des épinards, ou encore de l'acide phytique des céréales complètes. Cependant, en regard des quantités ingérées et de leur pouvoir acidifiant plus ou moins prononcé, ils contribuent peu par eux-mêmes à infléchir le caractère alcalin de notre organisme. Plus influentes semblent par contre les rations riches en chairs animales, car elles sont susceptibles de favoriser la formation d'acides en raison de leur composition chimique caractéristique. Ceci explique qu'on puisse incriminer une ration hypercarnée dans la survenue de tendinites ou de troubles musculaires. A l'inverse une ration moins riche en protéines, et contenant beaucoup de minéraux comme le calcium (abondant dans les laitages, réputés pour leur caractère alcalin), de magnésium, de potassium ou encore de sodium, présentera une tendance opposée. Ceci explique que les rations riches en végétaux puissent se révéler alcalinisantes, et propices à une bonne récupération.

Ces considérations ne sont pas purement spéculatives. Dans une série d'expériences très rigoureuses Roy Maughan, Paul Greenhaff et leurs collègues de l'Université d'Aberdeen, ont proposé des rations de compositions très distinctes, voire caricaturales, plusieurs jours durant, de façon à en évaluer l'influence éventuelle sur les performances réalisées lors d'un effort maximal après 3 jours de régime. Les divers résultats enregistrés se sont révélés très instructifs (voir la figure suivante).

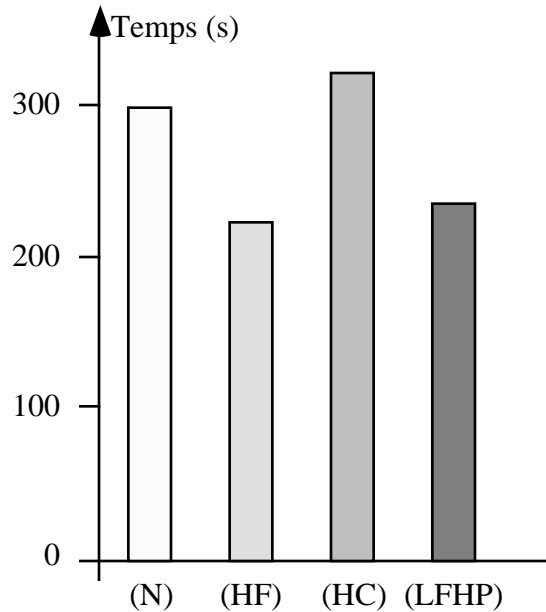


Apports alimentaires d'acides et de bases.

(N) : alimentation normale (45% de glucides) ; (L) : alimentation pauvre en glucides (10%) ; (H) : alimentation hyperglucidique (70%). La ration hyperglucidique donne lieu à une ingestion plus importante de dérivés alcalinisants (d'après Greenhaff et al., 1988).

Plusieurs groupes furent constitués simultanément, l'un avec une diète très riche en glucides, délivrant 70 à 73% de l'énergie, une autre avec un taux de sucres très bas (10%, puis 4% dans les dernières tentatives), une dernière avec une ration normale (45% de l'énergie tirée des glucides). Chacun des volontaires accomplissait dans un ordre aléatoire ces différents régimes, qui précédaient un test d'intensité maximale. La première de ces rations, très riche en sucres lents, s'accompagnait d'une alcalinisation du sang très nette, contrastant en cela avec la ration dépourvue de glucides. En outre, une analyse minutieuse des apports alimentaires indiquait que l'ingestion d'acides s'y révélait moindre. Le taux d'urée plasmatique, témoignant du catabolisme protéique, y restait également plus basse.

L'élément le plus intéressant et le plus directement utilisable qui ressort de ces travaux est le suivant : après avoir avalé durant trois jours une ration très riche en glucides, tout à fait analogue à celle qu'ingèrent les marathoniens lors des dernières 72 heures avant une épreuve, les volontaires incorporés dans cette étude arrivaient à maintenir plus longtemps un effort d'intensité maximale. Lorsqu'ils s'en tenaient à une alimentation normale (dont l'énergie provenait à 45% des glucides), la durée d'effort et l'énergie produite s'avéraient plus faibles. Enfin, lorsque la ration contenait très peu de sucres, et qu'elle comportât ou non beaucoup de protéines, la durée de l'effort maximal était nettement réduite (voir la figure suivante). On se trouvait dans une situation un peu analogue à celle rencontrée lors d'un effort à jeun, ce qui souligne bien que s'il y a quelques années on considérait qu'un régime hyperglucidique ne se justifiait que lors des trois jours qui précédaient une compétition de longue durée, on l'appliquera en fait avec bonheur avant tout type d'épreuve. Grâce à cela on disposera de réserves de glycogène maximales, et d'un pouvoir tampon optimal.



Temps d'effort à intensité maximale après :

(N) : régime normal (50% de glucides) ; (HF) : régime riche en lipides (71%), pauvre en glucides (3%) et riche en protéines (26%) ; (HC) : régime riche en glucides (73%), pauvre en lipides (12%) et normal en protéines (15%) ; (LFHP) : régime pauvre en lipides (27%), normal en glucides (47%) et riche en protéines (26%).

Ces manipulations ont permis de faire la part des choses entre l'intérêt de réserves de glycogène élevées et la nature alcalinisante ou acidifiante de ces rations.

Conclusion : les deux facteurs participent à ces différences, que la même équipe n'a d'ailleurs pas systématiquement retrouvées (d'après Greenhaff et al., 1988 ; Bail et al., 1993 ; Greenhaff et al., 1987 ; Greenhaff et Gleeson, 1988).

**La préparation d'efforts intensifs brefs requiert l'ingestion préalable, durant 3 jours, d'une ration hyperglucidique et à teneur normale en protéines.**

**L'alimentation à adopter ne diffère alors plus guère de celle qu'on recommande pour les efforts de longue durée.**

## 8. L'INFLUENCE DE L'EXERCICE PHYSIQUE

Les lipides, glucides et protéines apparaissent comme des fournisseurs d'énergie. En fait, ils ne la libèrent pas directement. L'ensemble des réactions qui se déroulent lors de leur dégradation vise à délivrer une espèce de molécule particulière, seule dépositaire de l'énergie. Il s'agit de l'ATP. Au repos, ou lors d'une course à allure

modérée, on dépense peu. La réserve d'ATP reste stable. A mesure que la demande énergétique s'accroît les sucres deviennent le carburant principal que brûlent vos cellules, pour reconstituer l'ATP, fournisseur d'énergie. Lors d'exercices brefs mais très intenses, il faut faire face à une grosse dépense dans un court délai : les processus énergétiques aérobie (c'est-à-dire se déroulant en présence d'oxygène) ne suffisent plus à équilibrer les sorties. Il faut trouver d'autres ressources. Que se passe-t-il dans nos tissus ? Certaines fibres musculaires (les rapides) arrivent à reformer de l'ATP en l'absence d'oxygène. On dit qu'elles travaillent en anaérobie. Mais la formation de cet ATP restera inférieure à sa vitesse de dégradation : les stocks vont diminuer.

Qui va apporter cet ATP nécessaire et consommé à un débit élevé ? En simplifiant, nous dirons que ce seront les glucides, les seuls composés que nos fibres rapides savent utiliser en l'absence d'oxygène. Il s'agit cependant d'un mode de consommation luxueux, au cours duquel le glucose n'est pas totalement dégradé (faute de temps). Il en reste au stade acide lactique. Celui-ci s'accumule, ce qui modifie l'équilibre acido-basique de la cellule. Par ailleurs, les réserves d'ATP étant tombées au plus bas, un autre déchet, véritablement toxique, commence à s'accumuler. Il s'agit de l'ammoniac.