

L'ALIMENTATION PENDANT L'EFFORT
APPROCHE DE L'EPREUVE, DE J - 6 à H - 1

Le 02 Février 1999

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

INTRODUCTION.....	3
1. LE REGIME DISSOCIE SCANDINAVE (RDS).....	3
2. LE CONCEPT DU RDS.....	4
3. UNE ANALYSE CRITIQUE DU RDS.....	5
<u>3.1. L'exercice préalable.....</u>	<u>5</u>
3.1.1. La spécificité de l'effort accompli.....	7
<u>3.2. La validité de la phase hypoglycémique.....</u>	<u>8</u>
<u>3.3. La phase hyperglycémique.....</u>	<u>9</u>
<u>3.4. La nature des glucides à fournir.....</u>	<u>12</u>
<u>3.5. En pratique, quels aliments ingérer ?.....</u>	<u>13</u>
<u>3.6. En résumé.....</u>	<u>14</u>
<u>3.7. Propositions de régime.....</u>	<u>14</u>
4. LE REGIME SANS RESIDUS.....	17
5. LE DERNIER REPAS.....	17
<u>5.1. Idées de dernier repas.....</u>	<u>18</u>
6. LE DELAI DE TROIS HEURES ; UNE POSITION QUI A EVOLUE.....	18
<u>6.1. La ration d'attente.....</u>	<u>20</u>
<u>6.2. L'option prudente actuelle.....</u>	<u>21</u>
7. LES ADEPTES DE LA PRISE DE GLUCIDES 45 MINUTES AVANT LE DEPART.....	22

<u>7.1. Les données actuelles</u>	<u>23</u>
<u>7.2. Le fructose semble préférable avant l'effort.....</u>	<u>24</u>
7.2.1. En résumé.....	25
7.2.2. En pratique.....	26

INTRODUCTION

Quelle que soit la discipline concernée, la proximité d'une compétition majeure provoque une rupture de l'entraînement, un allègement des charges, destinés à permettre à l'organisme de récupérer, de se régénérer et d'optimiser tout le bénéfice tiré du travail accompli jusqu'alors. Ce souci de se placer dans des conditions optimales se manifeste bien avant les ultimes heures qui précèdent l'épreuve, même si pour beaucoup de participants aux compétitions c'est plus particulièrement sur celles-ci que se porte leur attention. Cette préoccupation, de fréquents déplacements imposant la prise de repas à l'extérieur, la montée progressive du stress, parfois très inhibante pour certains, expliquent que la structure de l'alimentation puisse radicalement se transformer en fonction de cet objectif. Même si pour beaucoup la question de la diététique précompétitive s'y résume, il ne s'agit pas de se focaliser sur le seul repas d'avant course. Au contraire, selon la durée, l'intensité des séances, et selon la priorité accordée à la compétition à venir, elle englobera l'ensemble des menus qui couvrent plusieurs jours avant le jour J.

Quels objectifs assigne-t-on à cette alimentation ?

- Assurer la formation de réserves optimales.
- Garantir le parfait état du tissu musculaire, et préparer à une bonne récupération.
- Eviter tout problème digestif.
- Prévenir les déficits minéraux et effacer toute fatigue consécutive à la préparation.

Ces objectifs imposent l'adoption de mesures diététiques appropriées, qui commencent 7 jours avant l'épreuve et s'étendent jusqu'à l'échauffement. Il s'agit principalement d'optimiser les réserves de glycogène.

1. LE REGIME DISSOCIE SCANDINAVE (RDS)

La question du régime précompétitif se révèle indissociable de l'histoire de la physiologie de l'exercice. Si aujourd'hui on souligne régulièrement l'importance de la contribution des chercheurs scandinaves, on ignore généralement que ces précurseurs s'inspirèrent en fait des travaux d'un biologiste français du XIX^e siècle, Auguste Chauveau (1827-1917), qui le premier établit l'importance du glycogène musculaire dans la production d'énergie à l'effort. Pour cela il utilisa une technique très simple, le recueil des gaz inspirés et expirés, de façon à calculer le quotient respiratoire, dont la valeur reflète l'importance relative des carburants utilisés. Lui emboitant le pas, Krogh et Lindhard (1920), puis Christensen et Hansen (1939), premiers scandinaves d'une longue lignée, confirmèrent ses observations. Affinant les connaissances d'alors, ceux-ci évaluèrent l'impact de modifications d'un régime proposé pendant plusieurs jours, sur l'aptitude de l'homme à maintenir des efforts intenses et prolongés. Leur contribution se révélera capitale pour la physiologie moderne ; d'une part, ils montrèrent que le quotient respiratoire varie selon l'intensité de la tâche imposée, ce qui revient à dire que le mélange utilisé par les fibres dépend de cette intensité. D'autre part, ils soulignèrent que des individus maintenant un régime riche en glucides pendant les trois derniers jours avant un exercice test pouvaient faire durer celui-ci deux fois plus longtemps que s'ils recevaient un régime riche en lipides.

2. LE CONCEPT DU RDS

En 1962 Bergström et ses collaborateurs développèrent une nouvelle approche, plus invasive comme disent les physiologistes, mais dont les informations qu'elle permettait d'obtenir se trouvaient entachées d'une moindre marge d'erreur. Il s'agissait de la biopsie musculaire, technique consistant à prélever des échantillons microscopiques de muscle, afin d'y mesurer la teneur en glycogène. On pouvait ainsi en déterminer la valeur à différentes étapes d'un exercice, ou à l'issue de régimes très contrastés. Des travaux de ce type menés auprès de sujets peu entraînés ont fait appel à une séance épuisante effectuée sur une bicyclette. Celle-ci présentait un dispositif particulier permettant de pédaler de façon unilatérale, ce qui épuisait le glycogène d'une jambe et maintenait l'autre dans l'état initial, ce qui favorisait la réalisation d'intéressantes comparaisons. Après celui-ci, ils se reposaient trois jours, durant lesquels ils recevaient une ration riche en glucides. Au terme de ces 72 heures, le glycogène des membres ayant travaillé était arrivé à un niveau presque deux fois plus élevé que celui enregistré avant le test. Dans l'autre jambe, le taux de glycogène était demeuré inchangé (respectivement 200 et 90 mmol/kg). D'autres travaux ont porté sur des athlètes plus entraînés, chez lesquels on a estimé le niveau de glycogène dans leurs muscles après des séances de course ou de bicyclette ergométrique.

Voici ci-après, à titre d'exemple, les données recueillies chez des volontaires ayant suivi plusieurs régimes caricaturaux et auxquels on a demandé de tenir le plus longtemps possible à une allure donnée.

Taux de glycogène avant le test et temps maximal d'effort (d'après Astrand)

Régime	Taux de glycogène (g/g de muscle frais)	Temps maximal (min)
Normal (18 % protéines, 34 % lipides, 50 % glucides)	1,75	114
Sans glucides (54% protéines, 46% lipides)	0,63	57
Hyperglucidique (18 % protéines, 82 % glucides)	3,51	167

Compte tenu de l'obtention de taux exceptionnellement élevés, on a parlé de surcompensation glycogénique. Des études complémentaires ont révélé que les réserves de glycogène atteignaient leur niveau maximal si on appliquait la procédure suivante :

1. On épuisait préalablement, 7 jours avant l'objectif, les réserves de glycogène musculaire, à l'aide d'un exercice approprié. La nature précise de l'exercice à exécuter a par lui-même soulevé des interrogations.

2. On adoptait ensuite un régime pauvre en glucides (moins de 10 % de l'apport énergétique total), et riche en lipides, de (J - 7) à (J - 4). On pensait qu'il permettait de stimuler la synthèse accrue de glycogène par la suite.
3. De (J - 3) au jour de l'épreuve on passait à une ration hyperglucidique (plus de 70% des calories, ou 10 g/kg de poids/j).

3. UNE ANALYSE CRITIQUE DU RDS

Le déroulement précis de chaque étape du RDS a fait l'objet d'un certain nombre de critiques concernant tour à tour :

- l'intérêt et la nature de l'effort préalable, et l'importance de la discipline concernée,
- la validité de la phase hypoglucidique,
- la durée de la phase hyperglucidique,
- le type de glucides à fournir et la chronologie de leurs apports,
- la poursuite de l'entraînement lors de la phase hyperglucidique.

Nous allons envisager ces différents points tour à tour.

3.1. L'exercice préalable

La procédure popularisée par les auteurs scandinaves impose d'exécuter un effort préalable, dans le but d'épuiser les réserves de glycogène pour ensuite pouvoir mieux les remplir. On peut cependant se demander dans quelle mesure il ne serait pas aussi efficace de simplement enrichir la ration en glucides pour parvenir au même résultat. En proposant cet effort à (J - 7), Saltin, Hermansen et leurs collègues comptaient favoriser le processus de surcompensation. En quoi consiste-t-il ? Considérons qu'avant d'entreprendre ce test les volontaires se soient reposés et aient ingéré une alimentation équilibrée. Leurs réserves de glycogène sont alors relativement élevées (100%).

L'exercice en abaisse fortement le niveau (20 à 30 %) et grâce à cela on pourrait ensuite rehausser ces réserves à un niveau supérieur, (110 voire 150%). Ainsi, certains travaux de l'époque mentionnaient des teneurs musculaires valant, après l'entreprise du régime dissocié, le double de la normale. Plusieurs données scientifiques permettent d'expliquer ce qui se produit. Le premier enzyme de la voie qui convertit le glucose en glycogène existe sous deux formes, dont une seule, normalement minoritaire, est active. Elle ne se révèle prépondérante que lorsque le niveau de glycogène se trouve fortement abaissé.

Ainsi, l'épuisement préalable du glycogène créerait un contexte propice à une mise en réserve ultérieure accrue. Ce sur quoi ces travaux initiaux ne permettaient pas de conclure, c'était si l'activité de cet enzyme pouvait varier avec le niveau d'entraînement.

Beaucoup de ces expériences originelles faisaient en effet appel à des individus modérément entraînés, pour lesquels seule cette séance d'épuisement créait un environnement favorable. Or, chez des athlètes davantage

préparés, une telle sortie ne s'impose pas forcément. Ainsi une étude de Taylor publiée en 1972 a-t-elle montré qu'au terme de 5 mois d'entraînement en endurance, l'activité de la forme active de cet enzyme s'était multipliée par 5. Adolfsson, en proposant un ingénieux processus permettant de pédaler d'une seule jambe et de n'entraîner qu'un seul des membres, a montré pour sa part que l'activité d'enzymes-clés s'accroissait davantage après un effort épuisant dans les muscles de la jambe entraînée.

Tout ceci signifie que grâce à un entraînement assidu l'athlète dispose, sitôt que le niveau de son glycogène musculaire s'abaisse, d'une aptitude accrue à constituer des réserves de glycogène. De ce fait, un marathonien, un cycliste ou un nageur correctement entraînés pourront se contenter d'alléger leur entraînement avant une compétition, et d'augmenter leurs apports en glucides pour surcompenser. Acheson a par contre montré récemment que l'entreprise d'un régime hyperglucidique chez des sujets sédentaires, et n'ayant effectué aucun exercice préalable, n'occasionne aucune augmentation de la teneur en glycogène des muscles.

Un athlète entraîné n'a pas besoin d'exécuter une séance épuisante pour stimuler le processus de mise en réserve du glycogène. Un entraînement allégé et un apport accru de glucides lors des 3 derniers jours avant une épreuve suffisent.

Cette approche allégée s'accorde mieux avec les contraintes de la préparation moderne et apparaît moins risquée pour le sportif. En effet, si l'entreprise d'une sortie à vélo de 4 à 5 heures une semaine avant une compétition constitue une procédure somme toute banale pour un cycliste bien entraîné, une longue séance de course à pied (plus de 90 minutes) exécutée 7 jours avant un marathon peut au contraire précipiter la survenue d'une blessure ou faire basculer dans un état de méforme définitif. De plus, le problème lié à l'onde de choc fait de la course à pied une discipline à part. Ainsi lorsque Sherrnan entreprit de reproduire chez des coureurs les observations tirées auprès de cyclistes, il ne put pas mettre en évidence, chez les athlètes très entraînés dont il mesura le taux de glycogène musculaire, de surcompensation lorsqu'ils entreprenaient une séance exténuante.

Par contre, celle-ci peut faire suite à une procédure plus prudente. Dans l'étude en question, excluant la séance d'épuisement glycogénique, il proposait deux possibilités :

- 3 jours d'entraînement léger avec des apports glucidiques bas.
- 3 jours d'entraînement allégé avec un régime hyperglucidique. Cette dernière démarche a permis aux coureurs concernés d'atteindre des taux de glycogène doublés par rapport au niveau initial.

Roberts, en 1988, a abouti à des conclusions similaires, ayant démontré que l'épuisement préalable du glycogène, chez des athlètes bien entraînés (environ 85 km/semaine), ne donnait pas lieu à une mise en réserve de glycogène supérieure à celle observée dans le cas d'un entraînement allégé. Les travaux de Blom vont dans le même sens. Il a constitué 2 groupes de 6 marathoniens de bon niveau. Il leur a administré un régime à 400 g de glucides pendant trois jours, au terme desquels il les a soumis à un effort épuisant. Ensuite, ils sont passés à une alimentation hyperglucidique (600 g/j). Des biopsies ont régulièrement été réalisées. Les données obtenues, reportées dans le tableau ci-dessous, montrent que si des valeurs élevées sont obtenues après trois jours d'entraînement modéré, le régime entrepris après l'effort exténuant ne permet pas de saturer les réserves à plus de 66%. De plus, à partir de la 36^{ème} heure après le terme de la sortie, et en

dépit d'apports glucidiques élevés, les réserves de glycogène n'augmentent plus. Il existe une incapacité cellulaire à le stocker. Ces scientifiques attribuent à la destruction de certaines fibres musculaires, qui est caractéristique de la course à pied, cette incapacité à sursaturer les réserves de glycogène. La course à pied comporte des contractions excentriques qui, répétées, fragilisent et lèsent certaines fibres. Les perturbations qui en découlent, et altèrent notamment les processus enzymatiques, culminent à partir de la 30^{ème} heure. Cette explication, confortée par les études histochimiques menées après un marathon par l'équipe d'Hikida, apparaît en tout cas fort plausible.

Evolution du taux de glycogène musculaire chez des marathoniens (en mmol/kg de muscle)

Groupe	J-3 (avant régime)	Avant effort (après 3 J de glucides)	Après effort	J+1	J+3
Coureur	110	180	57	127	130
Témoin	57	102	26	87	90

3.1.1. La spécificité de l'effort accompli

La surcompensation glycolénique ne se déroule pas de manière homogène au sein des fibres, suivant le type d'exercice accompli. Costill et ses collègues, confortés par les travaux de Piehl, ont démontré que l'épuisement du glycogène lors d'une épreuve pédestre de 30 km touchait en premier lieu les fibres lentes, davantage sollicitées par cet exercice, et que ce n'était que dans un second temps que la mobilisation du glycogène des fibres rapides survenait. Nina Vollestad a élaboré un protocole très ingénieux. Elle proposait aux athlètes qu'elle avait recrutés pour son expérience d'effectuer des séquences de 60 minutes de course à différentes allures stables. A chaque fois, elle déterminait la proportion de fibres de chaque catégorie dans lesquelles le glycogène était consommé. Les informations recueillies figurent dans le tableau qui suit.

Proportion de fibres dont le glycogène est mobilisé, selon le type d'effort proposé

Effort	Fibres I	Fibres IIa	Fibres IIb
43% du maximum	90%	20%	0%
61% du maximum	100%	68%	traces
91% de VO ₂ max	100%	100%	50%

Certaines fibres se voyaient fortement sollicitées, d'autres beaucoup moins, et la population de fibres rapides IIb était par conséquent, en ce qui concerne la disparition du glycogène, très hétérogène. Elle dépend en partie de l'importance des réserves de glycogène des fibres lentes adjacentes.

Ces résultats amenaient à s'interroger sur un aspect pratique essentiel. Un athlète qui préparait un marathon devait-il rechercher à épuiser préférentiellement le glycogène des fibres lentes, ce qui l'obligeait à entreprendre une sortie longue, si préjudiciable pour le muscle, ou au contraire pouvait-il aussi inclure des séquences plus rapides qui sollicitaient davantage l'ensemble des fibres, ce qui autorisait à réduire avantageusement la durée de cette sortie ? Pouvait-on même contourner cette difficulté en proposant une sortie longue qu'on accomplirait dans une discipline différente ? Pouvait-on par exemple faire pédaler les athlètes durant une partie de la séance, de façon à minimiser la menace de casse ?

Ce faisant, on sollicitait éventuellement des fibres étrangères au mouvement produit en compétition, et on risquait de perdre de la spécificité. Ce recours à un entraînement croisé chez les athlètes constituait en tout cas de l'option que nous soutenions dans la première version de cet ouvrage. Ce débat n'a plus tellement lieu d'être puisque, on l'a vu, l'effort épuisant ne se justifie plus.

Les études complémentaires conduites par l'équipe de Piehl ont par ailleurs montré que la resynthèse du glycogène se déroulait plus vite dans les fibres rapides, leur saturation pouvant demander au plus 24 heures, à condition bien sûr qu'on n'occasionne pas chez elle, par un exercice inapproprié, des lésions susceptibles d'entraver le déroulement de cette synthèse. Ce constat n'est évidemment pas sans conséquence pratique ; on pense notamment aux modalités de récupération à mettre en œuvre dans le cadre de courses par étapes ou de compétitions athlétiques se déroulant par séries, plusieurs jours consécutifs. Au-delà de ce simple aspect énergétique, des considérations d'ordre métabolique ou hormonales peuvent justifier la prescription de rations hyperglucidiques après un effort intensif. L'étude de Fred Brouns, entreprise auprès de cyclistes accomplissant une compétition en deux étapes consécutives, a montré que si on ajoutait une boisson aux polymères à une ration délivrant déjà 300 g de glucides quotidiennement, une surcompensation glycogénique survenait le lendemain de l'arrivée. En outre le volume plasmatique était restauré plus rapidement. Par ailleurs, cette supplémentation en glucides, indépendamment de la saturation des réserves de glycogène, assurait une préservation de la masse musculaire et prévenait davantage le catabolisme protéique.

L'apport de rations hyperglucidiques lorsque des compétitions se suivent de manière rapprochée, permet d'assurer une meilleure récupération et de restaurer les stocks de «super». On doit toutefois éviter d'extrapoler ce constat aux épreuves athlétiques comme le marathon, à l'origine de sévères atteintes tissulaires. Le retour à la normale s'y révèle beaucoup plus lent.

3.2. La validité de la phase hypoglucidique

Les travaux princeps des Scandinaves ont indiqué qu'une phase hypoglucidique hyperlipidique (très caricaturale), devait succéder à l'effort épuisant et précéder un régime hyperglucidique. L'argumentation le justifiant était indirecte : c'est avec cette procédure que la surcompensation atteignait, chez des athlètes modérément entraînés, son ampleur maximale. L'explication avancée à l'appui de ce constat était celle-ci : le maintien du muscle en situation de privation glucidique renforcerait l'avidité de ses enzymes pour le glucose,

et par conséquent son aptitude à constituer des réserves. Certes, on sait que la chute du taux de glycogène déverrouille la voie de synthèse. Mais la persistance de cet état de tarissement ajoute-t-elle à cette adaptation qui survient instantanément à l'arrêt de l'exercice ? La démonstration n'en a jamais été fournie. Des travaux plus récents ont de plus révélé que l'adoption d'un régime mixte (où 50% de l'énergie provient des glucides), comme dans l'étude de Blom, permettait une élévation similaire du niveau des réserves de glycogène lorsqu'on passe à la deuxième phase. Autrement dit, en lieu et place d'un effort épuisant et d'un régime hypoglucidique très difficile à vivre, on obtiendrait la même saturation des stocks de glycogène en optant pour une première phase mixte et pour un allègement des charges d'entraînement. On doit bien reconnaître que les inconvénients de la seconde approche se révèlent incomparablement moindres.

De plus, l'idée selon laquelle la suppression des glucides, en privant les enzymes de leurs substrat, favoriserait une surcompensation ultérieure, n'est sans doute pas aussi juste qu'on l'imaginait initialement. Soumettant leurs volontaires à un régime n'apportant que 20 g/j de glucides, Phinney et ses collaborateurs ont eu la surprise de constater que ces athlètes parvenaient à reconstituer partiellement leur glycogène et qu'ils arrivaient à le mobiliser à l'effort, même si sa contribution à la fourniture d'énergie se révélait plus faible (le pourcentage de calories délivrées par le glycogène avait baissé). Le glycérol (libéré par la mise en circulation des triglycérides) et certains acides aminés semblaient fournir, dans ce contexte, des éléments capables d'intégrer la voie de la néoglucogenèse, et de servir de base à la reconstitution partielle du glycogène. Cette aptitude à remplir au 1/4 ou au 1/5^{ème} ces réserves ne présente évidemment pas le même intérêt que le recours massif aux glucides. L'autonomie énergétique conférée, notamment, demeure minime. Par contre, elle peut s'avérer suffisante pour rétablir l'équilibre entre les deux formes de l'enzyme-clé (glycogène synthase), au détriment de l'active, ce qui aurait pour conséquence de ralentir ultérieurement la fabrication de glycogène en présence d'une ration hyperglucidique.

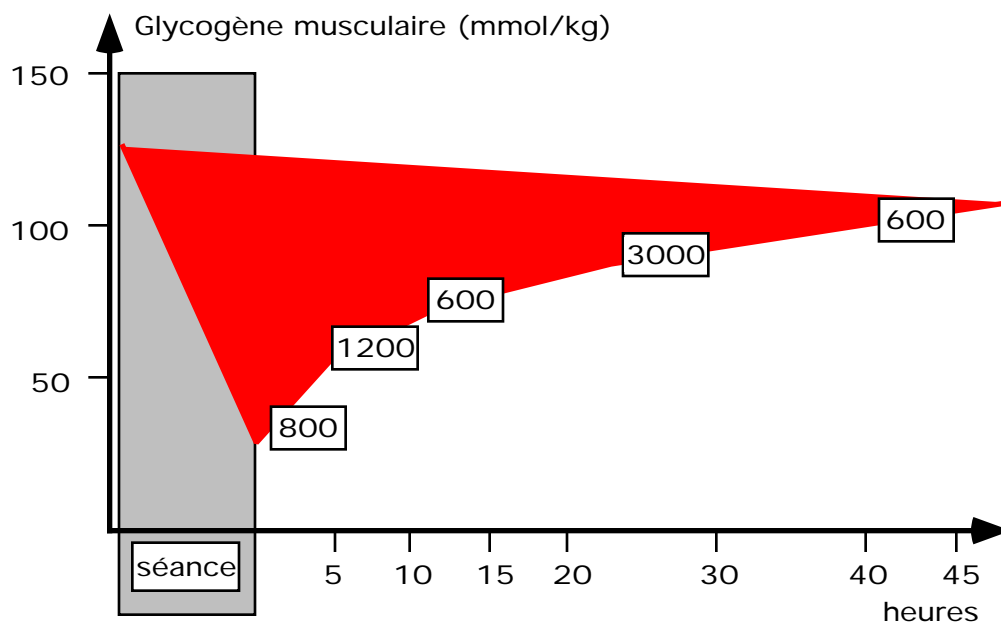
La suppression de la phase hypoglucidique n'occasionne pas d'inconvénient majeur,

On reconnaît même, sur le plan métabolique, un autre avantage au passage immédiat au régime hyperglucidique. Comme l'étude de Bonen le suggère, cet apport de sucres au moment où le taux de glycogène se trouve au plus bas et où l'avidité musculaire s'est accrue, favoriserait une libération d'insuline. Celle-ci potentialiserait l'action des récepteurs sur lesquels le glucose se fixe pour gagner la cellule. La captation de celui-ci et la formation de glycogène se verraient alors favorisées. Le lien existant entre l'insuline, les récepteurs au glucose et son utilisation cellulaire commencent à être mieux connus, et font l'objet d'investigations plus fréquentes en particulier, à l'occasion de l'exercice.

3.3. La phase hyperglucidique

Sur ce point également les questions n'ont pas manqué. Tout d'abord, l'avidité enzymatique régresse-t-elle, et l'ampleur des réserves reconstituées dépend-elle de l'importance des apports glucidiques ? La première étude instructive conduite sur ce point remonte à 1974. Initiée par Karin Piehl, elle consistait à effectuer à intervalles réguliers des biopsies musculaires sur des athlètes bien entraînés. Le premier prélèvement eut lieu

avant un exercice continu de 2 heures, le second survenant au terme de cet effort, après quoi l'opération fut renouvelée toutes les 5 heures jusqu'à la 46e heure après la fin de l'exercice. Durant toute cette période post-effort, ils reçurent 600 g de glucides par de façon à stimuler au maximum la reformation du glycogène. Elle réalisa d'instructives observations. Durant les 5 premières heures, l'accroissement des réserves s'effectuait proportionnellement à la quantité de glucides fournie. Le retour à la normale survenait au bout de 46 heures (voir schéma suivant). Elle nota en outre que la resynthèse s'effectuait plus rapidement dans les fibres rapides, et qu'au-delà de la 5^{ème} heure il n'existait plus de proportionnalité entre la quantité de glucides ingérés et l'augmentation des réserves. Ce constat devenait flagrant si on découpait l'expérience en tranches de 24 heures. Durant la première, 2600 mmol de glucose furent apportées, les muscles 72 mmol de glucose par kg. Lors de la seconde, le même apport se solda par un gain de 28 mmol/kg, ce qui correspond au tiers de la veille. Acheson dresse un constat similaire. Administrant à ses athlètes 600 g de glucides par jour, et rationnant leur activité à un maximum de 40 minutes quotidiennes de footing lent, il nota que lors de la première journée les réserves de glycogène avaient gagné 339 g, et que la saturation, survenant le 4^{ème} jour, correspondait à un gain net de 770 g, ce qui indique bien qu'un ralentissement s'opère. Les données présentées par Zachwieja et Costill à l'occasion d'un congrès semblent même indiquer que les 6 premières heures qui font suite à un exercice constituent la période la plus propice. Kuipers, dans une étude conduite auprès de cyclistes, tira des conclusions semblables.



Evolution du taux de glycogène musculaire après une séance épuisante, consistant en répétitions d'une minute à 140% de VO_2 max, entrecoupées de pause de trois minutes.

Les chiffres dans les rectangles indiquent les quantités de glucides apportés sur la période considérée (en mmol de glucose). Aucune activité physique n'était permise durant les 46 heures post-effort. On constate que la vitesse de formulation du glycogène se ralentit dès la 5^{ème} heure et que la mise en réserve ne dépend pas de la quantité de glucides délivrés (d'après Piehl, 1974).

En pratique, le régime hyperglucidique démarrera le mercredi soir à l'issue du dernier entraînement normal, et la première journée se révélera la plus importante. Pour une épreuve dominicale, la période cruciale s'étend du mercredi soir au vendredi midi.

Ce phénomène d'activation dépend-il du type d'exercice accompli ? Mc Dougall a proposé à 6 volontaires de niveaux physiques très disparates, d'effectuer une séance d'intervalle-training, consistant en répétitions de séquences d'effort de 1 minute à 140% de VO_2 max, effectuées sur bicyclette ergométrique et entrecoupées de pauses de 3 minutes, et ce jusqu'à épuisement. Ce type d'exercice, sollicitant les processus anaérobies, devait évidemment conduire à un épuisement du glycogène des fibres rapides, mais également des lentes, puisqu'elles aussi se voyaient sollicitées à l'occasion de ces exercices s'effectuant avec une fréquence gestuelle très rapide. Le recours aux biopsies musculaires, à intervalles réguliers, complétait cette procédure. Qu'a-t-il enregistré ? A l'interruption de l'exercice, le taux de glycogène était tombé à 28% de son niveau initial. Ensuite, deux procédures étaient envisagées, soit les sujets recevaient une ration à 3 100 kcal/24 h pendant 3 jours, soit ils ingéraient la même ration agrémentée de 600 g de glucides quotidiens supplémentaires. Après 2 heures, le taux de glycogène est revenu à 39%, après 5 heures il atteignait 53 %, après 12 heures il se trouvait à 67%, et enfin arrivait à 102% après 24 heures, et ce avec les deux modalités d'alimentation proposées. La resynthèse s'effectuait donc rapidement après un effort très intensif mais on peut comparer ces données à celles tirées de l'étude de Brouns. Celles-ci indiquaient que la resynthèse du glycogène, chez des cyclistes disputant une course par étapes et dont on supplémentait la ration avec un complément de glucides solubles, s'effectuait suffisamment vite pour que les stocks de glycogène dépassent leur niveau initial en moins de 24 heures. Autrement dit, que ce soit après un effort supramaximal ou dans le cadre d'un exercice modéré prolongé, la resynthèse, chez des individus très entraînés, se déroule à la même vitesse.

L'étude de Mc Dougall a révélé un autre fait intéressant : les deux régimes proposés, bien que l'un contînt pratiquement deux fois plus de glucides que l'autre, donnaient lieu à une reformation similaire des réserves. Ceci signifie qu'à partir du moment où on fournit les glucides en quantité optimale, le stimulus occasionné par l'épuisement du glycogène s'exerce de façon appropriée.

L'apport optimal, comme plusieurs auteurs l'ont indiqué, se situe à 50 g/heure pendant les 6 premières heures.

Quelle est la durée optimale de la phase hyperglucidique ? Acheson a entrepris de répondre à cette question en fournissant une ration hyperglucidique (600 g/j) pendant 7 jours, durant lesquels il restreignait l'activité de ses volontaires. Il constata que dès le 2^{ème} jour, une fois que le tissu musculaire avait fixé 500g de glycogène, la poursuite d'un régime hyperglucidique sans activité physique s'accompagne d'un gain de masse grasse de 150 g/j. Eu égard à l'excédent fourni, la prise de masse grasse se révèle relativement peu importante. Ceci tient au fait que la synthèse de triglycérides à partir de glucides se révèle coûteuse en énergie. Les tableaux qui suivent vous fourniront des exemples de portions à ingérer lors de la phase hyperglucidique.

Peut-on s'entraîner durant cette période ? La poursuite d'un entraînement léger durant ce cycle de trois jours peut répondre à plusieurs motivations. Il peut notamment apaiser la crainte de l'athlète de se présenter diminué le jour de la compétition s'il coupe toute activité pendant 48 à 72 heures. Par contre, cette poursuite d'activité se dresse à l'encontre de l'objectif recherché, un stockage de glycogène maximal, puisqu'en continuant à s'entraîner l'athlète consomme une partie des glucides qui étaient destinées à la mise en réserve sous forme de glycogène. C'est une évidence : s'il faut 600 g/j de glucides, sans activité, pour saturer les réserves de glycogène, il en faudra davantage à celui qui conserve de l'activité physique. Satisfaire ce besoin s'avère délicat, comme on le constate à la lecture des tableaux. Alors quel niveau d'activité, s'il en existe un, peut-on conserver ? Quelques études, parfois contradictoires, suggèrent que tant qu'on ne dépasse pas 40 minutes et qu'on reste à un niveau moyen d'intensité faible, on n'entrave pas le processus de saturation. On discute même actuellement, de la possibilité, chez des sujets particulièrement bien entraînés, de pouvoir synthétiser du glycogène lors d'exercices très modérés. La controverse partage le milieu scientifique à ce sujet, les "pros" (Azevedo) se comptant moins nombreux que les "anti" (Bonen, Kuipers). La conclusion de tout ceci est sans doute celle-ci : dans la mesure où rien ne justifie l'accomplissement de séances lourdes avant une épreuve, moins on en fera mieux ce sera. Toutefois, pour celui qui désire continuer à s'entretenir, le jour choisi pour courir ou pédaler jouera beaucoup sur le bilan final. En effet, on a vu que ce qui se passe durant les premières 24 heures est essentiel, et que lors de cette phase de synthèse accélérée l'entreprise d'un exercice peut se révéler néfaste.

Une phase hyperglucidique (à 10 g/kg.j de glucides) de trois jours semble donc à la fois nécessaire et suffisante à la saturation du glycogène musculaire. L'entraînement devra être limité durant ces 72 heures, et idéalement évité lors des premières 24 heures de la phase hyperglucidique.

Les données actuelles indiquent que trois jours de régime hyperglucidique conduisent à une saturation du glycogène similaire à celle obtenue au terme de deux jours de gavage glucidique, à l'instar de ce qu'avaient testé Hedman en 1957 auprès de skieurs ou encore Björntorp en 1978.

3.4. La nature des glucides à fournir

Le souci d'optimiser la resynthèse de glycogène, en permettant qu'elle se déroule le plus vite possible (préoccupation essentielle dans le cadre des courses par étapes), a évidemment conduit à se demander si tous les glucides pouvaient influencer de manière similaire la cinétique de ce processus. Plusieurs éléments interfèrent dans l'analyse des données parfois contradictoires obtenues à ce propos. La quantité de glucides apportées, le moment où on les fournit, la fréquence selon laquelle on les apporte, et l'index glycémique des denrées fournies modulent tous la réponse observée. Sur le plan physiologique, on considère que la synthèse se déroulera de manière optimale si on apporte des glucides dans les 6 premières heures de la phase hyperglucidique, et si le taux d'insuline durant cette période demeure à un niveau relativement élevé, de façon à favoriser la pénétration du glucose dans les fibres. Simultanément, l'apport conjoint de protéines se justifiera, car elles aussi élèvent le taux d'insuline, tout en participant à la reconstruction des tissus

éventuellement endommagés. Certains travaux, à l'instar de celui de Burke, ont trouvé que les glucides à index élevé se révélaient préférables, notamment en début de régime hyperglucidique. D'autres plus nombreux, tels Roberts ou Keizer par exemple, n'ont pas trouvé de hiérarchie entre les différentes familles de glucides. Certains enfin (comme Joszi, O'Dea, etc.) ont cherché à distinguer les aliments glucidiques riches en amidon selon leur richesse en amylose ou en amylopectine, la première catégorie d'amidon semblant donner lieu à une mise en réserve nettement inférieure ce qui, si ces données se confirment, pourraient plaider en faveur de riz très polis lors des premières 24 heures du régime hyperglucidique. S'engageant dans de telles investigations, on ne doit cependant pas oublier un point essentiel : la notion d'index glycémique se réfère à des conditions standardisées, imposant notamment l'administration de portions délivrant 50 g de glucides. Or, si on respecte à la lettre les indications de Coyle, qui recommande d'apporter toutes les 2 heures l'équivalent de 50 g/h de glucides, on conçoit tout à fait que leur ingestion, même s'il s'agit de ceux dotés d'un index plus faibles, donnera lieu à une réponse insulinaire de forte amplitude. Tous présentent de ce fait le même intérêt. Les proportions respectives de glucides simples et de complexes correspondront alors à la volonté de conserver un bon équilibre alimentaire (de satisfaire les besoins en oligo-éléments), et un confort digestif optimal. Pour cette raison, l'apport de glucides solubles dans les heures qui font suite à un entraînement se révèle très judicieux. En outre, il permet de contourner le problème du rassasiement. Si elle devait se contenter d'avaler des solides, une marathonnienne de 45 kg aurait beaucoup de mal à ingérer 450 g de glucides quotidiens.

3.5. En pratique, quels aliments ingérer ?

On privilégie tous les glucides à index bas et on ingère un peu plus de sucres à index élevé que d'habitude, sans en abuser. Certes, le sucre, le miel, les confiseries, les glaces et les jus de fruits favorisent tout autant la formation de glycogène, mais ils n'apportent pas de vitamines, minéraux et oligo-éléments.

On maintiendra des apports protéiques normaux, en en choisissant des sources peu grasses : laitages allégés, volailles, poissons et fruits de mer.

Des fruits et légumes verts agrémenteront les menus jusqu'à la veille... sauf en cas d'adoption du régime sans résidus large, qui prévient d'éventuels problèmes digestifs chez les coureurs à pied, les athlètes ou les skieurs.

Les apports hydriques et potassiques doivent aussi être augmentés.

Les aliments lipido-glucidiques (crêpes, pâtisseries, boulangerie, pizzas, lasagnes, la plupart des biscuits, le chocolat, les flans, les glaces, les brioches, les gaufres et les galettes) apportent trop de graisses et, bien que riches en sucres, ils sont à éviter lors de cette phase.

On délaissera bien sûr viandes grasses, oeufs, fromages, charcuteries, olives, noix, et oléagineux, pour ne conserver, comme sources de lipides, qu'un minimum d'huile végétale.

Peut-on manger des légumes secs ? On met souvent l'accent, dans le RDS, sur les pâtes, le pain, le riz ou les pommes de terre. Or, on l'a vu au chapitre consacré aux glucides, les légumes secs possèdent un index encore

plus bas et constituent donc, en théorie, des fournisseurs de glucides tout aussi efficaces. En revanche, comme les céréales complètes, ils contiennent beaucoup de fibres et se révèlent parfois difficiles à digérer ? On arrêtera donc leur ingestion 48 heures avant l'épreuve pour les remplacer par les féculents traditionnels : pâtes, riz, etc.

On pourra éventuellement opter pour un régime sans résidus large (voir chapitre 4).

3.6. En résumé

La saturation des réserves de glycogène musculaire pourra s'obtenir de la façon suivante :

- Du lundi au mercredi, adoption d'un régime mixte, pouvant contenir jusqu'à 300 g de glucides. L'entraînement se déroulera comme convenu.
- Jeudi : passage à un régime hyperglucidique (10 g/kg.j), avec un apport de glucides solubles supérieur à la normale lors des 6 premières heures. Idéalement, pas d'entraînement ce jour-là.
- Vendredi : régime hyperglucidique (10 g/kg.j). Un entraînement léger (moins de 40 minutes) est possible. Les sujets prédisposés aux troubles digestifs, supprimeront le lait, les végétaux crus, et tous les aliments difficiles à digérer.
- Samedi : régime hyperglucidique, un peu moins copieux que la veille, notamment en raison du possible stress associé à la proximité de l'épreuve, et aux astreintes du déplacement.

Ce régime s'applique autant aux compétitions de longue durée qu'à celles d'intensité maximale et brèves, pour lesquelles la possession de réserves de glycogène optimales et d'une réserve alcaline plus importante constituent des atouts.

3.7. Propositions de régime

Exemples de portions à 400 grammes de glucides/jour (individus à moins de 50 kg)

Aliment	Portion	Glucides (g)
Matin :		
- Jus de fruit	1 verre	30g
- Yaourt	1	5
- Céréales	50g	35g
- Pain	40g	20g
- Miel	20g	17g
- Café + 1 sucre	5	-
Midi :		
- Taboulé	1 assiette	40g
- Dinde + 2 carottes	-	-
+ 2 patates moyennes	-	45g

- Pain	2 tranches	20g
- Fromage blanc	200 g + miel	15g
- Pain d'épice	1 tranche	10g
Collation :		
- Salade de fruits	1 bol	30g
- Biscuits	2	20g
Soir :		
- Pâtes	1 assiette	50g
- Pizza	1 part	30g
- Pain	2 tranches	20g
- Salade	-	-
- Tarte aux fruits	1 part	40g
TOTAL : 432		

Exemples de portions à 600 grammes de glucides/jour (individus à 60 - 70 kg)

Aliment	Portion	Glucides (g)
Matin :		
- Jus de fruit	200 ml	30g
- Yaourt	1	5
- Corn flakes	50g	41g
- Pain	100g	55g
- Crème de marron	50g	20g
Midi :		
- Pâtes	1 grosse assiette	75g
- Salade avec pommes de terre	1 bol	30g
- Pain	3 tranches	25g
- Flan aux pruneaux	1	25g
Collation :		
- 1 banane et 3 figues sèches	55g	-
- Barre de céréales	1	20g
- Pain d'épice	50g	25g
Soir :		
- Crêpes aux champignons	2	25g
- Riz	1 grosse assiette	60g
- Salade	1 assiette	-
- Pain	2 tranches	20g
- Yaourt	1 + 50g de compote	25g

Coucher :		
1 fruit + 1 tasse de tisane au miel		25g
Dans la journée :		
Boisson aux polymères	1/2 l	40g
		TOTAL : 601g

4. LE REGIME SANS RESIDUS

Il s'agit en fait d'un régime appauvri en résidus, destiné à limiter le risque de troubles digestifs, notamment chez les coureurs à pied et les triathlètes, davantage exposés en raison de l'onde de choc. Il se justifie plus particulièrement chez ceux qui se trouvent fragilisés par le stress. Il en existe plusieurs variantes, le choix pratiqué dépendant des susceptibilités individuelles de chacun. On les adopte en général le vendredi et le samedi avant l'épreuve, le début des prescriptions tenant compte de la durée moyenne du transit et du souci de réduire au strict minimum la quantité de déchets présents dans les intestins au moment de l'épreuve. Cette durée limitée a aussi pour objectif de ne pas provoquer de saturation trop rapide chez ceux qui ont recours à ces prescriptions sévères et parfois très monotones.

On distingue :

- Le RSR strict : il ne comporte aucune cellulose ni lignine, c'est-à-dire qu'on en exclut les fruits et légumes crus. Le pain s'en trouve également exclus, le riz, les pâtes, les compotes, le tapioca, les gelées, la semoule et les boissons énergétiques délivrant les glucides requis. Les viandes bouillies et les laitages sans lactose complètent ce régime, auquel les sportifs ont rarement (sinon jamais) recours sous cette forme, qui correspond en fait à l'alimentation proposée immédiatement après certaines interventions chirurgicales.
- Le RSR moins strict : élimine les aliments contenant des fibres et très classiquement recommande du pain grillé ou des biscottes. On y autorise du fromage à pâte fondue ou pressée.
- Le RSR élargi, davantage utilisé par les sportifs que les deux précédentes variantes, autorise quelques légumes tendres (courgettes épépinées, fonds d'artichauts bouillis), et des fruits cuits et mixés. Tous les céréales sont permis, et la consommation de lait dépend des tolérances individuelles. Riz, pâtes, pain, semoule, pomme de terre prédominant, et de la volaille, du poisson bouilli, des compotes, des yaourts, des coin flakes, des jus de fruits y apparaîtront lors des repas du samedi.

5. LE DERNIER REPAS

Les conseils qui précèdent concernent les menus allant jusqu'à la veille de l'épreuve, envisagée - cas de figure le plus fréquent dans les sports en question - le matin. Il reste à évoquer le cas du dernier repas avant l'épreuve. Il doit à la fois :

- Eviter l'hypoglycémie et donc apporter des glucides peu insulinosécréteurs pour restaurer le glycogène hépatique. Rappelons qu'une nuit de jeûne en abaisse le niveau de moitié,
- Prévenir tout problème d'ordre digestif en course.
- Eventuellement fournir des acides aminés qui protégeront de la casse musculaire.

La prévention de tout problème digestif impose certains impératifs. Il faut exclure les lipides et les fibres du dernier repas et, en outre, respecter un délai suffisant entre ce dernier repas et le début de l'épreuve. Ce délai, jugé correct s'il est d'une durée de 3 heures, peut se voir allongé chez les sujets anxieux ou raccourci à 2h30 voire 2h15 avant des efforts longs, à départ très matinal et pour lesquels l'intensité d'effort initial restera peu élevée.

L'exemple type de cette situation est celui d'une longue étape de plaine du Tour de France. On ne peut évidemment pas imposer à ces coureurs un lever à 5 heures du matin pour leur faire avaler un repas copieux, alors que les deux premières heures s'accompliront à 30 km/h et permettront de finir tranquillement la digestion ... ce que ne permet pas la course à pied ... jusqu'au marathon du moins.

Par contre, le choix d'un délai écourté se révèle néfaste car, d'une part, il favorise la survenue de troubles digestifs et, d'autre part, il conduit à des perturbations de la glycémie préjudiciables pour des efforts prolongés.

Qu'en est-il d'un délai allongé ? Attendre plus de cinq heures entre le dernier repas et le départ peut parfois s'avérer nécessaire, par exemple pour des épreuves d'après-midi ou de soirée, ou lors de compétitions en séries. Dans ces situations, le petit déjeuner devient très important, tout comme la ration d'attente. Mais d'une façon générale, une attente prolongée (plus de cinq heures) ou évidemment un départ à jeun affectent les possibilités de performance.

D'une façon générale, un délai de 3 à 5 heures entre le dernier repas et le début de la compétition constitue la solution la plus logique.

Ces considérations guident la composition de ce dernier repas :

- Soit il s'agira d'un substitut de repas semi-liquide (usage très en vogue dans le milieu athlétique), composé de fructose, d'acides aminés et éventuellement de glucides complexes.
- Soit on optera pour un repas plus classique, comportant un laitage allégé, un farineux et un sucre simple.

Entre ce dernier repas et le départ, les sujets anxieux ou craignant d'avoir faim pourront adopter la ration d'attente, boisson au fructose ne perturbant pas la glycémie, à ingérer toutes les vingt minutes environ. Par contre, avant un effort bref et d'intensité maximale, la prise de glucose peut tout à fait s'envisager, l'élévation de l'insulinémie ne constituant pas un problème.

5.1. Idées de dernier repas

Classique : yaourt allégé ; coin flakes, muesli sans oléagineux ou flocons de céréales ; pain de mie ou biscottes et miel ou confiture.

A la fourchette : riz ou pâtes et ketchup (produit sucré), yaourt et confiture.

Substitut de repas : préparation semi-liquide à base de fructose, d'acides aminés et éventuellement d'autres glucides. Il en existe de plusieurs marques qui présentent un faible index glycémique. Ce mode d'alimentation convient particulièrement avant un effort violent (contre-la-montre, cross, semi-marathon, etc ...).

La prise de caféine peut s'envisager, les effets apparaissent cependant discutables.

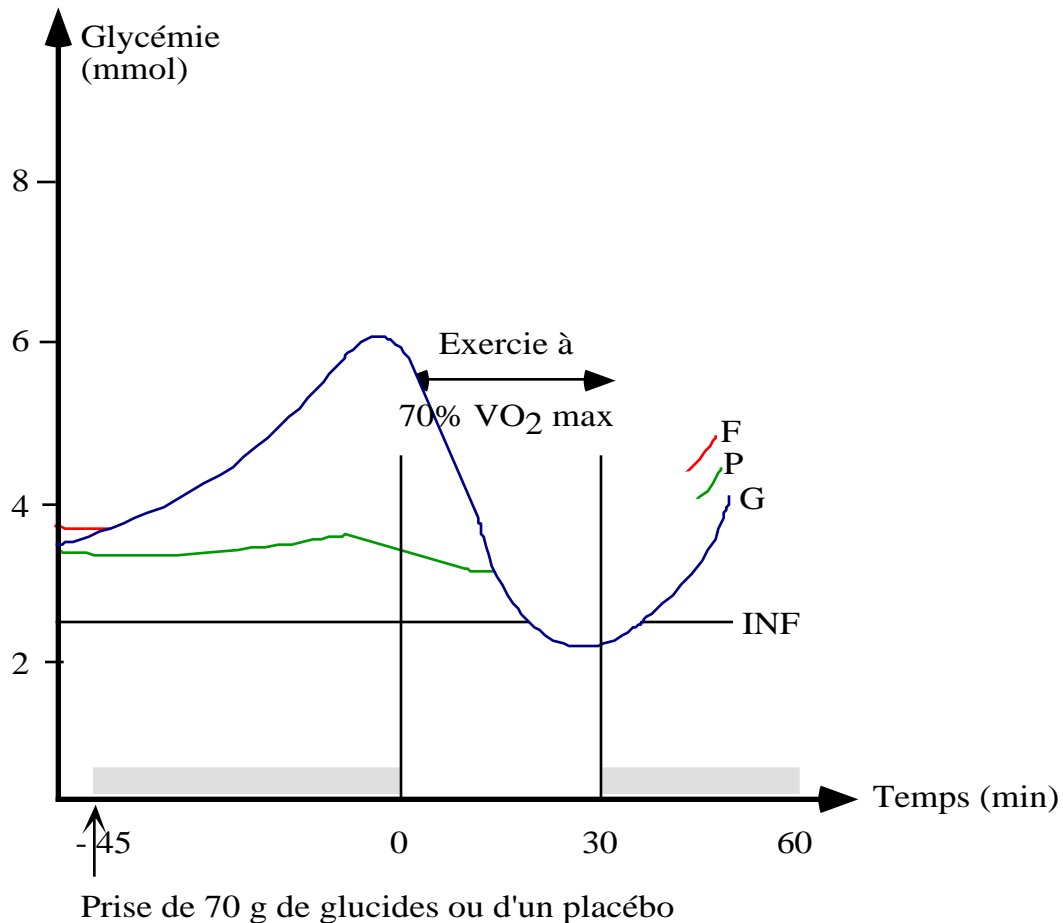
6. LE DELAI DE TROIS HEURES ; UNE POSITION QUI A EVOLUE

On considère usuellement que le maintien de la glycémie à un niveau quasiment constant et normal constitue une condition indispensable à la réalisation d'efforts de longue durée et à l'accomplissement de performances de

premier plan. Corollaire de cette hypothèse, toute chute de la glycémie devrait chez le sportif se révéler préjudiciable. D'où vient cette idée ?

C'est dès 1924 que Levine et ses collaborateurs ont montré que, chez les marathoniens, il existait une étroite relation entre la glycémie mesurée à l'arrivée et la sensation de bien-être (toute relative au terme d'une telle épreuve), les valeurs les plus hautes s'accompagnant des sensations les moins désagréables. Il n'était nullement question, dans ce travail, d'une possible incidence de la chute de la glycémie sur le niveau de performance, ni d'une relation entre d'éventuelles défaillances et un déficit en glucides. On ne savait pas non plus à partir de quel moment la glycémie commençait à chuter, autrement dit à partir de quelle durée d'effort la correction de cette anomalie devait s'envisager. On sait depuis qu'en l'absence de tout ravitaillement l'hypoglycémie survient, sur marathon, au bout d'environ 150 minutes d'effort, délai pouvant toutefois se trouver écourté dans le contexte d'un fort stress émotionnel. Dans ces travaux princeps, il n'était pas non plus mentionné d'une quelconque façon si les athlètes se sentant le moins bien à l'arrivée avaient réussi ou raté leur course, ce qui nous semble quand même l'élément le plus important. Les auteurs de cette étude historique ont toutefois présupposé que la chute de glycémie relevée pouvait se révéler préjudiciable, et ceci les a logiquement conduits à suggérer que la prise de glucides avant et pendant l'activité pouvait permettre de prévenir l'hypoglycémie. Quelques années plus tard, mettant en application cette hypothèse, on s'est aperçu qu'au lieu de la stabilisation désirée, la glycémie chutait. Cette manifestation résultait de la prise de glucides. La question qui se posait alors était de déterminer dans quelle mesure la quantité administrée, le type et le timing de l'ingestion pouvaient influencer sur ce processus. Ces trente dernières années une multitude de travaux ont alors été entrepris, dans le but de démêler cet écheveau. Les positions ont évolué au fil du temps ; dans le courant des années soixante-dix, dans la foulée de feu le professeur Creff, on recommandait le respect d'un délai de 3 heures entre la fin du repas et l'épreuve, une prise minimale, fractionnée et régulière de glucides, effectuée entre-temps, servant alors de ration d'attente (voir chapitre 6.1).

Au début des années quatre-vingt, un courant rénovateur s'est dessiné, remettant en cause l'intérêt de cette prise de glucides, arguant du fait que l'élévation de l'insulinémie qui en résulterait pourrait s'avérer préjudiciable. Pourquoi ? Simplement parce que cette hormone bloque l'utilisation des graisses, ce qui pourrait limiter, sur des compétitions de longue durée, les processus énergétiques au-delà de la 90^{ème} minute, là où le glycogène est sur le point d'être épuisé. Reprochant aux tenants de la ration d'attente leur argumentation principalement théorique, les partisans de cette nouvelle approche n'ont pas davantage vu leur conception étayée par des travaux solides. Quoiqu'il en soit, certains ont donc proscrit la prise de glucides entre le dernier repas, toujours achevé 3 heures avant le départ, et celui-ci. Ce faisant, on expose à un risque accru de défaillance certains athlètes dont la glycémie se verrait davantage perturbée par le stress. Compte tenu de ces possibles fluctuations de la glycémie (les physiologistes les décrivent sous le terme d'ondes glycémiques), l'absence de tout apport de glucides entre le dernier repas et l'échauffement peut s'avérer préjudiciable (voir schéma suivant). Il ne s'agissait donc pas d'une solution pleinement satisfaisante.



Evolution de la glycémie après ingestion de glucides.

(F) = fructose ; (G) = glucose ; (P) = placebo 45 minutes avant un exercice modéré.

La glycémie augmente très nettement, tout comme l'insulinémie, dès l'ingestion du glucose. On observe ensuite une chute progressive et importante de la glycémie, qui s'abaisse sous la norme inférieure (INF). La glycémie remonte rapidement à l'arrêt en raison de la persistance des réactions métaboliques qui décroissent très progressivement. Cette même remontée s'observe après ingestion de fructose ou d'un placebo édulcoré.

Avec ce dernier, la glycémie demeure stable, mais plus basse qu'avec le fructose, dont la consommation donne lieu à une meilleure stabilisation de ce paramètre, y compris si le stress mobilise davantage de glucides. C'est en cela qu'il s'avère préférable en attente.

6.1. La ration d'attente

Les concepts de ration d'attente et de délai de trois heures sont nés de l'esprit synthétique d'Albert Creff, le père de la diététique de l'effort en France. Il en explicite longuement les justifications dans ses ouvrages. A l'origine se trouve le constat d'un conflit entre les viscères et les muscles, tous deux forts demandeurs de sang, on l'a vu, si on entreprend un effort en phase digestive. Il a émis l'hypothèse que pour qu'un exercice se déroule de manière optimale, il devait débiter au moins trois heures après le dernier vrai repas. Si cette loi est valable en ce qui concerne les repas copieux, il ne saurait être question de laisser varier la glycémie avant une

compétition. Ainsi, l'attente anxieuse, plus encore que le travail musculaire lui-même, est susceptible de modifier le taux de sucre sanguin, tant est fragile l'équilibre neuro-hormonal du sujet émotif. Les anxieux, et ils sont nombreux dans la haute compétition, ne maîtrisent pas très bien les variations de leur tonus neurovégétatif surtout surrénalien. Par le biais d'une hypersécrétion de catécholamines, ils présentent d'abord une hyperglycémie résultant à la fois de la libération de glucose par les cellules hépatiques, et de l'inhibition de la libération de l'insuline à partir du pancréas. Cette hyperglycémie a pour conséquence de vider les réserves de glycogène hépatiques, dans des délais parfois très courts, de l'ordre de 1 à 2 heures, et de déclencher une hypoglycémie secondaire juste au moment où débute la compétition. Quoiqu'il en soit, il proposa pour juguler ce processus considéré comme néfaste, d'administrer à intervalles réguliers, en petites quantités, une solution de glucides, de préférence riche en fructose. Face à cette procédure, il envisageait deux possibilités :

- soit le sujet maîtrise bien ses sécrétions de catécholamines, il ne retirera dans ce cas aucun avantage de la ration d'attente, mais en tout cas aucun inconvénient.
- soit il en retirera l'avantage d'éviter la contre-performance.

Ce qui ne constitue pas un bénéfice quantifiable, et dessert certainement les tenants de cette démarche, mis dans l'impossibilité d'en démontrer clairement l'utilité.

6.2. L'option prudente actuelle

Insatisfaits de cette approche, d'autres spécialistes ont recherché comment solutionner le problème du stress, certains que les baisses de glycémie se révéleraient préjudiciables, même si le handicap occasionné demeure difficile à chiffrer. Or, l'utilisation du fructose s'opère en l'absence d'insuline et n'occasionne pas de fluctuations de la glycémie (voir le schéma précédent). On en vint donc à proposer dans un troisième temps, à l'instar du professeur Enrico Arcelli, la prise de ce sucre à index glycémique faible en guise de ration d'attente. Le professeur Creff avait déjà pressenti l'intérêt de ce produit, puisqu'il conseillait un mélange de glucides riche en lévulose (l'autre nom du fructose) en guise de ration d'attente. S'agit-il de seule démarche admissible ?

Pour certains, le fructose ne présente pas de supériorité manifeste sur les autres glucides, et ils considèrent que tant qu'on maintient une disponibilité maximale en glucides aucune baisse de vigilance ni de dynamisme n'est à redouter. Toujours est-il que la prise de fructose en ration d'attente ne s'accompagne jamais d'effet secondaire ni de contre-performance. Un travail japonais suggère même que son ingestion avant l'effort, chez des individus ayant préalablement avalé un petit déjeuner standard, pouvait améliorer l'endurance lors d'un exercice très intense. A l'inverse, on ne peut jamais assurer que la prise de glucose, dans certaines conditions, ne se révélera pas préjudiciable. C'est pourquoi nous nous rangeons parmi les partisans de la ration d'attente au fructose.

L'insulinémie s'élevant moins dans ce contexte, la stratégie idéale pourrait être la suivante :

- dernier repas glucidique achevé trois heures avant l'effort,

- prise fractionnée de fructose jusqu'à l'échauffement,
- puis ingestion de glucose dès la mise en mouvement, choix rendu possible du fait que la vidange gastrique et l'absorption des glucides alors apportés s'effectueraient en 7 minutes, ce qui permettrait d'en disposer au coup de feu du starter.

7. LES ADEPTES DE LA PRISE DE GLUCIDES 45 MINUTES AVANT LE DEPART

Plusieurs spécialistes se sont plu à souligner dernièrement qu'aucun travail n'avait formellement relié l'existence d'hypoglycémies à une dégradation des performances, et qu'on manquait de comparaisons fiables entre plusieurs stratégies, différant notamment quant à l'heure d'ingestion du dernier repas, à la quantité de glucides ingérés, et entre plusieurs types d'efforts. Cette relative absence de données a notamment servi les desseins des chercheurs sponsorisés par le groupe "Mars", sous l'impulsion desquels la question dans son ensemble a été rediscutée. Une analyse critique des publications s'imposait d'autant plus que le délai de trois heures ne pouvait pas toujours être respecté dans certains contextes (départ très matinal par exemple), et qu'il existe de nombreux cas de sportifs ayant enfreint cette règle sans préjudice visible autre que des troubles digestifs plus ou moins fréquents. Comme le souligne un chercheur du groupe "Isostar", beaucoup des situations mises en place en laboratoire ne reproduisent pas vraiment le contexte stressant des compétitions. Or, comme le notait déjà Albert Creff il y a près de 30 ans, l'adrénaline exerce une action essentielle sur la glycémie dans le cadre de la compétition, et peu de travaux permettent d'en évaluer l'influence réelle. De plus on plaçait, lors de ces travaux de laboratoire, les volontaires dans des conditions très éloignées de celles de la compétition, puisque dans la plupart des cas ils demeuraient à jeun jusqu'au moment de l'expérience.

Or la réponse glycémique dépend beaucoup de l'état de nutrition des individus. Une éventuelle situation de surmenage, caractérisée par une modification du taux de cortisol, peut également s'accompagner d'une glycémie instable, et d'une réponse aux glucides modifiée. Un athlète surentraîné ou accumulant les épreuves peut donc, en raison de fluctuations plus amples et imprévisibles, avoir davantage besoin d'une ration d'attente qu'à d'autres moments de sa saison. Enfin les conditions d'effort imposées dans ces expériences, c'est-à-dire l'intensité et la durée, reproduisent rarement celles rencontrées en course. On ne peut donc pas extrapoler leurs conclusions sans risque. Prenons le cas de deux anciennes études menées en 1977 et en 1981, et qui à l'époque avaient conforté le corps médical dans la préconisation du délai des trois heures. Dans la première, menée sous l'égide du célèbre professeur David Costill, on a demandé à 7 volontaires bien entraînés de procéder à un effort de 30 minutes à 70% de VO_2 max, ceci après une nuit de jeûne et après l'ingestion de 75 g de glucides effectuée 45 minutes avant le test. La glycémie et l'insulinémie se sont logiquement révélées supérieures au démarrage, puis dès le début du test la glycémie est tombée sous la valeur minimale considérée comme normale (0,6 g/l) chez presque tous. Au bout de seulement 30 minutes, on notait une utilisation plus importante du glycogène, observation dont l'extrapolation à des activités de plus longue durée ne plaidait pas en faveur de l'apport de glucose avant l'effort. Ce faisceau d'arguments aurait en tout cas pu paraître suffisant pour faire déconseiller cette procédure. Mais le problème est qu'aucun de ces athlètes n'a signalé une quelconque gêne ni une fatigue accrue après prise de glucides. Autrement dit, dans ce contexte où l'intensité et la durée d'effort étaient imposées,

la prise de glucose n'avait aucune incidence objective sur les aptitudes. Le second travail reprenait ce protocole, à cette nuance près que les volontaires recevaient soit du glucose, soit du fructose, soit un placebo. Là encore, en dépit de différences métaboliques notables, on ne relevait aucune incidence sur l'aptitude (la durée du test ne permettant peut-être pas d'en déceler), ni sur l'impression de difficulté ressentie. Deux études ultérieures se sont inspirées du travail de Costill. La première, due à l'équipe de Roy Maughan à Aberdeen, a consisté à administrer après une nuit de jeûne 1 g/kg de glucose à des volontaires 45 minutes avant un test au cours duquel on demandait cette fois de pédaler le plus longtemps possible à l'intensité imposée. Les Ecossais ont renouvelé les observations précédentes (élévation de glycémie, montée de l'insulinémie), mais cela n'empêcha pas 5 des 6 sujets de poursuivre leur effort plus longtemps après prise de glucose. Comme contre-performance, il y a mieux. La seconde se présente comme la seule pour laquelle la prise de glucose 45 minutes avant un effort s'est révélée défavorable, et en elle-même peut suffire à recommander le fructose chez certains individus dont la glycémie demeure trop instable à l'approche des compétitions. Certes, la même équipe reprenant ce travail, mais en imposant un délai plus court entre la prise de glucides et le test (30 minutes), n'a pas retrouvé cette incidence négative. Mais la plus grande sécurité apportée par la prise de fructose devrait faire préférer cette stratégie à la prise de 60 à 75 g de glucides 30 à 45 minutes avant un effort, surtout après une nuit de jeûne.

7.1. Les données actuelles

Ces données ne font pas beaucoup avancer la discussion relative à l'intérêt de la ration d'attente ou à son élaboration idéale, puisque trop éloignées des habitudes diététiques des sportifs à l'approche d'une épreuve. Deux études ultérieures ont donc suivi un protocole plus proche de celles-ci. On y a couplé la prise d'un petit déjeuner 3 heures avant l'effort, et l'ingestion de glucides 30 minutes avant celui-ci. On n'a pas relevé d'incidence néfaste liée à cette procédure. Mais il est vrai que les durées d'effort ne dépassaient pas 90 minutes, et que les résultats obtenus ne présumaient en rien de ce qui se produit lors d'un marathon, ou a fortiori d'épreuves plus longues. C'est pour cela qu'une des données de la première étude s'avère intéressante ; on y relève en effet que la prise d'une barre énergétique à index glycémique faible permet à la glycémie de rester plus longtemps à un niveau élevé. L'extrapolation prudente de ce résultat semble donc conférer un avantage à la prise de glucides à indice faible tels que le fructose avant une activité de longue durée telle que le marathon, situation qui constitue précisément celle où l'hypoglycémie s'avère la plus à redouter.

Les études entreprises sous l'égide du groupe "Mars" ont abordé la question sous un angle différent. On s'y est demandé ce qui se passait si on prenait une barre chocolatée en guise de dernier repas, et qu'on portait le délai à moins d'une heure. Autrement dit, il était question d'analyser ce qui se passe vraiment dans le cas de figure longtemps considéré comme le pire, mais qui constitue également celui parfois adopté par des sportifs qui ne désirent pas se lever aux aurores pour déjeuner avant une épreuve au départ très matinal. Et quitte à faire bonne mesure, le test administré a reproduit les conditions de course. La première publication où on a donné des glucides juste avant un effort remonte à 1986. Les volontaires recevaient soit une barre chocolatée (délivrante 43 g de glucides et 9 g de lipides), soit un placebo, 30 minutes avant un effort bien particulier :

après 90 minutes en endurance, destinées à épuiser en partie le glycogène, les sujets (peu entraînés) devaient effectuer un effort en fractionné jusqu'à épuisement. Juste avant l'entame de l'activité la glycémie se révélait supérieure chez les consommateurs de "Mars", les valeurs obtenues évoquant très nettement celles présentées par Costill 9 ans plus tôt. L'écart s'estompait en fin d'effort, et aucune incidence négative ne résultait de cette prise tardive de solides. Aucun avantage n'en ressortait non plus. Ce travail ne justifiait donc pas qu'on abandonne la prise de fructose.

Existe-t-il un effet propre aux autres constituants des barres ? On sait en effet que la réponse glycémique à un glucide dépend de la quantité ingérée, et d'autres paramètres tels que la présence de fibres ou de lipides capables d'en freiner l'assimilation. Les graisses contenues dans le chocolat du "Mars" jouent potentiellement un tel rôle de frein. Un nouveau travail a donc tenté de l'établir en comparant l'influence de la prise d'une, de deux barres chocolatées, ou d'un placebo. Les volontaires, recrutés parmi des cyclistes de bon niveau, avalaient les portions 30 minutes avant d'entamer un effort encore plus difficile que le précédent. Après 90 minutes d'échauffement à bonne allure (70% de VO_2 max), il s'agissait d'effectuer un exercice à allure croissante jusqu'à épuisement. La glycémie s'élevait avant l'effort et chutait au cours du premier quart d'heure d'activité, comme d'habitude, mais les fluctuations demeuraient moins prononcées qu'avec la prise de 75 g de glucides ou de doses encore plus fortes. Les lipides exerceraient donc une action métabolique qui atténuerait le pic de glycémie. Cela en justifie-t-il l'ingestion ? Le travail en question ne fait hélas aucune allusion aux éventuelles troubles digestifs survenus au cours de ce test comparable, dans sa partie terminale, à celui qui sert à déterminer la VO_2 max. Or, la prise de lipides au cours du dernier repas précompétitif, et a fortiori moins d'une heure avant une activité, accroît nettement le risque de troubles intestinaux, surtout au décours d'efforts maximaux comme celui-ci. La prise de barres chocolatées se justifie donc uniquement avant des efforts de moins d'une heure, peu intensifs, chez des athlètes n'ayant pas déjeuné à temps ou mettant à profit le repos dominical pour se lever juste avant l'entraînement. Mais elle ne nous semble pas constituer le choix le plus approprié avant une compétition.

7.2. Le fructose semble préférable avant l'effort

Plusieurs travaux ont suggéré que la prise de solutions de fructose dans les 45 minutes qui précèdent un effort prolongé affecte moins le mélange utilisé par les muscles que le glucose : la moindre élévation d'insuline consécutive à l'ingestion de fructose permettrait de moins gaspiller le glycogène, surtout en début d'épreuve avant la « stabilisation » des processus énergétiques, ce qui dans des situations où son autonomie devient un élément crucial, comme dans le cas du marathon, pourrait contribuer à une meilleure conservation de l'allure. Or on a vu que la présence de lipides dans les barres chocolatées exerçait une action modulatrice sur l'assimilation des glucides. Ceci a conduit à se demander si la prise de barres chocolatées dans la demi-heure qui précédait un marathon ne pouvait pas apporter un bénéfice comparable, ce qui évidemment représenterait pour la marque en question un axe de communication très intéressant. L'idée apparaît d'autant moins saugrenue que, le marathonien n'évoluant pas à des allures aussi élevées que celles proposées dans les

premières expériences, le risque de trouble digestif ne constituait plus, aux yeux des responsables de la firme, un handicap rédhibitoire. La même année deux études, dont une n'émanant pas de ce groupe, ont envisagé cette question. La première, faisant appel à des sujets très entraînés, a démontré que la prise d'un glucide à faible index une heure avant un effort à intensité constante, et après un jeûne nocturne de douze heures, permettait d'allonger le temps d'effort comparativement à un glucide à index élevé. La seconde, issu des laboratoires aidés par "Mars", a évalué les effets respectifs d'un placebo, d'une barre chocolatée, ou d'un apport de fructose (délivrant autant d'énergie), 30 minutes avant un effort effectué à 70% de VO₂ max. Certes, la durée du test ne pouvait pas se comparer directement à celle d'un marathon. Mais on tirait une donnée très intéressante de cette étude : la barre chocolatée et le fructose donnaient lieu à une utilisation similaire des glucides, ce qui semble suggérer que l'index glycémique des glucides avalés juste avant l'échauffement joue un rôle déterminant. De plus, la récupération semblait meilleure chez ceux qui avaient consommé des glucides avant l'effort.

Peut-on alors opter indifféremment pour une barre chocolatée ou une boisson au fructose avant un exercice de longue durée? Sans doute que non. Un aspect fondamental n'est pas envisagé par les adeptes des barres chocolatées : c'est celui du confort digestif. Or il joue en défaveur de ces solides. On sait en effet que dès qu'on dépasse les 2 heures consécutives d'effort, le risque de troubles digestifs augmente, et que parmi les facteurs qui y prédisposent la prise de solides et de lipides se trouve en bonne place. Il nous semble donc aventureux, pour de telles épreuves, de remplacer la boisson d'attente au fructose ou le dernier repas par une barre chocolatée.

La prise de fructose avant une compétition de longue durée est préférable aux barres chocolatées, car elle s'accompagne d'un risque très faible de troubles digestifs.

7.2.1. En résumé

On peut avoir recours aux barres chocolatées :

Juste avant un entraînement matinal et si on n'a pas eu le temps de prendre un petit déjeuner suffisamment tôt.

- Avant un entraînement effectué le soir, et longtemps après le repas du midi.
- Avant une compétition matinale ne dépassant pas une heure. On testera toutefois la tolérance digestive à ces barres, et on consommera des boissons énergétiques à intervalles réguliers dès le début de l'activité. La clé de la réussite passe de toute façon par une disponibilité maximale en glucides au cours de l'effort.
- Par contre on les évitera avant une activité de longue durée, que ce soit en guise de ration d'attente ou a fortiori à la place du dernier repas.
- On en déconseille l'ingestion en cours d'effort, en raison du caractère à la fois long et difficile de leur digestion.

7.2.2. En pratique

La stratégie qui consiste à prendre le dernier repas 3 heures avant le départ, à consommer une solution au fructose jusqu'à l'échauffement, puis à ingérer une solution hypotonique riche en polymères nous semble la plus sûre. L'ingestion de cette dernière dès l'échauffement ne pose aucun problème métabolique, puisque dès la mise en mouvement de l'athlète, les fluctuations de glycémie et d'insulinémie n'influent plus de façon significative sur la nature du carburant consommé par le muscle, que ce soit sur le moment ou plus tard dans l'effort. Tout au plus une élévation du taux d'insuline, à l'inverse de ce qu'on pensait initialement, pourrait favoriser la captation du glucose par les fibres, et optimiser le déroulement des processus énergétiques à l'effort, ceci bien sûr à condition de poursuivre l'apport de glucides tout au long de l'exercice. En outre les glucides ingérés en cours d'échauffement peuvent dans certaines conditions, notamment dans les efforts de longue durée, jouer un rôle déterminant pour la réalisation de bonnes performances.

Il faut noter encore que l'impact du stress sur la glycémie, dans des conditions réelles, dans le contexte de la compétition, reste à évaluer. Celui du laboratoire, choisi par obligation dans la majorité des travaux, en rend mal compte et fausse en partie les données et la nature des recommandations émises. Dans certains cas la mise en jeu des hormones assurant la contre-régulation de la glycémie permet d'ingérer du glucose ou des polymères sans influence sur les fonctions mentales. Dans d'autres, surtout quand l'activité physique demeure mineure (par exemple les golfeurs ou les pilotes automobiles), le fructose présente de plus grandes garanties vis-à-vis de la stabilité de la glycémie. Il y est d'ailleurs préféré, signe qui ne trompe pas. C'est pourquoi, jusqu'à preuve improbable du contraire, nous pensons que le fructose représente l'option la plus appropriée pour la ration d'attente.