

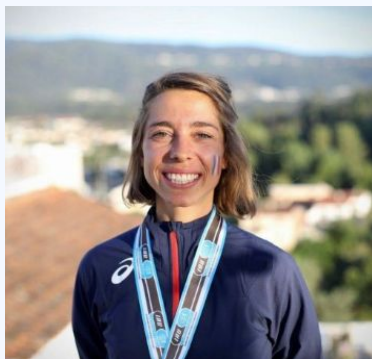
# La périodisation de l'apport glucidique

Cas pratique d'une ultra-traileuse



Mathilde Lemonnier - Rachel Goujon - Gabriel Lanté - Antoine Nombalay

# Caractéristiques de l'athlète et du sport



**Blandine L'Hirondel**  
**34 ans**

**Championne Ultra Trail, 2025**

## L'ultra-trail

- Effort long (+ de 20h)
- Terrain varié

### Diagonale Des Fous :

- Réunion
- Endurance/ Défi/ Aventure
- Parcours très technique
- Ascensions redoutables
- 2400m d'altitude
- conditions météo extrêmes

## Athlète féminine

Données à l'aide d'une étude sur le vaste latéral :

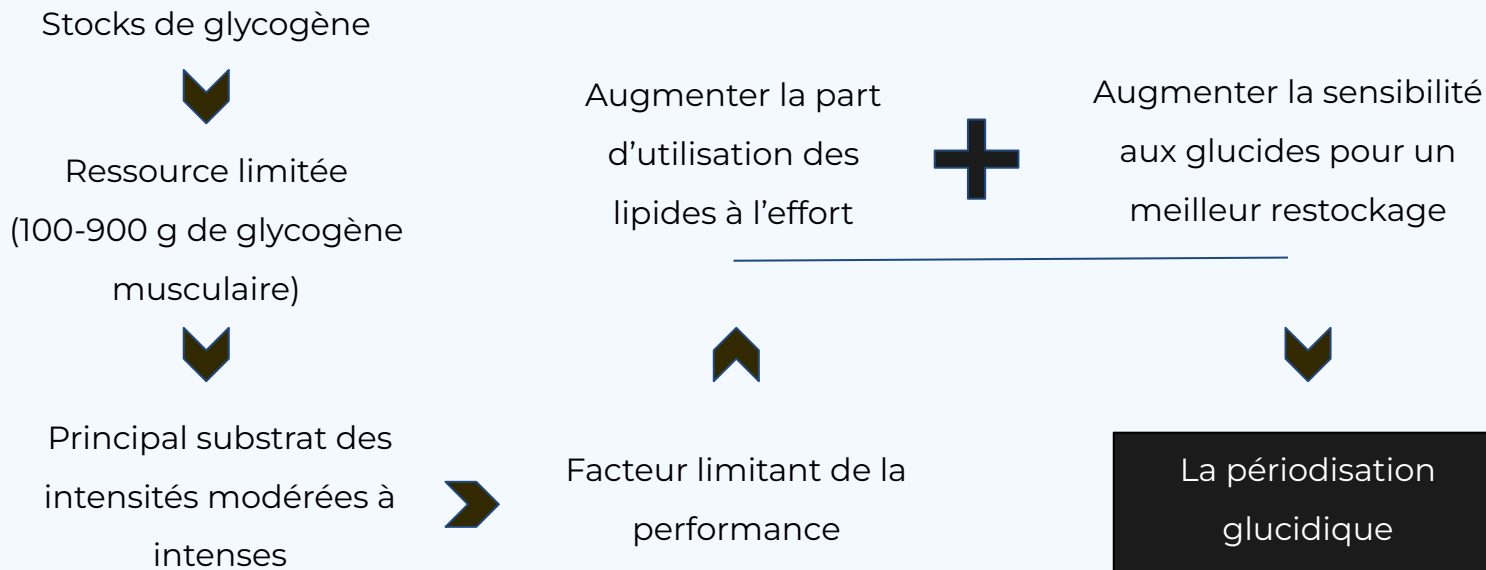
F : 400 mmol.kg (MM, oestrogène)

H : 550 mmol.kg

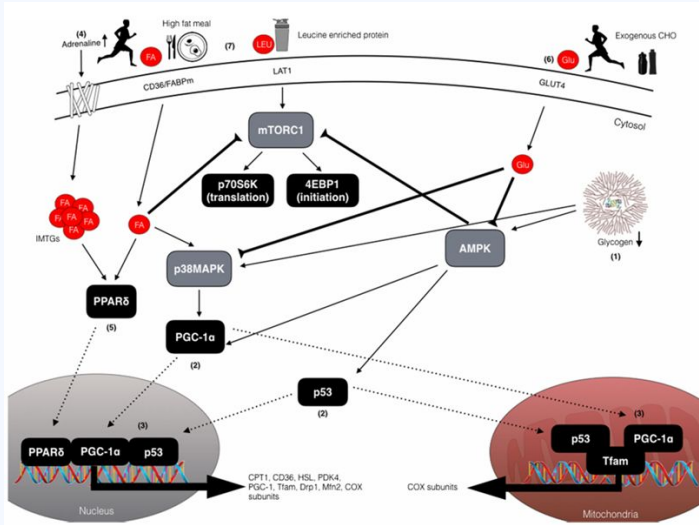
	oxydation lipidique	réserve glycogène	oxydation glycogène
Homme	Moyenne	Forte	Rapide
Femme	Rapide	Moyenne	Moyenne

# La périodisation glucidique

## Fondements scientifiques



# La périodisation glucidique



## Voies cellulaires impliquées dans la régulation des adaptations mitochondriales

Impey SG, Hearn MA, Hammond KM, et al. Fuel for the Work Required: A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sports Med.* 2018;48(5):1031-1048. doi:10.1007/s40279-018-0867-7

## Principes physiologiques

↳ glycogène musculaire



+ enzymes clés



↳ production de protéines mitochondriales  
+ ADN mitochondrial qui ↳ fusion et division des mitochondries

Exercice avec :

peu de glucides



↳ libération de graisses dans le sang et les muscles grâce à l'adrénaline  
+ facteur PPARδ qui ↳ protéines impliquées dans le métabolisme des lipides

beaucoup de glucides



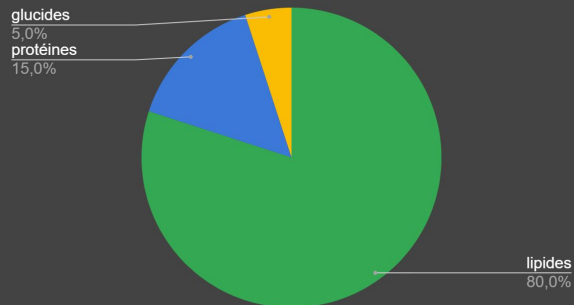
limite certaines adaptations mitochondriales

# Différentes stratégies

## Le régime cétogène

- Maintien des apports caloriques mais modification de la répartition
- Objectif: création de corps de cétone (autre carburant)
- Diminution du glycogène, donc augmentation capacité d'oxydation des graisse.
- Meilleure utilisation des graisse → préservation des réserves de glycogène.

Répartition en fonction de l'apport énergétique total



Régime cétogène



Attention: Baisse des réserves de glycogène, donc baisse de la capacité à soutenir haute intensité

# Différentes stratégies

## Entraînement à jeun

- Jeûne nocturne > 6 heures
- Pas de consommation de glucides au cours de la séance
- Durée de séance > 45-60 min permet d'obtenir un stress métabolique significatif

### Objectif:

- Améliorer capacité d'oxydation lipidique.
- renforcer adaptation métabolique

### Attention::

- Baisse de réserve → intensité moyenne à élevé impossible.

### Mécanisme mis en place::

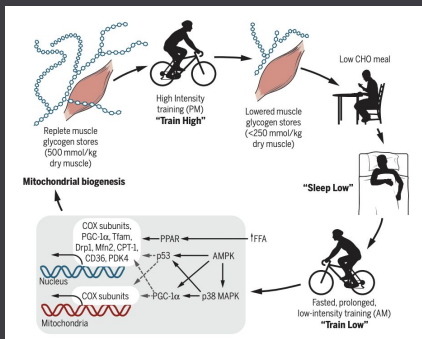
- Augmentation synthèse mitochondriale (PGC1 $\alpha$ )
- Utilisation des lipides (stock de glucose faible)

# Différentes stratégies

## Train-low / Sleep-low

Dans une journée :

- 1ère séance → épuiser les stocks de glycogène musculaire
- Récupération avec repas hypoglucidique → sleep low (low-carb)
- 2ème séance → faible stocks de glycogène musculaire → train-low (low-carb)



Mécanisme mis en place :

- Activation de PGC1 $\alpha$  et enzyme d'oxydation lipidique.
- manque de glycogène → sensibilité au glycogène musculaire accrue.



Adaptation mis en place:

synthèse mitochondriale.

Adaptation sans volume accrue.

# La périodisation : intérêts et limites

## Intérêts

- Efficacité énergétique (lipides utilisés = réserve glycogène)
- Fonction mitochondriale et métabolisme des graisses
- “Low carb” = activité enzymatique ++, lipides en carburant, densité mitochondriales
- Gestion des réserves hépatiques
- Stabilité glycémique
- Adaptations individuels nutrition (tolérance, troubles, absorption glucidique)

## Limites

- Fatigue et stress musculaire
- Adaptations mitochondriales (temps)
- Baisse qualité entraînement (low carb)
- Risque digestif
- Variabilité inter-individuelle
- Amélioration sur la performance ?



## Aparté : L'index glycémique

### Repères alimentaires

	Echelle 0-100		
	IG Elevé > 60	IG Moyen 40-60	IG Faible < 40
Insulino-sécrétion	++	+	+/-
Effet sur la glycémie	++	+	+/-
Charge Glycémique	++	+	+/-

### Repères alimentaires

Aliment	IG	% glucides	Portion (g)	CG
Galette de Riz	85	80	<b>40</b>	27,2
Pâtes Complètes	55	24	<b>150</b>	19,8
Lait ½ écrémé	30	5	<b>250</b>	3,8
Noix	15	10	<b>30</b>	0,5

<b>Avant</b>	Stabilité glycémique + maximiser le glycogène	<b>IG Bas à modérée</b>	Éviter l'hypoglycémie, meilleur stockage
<b>Pendant</b>	Apporter de l'énergie rapidement	<b>IG élevé</b>	Absorption immédiate, indispensable à la demande
<b>Après</b>	Reconstituer le glycogène + réparer	<b>IG élevé</b>	Augmentation de l'insuline, resynthèse rapide

# Périodisation

## Objectif : Diagonale des fous



Pré-compétition

décharge + affûtage

ultra-trail

Post-compétition

J - 6 mois

J - 2 semaines

Course  
~ 25h

H +1

● Entraînement faible disponibilité de CHO

● Entraînement forte disponibilité de CHO



Prépa générale



Prépa spécifique



Phase de compétition

## J - 6 mois

### 3 premiers mois

#### Préparation fondamentale

- 2/ Semaine : Séance "low carb"
- 1 / Semaine : High carb
- 1/ Semaine : Glut training

#### Objectif:

développer la capacité d'oxydation lipidique + la capacité mitochondriale

### 3 mois suivants

#### Préparation spécifique

- 1/ Semaine : Séance "low carb"
- 2 / Semaine : High carb
- 1 / Semaine : Glut training
- 1/ Semaine : SL avec stratégie glucidique

#### Objectif:

Optimiser les stocks de glycogène pour les sorties longues + travailler la tolérance digestive

**High-carb** = améliore la puissance aérobie et la qualité des séances (Burke 2021)

**Intestinal training** = clé en ultra (60–90 g/h) (Costa 2019)

*"Mon point fort est la nutrition : je mange souvent et j'ai peu de troubles digestifs"*  
(Interview trail endurance mag 2023)

# J - 6 mois

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Séances	Récupération active 45' EF	Séance qualitative (exemple séance cotes)	Séance tempo + travail glucidique	Renforcement musculaire + footing léger	Endurance fondamentale 1h30	OFF	Sortie longue
Stratégies	<b>Stratégie glucidique modérée</b> Glucide = 40% Protéines = 30% Lipides = 30%	<b>High carb</b> Glucide = 55% Protéines = 25% Lipides = 20%	<b>High carb + Gut training</b> Glucide = 65% Protéines = 15% Lipides = 20%	<b>Stratégie glucidique modérée</b> Glucide = 40% Protéines = 30% Lipides = 30%	<b>Low carb</b> (footing à jeun ou petit déjeuner pauvre en glucides)	<b>stratégie modérée, focus hydratation</b>	<b>high carb (se rapprocher du JJ)</b> Glucide = 70% Protéines = 15% Lipides = 15%
Objectifs	récupérer du wk, ne pas entrer dans une surcharge glucidique	besoin d'énergie disponible pour garder la qualité dans une séance avec intensité	Entraîner le tube digestif, préparation course	Récupération musculaire + maintien des réserves	Stimuler l'oxydation lipidique	décharger	Stimuler la course + valider les stratégies

## S - 2 semaines

Entre 1700 et 2200 KCAL par jour=

### 2 semaines avant le départ

Objectif:

- 1 - Maximiser le glycogène
- 2 - Optimiser la tolérance digestive
- 3 - Adapter l'apport en glucides aux séances clés
- 4 - Ajuster l'entraînement pour faciliter le surstockage

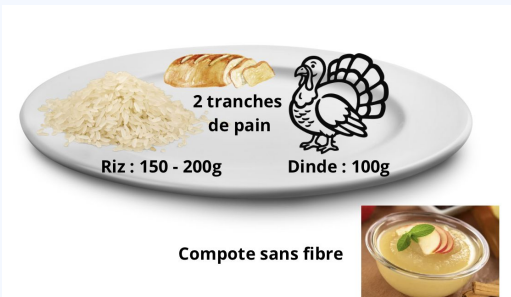
### 48 - 36 h avant le départ

- Cible : 8–10 g de glucides/kg/jour.
- Répartition en 4–6 repas, (peu de fibres, peu de graisse)
- Objectif physiologique :  
saturation des stocks de glycogène musculaire et hépatique

Costa 2018, Costa 2019, Tiller 2019

### Veille de course

- 7-8 g/kg/jour → 400–460 g de glucides pour Blandine environ.
- But : maintenir les réserves sans surcharger l'intestin.



# Jour J de la DIAGONALE

## Entre 8000 et 9000 KCAL pendant la course

(Martin D. Hoffman, International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 2019, 29)

### 3 heures avant le départ

- **On vise 2–3 g/kg de glucides:**

Rôle :

- recharger le glycogène hépatique
- stabiliser la glycémie au moment du départ
- éviter les creux énergétiques dès les premiers cols.

### Infos

Glucides : quelle quantité et pourquoi ?

- Cible globale ultra : 60–90 g/h de glucides.
- Avec mélange glucose/fructose, on peut monter jusqu'à 90–110 g/h (capacité d'oxydation  $\approx$  1,5–1,7 g/min).

*“Ces apports couvrent environ 40–55 % des dépenses énergétiques totales estimées entre 14 500 et 20 000 kcal, le reste étant principalement assuré par l'oxydation lipidique. Ces valeurs sont cohérentes avec les stratégies nutritionnelles documentées pour l'ultra-endurance.”*

### Pendant la course

Pour 27 h → impossible de compter seulement sur le glycogène initial.  
Il faut donc .... alimenter en continu

**Pour Blandine :**

- Total  $\approx$  environ 2000 g de glucides ingérés.
- Ces glucides : maintien de la glycémie → réduction de la fatigue centrale et du côté mental et cognitif (importance dans certaines descentes)

Physiologiquement :

- L'oxydation de glucides : de limiter l'utilisation du glycogène à certaines phases critiques ; d'éviter la chute trop brutale des réserves hépatiques et donc les coups de mou.

# Jour J de la DIAGONALE

## Exemple :

- Départ → 10e heure : 70–80 g/h (gestion prudente du tube digestif, chaleur).
- 10e → 20e heure : 80–90 g/h (si tolérance OK, c'est le "cœur" de course).
- 20e → 27e heure : 60–80 g/h (en fonction des nausées, fatigue digestive).

Moyenne globale : ~ 75–80 g/h → 2 000–2 200 g sur la course. (⌊ 8000-9000 kcal)

## ! Important

Cet apport en glucides est conséquent et peut être difficilement atteignable et nécessite d'être testé à l'entraînement

L'important reste d'apporter de l'énergie à l'organisme → possibilité de raisonner en équivalent calorique avec des apport lipidiques et protéiques

## GRAND RAID DE LA REUNION 2025 - LA DIAGONALE DES FOUS



**0-2h****Réhydratation :**

- Eau (sel, sodium, minéraux)

**Apport glucidique** rapide :

- 1 g/kg de glucide par heure dans les 2-4h qui suivent

**Protéines** (dommages musculaires) :

- 30g de prot dans l'heure qui suit l'effort

**IG : Modérée + élevé****2 à 12h****= Recharge glucidique MASSIVE**

Objectif : 8-10g de glucides/Kg

- Plat pp : Riz, pâtes, quinoa
- Source sucrée (pain, compote, fruits...)
- Dessert riche en glucide
- Boisson (jus, sirop)

Les 2 - 4 JOURS suivants :

→ Maintenir un apport glucidique élevé : 6g/kg/jour

Objectif :

- accélérer la réparation musculaire / réduire les courbatures / reconstituer les réserves

→ Relancer la resynthèse du glycogène musculaire et hépatique  
(80-100g hépatique et 300 à 900g glycogène musculaire)



# Conclusion

## Points clés

- La périodisation glucidique peut aider à renforcer les adaptations métaboliques, surtout si le volume d'entraînement ne peut plus augmenter.
- Précautions : attention de ne pas se placer dans un contexte de déficit calorique.
- Mauvaise application = baisse qualité d'entraînement

# Références

Burke LM, Whitfield J, Heikura IA, Ross MLR, Tee N, Forbes SF, Hall R, McKay AKA, Walleth AM, Sharma AP. Adaptation to a low carbohydrate high fat diet is rapid but impairs endurance exercise metabolism and performance despite enhanced glycogen availability. *J Physiol*. 2021 Feb;599(3):771-790. doi: 10.1113/JP280221. Epub 2020 Aug 19. PMID: 32697366; PMCID: PMC7891450.

Costa et al., 2018 – Considerations for ultra-endurance activities: Part 1 – Nutrition: PMID: 30056753 DOI: 10.1080/15438627.2018.1502188

Costa et al., 2019 – Nutrition for Ultramarathon Running: Trail, Track, and Road: PMID: 30943823 DOI: 10.1123/ijsnem.2018-0255

Gejl KD, Nybo L. Performance effects of periodized carbohydrate restriction in endurance trained athletes - a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr*. 2021;18(1):37. Published 2021 May 17. doi:10.1186/s12970-021-00435-3

Impey SG, Hearn MA, Hammond KM, et al. Fuel for the Work Required: A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sports Med*. 2018;48(5):1031-1048. doi:10.1007/s40279-018-0867-7

Moore DR, Sygo J, Morton JP. Fuelling the female athlete: Carbohydrate and protein recommendations. *Eur J Sport Sci*. 2022 May;22(5):684-696. doi:10.1080/17461391.2021.1922508. Epub 2021 May 20. PMID: 34015236

Stellingwerf T. (2012). Case study: Nutrition and training periodization in three elite marathon runners. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 22(5), 392–400. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.22.5.392>

Tiller NB, Millet GY. Decoding Ultramarathon: Muscle Damage as the Main Impediment to Performance. *Sports Med*. 2024 Oct 15. doi: 10.1007/s40279-024-02127-9

Tiller et al., 2019 – ISSN Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon PMID: 31699159 PMCID: PMC6839090 DOI: 10.1186/s12970-019-0312-9