



# PROJET NUTRITION

---

Le jus de betterave pour  
potentialiser la performance chez  
un cycliste professionnel ?

**M2 EOPS – 2023 / 2024**

ARLÈS Louis – BELKEBIR Mehdi – LAGOUTE Thomas – MERSCH Matthias



# INTRODUCTION

---

JUS DE BETTERAVE ET CYCLISME  
PROFESSIONNEL : DE QUOI PARLE-T-ON ?

# LE CYCLISME D'ENDURANCE

## DE QUOI PARLE-T-ON ?



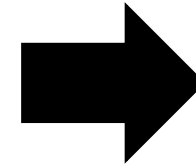
## INTRODUCTION

## MÉCANISMES D'ACTION

## QUELQUES ÉTUDES

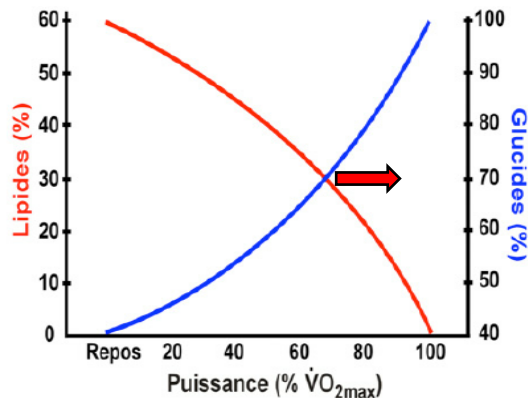
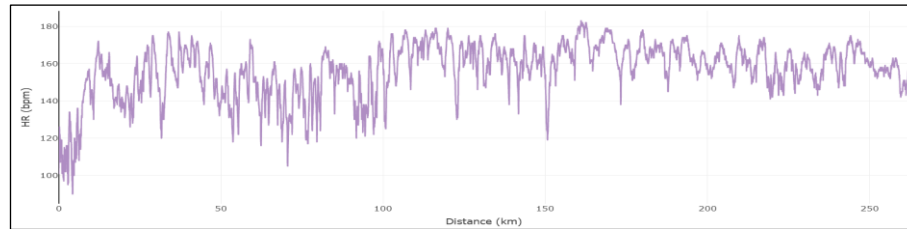
## CONCLUSION

Performance indicator	PL 1	PL 2	PL 3	PL 4	PL 5
rVO <sub>2max</sub> , mL · min <sup>-1</sup> · kg <sup>-1</sup>	42.7 (5.2), <45	49.5 (4.9), 45.0–54.9	63.1 (5.0), 55.0–64.9	66.6 (4.8), 65–71	74.8 (3.6), >71
n	10	17	40	19	6
aVO <sub>2max</sub> , L/min	3.24 (0.47), <3.7	3.81 (0.38), 3.4–4.2	4.56 (0.34), 4.2–4.9	4.95 (0.38), 4.5–5.3	5.21 (0.23), >5.0
n	8	17	36	20	6
aPPO, W	276 (21), <280	308 (13), 280–319	360 (28), 320–379	416 (47), 380–440	456 (47), >350
n	3	3	14	18	8
rPPO, W/kg	3.59 (0.53), <4.0	4.06 (0.42), 3.6–4.5	5.02 (0.48), 4.6–5.5	5.71 (0.73), 4.9–6.4	6.55 (0.69), >5.5
n	3	3	13	18	8



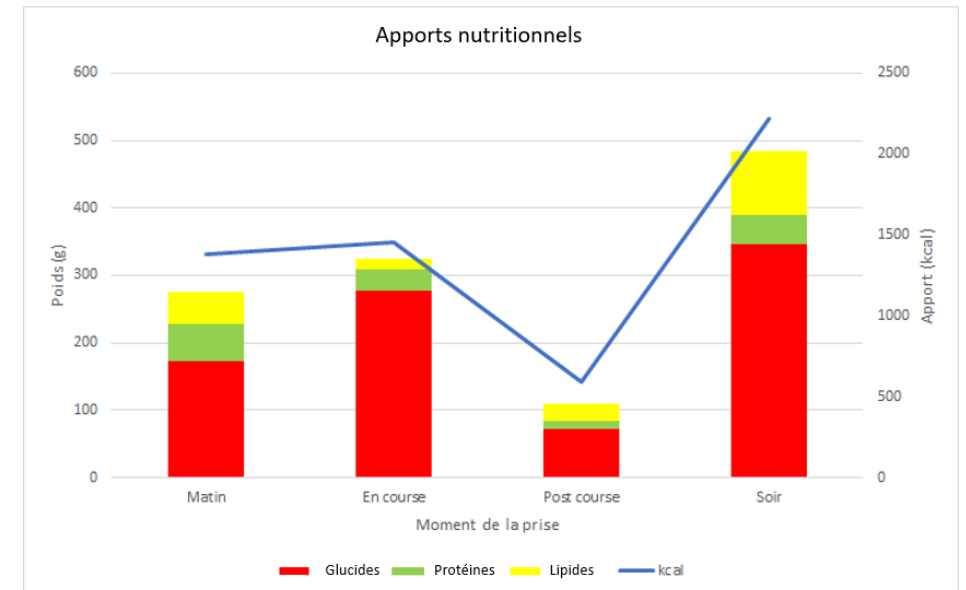
### Performance Level 5 (*de Pauw et al., 2013*)

- VO<sub>2max</sub> > 71 ml/min/kg
- Puissance relative associée 5.5W/kg
- Au-dessus de 500km/semaines
- 30 000 km par an avec ~100 jours de course (*Jeukendrup et al., 2000*)



Implications métaboliques, importance d'avoir un point de cross-over haut (*Brooks & Mercier, 1994*)

➔ Préserver les réserves de glycogène pour les moments décisifs







## INTRODUCTION

## MÉCANISMES D'ACTION

## QUELQUES ÉTUDES

## CONCLUSION

# LE JUS DE BETTERAVE

## DE QUOI PARLE-T-ON ?



+ NITRATE ( $\text{NO}_3^-$ )

Constituant (g) pour 100 g	Teneur moyenne	Min-Max	%VNR
Eau	86,70	82,20 - 90,40	-
Fibres	2,55	1,90 - 2,80	-
Glucides	9,10	-	3,50
dont Sucres	6,76	-	7,51
Lipides	0,24	0,17 - 0,30	0,34
dont Acides Gras Saturés	0,038	0,027 - 0,048	0,19
Protéines	1,74	0,20 - 2,50	3,48

+ Manganèse  
+ Potassium

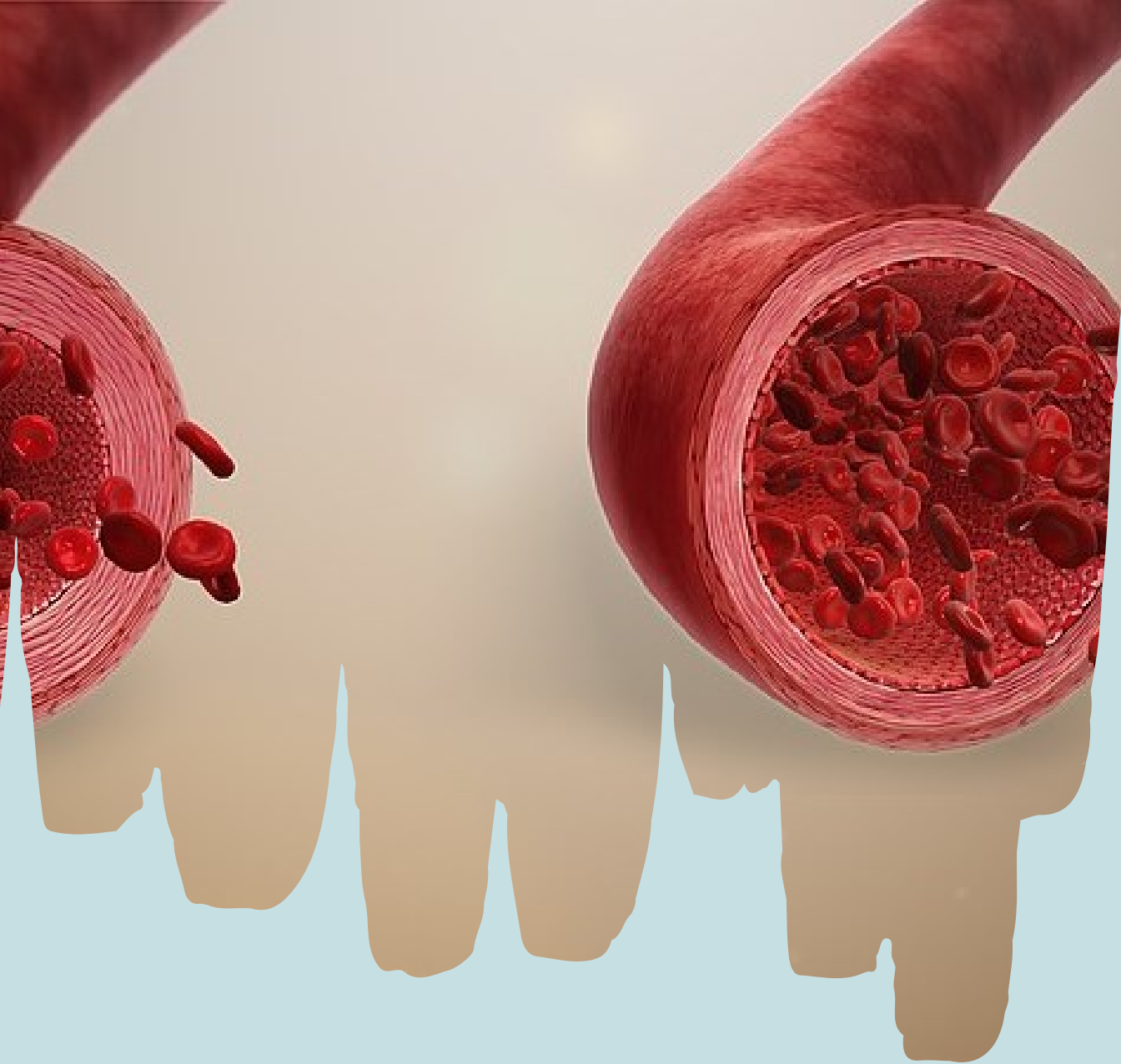
Table 1. Classification of vegetables according to nitrate content \*.

Nitrate Content (mg/100 g Fresh Weight)	Vegetable Varieties
Very low, <20	Artichoke, asparagus, broad bean, eggplant, garlic, onion, green bean, mushroom, pea, pepper, potato, summer squash, sweet potato, tomato, watermelon
Low, 20 to <50	Broccoli, carrot, cauliflower, cucumber, pumpkin, chicory
Middle, 50 to <100	Cabbage, dill, turnip, savoy cabbage
High, 100 to <250	Celeriac, Chinese cabbage, endive, fennel, kohlrabi, leek, parsley
Very high, >250	Celery, cress, chervil, lettuce, red beetroot, spinach, rocket

### Bénéfices dans la régulation de nombreuses fonctions physiologiques

Fonction endothéliale, réponses cardio-vasculaires et métaboliques à l'effort, inflammation, stress oxydatif, cognition, maladies chroniques (hypertension, diabète de type 2, démence, etc.)

Category	Sub-Categories	Supplements
High level of evidence	Will improve athletic performance with adequate dosing and specific types of effort	$\beta$ -alanine Sodium bicarbonate Caffeine Creatinine Beetroot juice
		Fish oils Carnitine Curcumin Glucosamine Glutamine HMB Quercetin Vitamins C and E Tart cherry juice
Moderate level of evidence	May improve performance, under specific dosing and effort conditions, although additional research is needed	
Low level of evidence	No demonstrated beneficial effects	Supplements not found in other categories
Prohibited supplements	May result in positive doping tests and therefore are prohibited	Substances on the list published annually by the World Anti-Doping Agency (WADA)



# MÉCANISMES D'ACTION

---

QUELS PROCESSUS PHYSIOLOGIQUES  
LE JUS DE BETTERAVE MODULE-T-IL ?

# MÉCANISME GÉNÉRAL

## ➤ BIODISPONIBILITÉ EN OXYDE NITRIQUE (NO)

INTRODUCTION



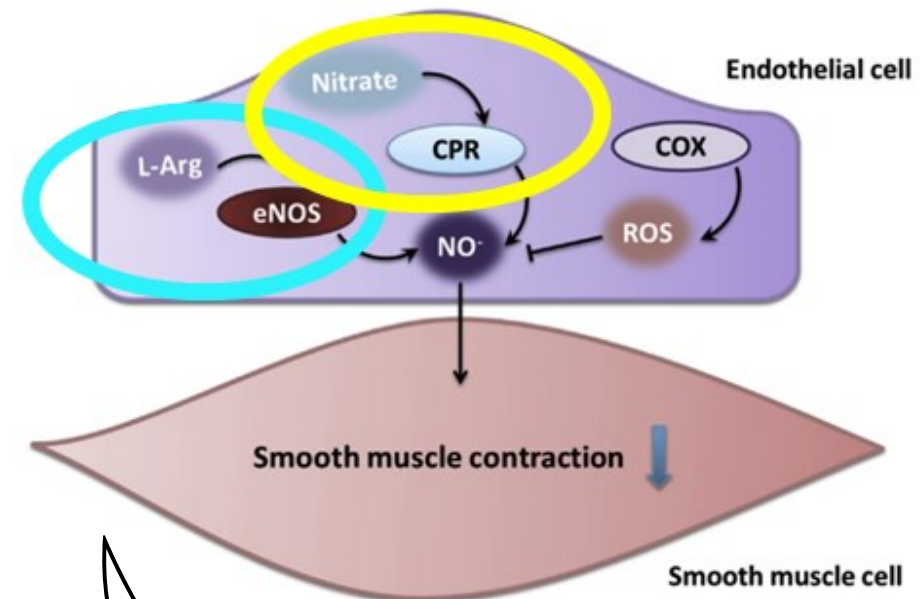
MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

1. Réduction du  $\text{NO}_3^-$  (nitrate) en  $\text{NO}_2^-$  (nitrite) dans la bouche (25%)
2. Réduction du  $\text{NO}_2^-$  en NO dans l'estomac
3. Réduction du  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$  restants en NO dans la circulation systémique par la **voie NO-synthase indépendante** (Zhao et al., 2015)

➔ Pic 1-2h après ingestion



- La voie **NO synthase-dépendante** n'est pas impliquée
- La bioactivation du nitrate ( $\text{NO}_3^-$  à  $\text{NO}_2^-$ ) est freinée par les chewing-gums, les bains de bouche (Govoni et al., 2008)



Vasodilatation, mais pas uniquement ...

# MÉCANISME GÉNÉRAL

## ➤ BIODISPONIBILITÉ EN OXYDE NITRIQUE (NO)

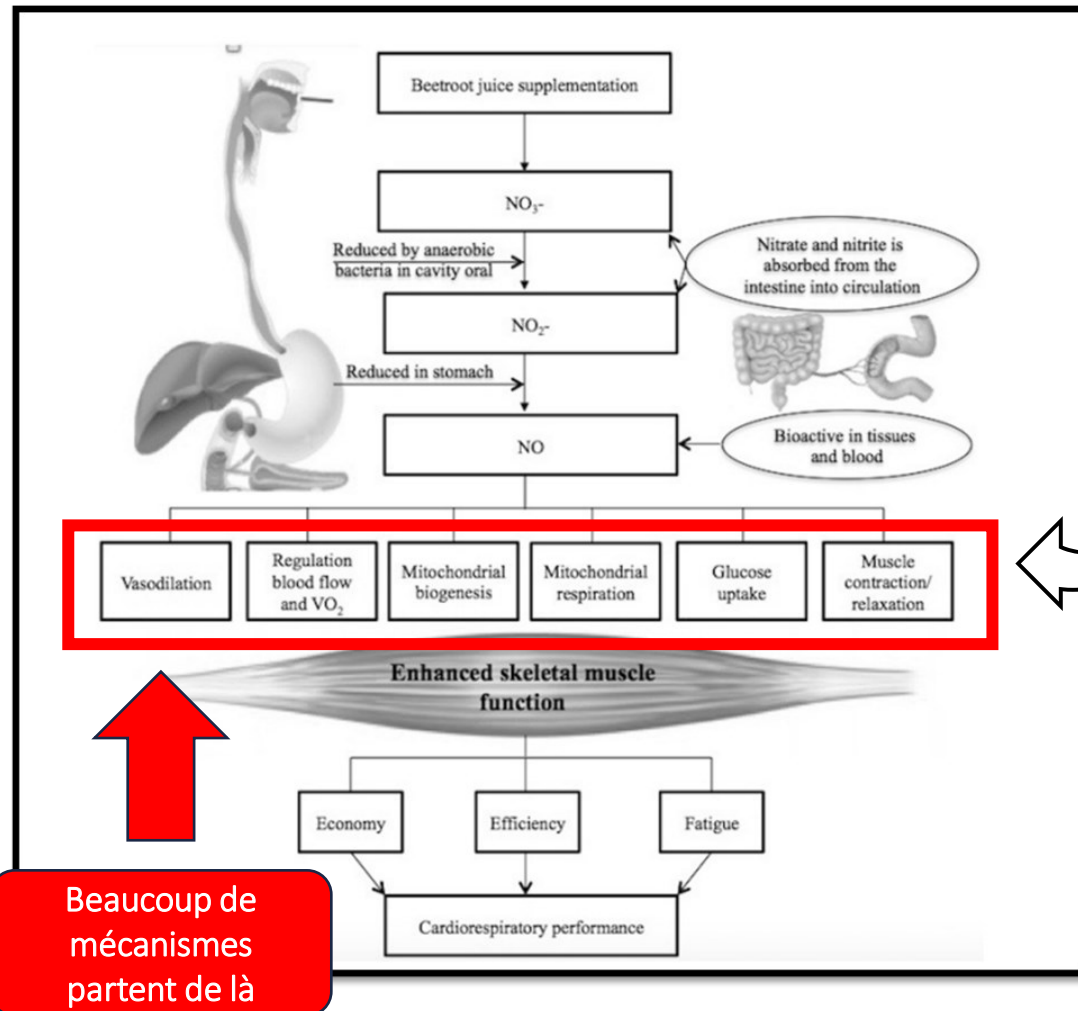
INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION



Mécanismes liés au NO (classés de manière hiérarchique) :

1. Vasodilatation et perfusion musculaire (aigu)
2. Efficience mitochondriale (aigu)
3. Amélioration des fonctions contractiles (aigu)
4. Biogenèse mitochondriale (chronique)

Mécanismes liés aux autres composés actifs :

1. Amélioration des fonctions oxydatives (chronique)
2. Protection du stress oxydant et de l'inflammation (aigu / chronique)

Bétaine

Polyphénols

Bétalaïnes

CHO

Domínguez et al. (2017)

# MÉCANISME N°1

## VASODILATATION ET PERFUSION MUSCULAIRE

INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

### EN NORMOXIE

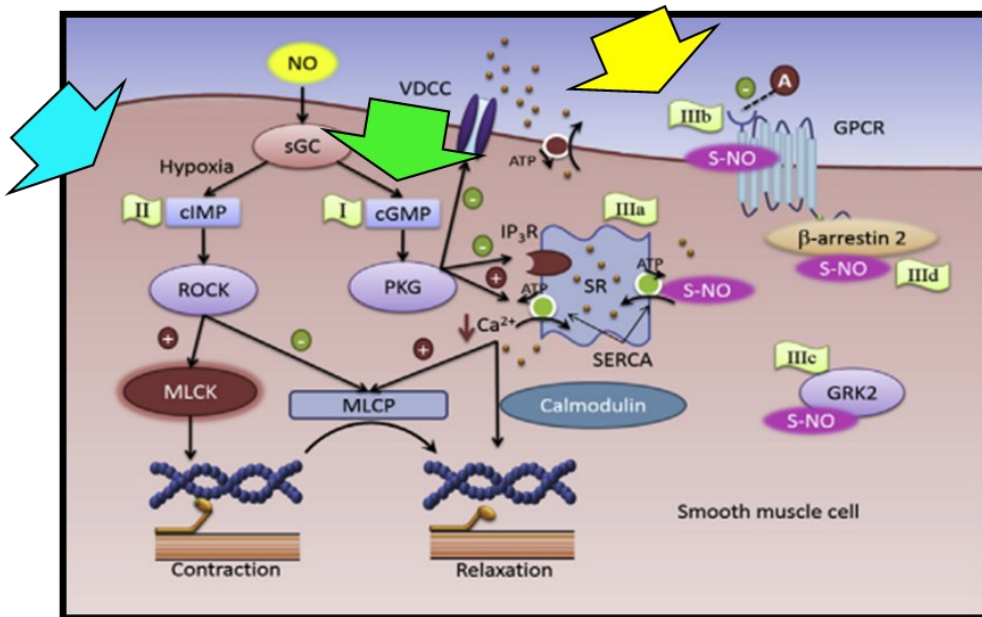
1. Voie de signalisation impliquant GMPc → Meilleure recapture du  $\text{Ca}_2^+$
2. Nitrosylations stimulant l'activité de SERCA → Déplétion en  $\text{Ca}_2^+$  intra-cellulaire



### EN HYPOXIE

Voie de signalisation impliquant IMPc

→ Activation de MLCK



### EN PRATIQUE

- ✓ +343% de vasodilatation capillaire (*Webb et al., 2008*)
- ✓ Meilleure cinétique de  $\text{VO}_2$  (*Breese et al., 2013*)
- ✓ Meilleur prélèvement de glucose car +30% d'activité insulinémique (*Baron et al., 1996*)



# MÉCANISME N°2

## EFFICIENCE MITOCHONDRIALE

INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

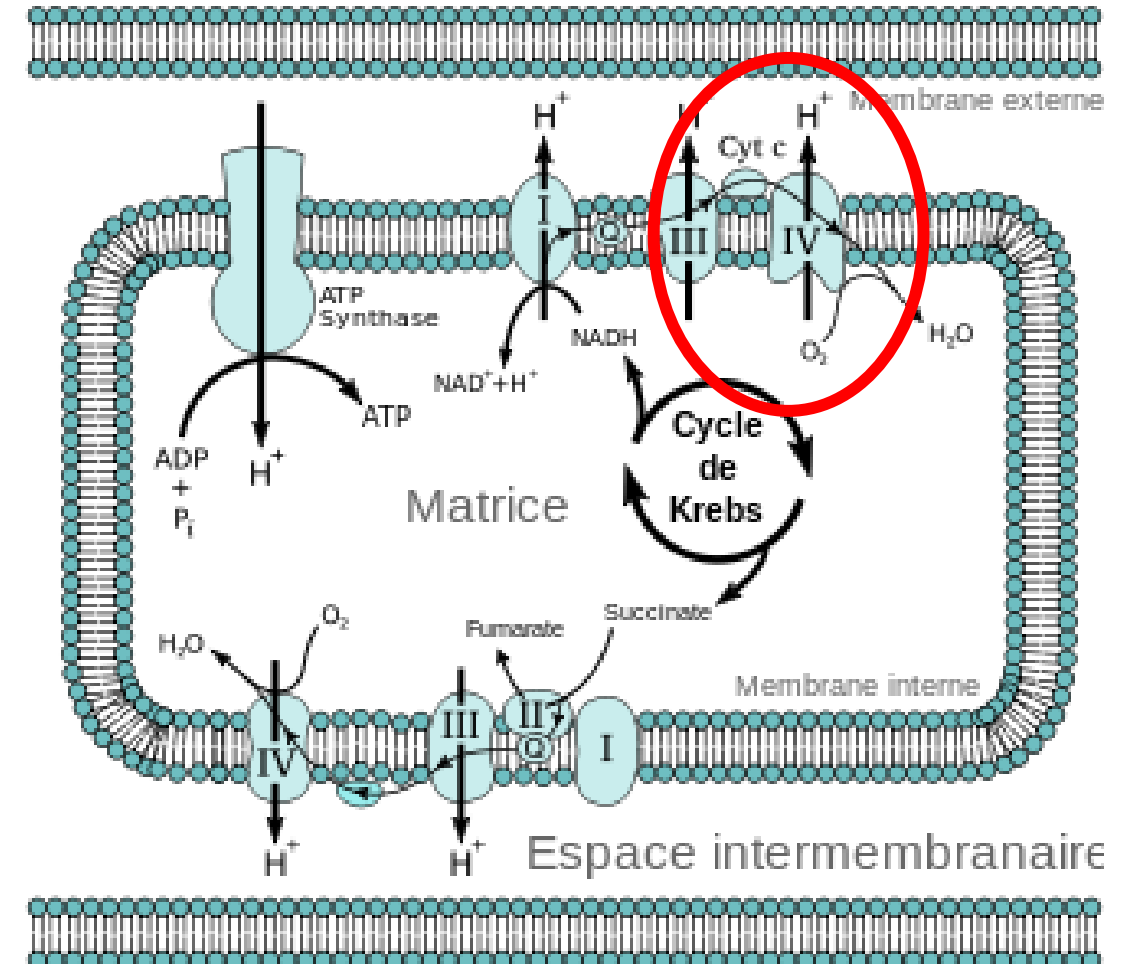
### Mécanisme ambivalent :

1. Diminution du potentiel membranaire → Baisse de la consommation d'O<sub>2</sub>
2. NO entre en compétition avec O<sub>2</sub> au niveau du complexe cytochrome c oxydase (il le remplace) → Augmentation des phosphorylations oxydatives au niveau de la pompe à protons et limitation de la dissipation des protons (Bailey et al., 2009)



### EN PRATIQUE

- ✓ Diminution du VO<sub>2</sub> pour une même intensité sous-maximale en cyclisme → Meilleur coût énergétique (Cermak et al., 2012)



# MÉCANISME N°3

## AMÉLIORATION DES FONCTIONS CONTRACTILES

INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

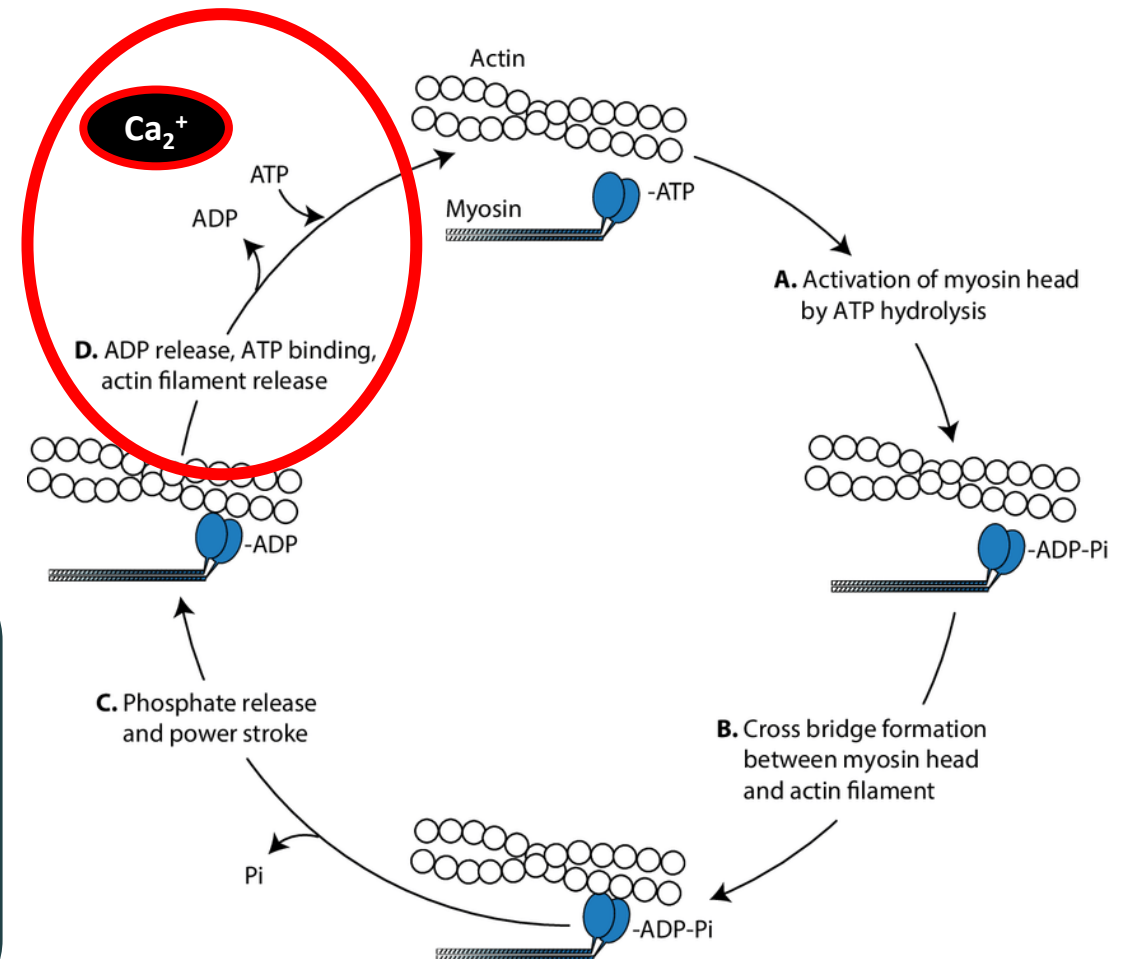
### Plusieurs raisons pas encore clairement établies :

1. Activation des voies de signalisation impliquant GMPc → **Meilleure sensibilité au  $\text{Ca}_2^+$**  (*Coggan & Peterson, 2014*)
2. Mécanisme indépendant de GMPc → **Balance entre ↘ sensibilité  $\text{Ca}_2^+$  et ↗ concentration  $\text{Ca}_2^+$**  (*Andrade et al., 1998*)
3. Réduction du coût de repompage du  $\text{Ca}_2^+$  (50% du coût en ATP) → **Réduction du coût énergétique** (*Bailey et al., 2009*)

### REMARQUES



- Mécanisme impactant principalement les fibres de type 2 (*Breese et al., 2013*)
- Considérer à la fois baisse du coût énergétique mitochondrial et contractile (*Whitfield et al., 2016*)



# MÉCANISME N°4

## BIOGENÈSE MITOCHONDRIALE

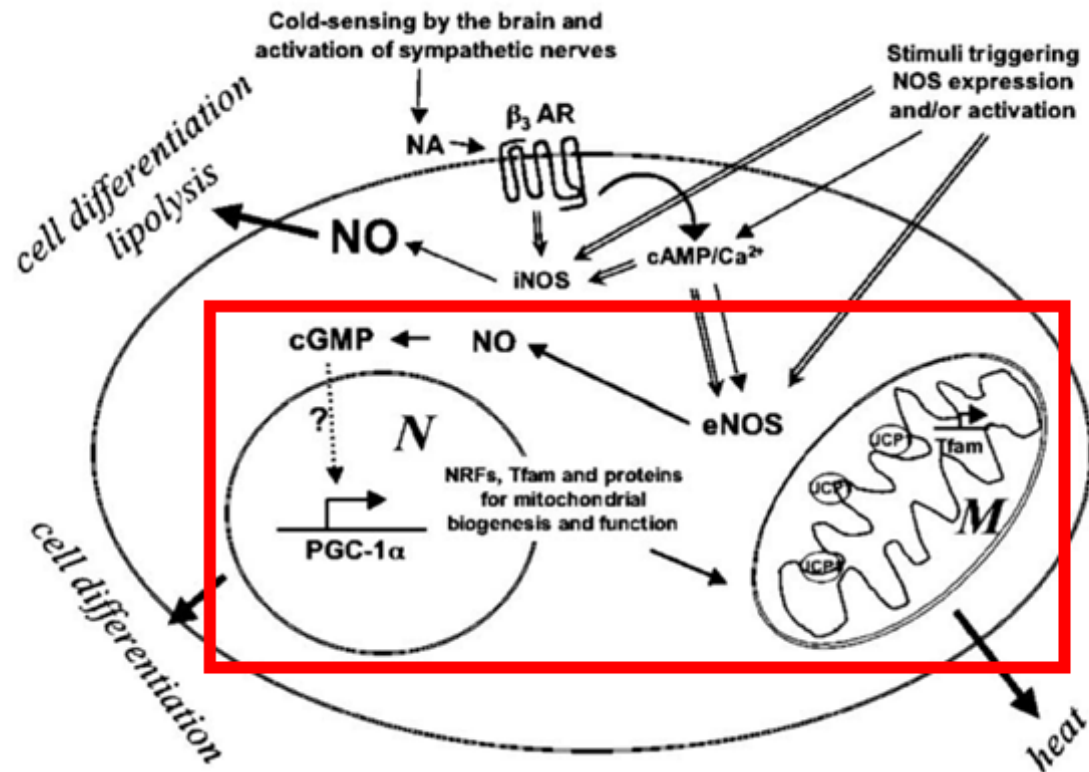
INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION



Voie impliquant GMPc → Augmentation de PGC-1 $\alpha$

→ Activation des facteurs de transcription (NRF-1 et Tfam)



### IMPLICATION PRATIQUE

- ✓ Amélioration du volume et des fonctions mitochondriales
- ✓ Amélioration des fonctions oxydatives censées favoriser les capacités aérobies sur des efforts supérieurs à 5-30 min (*Lorenzo-Calvo et al., 2017*)

# MÉCANISMES ANNEXES

## LA BÉTAINE

INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

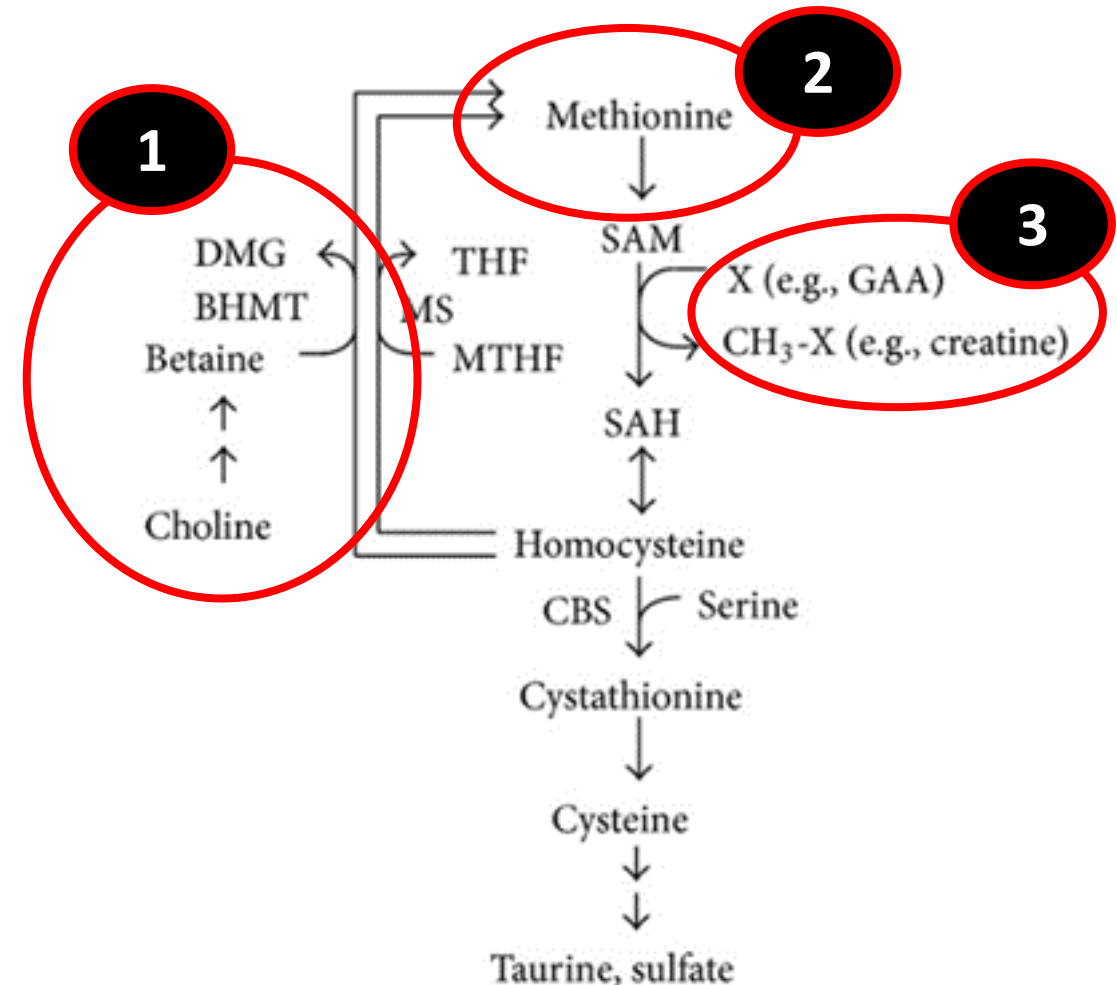
Réaction enzymatique dans le foie et les reins avec formation de méthionine

→ Synthèse de créatine musculaire

### IMPLICATION PRATIQUE



- ✓ Rétention d'eau, activation des facteurs de croissance (IGF-1), disponibilité en PCr
- ✓ Amélioration de l'endurance de force à 90% 1RM (*Hoffman et al., 2009*)
- Intéressant pour les sprints, les attaques ?





# MÉCANISMES ANNEXES

## LES POLYPHÉNOLS (QUERCÉTINE ; RESVÉRATROL)

INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

### Plusieurs intérêts :

1. Protection du **stress oxydant**
2. Augmentation de l'expression de l'ARN messager codant pour PGC-1 $\alpha$  et SIRT1 → **Biogenèse mitochondriale** (*Davis et al., 2009*)
3. Augmentation des composants de la membrane interne mitochondriale, des enzymes oxydatives, de l'ATPase → **Meilleure respiration mitochondriale** (*Lagouge et al., 2006*)



Effet synergique avec le NO  
(biogenèse mitochondriale)

### Quercetin increases brain and muscle mitochondrial biogenesis and exercise tolerance

J. Mark Davis,<sup>1</sup> E. Angela Murphy,<sup>1</sup> Martin D. Carmichael,<sup>1</sup> and Ben Davis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Division of Applied Physiology, Department of Exercise Science and <sup>2</sup>Department of Communication Science and Disorders, Arnold School of Public Health, University of South Carolina, Columbia, South Carolina

Submitted 13 November 2008; accepted in final form 6 February 2009

### Resveratrol Improves Mitochondrial Function and Protects against Metabolic Disease by Activating SIRT1 and PGC-1 $\alpha$

Marie Lagouge,<sup>8,1</sup> Carmen Argmann,<sup>8,1</sup> Zachary Gerhart-Hines,<sup>2</sup> Hamid Meziane,<sup>3</sup> Carles Lerin,<sup>2</sup> Frederic Daussin,<sup>4</sup> Nadia Messadeq,<sup>3</sup> Jill Milne,<sup>5</sup> Philip Lambert,<sup>5</sup> Peter Elliott,<sup>5</sup> Bernard Geny,<sup>4</sup> Markku Laakso,<sup>6</sup> Pere Puigserver,<sup>2</sup> and Johan Auwerx<sup>1,3,7,\*</sup>

<sup>1</sup>Institut de Génétique et de Biologie Moléculaire et Cellulaire, CNRS / INSERM / ULP, 67404 Illkirch, France

<sup>2</sup>Department of Cell Biology, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, MD 21205, USA

<sup>3</sup>Institut Clinique de la Souris, BP10142, 67404, Illkirch, France

<sup>4</sup>Department of Respiratory, Cardiocirculatory and Exercise Physiology, Hôpitaux Universitaires, 67000 Strasbourg, France

<sup>5</sup>Sirtris Pharmaceutical, Cambridge, MA 02139, USA

<sup>6</sup>Department of Medicine, University of Kuopio, 70211 Kuopio, Finland

<sup>7</sup>IGBMC-ICS, 67404 Illkirch, France

<sup>8</sup>These authors contributed equally to this work.

\*Contact: [auwerx@igbmc.u-strasbg.fr](mailto:auwerx@igbmc.u-strasbg.fr)

DOI 10.1016/j.cell.2006.11.013



Le resvératrol est un radical libre (intéressant pour les adaptations hormétiques chez les athlètes peu entraînés et soumis à un stress oxydant peu élevé)

# MÉCANISMES ANNEXES

## LES BÉTAILAÏNES



300-600 mg/kg

INTRODUCTION



MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

### Plusieurs intérêts :

1. Activation des voies de signalisation impliquées dans le processus inflammatoire (NF- $\kappa$ B) → Synergie avec NO dans la réduction des DOMS (*Jones et al., 2022*)
2. Activation des voies de signalisation impliquées dans la transcription des gènes antioxydants (NRF5-ARE) → Protection contre le stress oxydant (*Clifford et al., 2015*)

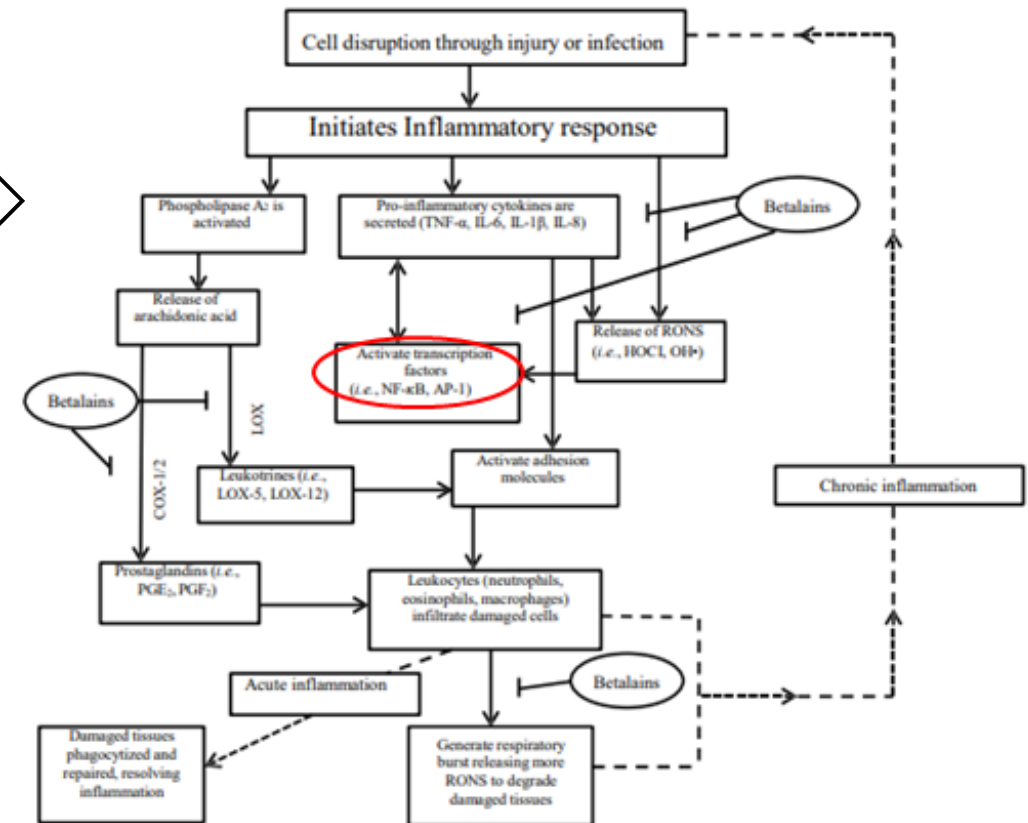
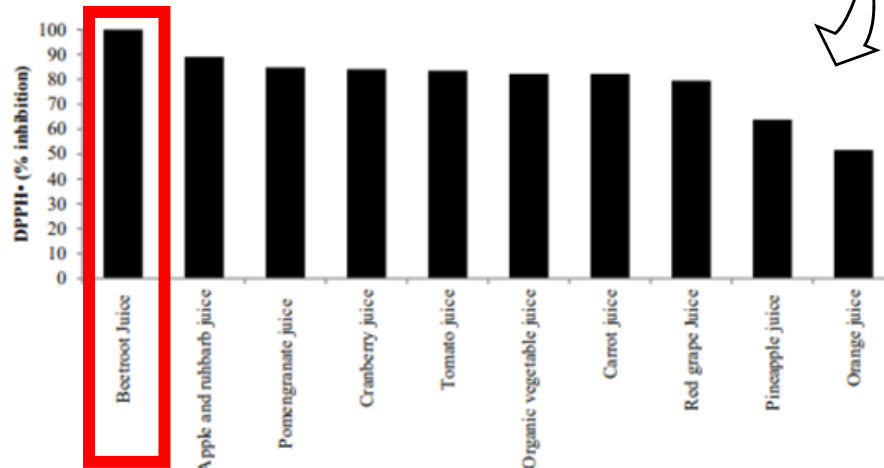


Figure 4. Illustration of the inflammatory cascade in response to cellular attack and possible pathways where betalains may exhibit inhibitory effects. PGF2, Prostaglandin F2;



# QUELQUES ÉTUDES

---

QUELS SONT LES FAITS SCIENTIFIQUES  
AVÉRÉS SUR LES EFFETS DE LA  
SUPPLÉMENTATION EN JUS DE  
BETTERAVE ?

# MÉTA-ANALYSES

LORENZO-CALVO ET AL. (2020)

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

## Critères d'inclusion

("Nitrate" OR "nitric oxide") AND "beetroot juice" AND "Performance exercise" AND "Endurance"

**Population :** Entraînés

**Mode de prise :** Aigue (2-3h avant effort)

**Dose :** 6-12mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

**Conception de l'étude :** Au moins simple aveugle, randomisée parallèle/croisée

## Limites

- Pas que sous forme de jus de betterave
- Population autre que cycliste

**Objectif :** Clarifier les utilisations du nitrate en supplémentation ergogènes

Sport	<i>n</i>	Sex	Number of Studies	Number of Significant Studies	Results on Respiratory and/or Performance Parameters	
					Performance	Respiratory
Cycling	101	All M	9	2 [35,44]	Time [35,44], MPO [35,44]	VO <sub>2max</sub> [44]
Cycling and Triathlon	97	85 M, 12 F	6	2 [23,26]	Time [26], MPO [26]	VO <sub>2peak</sub> [23] VO <sub>2max</sub> [26]
Athletics and Triathlon	17	All M	2	1 [22]	Time, RPE	SmO <sub>2</sub>
Triathlon	26	12 M, 14 F	2			
Athletics	20	All M	2	1 [45]	Time	
Cross-country skiing	18	15 M, 3 F	2			
Rowing	10	All M	1	1 [33]	Time	
Swimming	34	24 M, 10 F	3	1 [43]	Time	Reduction of aerobic energy cost
Six different sports	323	Only one study exclusively with F [31] and four mixed studies [29,34,36,41]	27	8	7	5

## Effets généraux :

- ↗ Flux sanguin
- ↗ Efficience

## Athlètes très entraînés :

- Effets limités
  - Augmenter la dose
- À confirmer

## Recommandations pratiques :

Suivre les CI & possibilité chronique 6-15 jours



# MÉTA-ANALYSES

SILVA ET AL. (2023)

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

## Critères d'inclusion

("Nitrate" OR "nitric oxide") AND  
"Performance" AND "Athletes"

**Population** : athlètes amateurs ou élit

**Mode de prise** : Aiguë (2-3h avant effort)

**Dose** : unique

**Conception de l'étude** : Au moins simple  
aveugle, randomisée parallèle/croisée

## Limites

Pas que sous forme de jus de betterave

**Objectif** : Evaluer les effets d'une supplémentation aiguë en nitrates sur les performances lors d'un test de contre-la-montre

Table 3 GRADE (Grades of Recommendation, Assessment, Development and Evaluation Working Group) certainty assessment. Question: Acute nitrate ingestion during against the clock test compared to placebo for cyclists.

Certainty assessment							No. of patients		Effect		Certainty	Importance
No. of studies	Study design	Risk of bias	Inconsistency	Indirectness	Imprecision	Other considerations	Acute nitrate ingestion during against the clock test	Placebo	Relative (95% CI)	Absolute (95% CI)		
Cycling Time Trial Performance (assessed with: Seconds)												
11	Randomised trials	Not serious <sup>a</sup>	Serious <sup>b</sup>	Not serious	Serious <sup>c</sup>	None	129	129	—	MD 22.61 seconds lower (32.28 lower to 12.94 lower)	⊕⊕○○ Low	Important
Cycling Time Trial Test and beetroot juice (assessed with: Seconds)												
9	Randomised trials	Not serious <sup>a</sup>	Serious <sup>b</sup>	Not serious	Serious <sup>c</sup>	None	103	103	—	MD 24.25 seconds lower (34.36 lower to 14.14 lower)	⊕⊕○○ Low	Important

CI: confidence interval; MD: mean difference.

<sup>a</sup> Not clearly report randomization procedures.

<sup>b</sup> Significant heterogeneity ( $P < 0.05$ ).

<sup>c</sup> Small number of subjects.

**Résultat** : Le temps passé chez les athlètes supplémentés était inférieur  
Intérêt important **si existant**

**Effets généraux** :

- ↗ Flux sanguin
- ↗ Efficience

**Athlètes très entraînés** :

- Effets limités

**Recommandations pratiques** :

Prises au moins 6-8mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

# ÉTUDES CLINIQUES

## CRITÈRES D'INCLUSION

INTRODUCTION

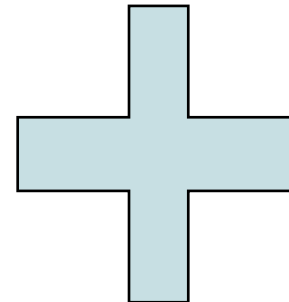
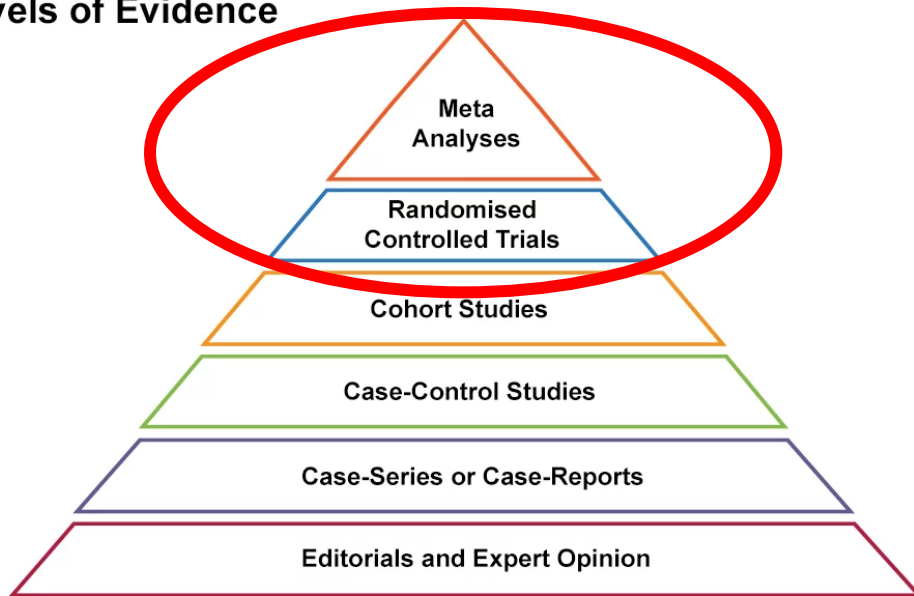
MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

### Levels of Evidence



CRITÈRES D'ÉVALUATION QUALITATIVE	OUI (1)	NON (0)	NR (0)
1. L'objectif de l'étude est-il énoncé clairement ?			
2. La revue de littérature est-elle pertinente ?			
3. Le design de l'étude est-il approprié au regard de la question de recherche ?			
4. La population est-elle décrite en détails ?			
5. La taille de population est-elle justifiée ?			
6. Le consentement éclairé est-il demandé ?			
7. Les mesures sont-elles fiables (reproductibles) ?			
8. Les mesures sont-elles justes (valides) ?			
9. Les résultats sont-ils reportés en termes de significativité statistique ?			
10. Les méthodes d'analyse sont-elles appropriées au regard du design de l'étude ?			
11. La question de l'importance pratique est-elle soulevée ?			
12. Les conclusions sont-elles appropriées au regard des résultats de l'étude ?			
13. Les résultats de l'étude envisagent-ils des implications pour de futures recherches ?			
14. Les limites de l'étude sont-elles identifiées et décrites par les auteurs ?			
<b>TOTAL</b>			

**CRFQS (Law et al., 1998)**

### Critères complémentaires:

Population : Cyclistes de PL  $\geq 4$

Simple aveugle au moins

Période de wash-out  $\geq 7$  jours

Temps d'ingestion avant effort  $\geq 2$ h

Apport en nitrate :  $\geq 8$ mmol


Report des valeurs de  $[\text{NO}_3^-]_{\text{sg}}$

# ÉTUDES CLINIQUES

## TABLEAU DE SYNTHÈSE

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION

 QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

Auteur	Année	Format	Volume	Quantité	Mode	Placebo	Double-aveugle	Ingestion avant effort	Participants	VO <sub>2</sub> /PMA	Epreuve	Résultat	Remarque
Pawlak-Chaouch	2019	Jus de betterave	500mL	~5.48mmol	Chronique (3 jours)	Jus de pomme-cassis ([NO]<5mg.L)	Non	2 heures	11	71	Intermittent	Pas de changement de perf	Participants athlètes/triatlètes
Rokkedal-Lausch	2021	Jus de betterave	140mL	12.4mmol	Chronique (7 jours)	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2 heures	12	66.5	3 paliers sous max de 6 min	Pas de changement de perf	Compare hypoxie/normoxie
Christensen	2013	Jus de betterave	500mL	~8mmol	Chronique (6 jours)	Boisson isocalorique sans nitrate	Non	3 heures	10	72.1	Sprints répétés et endurance	Pas de différence	2 sujets ont eu une amélioration
Rokkedal-Lausch	2019	Jus de betterave	140mL	12.4mmol	Chronique (7 jours)	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2.5heures	12	66.5	10km	Meilleure perf	Compare hypoxie/normoxie
Hoon	2014	Jus de betterave	70mL	4.1mmol	Aigu	Boisson quasi-identique sans nitrate (0.03mmol)	Non	150'/75'	28	354 W	2 chronos de 4min	Pas de changement de perf	Aucune
Wilkerson	2012	Jus de betterave	500mL	~6.2mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Non	2 heures	8	63	50 miles chrono	Meilleures perf (2 sujets moins bons donc pas significatif)	Les 2 sujets "non-répondant" n'avaient pas de changement de NO plasmatique
Handzik & Gleeson	2013	Jus de betterave + café	140mL	8mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate, sans café	Oui	2,5 heures	14	63	30min puis TTE à 80% VO2max	Meilleures performances en BR+C (pas tous et pas significatif mais forte tendance)	Pas significatif
Mosher	2019	Jus de betterave	140mL	12.4mmol	Chronique (3 jours)	Jus de cassis + contrôle	Non	3 heures	11	60.8	40km chrono	Pas de changement	Aucune
Lane	2014	Jus de betterave + café	140mL	8.4mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2 heures	12	71.6	TT 43,83km	Pas de changement (durée, puissance)	Aucune
MacLeod	2015	Jus de betterave	70mL	6,5mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2 heures	11	67.5	TT 15km	Pas de changement (durée, puissance)	Aucune
Cermak	2012	Jus de betterave	140mL	8,7mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2,5 heures	20	60	TT 1h	Pas de changement (chrono, puissance, FC) malgré l'augmentation significative du nitrate plasmatique	Aucune
Muggeridge	2014	Jus de betterave	70mL	5mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Non	3 heures	9	51,9 (en altitude)	15min à 60% puissance max TT de 16,1km à 2500m d'altitude	Réduction du VO2 pour la même intensité sous-maximale + Amélioration de la perf chrono au TT (plus de 38sec sur 28min22sec d'effort)	Test en altitude

# ÉTUDES CLINIQUES

## TABLEAU DE SYNTHÈSE

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

Auteur	Année	Format	Volume	Quantité	Mode	Placebo	Double-aveugle	Ingestion avant effort	Participants	VO <sub>2</sub> /PMA	Epreuve	Résultat	Remarque
Pawlak-Chaouch	2019	Jus de betterave	500mL	~5.48mmol	Chronique (3 jours)	Jus de pomme-cassis ([NO]<5mg.L)	Non	2 heures	11	71	Intermittent	Pas de changement de perf	Participants athlètes/triatlètes
Rokkedal-Lausch	2021	Jus de betterave	140mL	12.4mmol	Chronique (7 jours)	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2 heures	12	66.5	3 paliers sous max de 6 min	Pas de changement de perf	Compare hypoxie/normoxie
Christensen	2013	Jus de betterave	500mL	~8mmol	Chronique (6 jours)	Boisson isocalorique sans nitrate	Non	3 heures	10	72.1	Sprints répétés et endurance	Pas de différence	2 sujets ont eu une amélioration
Rokkedal-Lausch	2019	Jus de betterave	140mL	12.4mmol	Chronique (7 jours)	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2.5heures	12	66.5	10km	Meilleure perf	Compare hypoxie/normoxie
Hoon	2014	Jus de betterave	70mL	4.1mmol	Aigu	Boisson quasi-identique sans nitrate (0.03mmol)	Non	150'/75'	28	354 W	2 chronos de 4min	Pas de changement de perf	Aucune
Wilkerson	2012	Jus de betterave	500mL	~6.2mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Non	2 heures	8	63	50 miles chrono	Meilleures perf (2 sujets moins bons donc pas significatif)	Les 2 sujets "non-répondant" n'avaient pas de changement de NO plasmatique
Handzik & Gleeson	2013	Jus de betterave + café	140mL	8mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate, sans café	Oui	2,5 heures	14	63	30min puis TTE à 80% VO2max	Meilleures performances en BR+C (pas tous et pas significatif mais forte tendance)	Pas significatif
Mosher	2019	Jus de betterave	140mL	12.4mmol	Chronique (3 jours)	Jus de cassis + contrôle	Non	3 heures	11	60.8	40km chrono	Pas de changement	Aucune
Lane	2014	Jus de betterave + café	140mL	8.4mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2 heures	12	71.6	TT 43,83km	Pas de changement (durée, puissance)	Aucune
MacLeod	2015	Jus de betterave	70mL	6,5mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2 heures	11	67.5	TT 15km	Pas de changement (durée, puissance)	Aucune
Cermak	2012	Jus de betterave	140mL	8,7mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Oui	2,5 heures	20	60	TT 1h	Pas de changement (chrono, puissance, FC) malgré l'augmentation significative du nitrate plasmatique	Aucune
Muggeridge	2014	Jus de betterave	70mL	5mmol	Aigu	Jus de betterave sans nitrate	Non	3 heures	9	51,9 (en altitude)	15min à 60% puissance max TT de 16,1km à 2500m d'altitude	Réduction du VO2 pour la même intensité sous-maximale + Amélioration de la perf chrono au TT (plus de 38sec sur 28min22sec d'effort)	Test en altitude



# ÉTUDES CLINIQUES

CHRISTENSEN ET AL. (2013)

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

13/14 : Très haute qualité

(van der Fels et al., 2017)

Population

N = 10

$VO_2\text{max} = 72.1 \pm 4.5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

**Objectif** : Effets du jus de betterave sur :

- La cinétique de  $VO_2$
- L'efficacité
- La réplétion de  $W'$

**Performance** : Intermittent + 400kcal CLM (<20')

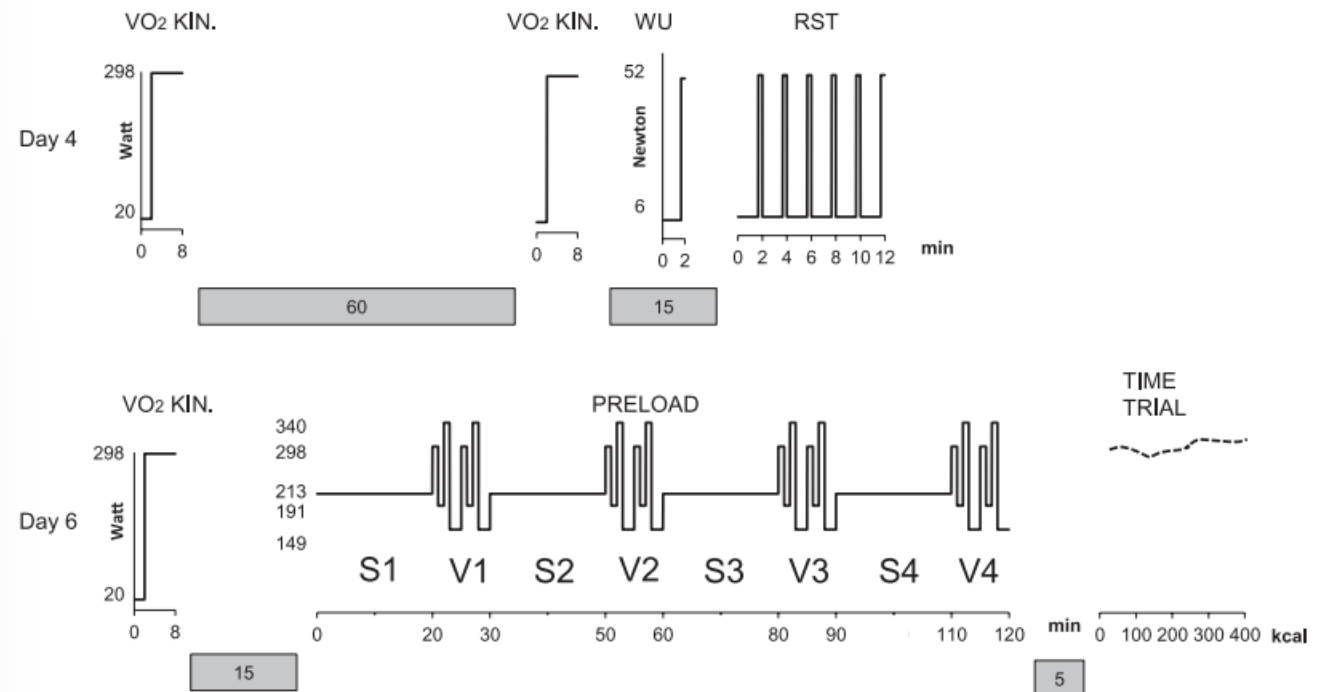
**Intérêts pratiques** : Course en ligne



Prise chronique 6 jours

Placebo : boisson isocalorique

8.1mmol  $\text{NO}_3^-$   
3h avant l'effort



# ÉTUDES CLINIQUES

CHRISTENSEN ET AL. (2013)

INTRODUCTION

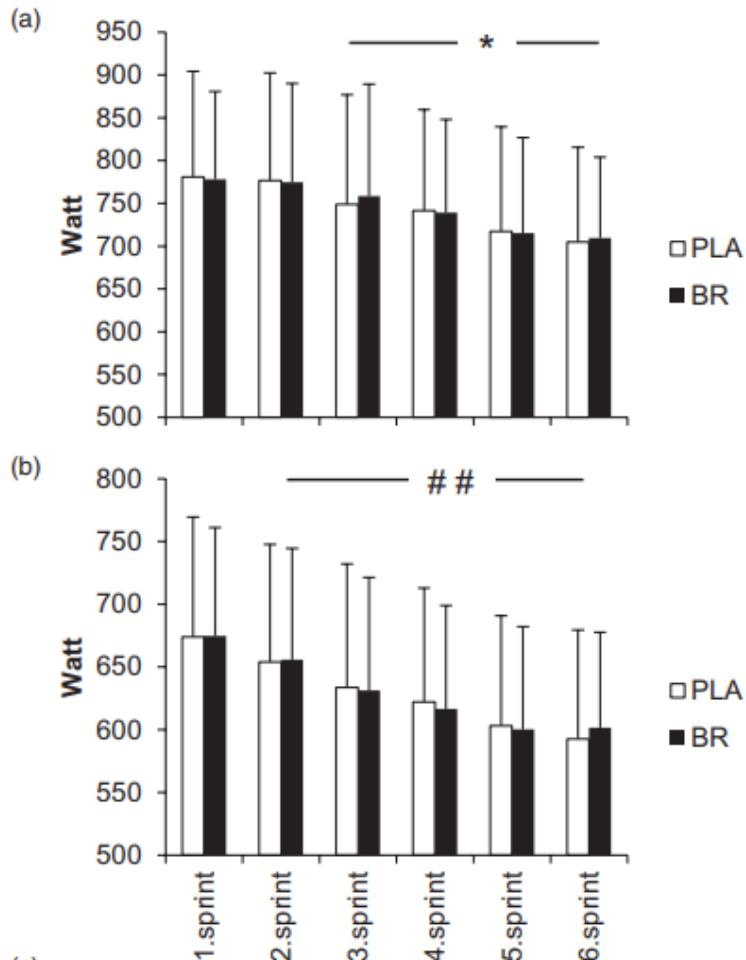
MÉCANISMES D'ACTION



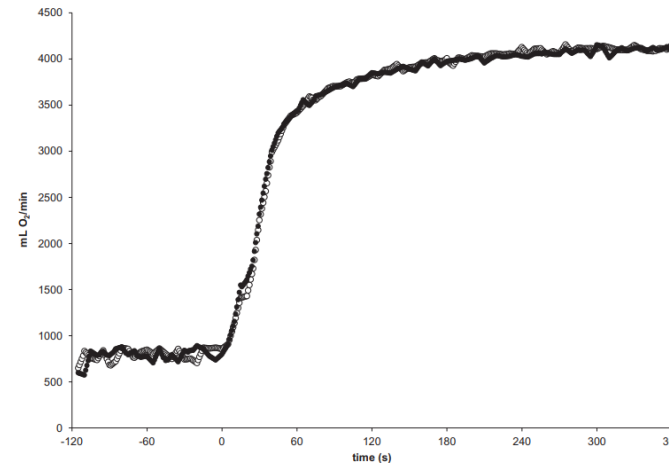
QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

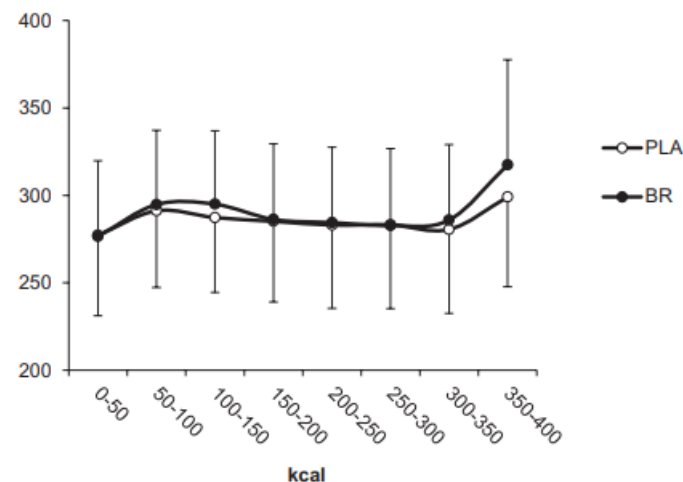
## Exercice intermittent



## Cinétique



## Contre-la-montre



### Effet des conditions :

- Pas de changement sur l'intermittent
- Pas de changement dans les paramètres de cinétique
- Pas d'amélioration sur le CLM → Non-significatif statistiquement

➔ + 0.6% serait le plus petit changement significatif (SWC) en CLM (*Paton & Hopkin, 2006*)

➔ + 1.5% en CLM

Le niveau d'entraînement peut être la cause...

### 2 sujets ont eu une amélioration :

- Dépendant du développement préalable ?
- De la myotypologie ?

➔ Individualiser !

# ÉTUDES CLINIQUES

ROKKEDAL-LAUSCH ET AL. (2019)

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

11/14 : Très haute qualité

(van der Fels et al., 2017)

Population

N = 12

$VO_2\text{max} = 66.4 \pm 5.3 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$

Objectif : Effets du jus de betterave :

- En hypoxie
- En normoxie
- Comparaison des deux conditions

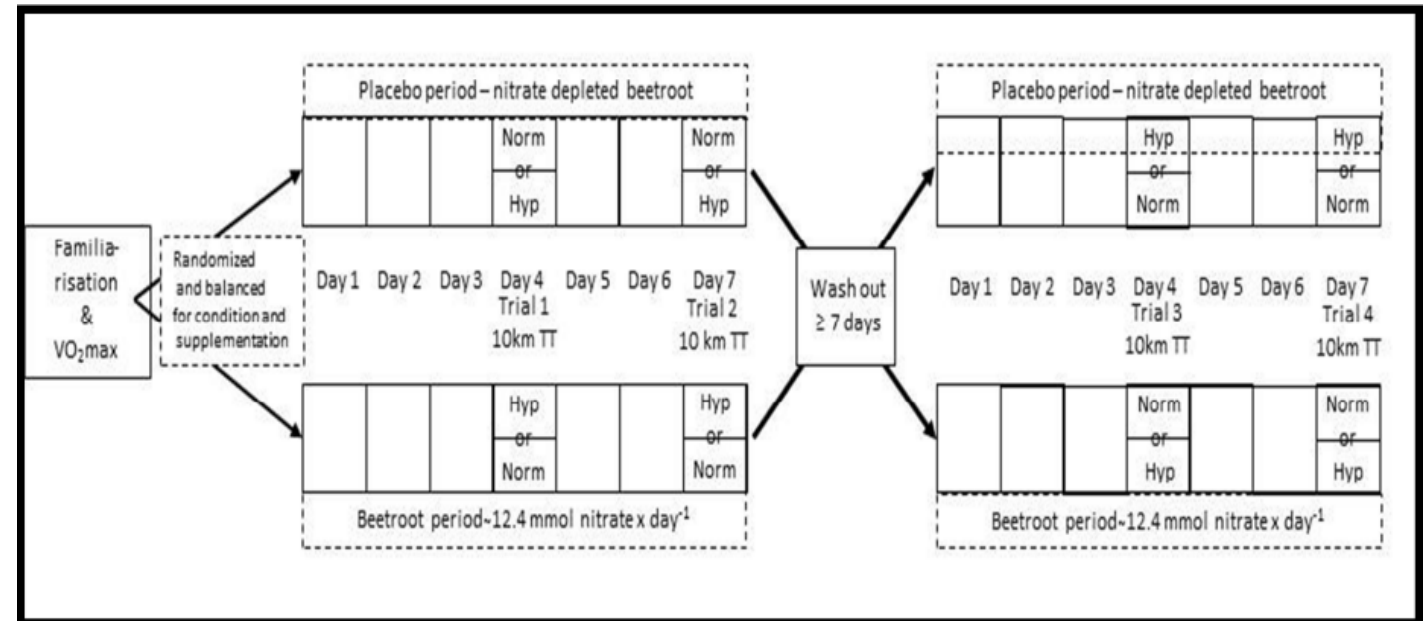
Performance : 10km

Intérêts pratiques : Prologue et épreuve en altitude



Prise **chronique**  
matin + soir  
(140mL/jour)

~12.4mmol  $\text{NO}_3^-$   
3h avant l'effort



# ÉTUDES CLINIQUES

ROKKEDAL-LAUSCH ET AL. (2019)

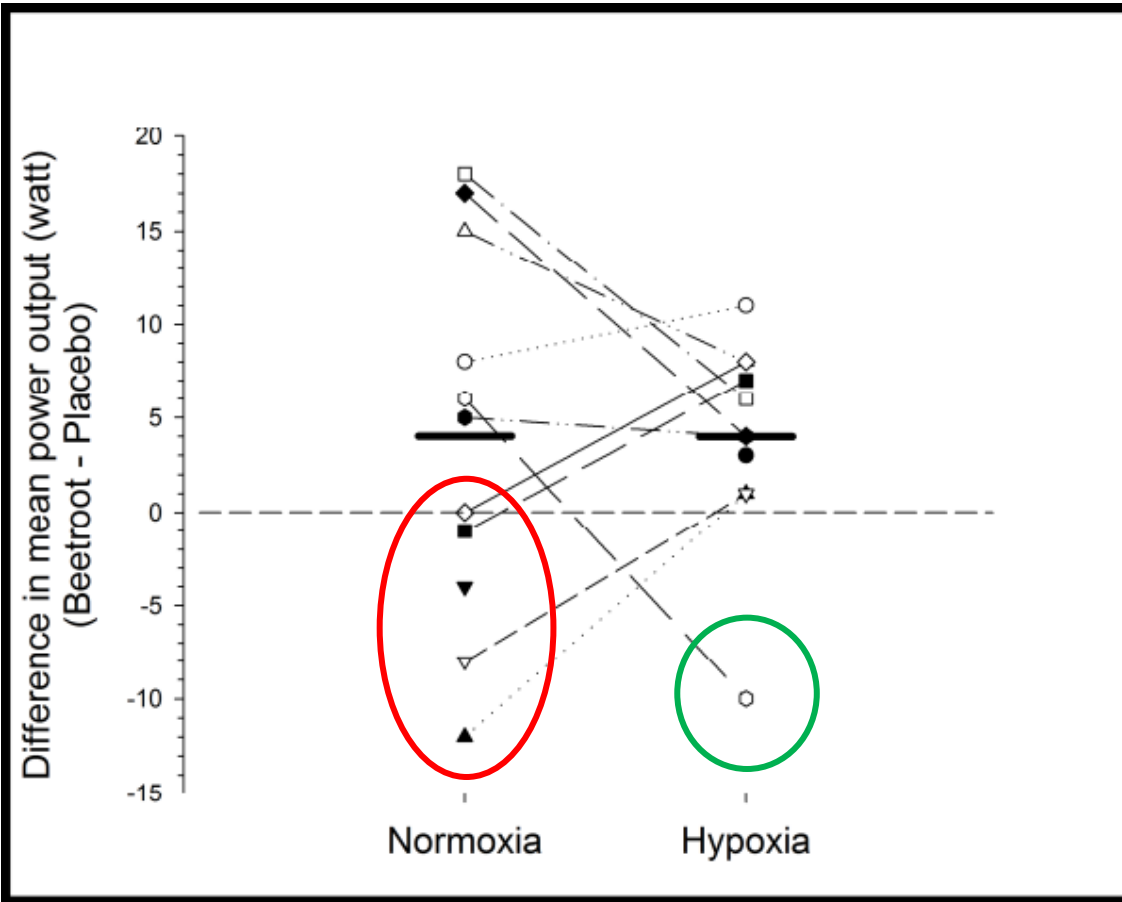
INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION



Effet des conditions : L'hypoxie a bien impacté la performance

Changements significatifs :

- Normoxie : 6s, ~4W
- Hypoxie : 6s, ~5W

Taille d'effet : faible

Paramètres affectés :  $\text{VO}_2$ , VE,  $\text{VCO}_2$ ,  $\%\text{VO}_2\text{max}$

↗ avec supplémentation

➔ Pas d'effet d'interaction ? Nombre de répondeur



# ÉTUDES CLINIQUES

LANE ET AL. (2014)

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION



QUELQUES ÉTUDES

CONCLUSION

13/14 : Très haute qualité

(*van der Fels et al., 2017*)

Population

N = 12♂ + 12♀

VO<sub>2</sub>max ♂ = 71.6 ± 5.3 ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>

## Objectif :

Effets du jus de betterave :

- Isolé
- En combinaison avec la caféine

Critère de performance : 43.3km (♂)

Intérêts pratiques : CLM



2 \*140mL

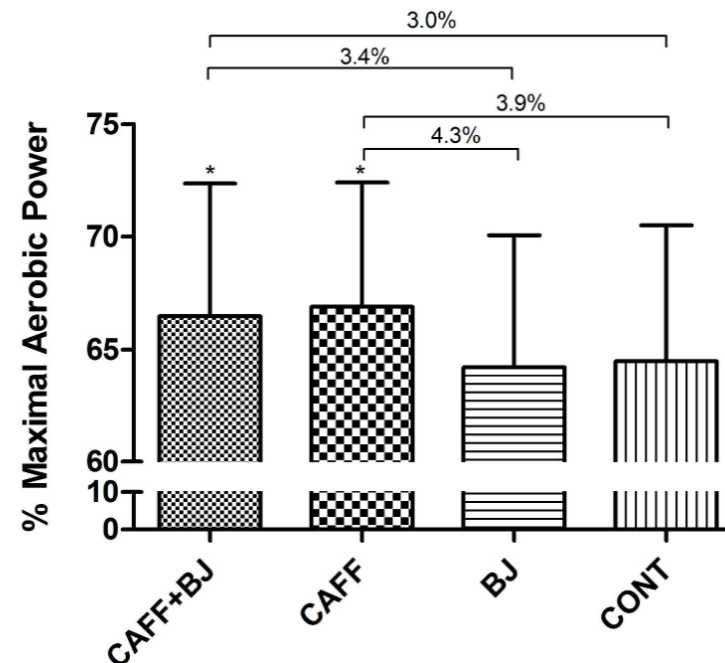
- 8-12h avant
- 2h avant

8.4mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup>



2 doses

- 40min avant  
2mg/kg
- 10min avant  
1 mg/kg



## Effet des conditions :

- Changement en présence de caféine
- Pas de changement entre contrôle et betterave. **Effet peu probable (7%)**
- L'interaction caféine + betterave aboutit au même résultat

➔ Temps moins bons chez certains hommes avec la betterave



# CONCLUSION

---

QUELLES RECOMMANDATIONS  
POUVONS-NOUS FAIRE ?

# RECOMMANDATIONS PRATIQUES

OUI ? NON ? QUAND ? COMMENT ?

INTRODUCTION

MÉCANISMES D'ACTION

QUELQUES ÉTUDES



CONCLUSION

DES EFFETS ERGOGÈNES INTÉRESSANTS MAIS POUR QUELQUES ÉTUDES SEULEMENT

*(Silva et al., 2023)*

## LIMITES

### Peu d'effet chez les athlètes entraînés

- Meilleur taux basal de NO / NO<sub>2</sub><sup>-</sup> *(Totzeck et al., 2012)*
- Des “bons” et “mauvais” répondeurs *(Bescós et al., 2012)*

### Question de la dose

- Relation dose-réponse ? *(Hoon et al., 2014)*
- Effets liés à la condition physique *(Lorenzo-Calvo et al., 2020)*



## NOUS RECOMMANDONS...

- Interroger les pratiques alimentaires déjà en place (notamment les légumes feuilles riches en NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)
- Tranche haute 8 – 12 mmol (+ 450% / taux normaux)
- Supplémentation aiguë (2-3h avant l'effort) puis chronique (6 – 15 jours)
- Intérêt sur les efforts courts : 5 – 30 min
- Intérêt en hypoxie (ex : étapes de montagne)

“ La nécessité d'analyser individuellement la réponse positive ou négative à la supplémentation dans le cas des athlètes entraînés est peut-être la meilleure option ” *(Garnacho-Castaño et al., 2018)*



**MERCI DE VOTRE  
ATTENTION**

---

# ANNEXES

## COMMENT PRÉPARER UN BON JUS DE BETTERAVE ERGOGÈNE CORRECTEMENT DOSÉ ?

1. Masse molaire du  $\text{NO}_3^-$  : 62,0049 g/mol
2. Concentration de  $\text{NO}_3^-$  par betterave : 250 mg/kg
3. Masse d'une betterave : environ 0,3kg
4.  $\text{NO}_3^-$  par betterave : 75mg (donc 1,2mmol)
5. Betteraves nécessaires pour un jus à 8,4mmol : 7 betteraves





# ANNEXES

LIEN VERS LE SCRIPT COMPLET

SCAN ME



# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andrade, F. H., Reid, M. B., Allen, D. G., & Westerblad, H. (1998). Effect of nitric oxide on single skeletal muscle fibres from the mouse. *The Journal of physiology*, 509 ( Pt 2)(Pt 2), 577–586. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.1998.577bn.x>
- Bailey, S. J., Winyard, P., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., Dimenna, F. J., Wilkerson, D. P., Tarr, J., Benjamin, N., & Jones, A. M. (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 107(4), 1144–1155. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00722.2009>
- Baron, A. D., Brechtel-Hook, G., Johnson, A., Cronin, J., Leaming, R., & Steinberg, H. O. (1996). Effect of perfusion rate on the time course of insulin-mediated skeletal muscle glucose uptake. *The American journal of physiology*, 271(6 Pt 1), E1067–E1072. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1996.271.6.E1067>
- Bescós, R., Ferrer-Roca, V., Galilea, P. A., Roig, A., Drobnic, F., Sureda, A., Martorell, M., Cordova, A., Tur, J. A., & Pons, A. (2012). Sodium nitrate supplementation does not enhance performance of endurance athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(12), 2400–2409. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182687e5c>
- Bond, V., Jr, Curry, B. H., Adams, R. G., Asadi, M. S., Millis, R. M., & Haddad, G. E. (2013). Effects of dietary nitrates on systemic and cerebrovascular hemodynamics. *Cardiology research and practice*, 2013, 435629. <https://doi.org/10.1155/2013/435629>
- Boorsma, R. K., Whitfield, J., & Spriet, L. L. (2014). Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 46(12), 2326–2334. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000364>

# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Breese, B. C., McNarry, M. A., Marwood, S., Blackwell, J. R., Bailey, S. J., & Jones, A. M. (2013). Beetroot juice supplementation speeds O<sub>2</sub> uptake kinetics and improves exercise tolerance during severe-intensity exercise initiated from an elevated metabolic rate. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 305(12), R1441–R1450. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00295.2013>
- Brooks, G. A., & Mercier, J. (1994). Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 76(6), 2253–2261. <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.76.6.2253>
- Cermak, N. M., Gibala, M. J., & van Loon, L. J. (2012). Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 22(1), 64–71. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.22.1.64>
- Christensen, P. M., Nyberg, M., & Bangsbo, J. (2013). Influence of nitrate supplementation on VO<sub>2</sub> kinetics and endurance of elite cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(1), e21–e31. <https://doi.org/10.1111/sms.12005>
- Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., & Stevenson, E. J. (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7(4), 2801–2822. <https://doi.org/10.3390/nu7042801>
- Coggan, A. R., & Peterson, L. R. (2018). Dietary Nitrate Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. *Exercise and sport sciences reviews*, 46(4), 254–261. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000167>
- Davis, J. M., Murphy, E. A., Carmichael, M. D., & Davis, B. (2009). Quercetin increases brain and muscle mitochondrial biogenesis and exercise tolerance. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 296(4), R1071–R1077. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.90925.2008>

# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- de Jong, J., van der Meijden, L., Hamby, S., Suckow, S., Dodge, C., de Koning, J. J., & Foster, C. (2015). Pacing Strategy in Short Cycling Time Trials. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(8 ), 1015-1022. Retrieved Nov 29, 2023, from <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0309>
- de Pauw, K. D., Roelands, B., Cheung, S. S., de Geus, B., Rietjens, G., & Meeusen, R. (2013). Guidelines to Classify Subject Groups in Sport-Science Research, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 111-122. Retrieved May 15, 2023, from <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.2.111>
- Domínguez, R., Cuenca, E., Maté-Muñoz, J. L., García-Fernández, P., Serra-Paya, N., Estevan, M. C., Herreros, P. V., & Garnacho-Castaño, M. V. (2017). Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*, 9(1), 43. <https://doi.org/10.3390/nu9010043>
- Erzurum, S. C., Ghosh, S., Janocha, A. J., Xu, W., Bauer, S., Bryan, N. S., Tejero, J., Hemann, C., Hille, R., Stuehr, D. J., Feelisch, M., & Beall, C. M. (2007). Higher blood flow and circulating NO products offset high-altitude hypoxia among Tibetans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(45), 17593–17598. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707462104>
- Faria, E. W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The science of cycling: physiology and training - part 1. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(4), 285–312. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
- Garnacho-Castaño, M. V., Palau-Salvà, G., Cuenca, E., Muñoz-González, A., García-Fernández, P., Del Carmen Lozano-Estevan, M., Veiga-Herreros, P., Maté-Muñoz, J. L., & Domínguez, R. (2018). Effects of a single dose of beetroot juice on cycling time trial performance at ventilatory thresholds intensity in male triathletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0255-6>

# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Gilchrist, M., Winyard, P. G., Aizawa, K., Anning, C., Shore, A., & Benjamin, N. (2013). Effect of dietary nitrate on blood pressure, endothelial function, and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Free radical biology & medicine*, 60, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.01.024>
- Govoni, M., Jansson, E. A., Weitzberg, E., & Lundberg, J. O. (2008). The increase in plasma nitrite after a dietary nitrate load is markedly attenuated by an antibacterial mouthwash. *Nitric oxide : biology and chemistry*, 19(4), 333–337. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2008.08.003>
- Handzlik, M. K., & Gleeson, M. (2013). Likely additive ergogenic effects of combined preexercise dietary nitrate and caffeine ingestion in trained cyclists. *ISRN nutrition*, 2013, 396581. <https://doi.org/10.5402/2013/396581>
- Heikura, I. A., Quod, M., Strobel, N., Palfreeman, R., Civil, R., & Burke, L. M. (2019). Alternate-Day Low Energy Availability During Spring Classics in Professional Cyclists. *International journal of sports physiology and performance*, 1233–1243. Advance online publication. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0842>
- Hobbs, D. A., Goulding, M. G., Nguyen, A., Malaver, T., Walker, C. F., George, T. W., Methven, L., & Lovegrove, J. A. (2013). Acute ingestion of beetroot bread increases endothelium-independent vasodilation and lowers diastolic blood pressure in healthy men: a randomized controlled trial. *The Journal of nutrition*, 143(9), 1399–1405. <https://doi.org/10.3945/jn.113.175778>
- Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Kang, J., Rashti, S. L., & Faigenbaum, A. D. (2009). Effect of betaine supplementation on power performance and fatigue. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 6, 7. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-6-7>



# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Hoon, M. W., Jones, A. M., Johnson, N. A., Blackwell, J. R., Broad, E. M., Lundy, B., Rice, A. J., & Burke, L. M. (2014). The effect of variable doses of inorganic nitrate-rich beetroot juice on simulated 2,000-m rowing performance in trained athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 615–620. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0207>
- Hord, N. G., Tang, Y., & Bryan, N. S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American journal of clinical nutrition*, 90(1), 1–10. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27131>
- Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., & Hawley, J. A. (2000). The bioenergetics of World Class Cycling. *Journal of science and medicine in sport*, 3(4), 414–433. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(00\)80008-0](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(00)80008-0)
- Jones, L., Bailey, S. J., Rowland, S. N., Alsharif, N., Shannon, O. M., & Clifford, T. (2022). The Effect of Nitrate-Rich Beetroot Juice on Markers of Exercise-Induced Muscle Damage: A Systematic Review and Meta-Analysis of Human Intervention Trials. *Journal of dietary supplements*, 19(6), 749–771. <https://doi.org/10.1080/19390211.2021.1939472>
- Lagouge, M., Argmann, C., Gerhart-Hines, Z., Meziane, H., Lerin, C., Daussin, F., Messadeq, N., Milne, J., Lambert, P., Elliott, P., Geny, B., Laakso, M., Puigserver, P., & Auwerx, J. (2006). Resveratrol improves mitochondrial function and protects against metabolic disease by activating SIRT1 and PGC-1alpha. *Cell*, 127(6), 1109–1122. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.11.013>
- Lane, S. C., Hawley, J. A., Desbrow, B., Jones, A. M., Blackwell, J. R., Ross, M. L., Zemski, A. J., & Burke, L. M. (2014). Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 39(9), 1050–1057. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0336>

# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Law, M., Stewart, D., Letts, L., Pollock, N., Bosch, J. et Westmorland, M. (1998). Guidelines for critical review form qualitative studies. McMaster University Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group.
- Lidder, S., & Webb, A. J. (2013). Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. *British journal of clinical pharmacology*, 75(3), 677–696. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04420.x>
- Lorenzo Calvo, J., Alorda-Capo, F., Pareja-Galeano, H., & Jiménez, S. L. (2020). Influence of Nitrate Supplementation on Endurance Cyclic Sports Performance: A Systematic Review. *Nutrients*, 12(6), 1796. <https://doi.org/10.3390/nu12061796>
- MacLeod, K. E., Nugent, S. F., Barr, S. I., Koehle, M. S., Sporer, B. C., & MacInnis, M. J. (2015). Acute Beetroot Juice Supplementation Does Not Improve Cycling Performance in Normoxia or Moderate Hypoxia. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 25(4), 359–366. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0129>
- Maunder, E., Seiler, S., Mildenhall, M. J., Kilding, A. E., & Plews, D. J. (2021). The Importance of 'Durability' in the Physiological Profiling of Endurance Athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(8), 1619–1628. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01459-0>
- Merkes, P. & Menaspà, P. & Abbiss, C. (2020). Sprinting in road cycling - literature review. *Journal Of Science & Cycling*. 9. 29-52. <https://doi.org/10.28985/1220.jsc.03>.

# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mosher, S. L., Gough, L. A., Deb, S., Saunders, B., Mc Naughton, L. R., Brown, D. R., & Sparks, S. A. (2020). High dose Nitrate ingestion does not improve 40 km cycling time trial performance in trained cyclists. *Research in sports medicine* (Print), 28(1), 138–146.  
<https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1586707>
- Ninfali, P., & Angelino, D. (2013). Nutritional and functional potential of Beta vulgaris cicla and rubra. *Fitoterapia*, 89, 188–199.  
<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.06.004>
- Paton, C. D., & Hopkins, W. G. (2006). Variation in performance of elite cyclists from race to race. *European Journal of Sport Science* 6(1), 25-31.  
<https://doi.org/10.1080/17461390500422796>
- Pawlak-Chaouch, M., Boissière, J., Munyaneza, D., Gamelin, F. X., Cuvelier, G., Berthoin, S., & Aucouturier, J. (2019). Beetroot Juice Does Not Enhance Supramaximal Intermittent Exercise Performance in Elite Endurance Athletes. *Journal of the American College of Nutrition*, 38(8), 729–738. <https://doi.org/10.1080/07315724.2019.1601601>
- Rehrer, N. J., Hellemans, I. J., Rolleston, A. K., Rush, E., & Miller, B. F. (2010). Energy intake and expenditure during a 6-day cycling stage race. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(4), 609–618. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00974.x>
- Rokkedal-Lausch, T., Franch, J., Poulsen, M. K., Thomsen, L. P., Weitzberg, E., Kamavuako, E. N., Karbing, D. S., & Larsen, R. G. (2019). Chronic high-dose beetroot juice supplementation improves time trial performance of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. *Nitric oxide : biology and chemistry*, 85, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2019.01.011>

# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Rokkedal-Lausch, T., Franch, J., Poulsen, M. K., Thomsen, L. P., Weitzberg, E., Kamavuako, E. N., Karbing, D. S., & Larsen, R. G. (2021). Multiple-day high-dose beetroot juice supplementation does not improve pulmonary or muscle deoxygenation kinetics of well-trained cyclists in normoxia and hypoxia. *Nitric oxide : biology and chemistry*, 111-112, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2021.03.006>
- Sánchez-Muñoz, C., Zabala, M. and Muros, J.J. (2016), Nutritional intake of professional cyclists. *Scand J Med Sci Sports*, 26: 802-808. <https://doi.org/10.1111/sms.12513>
- Sanders, D., & van Erp, T. (2021). The Physical Demands and Power Profile of Professional Men's Cycling Races: An Updated Review. *International journal of sports physiology and performance*, 16(1), 3–12. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0508>
- Silva, W. T., Machado, P. G., Mesquita, V. S. P. A., Andrade, E. F., Lima, R. R., & Pereira, L. J. (2023). Effects of acute nitrate supplementation against placebo on the physical performance of athletes in a time trial test: Systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 38(1), 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.02.004>
- Spragg, J., Leo, P., & Swart, J. (2023). The Relationship between Physiological Characteristics and Durability in Male Professional Cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 55(1), 133–140. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000003024>
- Totzeck, M., Hendgen-Cotta, U. B., Rammos, C., Frommke, L. M., Knackstedt, C., Predel, H. G., Kelm, M., & Rassaf, T. (2012). Higher endogenous nitrite levels are associated with superior exercise capacity in highly trained athletes. *Nitric oxide : biology and chemistry*, 27(2), 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2012.05.003>

# ANNEXES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- van der Fels, I. M., Te Wierike, S. C., Hartman, E., Elferink-Gemser, M. T., Smith, J., & Visscher, C. (2015). The relationship between motor skills and cognitive skills in 4-16 year old typically developing children: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport*, 18(6), 697–703. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.007>
- Vaughan, R. A., Gannon, N. P., & Carriker, C. R. (2015). Nitrate-containing beetroot enhances myocyte metabolism and mitochondrial content. *Journal of traditional and complementary medicine*, 6(1), 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2014.11.033>
- Webb, A. J., Patel, N., Loukogeorgakis, S., Okorie, M., Aboud, Z., Misra, S., Rashid, R., Miall, P., Deanfield, J., Benjamin, N., MacAllister, R., Hobbs, A. J., & Ahluwalia, A. (2008). Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)*, 51(3), 784–790. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.107.103523>
- Whitfield, J., Ludzki, A., Heigenhauser, G. J., Senden, J. M., Verdijk, L. B., van Loon, L. J., Spriet, L. L., & Holloway, G. P. (2016). Beetroot juice supplementation reduces whole body oxygen consumption but does not improve indices of mitochondrial efficiency in human skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 594(2), 421–435. <https://doi.org/10.1113/JP270844>
- Wilkerson, D. P., Hayward, G. M., Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., & Jones, A. M. (2012). Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *European journal of applied physiology*, 112(12), 4127–4134. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2397-6>
- Zhao, Y., Vanhoutte, P. M., & Leung, S. W. (2015). Vascular nitric oxide: Beyond eNOS. *Journal of pharmacological sciences*, 129(2), 83–94. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2015.09.002>