



**FRANCE
RUGBY**

LES ENTRAÎNEMENTS COMBINÉS « FORCE-ENDURANCE » : VERS LA GESTION DES INTERFÉRENCES PAR L'ORDRE ET LA MODALITÉ D'ENTRAÎNEMENT

THESE DE DOCTORAT DE
L'ÉTABLISSEMENT UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTE

EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR
PAR
M. BERTRAND MATHIEU

DÉPARTEMENT ACCOMPAGNEMENT À LA PERFORMANCE
PRÉPARATION PHYSIQUE



STAGE MASTER 2 STAGIAIRE

Aout 2015

- Recueil et monitoring de la charge d'entraînement
- Utilisation quotidienne des outils technologiques de suivi
- Apprentissage du métier de sport scientist
- Compréhension des différentes problématiques du milieu professionnel



LANCEMENT DE LA THÈSE CHARGÉ DE MISSION ACCOMPAGNEMENT DE LA PERFORMANCE

Mai 2018

Prolongement des travaux initiés par Julien Robineau (Problématique des Entraînements combinés)

- Comment appréhender ce phénomène d'interférence
- Mise en place et réalisation des protocoles expérimentaux



SIGNATURE CDI CHEF DE PROJET SCIENCES DU SPORT

Octobre 2021

- Préparation physique
- Méthodologie d'entraînement Rugby
- Planifications hebdomadaires / annuelles
- Gestion de la charge d'entraînement et de l'état de forme du joueur



WORLD
RUGBY™
U20 CHAMPIONSHIP



SOUTENANCE

Novembre 2022

Le projet arrive à maturité :

- 1ère Publication en 1er Auteur
- 3 autres seront soumis dans l'année
- Volonté de poursuivre l'écriture et la Recherche appliquée aux Sciences du sport

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

Table IV. Correlation coefficients between physical characteristics and game statistics exponentially weighted with a time constant of 20-weeks for rugby union forwards in games at all levels

	10-m sprint	20-m sprint	Mean of 12 sprints	Fatigue	Power-clean 1RM	Box-squat 1RM	Bench-press 1RM	Chin-ups 1RM	Per cent body fat	Fat free mass
Line breaks	-0.26*									
Tackle breaks	-0.17*				-0.12*	0.09				
Advantage line made	0.00				0.02	0.05				
Metres advanced	-0.26*	-0.32**								
Tries scored	-0.14*	-0.17*	-0.24*	-0.02						
Evasion	-0.33**	-0.39**			-0.20*	0.05				
Activity rate			-0.38**	-0.05					-0.17*	
Attack first three	-0.13*			-0.05						
Defence first three	-0.04			-0.04						
Successful tackles			-0.13*	-0.01		-0.11*	-0.09		-0.13*	-0.06
Successful jackals			-0.21*	0.06	0.07	0.01	0.04		-0.22*	-0.07
Turnovers						-0.02	0.02	0.10*		
Successful passes			-0.10*	0.02					0.16*	
Handling errors				-0.07					-0.28**	

Notes: Data shown are Pearson correlations derived from all tests on all 279 forwards; 90% confidence limits $\pm \leq 0.10$. Correlations were calculated and are shown only for those game behaviours that could have any plausible association with fitness-test performance.

*Small correlation; **Moderate correlation, all other correlations are trivial.

Smart et al., (2014)

- Corrélation entre les performances de force, de puissance et de vitesse et la réussite d'aptitudes clés de performance en match

➤ Développement des qualités de force / vitesse / puissance

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ



COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

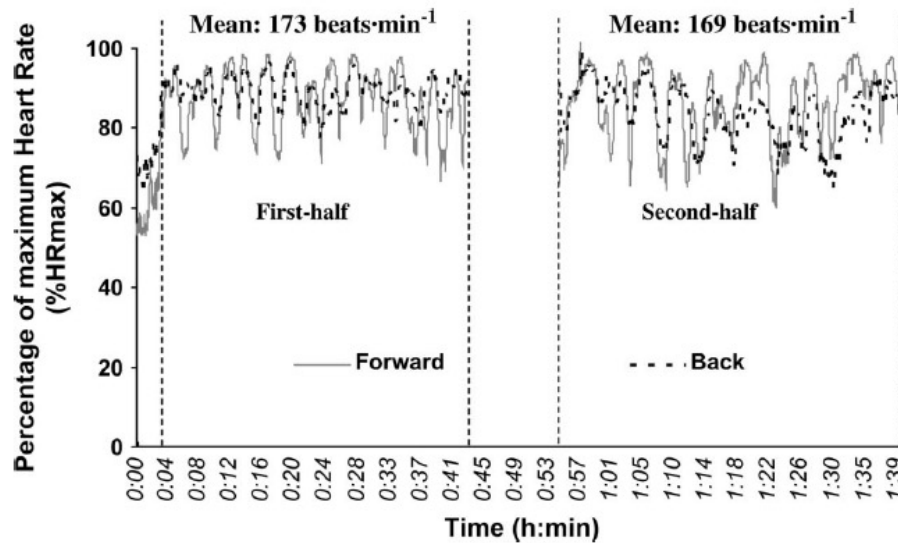
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



Cunniffe et al., (2009)

- 40 à 50% du temps de jeu
- > 90% Fréquence cardiaque maximale

➤ Développement des qualités aérobies

DÉVELOPPEMENT DE CES QUALITÉS

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

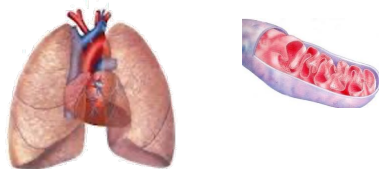
ECHANGES / QUESTIONS

Endurance



Nombre important de contractions
Tensions musculaires de faible intensité

Adaptations cardiorespiratoires



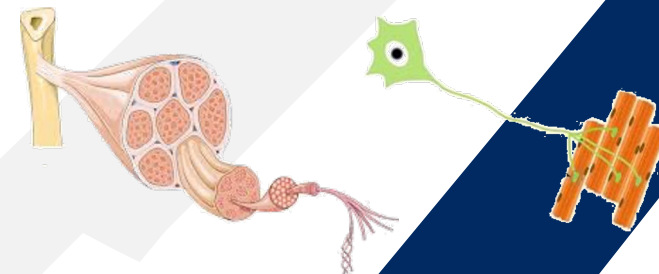
↑ débit cardiaque, volume d'éjection systolique, amélioration de la capillarisation et de l'utilisation de l'oxygène, ...

Force



Faible nombre de contractions
Tensions musculaires de haute intensité

Adaptations nerveuses et musculaires



Hypertrophie musculaire

↑ du recrutement spatial et temporel des unités motrices, ...

COMPATIBILITÉ DES QUALITÉS



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

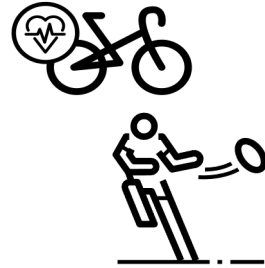
OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

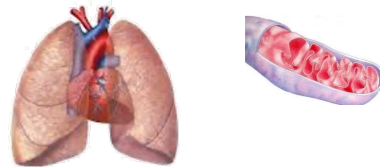
ECHANGES / QUESTIONS

Endurance



Nombre important de contractions
Tensions musculaires de faible intensité

Adaptations cardiorespiratoires



↑ débit cardiaque, volume d'éjection systolique,
amélioration de la capillarisation et de l'utilisation de
l'oxygène, ...

Compatibilité des efforts ?

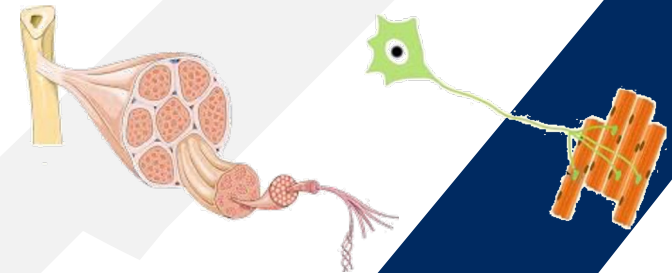


Force



Faible nombre de contractions
Tensions musculaires de haute intensité

**Adaptations nerveuses
et musculaires**



Hypertrophie musculaire

↑ du recrutement spatial et temporel des unités motrices, ...

COMPATIBILITÉ DES QUALITÉS ?

Interference of Strength Development by Simultaneously Training for Strength and Endurance*

R. Hickson., 1980

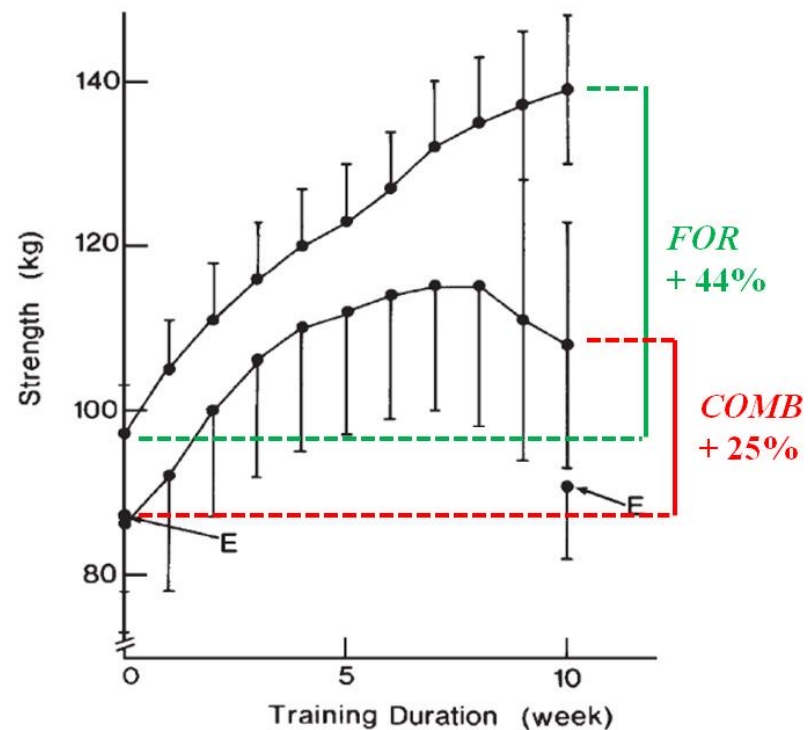
10 semaines d'entraînement

3 groupes expérimentaux

1. FOR Fmax
5 séances/semaine

2. END INT et CONT
6 séances/semaine

3. COMB 11 séances/semaine



ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

INCOMPATIBILITÉ DES ENTRAÎNEMENTS COMBINÉS

RUGBY

Interference of Strength Development by Simultaneously Training for Strength and Endurance*

European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology
© Springer-Verlag 1980

R. Hickson., 1980

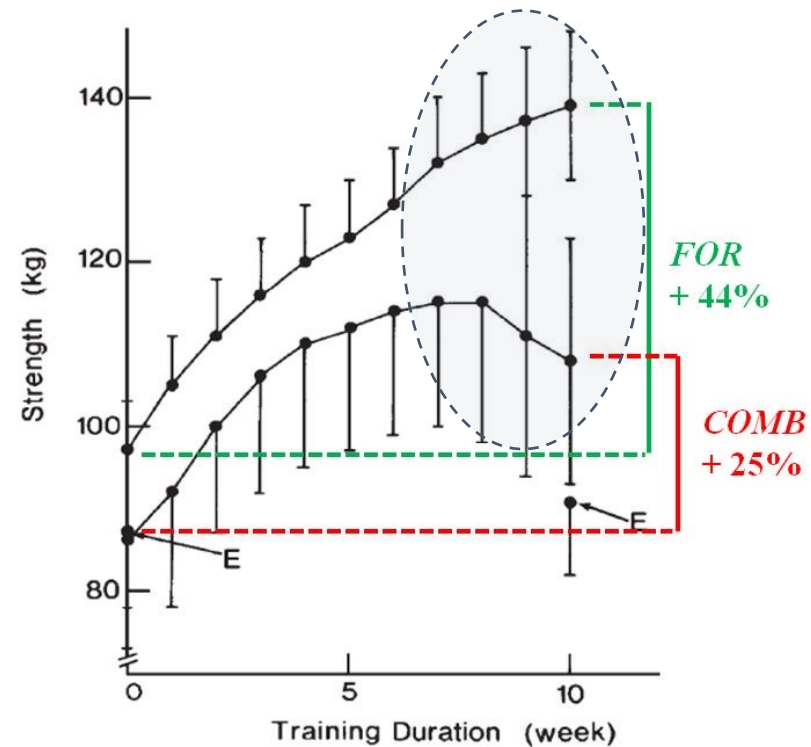
10 semaines d'entraînement

3 groupes expérimentaux

1. FOR Fmax
5 séances/semaine

2. END INT et CONT
6 séances/semaine

3. COMB 11 séances/semaine



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

INCOMPATIBILITÉ DES ENTRAÎNEMENTS COMBINÉS

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

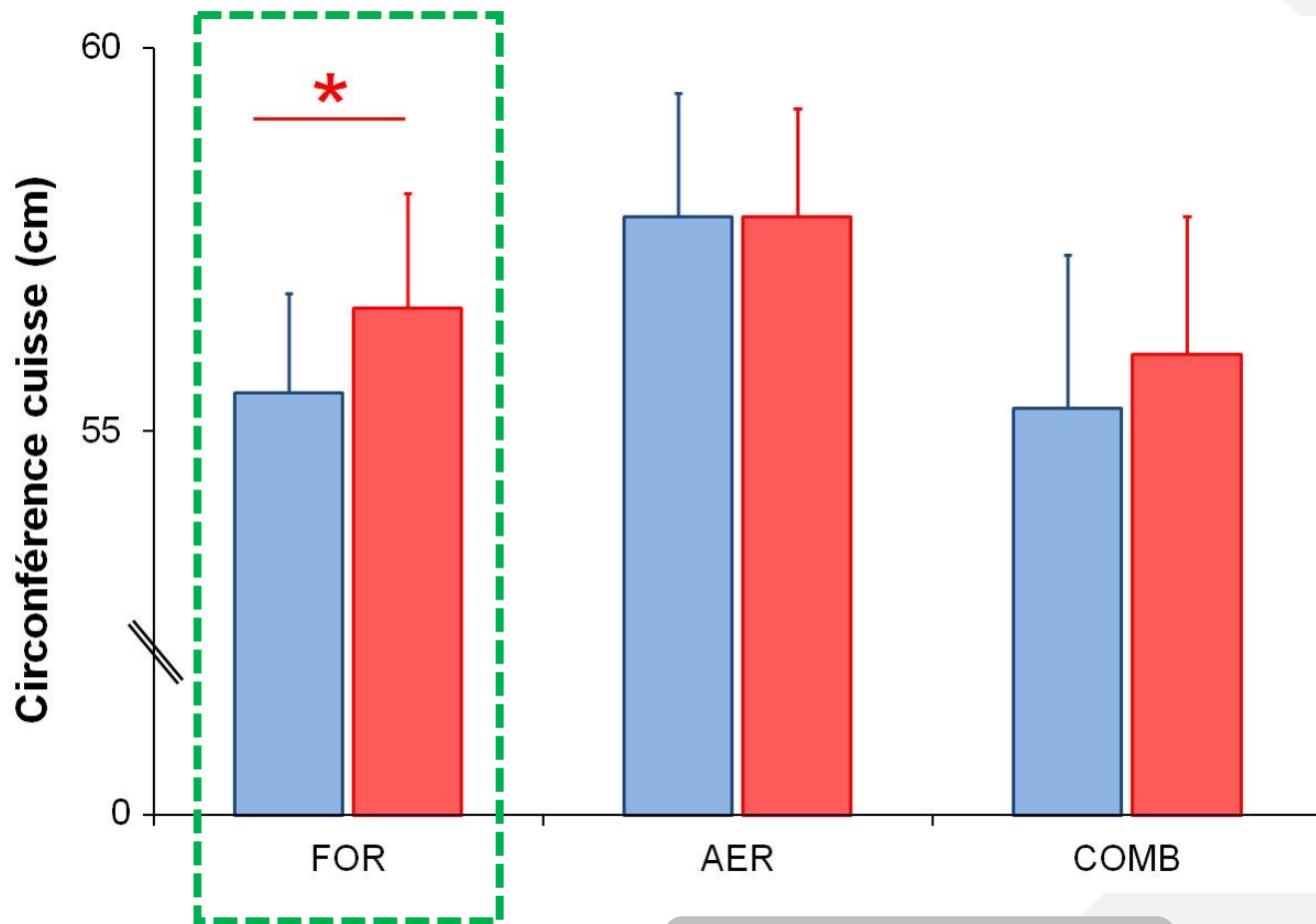
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



Origine Musculaire

Craig et al. (1991)

10 semaines d'entraînement
 3 groupes expérimentaux

1. FOR Sous-max
 3 séances/semaine

2. END Sous-max
 3 séances/semaine

3. COMB 6 séances/semaine

INCOMPATIBILITÉ DES ENTRAÎNEMENTS COMBINÉS

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

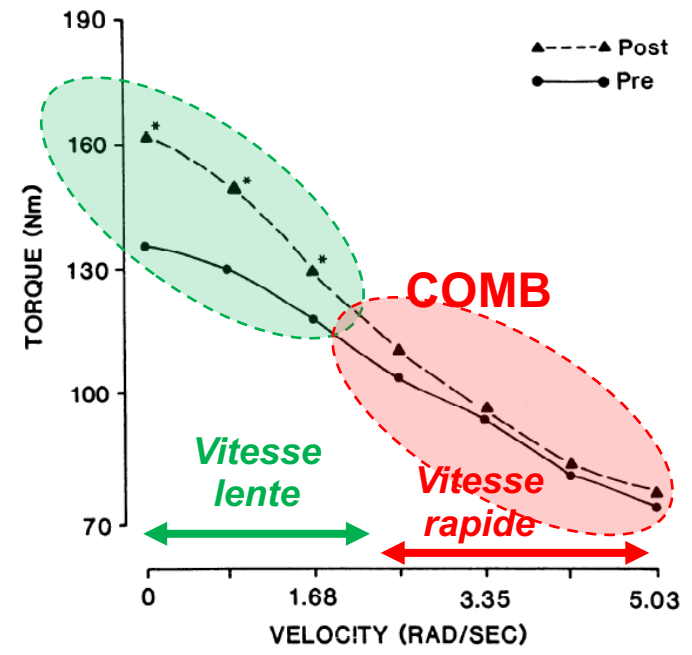
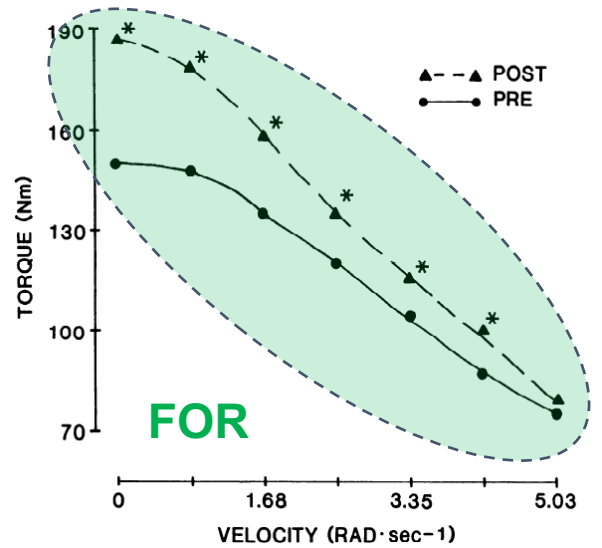
CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

Dudley & Djamil (1985)

3 groupes expérimentaux

1. FOR	Fmax
	3 séances/semaine
2. END	CONT
	3 séances/semaine
3. COMB	6 séances/semaine



Origine nerveuse

INCOMPATIBILITÉ DES ENTRAÎNEMENTS COMBINÉS

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

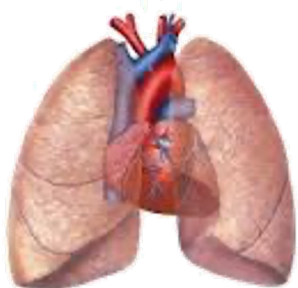
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

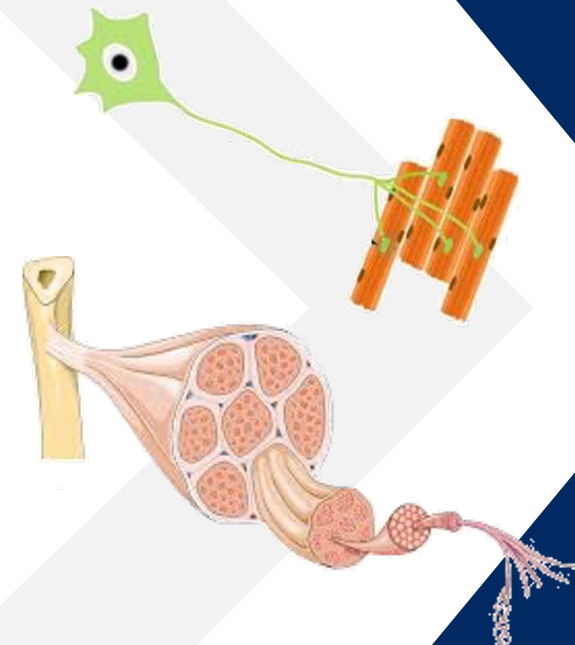
ECHANGES / QUESTIONS



Interférence de l'endurance sur la force

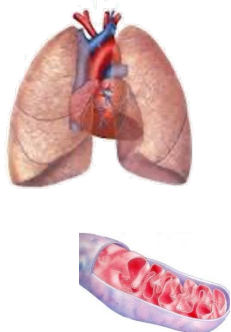


Pas d'interférence de la force sur l'endurance

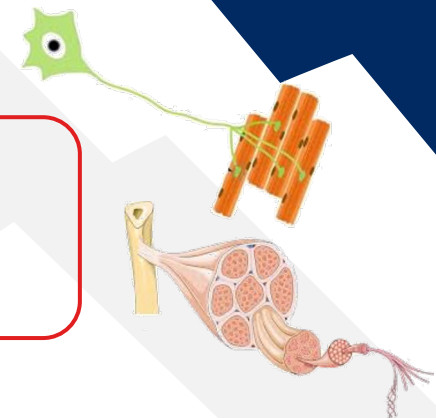


QUELS MÉCANISMES ?

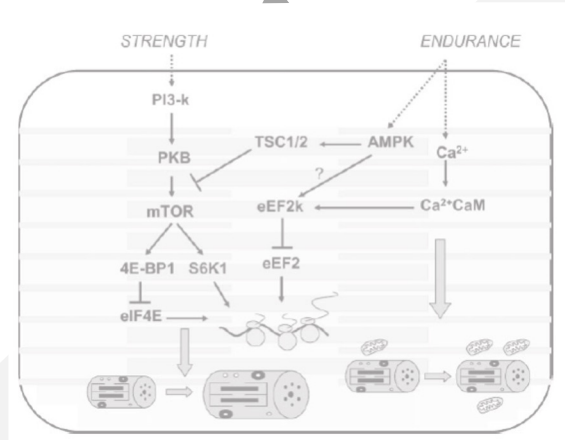
- ANALYSE DE L'ACTIVITÉ
- COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ
- MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE
- OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE
- PARTIE EXPÉRIMENTALE
- CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES
- ECHANGES / QUESTIONS



Interférence de l'endurance sur la force
-
→



1. Fatigue
 Perturbation de la stimulation



2. Adaptations physiologiques conflictuelles

QUELS MÉCANISMES ?

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

1. La fatigue

Twist et Highton, (2013)
Halson, (2014)
Quarrie et al. al., (2017)

Fatigue Aigue



Bishop et al., (2008)
Borresen et Lambert, (2009) Halson,
(2014).

Fatigue chronique

Meeusen et al., (2013)
Cunanan et al., (2018)

QUELS MÉCANISMES ?

La fatigue aigue

■ Métabolique

Déplétion de glycogène

Leveritt et al., 1999

Accumulation de métabolites

Pi, H+, ADP, NH4+

Allen et al., (1992)
Hawley et al., (2014) Sahlin,
(1992)

■ Traumatique

Sollicitation excentrique

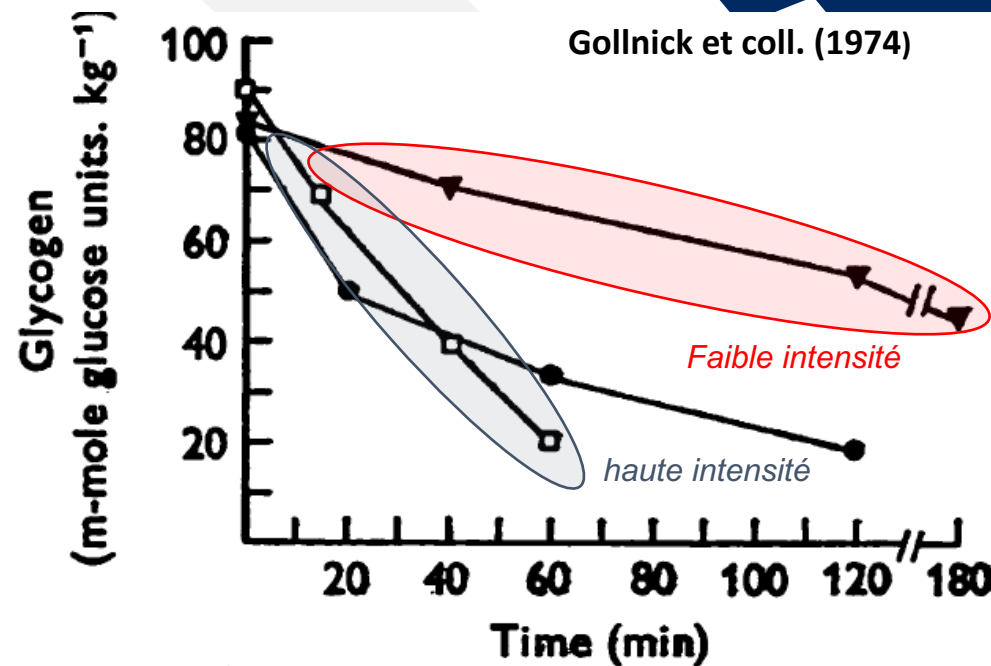
Microtraumatismes, DOMS, inflammation

Clarkson, 1997; Clarkson & Tremblay, 1988)

■ Neuromusculaire

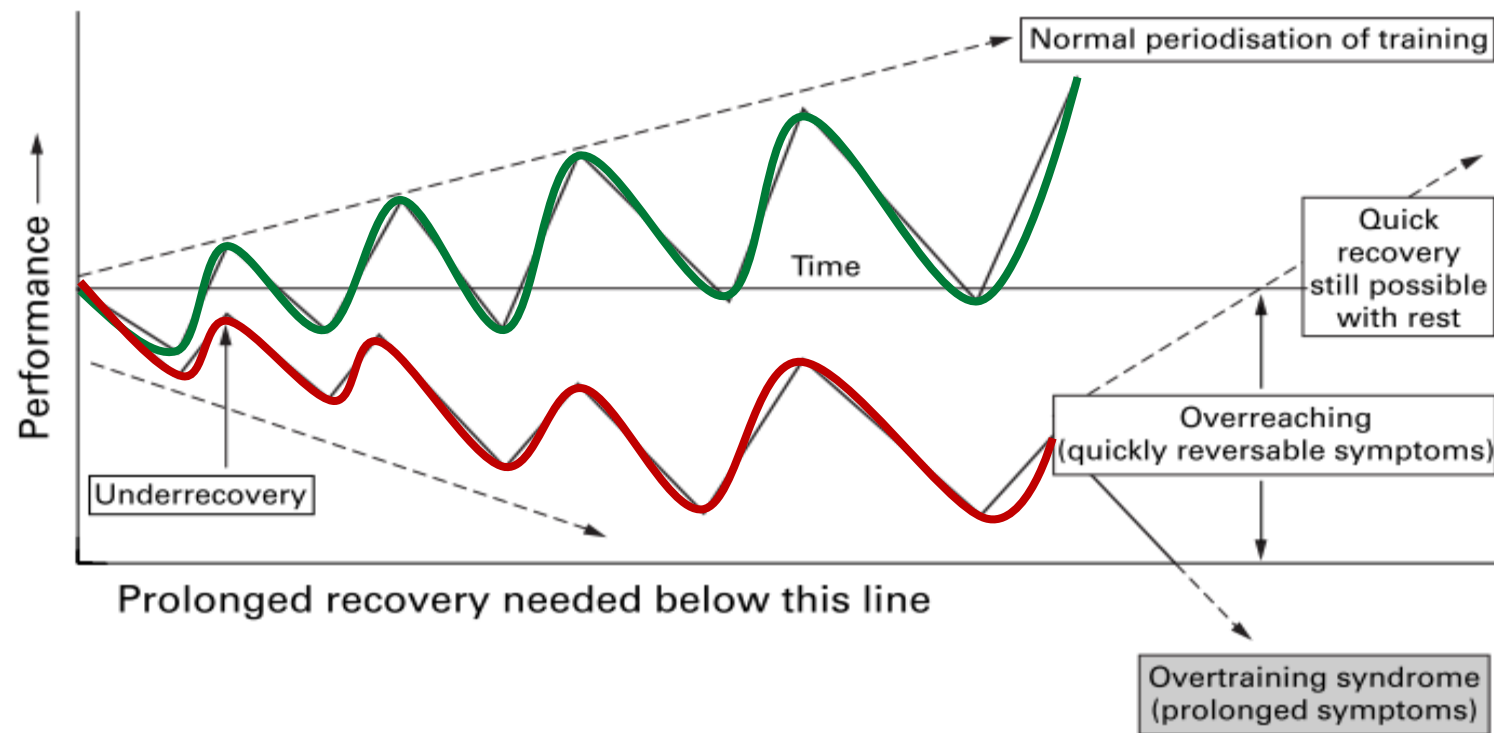
- Limitation de l'activation des unités motrices de type IIx
- Sensibles à l'hypertrophie musculaire

Sale., (1988) ; Tesch (1986)



QUELS MÉCANISMES ?

La fatigue chronique



Budgett et al., (1998)

- Mauvaise répartition de la charge de travail**
 - Accumulation répétée de fatigue aiguë = pas d'équilibre entre « phase d'entraînement / phase de récupération »

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

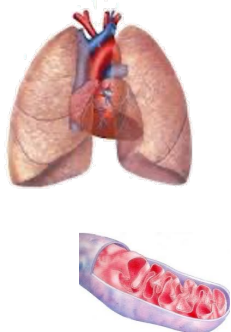
PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

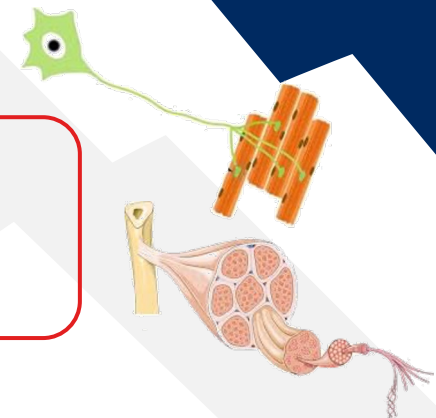
ECHANGES / QUESTIONS

QUELS MÉCANISMES ?

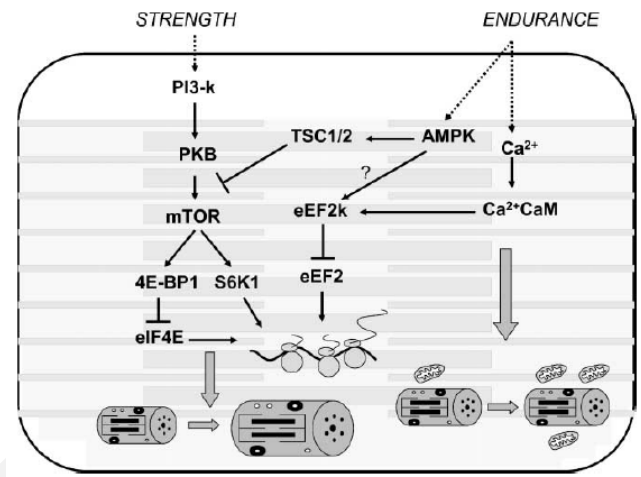
- ANALYSE DE L'ACTIVITÉ
- COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ
- MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE
- OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE
- PARTIE EXPÉRIMENTALE
- CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES
- ECHANGES / QUESTIONS



Interférence de l'endurance sur la force
-
→



1. Fatigue
 Perturbation de la stimulation

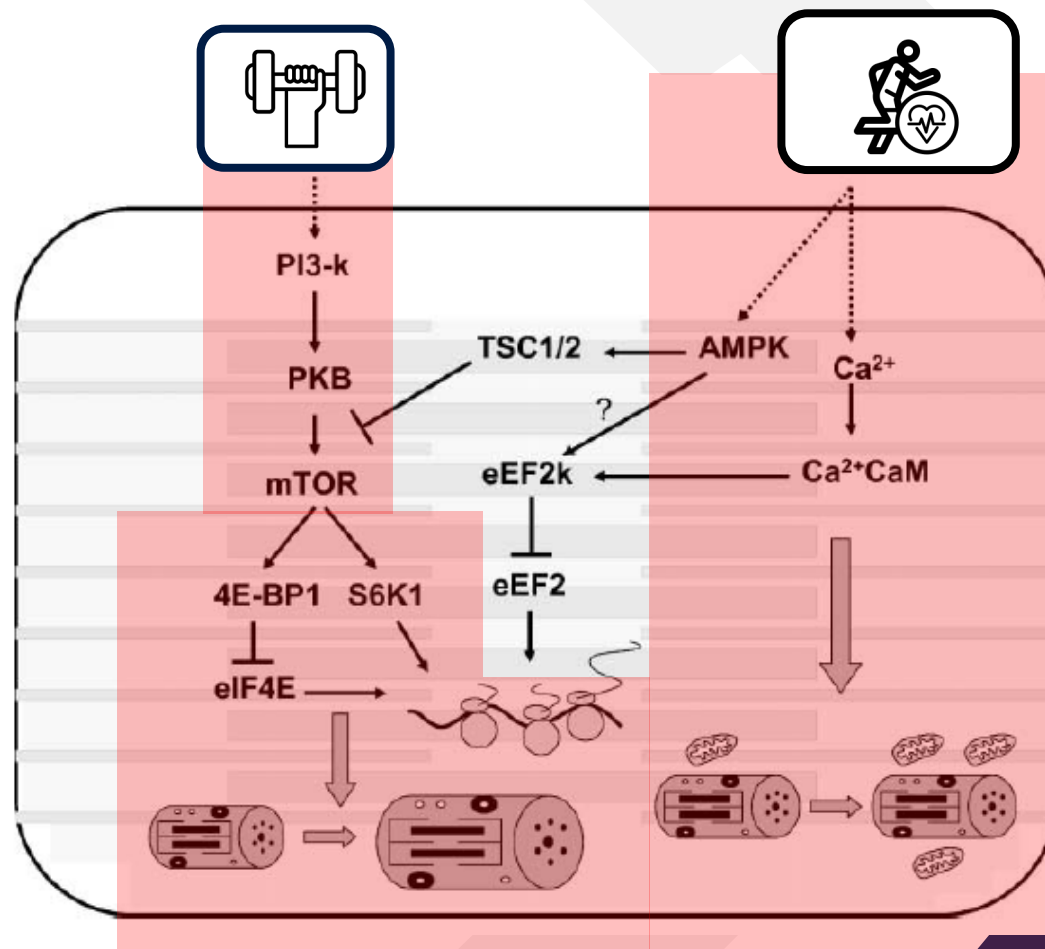


2. Adaptations physiologiques conflictuelles

QUELS MÉCANISMES ?

2. Adaptations physiologiques conflictuelles

→ Hypertrophie des fibres musculaires (Kraemer et coll. 1995)



Nader (2006)

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

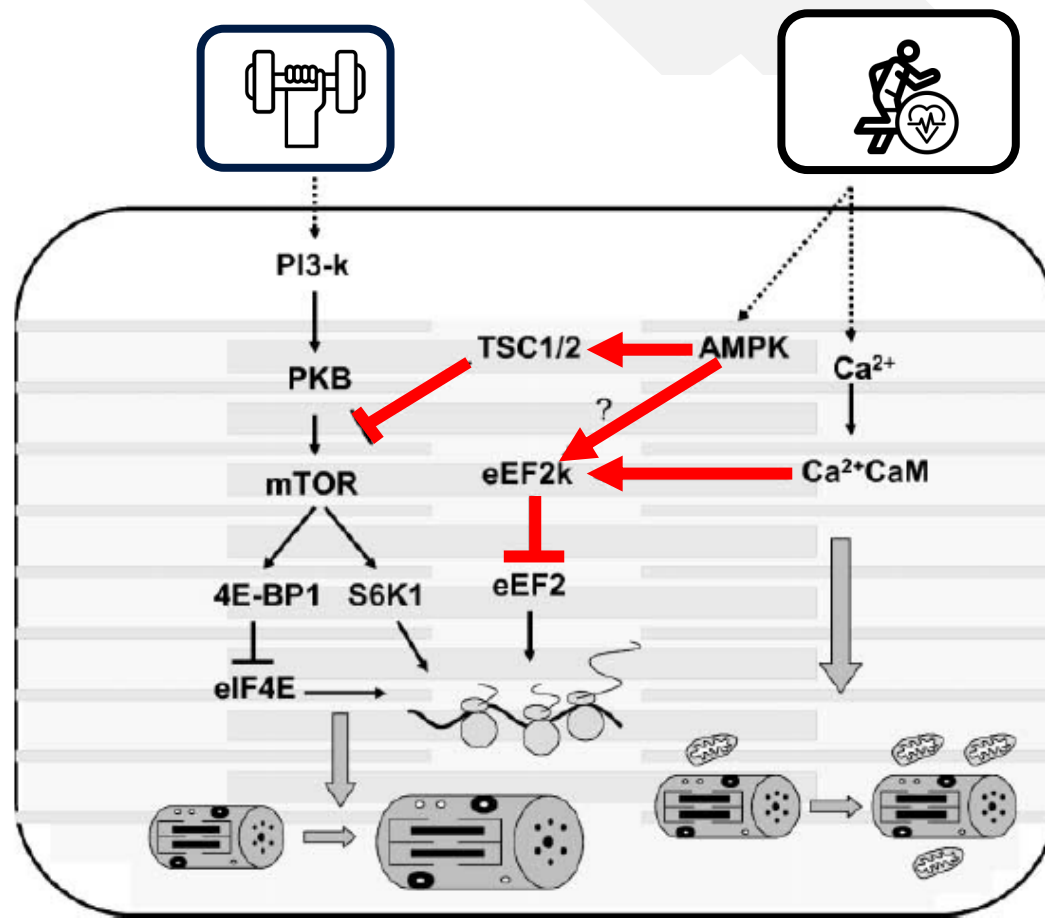
CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

QUELS MÉCANISMES ?

2. Adaptations physiologiques conflictuelles

→ Hypertrophie des fibres musculaires (Kraemer et coll. 1995)



Nader (2006)

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

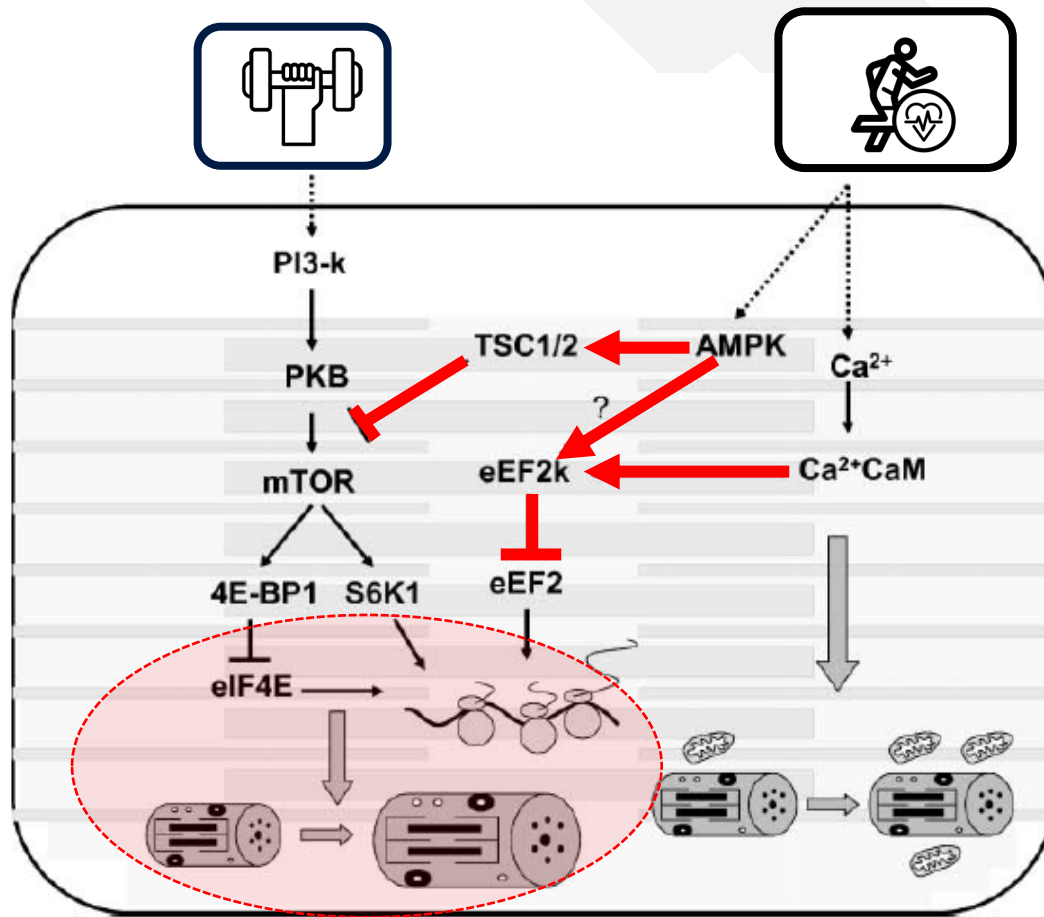
CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

QUELS MÉCANISMES ?

2. Adaptations physiologiques conflictuelles

→ Hypertrophie des fibres musculaires (Kraemer et coll. 1995)



*Altération de la
synthèse protéique*

Nader (2006)

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

QUELS MÉCANISMES ?

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

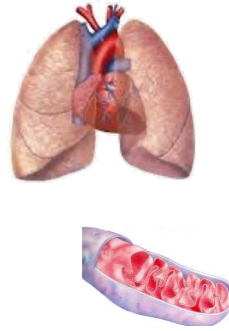
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

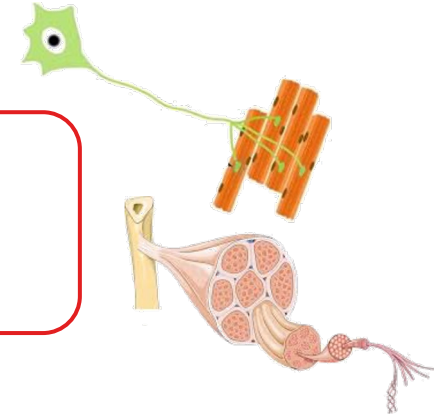
PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

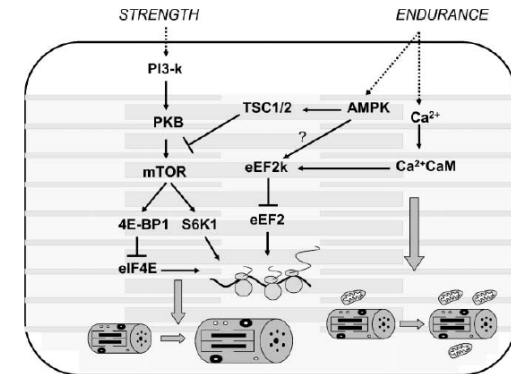
ECHANGES / QUESTIONS



Interférence de l'endurance sur la force



1. Fatigue



2. Adaptations physiologiques conflictuelles

GESTION DU PHÉNOMÈNE D'INTERFÉRENCE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

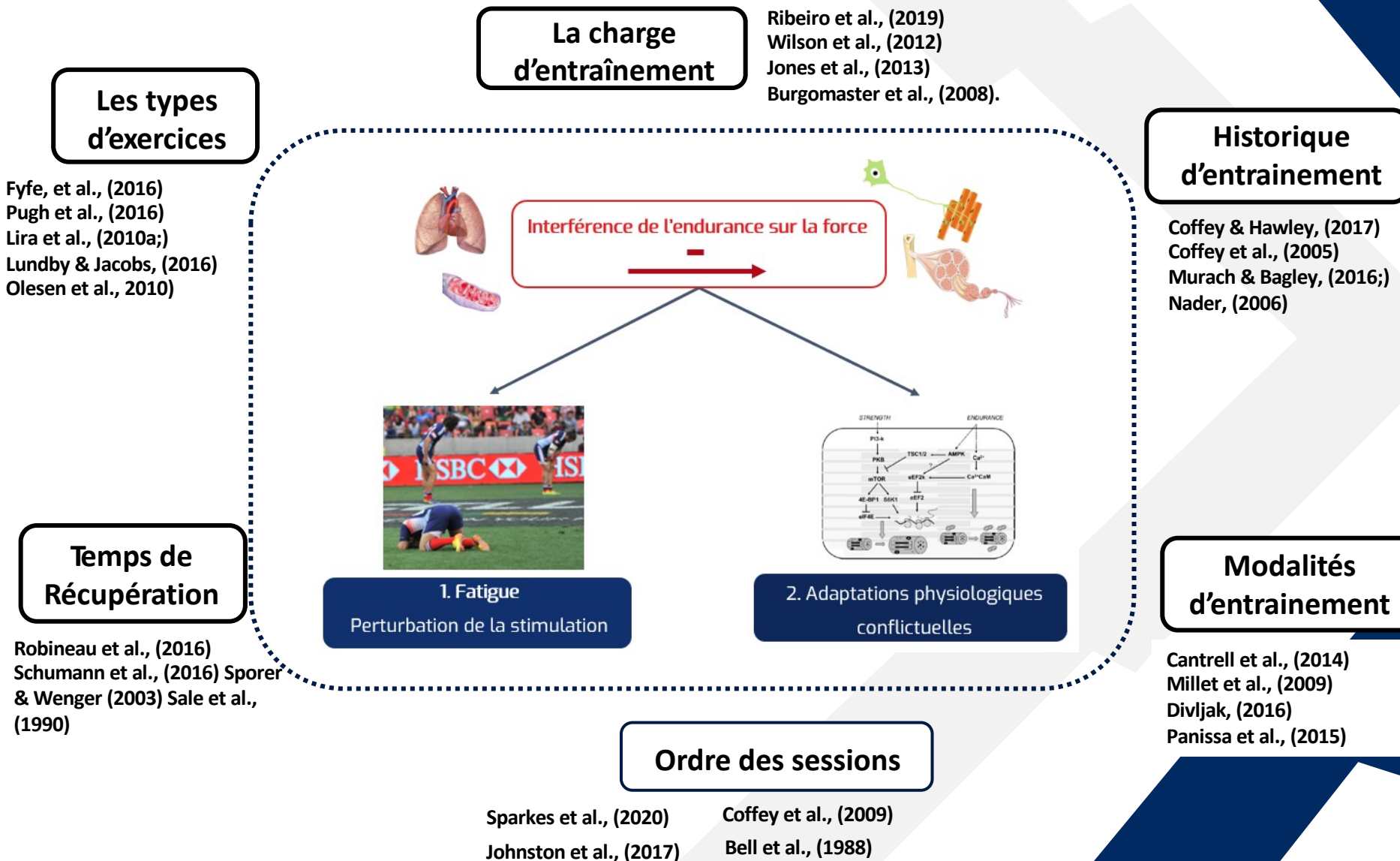
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

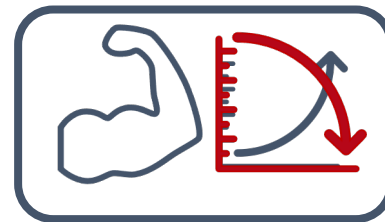
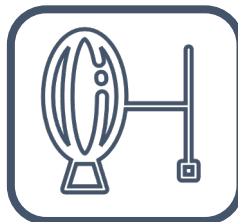
CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



OBJECTIF GÉNÉRAL

Comment maîtriser dans l'environnement du rugby de haut niveau, le phénomène d'interférence de l'entraînement d'endurance sur le développement des qualités de force




« Effets d'interférence »



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

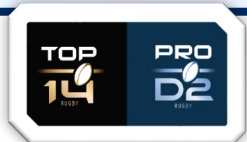
OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

Etude 1 : le phénomène d'interférence dans les clubs professionnels



Etude 2: le phénomène d'interférence lors d'une journée combinée



Etude 3: le phénomène d'interférence lors d'une programmation de 8 semaines chez des joueurs élités



Etude 4: les prémices d'une approche innovante de biologie moléculaire



LABORATOIRE
BIOLOGIE DE
L'EXERCICE POUR
LA PERFORMANCE
ET LA SANTÉ

ETUDE 1 : CONTEXTE

Gestion de la problématique des entrainements combinés en préparation physique dans les championnats professionnels de rugby : Enquête et sondage en Top14 et Prod2

Publication en préparation

Mathieu B, Robineau J, Piscione J, Babault N



OBJECTIFS

- Etat des lieux des connaissances : Périodisation des entrainements combinés en clubs professionnels et leur centre de formation

Applications pratiques

- Rapprocher les visions des clubs et de la FFR → trouver des solutions conjointes pour mieux accompagner nos athlètes dans leur développement physique

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 1 : CONTEXTE

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

Gestion de la problématique des entrainements combinés en préparation physique dans les championnats professionnels de rugby : Enquête et sondage en Top14 et Prod2

Publication en préparation

Mathieu B, Robineau J, Piscione J, Babault N

OBJECTIFS

- Etat des lieux des connaissances : Périodisation des entrainements combinés en clubs professionnels et leur centre de formation

Applications pratiques

- Rapprocher les visions des clubs et de la FFR → trouver des solutions conjointes pour mieux accompagner nos athlètes dans leur développement physique

Hypothèse:

Entrainements combinés → PAS une priorité pour les staffs des équipes
Stratégies existantes pour remédier aux différents mécanismes néfastes → PAS utilisées.

ETUDE 1: CONTEXTE

- Construction du questionnaire → études publiées spécifiquement sur ce sujet

Ebben & Blackard, (2001) ; Ebben et al., (2004); Ebben & Blackard, (2001); Jones, Smith, et al., (2016)

- Validation finale → indice de validité du contenu (CVI) par 8 experts indépendants , CVI > 0,81

Yusoff, (2019)

- Diffusion par mails, listes professionnelles

- L'enquête comportait 3 sections :

- 1)Présentation et détails personnels des répondants
- 2)Entrainements combinés en présaison
- 3)Entrainements combinés en saison compétitive

- Des sous-sections :

- Les formes et méthodes de développement de la force / la puissance / l'endurance
- Les planifications à l'approche des compétitions et en période de développement
- Questionnement autour du phénomène d'interférence



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES/ PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

GESTION DU PHÉNOMÈNE D'INTERFÉRENCE

→ Questionnement autour de l'importance des Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

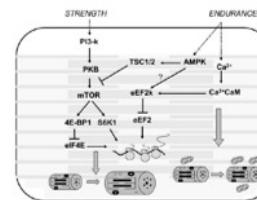
Les types d'exercices

Fyfe, et al., (2016)
Pugh et al., (2016)
Lira et al., (2010a;)
Lundby & Jacobs, (2016)
Olesen et al., 2010)



1. Fatigue

Perturbation de la stimulation



2. Adaptations physiologiques conflictuelles

Temps de Récupération

Robineau et al., (2016)
Schumann et al., (2016) Sporer & Wenger (2003) Sale et al., (1990)

Modalités d'entraînement

Cantrell et al., (2014)
Millet et al., (2009)
Divljak, (2016)
Panissa et al., (2015)

Ordre des sessions

Sparkes et al., (2020)
Johnston et al., (2017)

Coffey et al., (2009)
Bell et al., (1988)

ETUDE 1 : STATISTIQUES

→ Réponse fixe et questions ouvertes :

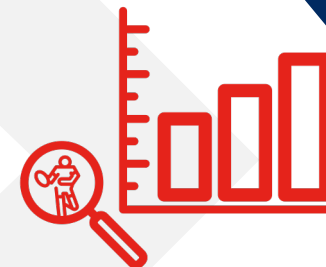
-Pour rapporter les modèles communs (catégories principales) au sein des données grâce aux méthodes d'analyses de contenu inductives puis déductives

(Elo & Kyngäs, 2008),

→ Le test χ^2 , déterminer si les réponses aux questions :

-Professionnel (≠) centre de formation

-Période de présaison (≠) période de compétition.



→ Le test de V de Cramer : comparer l'intensité du lien entre les deux variables étudiées.

(Ebben et al., 2004, 2005; Ebben & Blackard, 2001; Jones, Smith, et al., 2016).

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

ETUDE 1 : RÉSULTATS/DISCUSSION

Tableau 3 Utilisation de différentes programmations combinées en présaison et en période de compétition en fonction d'un public spécifique.

Descripteurs	Équipe encadrée		Tests du Khi ²			V de Cramer
	PRO	CDF	Valeurs	df	p	Valeurs
En présaison, FOR - ÉNER le même jour ?						
Oui	26,6% (88,8%)	60% (85,7%)	0,055	1	0,815	0,043
Non	3,3% (11,1%)	10% (14,3%)				
En présaison, ÉNER - FOR le même jour ?						
Oui	13,3% (44,4%)	26,6% (38%)	0,106	1	0,745	0,059
Non	16,6% (55,5%)	43,3% (62%)				
En saison compétitive, FOR - ÉNER le même jour ?						
Oui	16,6% (55,5%)	50% (71,4%)	0,106	1	0,745	0,059
Non	13,3% (44,4%)	20% (28,5%)				
En saison compétitive, ÉNER - FOR le même jour ?						
Oui	16,6% (55,5%)	20% (28,5%)	1,975	1	0,16	0,257
Non	13,3% (44,4%)	50% (71,4%)				

Les valeurs sont présentées en pourcentages de l'ensemble de l'échantillon et en pourcentage du nombre de répondants appartenant aux différentes catégories (Cf PRO, CDF) (n).

- 64 Enquêtes envoyées / 30 réponses (47% de participation)
- Aucune différence entre les pratiques des équipes professionnels et des centres de formation
- 1^{er} article faisant état de pratique similaire entre les deux équipes majeurs de clubs professionnels

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES/ PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 1 : RÉSULTATS/DISCUSSION

QUESTIONS	PRESAISON		SAISON DE COMPETITION	
Nombre de Sessions de musculation / semaine	3 et plus (86,7%)		2 À 3 (76,6%)	
Nombre de Sessions en endurance / semaine	3 et plus (56,6%)		1 à 2 (86,7%)	
ORDRE	FOR-END (86,6%)		FOR-END (66,7%)	
Délai entre les sessions FOR - END	0 - 30 min	(25,5%)	0 - 30 min	(30,2%)
	30 min - 1 H	(14,9%)	30 min - 1 H	(11,3%)
	1 H - 3 H	(26,6%)	1 H - 3 H	(17%)
	> 3 H	(33%)	> 3 H	(41,5%)
Délai entre les sessions END - FOR	0 - 30 min	(9,4%)	0 - 30 min	(19,4%)
	30 min - 1 H	(17%)	30 min - 1 H	(11,2%)
	1 H - 3 H	(20,7%)	1 H - 3 H	(19,4%)
	> 3 H	(52,9%)	> 3 H	(50%)

➤ L'ordre et le nombre de sessions FOR et END / semaine → rejoignent en partie la littérature

Jones et al., 2016

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 1 : RÉSULTATS/DISCUSSION



	QUESTIONS	PRESAISON	SAISON DE COMPETITION
Modalités	Course	63,6% très régulièrement	40% très régulièrement
	Combat	21% occasionnellement	40% régulièrement
	Exercices portés	31,8% rarement	30% régulièrement
Types d'exercice	Intermittent court (<60 sec)	45,8% occasionnellement	41,1% rarement
	Circuit actions de haute intensité RHIE	56% occasionnellement	40% occasionnellement
	Rugby intégré	61,5% régulièrement	70% régulièrement
Facteurs liés à la programmation	Temps entre les séances	40% important	46,6% important
	Charge d'entraînement	53,3% très important	66,7% très important
	Types d'exercice d'endurance	40% très important	50% important
	Ordre	46,7% très important	50% important
	Modalités	50% important	53,4% important

- Ordre ET charge d'entraînement externe → en accord avec la littérature
- Exercices portés → en contradiction avec les bénéfices affichés par la littérature
- Intermittent court (<60secondes) en contraction avec les bénéfices affichés par la littérature

Wilson et al., (2012)

Gabbett, & Jenkins, (2011)

Gabbett & Wheeler.,(2015)

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES/ PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 1 : CONCLUSION

Gestion de la problématique des entrainements combinés en préparation physique dans les championnats professionnels de rugby : Enquête et sondage en Top14 et Prod2

- Les clubs → conscients du phénomène d'interférence et des problématiques
- Dans les clubs, les joueurs professionnels et les joueurs du centre de formation ne doivent pas réaliser les mêmes programmations → Maintient des qualités physiques VS développement des qualités physiques
- Pratiques identiques en pré-saison et en saison compétitive



TOP
14
RUGBY



PRO
D2
RUGBY

Applications pratiques

- Possibilité de reproduire les méthodes d'entraînement réalisées en clubs et en sélection pour assurer un suivi cohérent des pratiques
- Cette article peut servir de ressource pour informer et améliorer les pratiques d'entraînement (influencer la conception de futures études sur la gestion du phénomène d'interférence)

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

ETUDE 2 : CONTEXTE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

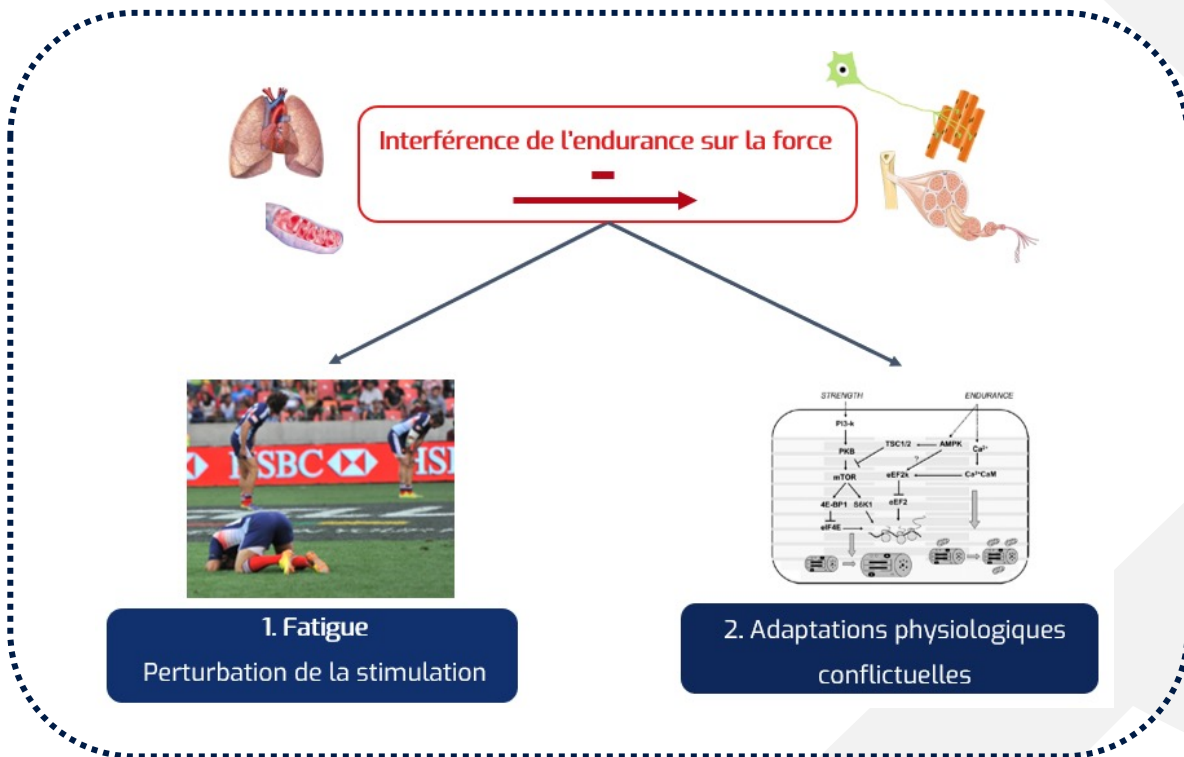
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



Modalités d'entraînement

Cantrell et al., (2014)
Millet et al., (2009)
Divljak, (2016)
Panissa et al., (2015)

Ordre des séances

Sparkes et al., (2020) Coffey et al., (2009)
Johnston et al., (2017) Bell et al., (1988)

ETUDE 2 : CONTEXTE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

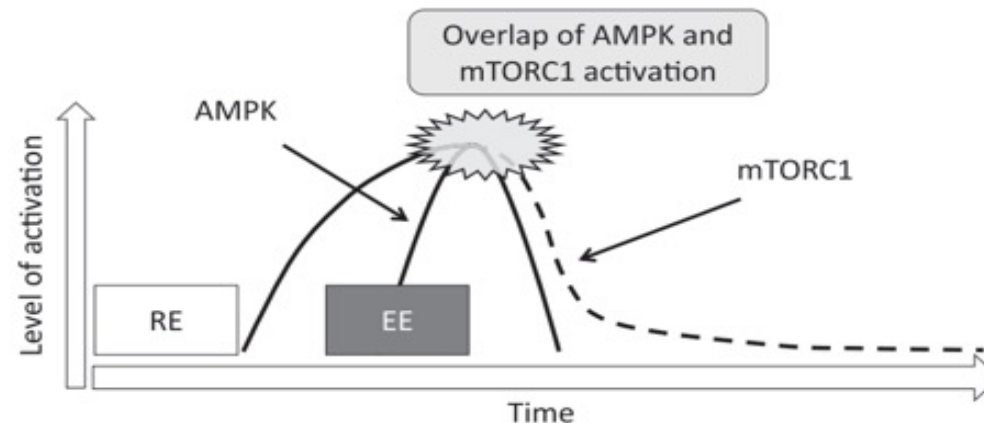
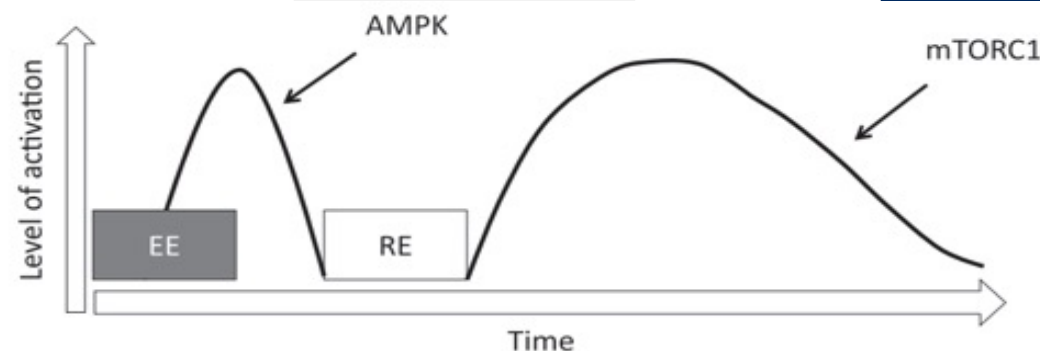
ECHANGES / QUESTIONS

- Durée d'activation des voies de signalisation métabolique à l'exercice d'endurance relativement transitoires (environ 3h)

Deldicque et al., 2008;
Drummond et al., 2011

- Durée d'activation des voies de signalisation des réponses anaboliques, telles que la phosphorylation de mTor et de p70S6K, suite à l'exercice de force (environ 24h)

Lee-young et al., (2008); Wojtaszewski et al., (2002)



Makane et al., (2015)

ETUDE 2 : CONTEXTE

Analyse des effets des modalités portée et courue sur l'apparition de la fatigue induite par la session d'endurance sur la session de force subséquente

Publication acceptée

Mathieu B, Robineau J, Piscione P, Babault N



sports



OBJECTIFS

- la modalité portée permettrait de minimiser l'intervention des mécanismes d'interférence
- La modalité d'exercice → [courue vs portée] bénéfiques discutés dans la littérature

Coffey & Hawley, (2017)
Panissa et al., (2021)

Applications pratiques

- Pouvoir programmer des journées biquotidiennes en compétition en minimisant le phénomène d'interférence

Hypothèse:

La fatigue aigüe issue de la session courue > à la fatigue de session portée.
→ davantage de mécanismes délétères d'interférence lors de la session de force subséquente

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 2 : MÉTHODE



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

Evaluations réalisées

Puissance

Counter movement jump (CMJ) (cm, m.s)
Développé couché (DC)(m.s) (W)
Squat Box (m.s) (W)

Suivi de la charge de travail

Questionnaire Wellness, RPE

Hooper et al. (1994)
Foster et al. (2001)

Vmax / Puissance

Répétitions de sprints sur ergocycle (Wattbike, Watt)
Répétitions de sprints courus sur synthétique (km/h)

→ 25 individus ; âge : 26 ± 3 ans ; taille : $179,5 \pm 4,6$ cm ; masse corporelle : $86,4 \pm 10,7$ kg

➤ Intermittent court : 3 x [6X (6"/24")]

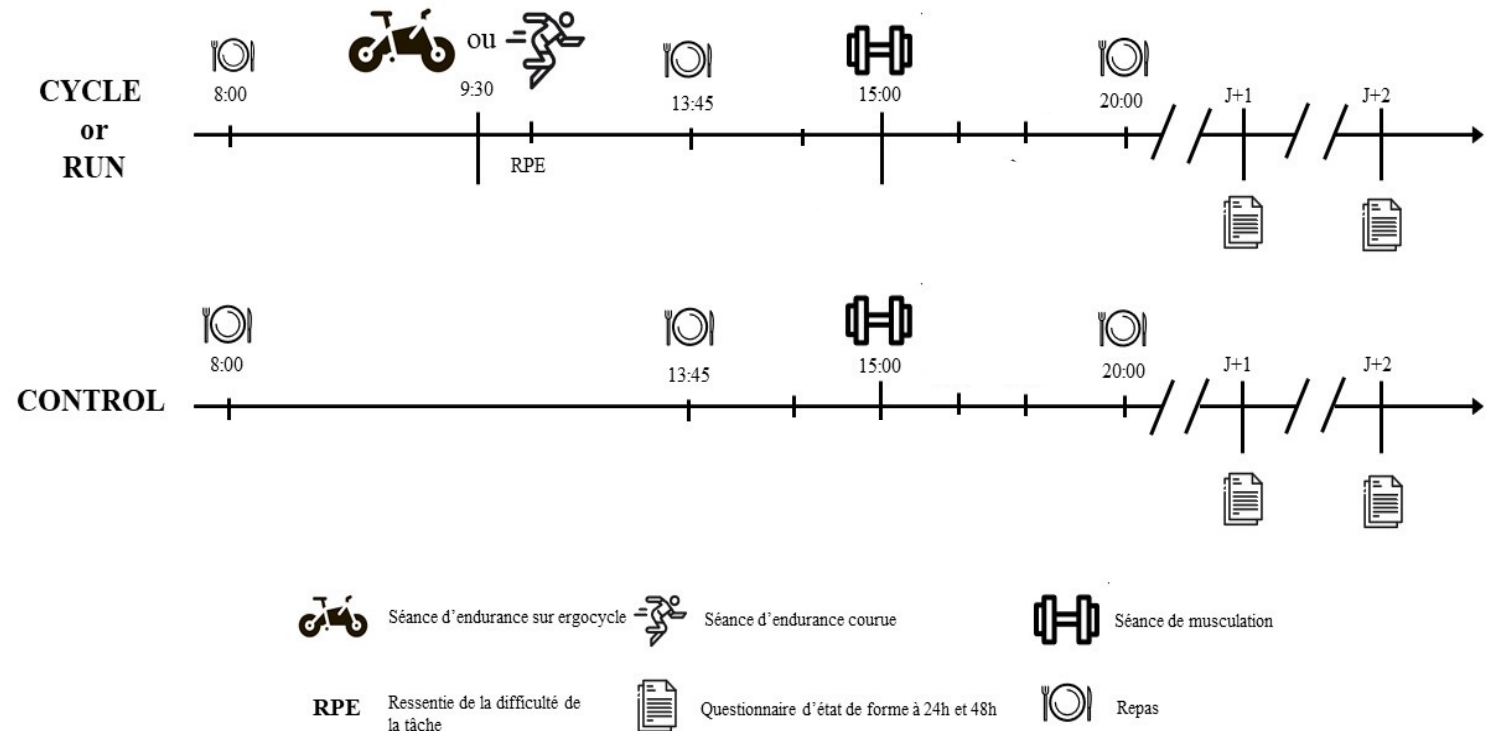
Brocherie, Girard, Faiss, & Millet, 2017 ; Girard et al., 2017

➤ Le temps de jeu cumulé à haute intensité en match → 9-19min pour les Avants et 3-7 min pour les Trois-quarts (temps de sprints = 2,5 s Avants / 3,1 s 3/4)

Gabbett, & Jenkins, (2011), Gabbett & Wheeler, (2015)

Roberts et al., (2008) Austin et al., (2011a).

Duthie, Pyne, Marsh, & Hooper, 2006



ETUDE 2 : ANALYSE STATISTIQUE

- Test T de student
- Analyse de variance (ANOVA) et ANOVA à mesures répétées + test de Shapiro-Wilk.
- Si interactions significatives → test post hoc avec corrections de Bonferroni
- Des descripteurs qualitatifs des effets standardisés ont été utilisés pour les comparaisons par paires, les d de Cohen $<0,5$, $0,5-1,2$ et $>1,2$ représentant respectivement des changements de faible, moyenne et grande ampleur (Cohen & Hillsdale, 1988)



ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

ETUDE 2 : RÉSULTAT/DISCUSSION

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES/ PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

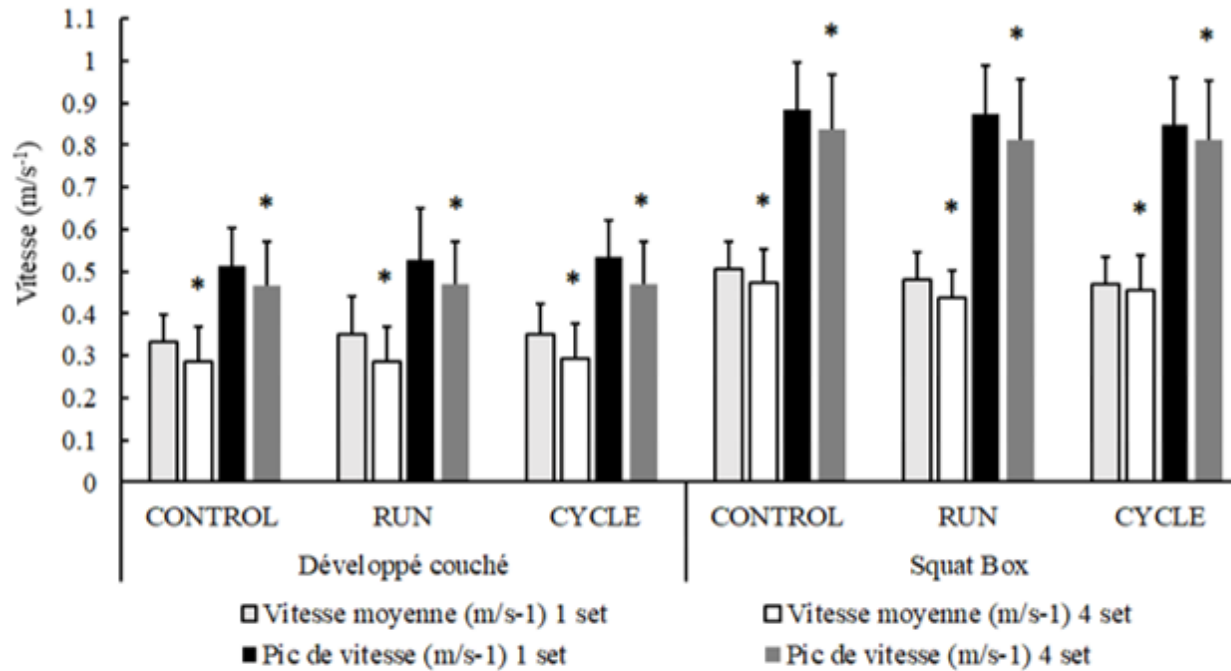


Figure 14 Vitesse moyenne et pic de vitesse entre la première (Set1) et la dernière série (Set4) des trois conditions expérimentales pour les exercices de développé couché et de squat box. * : différences significatives entre la première et la dernière série pour les deux exercices et pour les vitesses moyennes maximales ($p < 0,05$).

- Fatigue intra session significative sur le développé couché et le squat box MAIS pas de différence entre les conditions
- Les hauteurs des sauts verticaux mesurées avant les sessions de musculation n'étaient pas différentes entre les conditions

ETUDE 2 : RÉSULTAT/DISCUSSION



Tableau 9 Résultats des Moyennes obtenues au questionnaire de bien être concernant les 6 items

Jours	Conditions	Sommeil	Nervosité	Fatigue €	Courbature €	Douleurs à la palpation €	Douleurs à la descente d'escaliers €	Note globale
J+1	CYCLE	3.9 ± 0.8	3.5 ± 0.8	2.7 ± 1.0	2.7 ± 1.0	3.5 ± 0.8	3.7 ± 0.8	20.1 ± 3.9
	RUN	3.9 ± 1.0	3.6 ± 0.9	2.5 ± 0.9 \$	2.1 ± 1.1 *	2.9 ± 0.8 *	3.0 ± 0.9 *	17.9 ± 4.1 *
	CONTROL	4.1 ± 0.8	3.7 ± 0.8	3.1 ± 0.9	2.9 ± 1.1	3.5 ± 0.8	3.7 ± 0.8	21.1 ± 3.6
J+2	CYCLE	4.0 ± 0.6	3.6 ± 1.0	3.2 ± 1.0	3.2 ± 1.1	3.7 ± 0.9	3.9 ± 0.8	21.7 ± 4.0
	RUN	3.9 ± 1.1	3.4 ± 0.9	2.9 ± 1.0 \$	2.5 ± 1.1 *	3.3 ± 0.8 *	3.5 ± 1.3 *	19.4 ± 4.0 *
	CONTROL	4.1 ± 0.8	3.7 ± 0.8	3.4 ± 1.0	3.3 ± 1.2	3.7 ± 1.0	4.2 ± 0.8	22.5 ± 4.6

Valeurs moyennes ± déviation standart. J+1 et J+2 ont été obtenus à 24h et 48h après la fin des journées expérimentales. *: Significativement différent avec CYCLE et CONTROL (p < 0.05). \$: significativement différent avec CONTROL (p < 0.05). €: significativement différent entre D+1 et D+2 (p < 0.05).

- Pas d'impact de la session d'endurance sur la production de puissance (Pic de vitesse moyen et vitesse moyenne de mobilisation des barres)
- Contradiction avec notre hypothèse initiale → type de contraction qui diffère [cyclisme (concentrique) / course (excentrique)]
- La session courue dans RUN rend la session de force perçue comme plus difficile et génère davantage de fatigue et de douleurs (J+1 et J+2)

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES/ PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 2 : CONCLUSION

Analyse des effets des modalités portées et courues sur l'apparition de la fatigue induite par la session d'endurance sur la session de force subséquente

- Pas d'apparition du mécanisme d'interférence (fatigue résiduelle) avec un exercice de répétition d'effort à haute intensité et 4h inter-session → END-FOR
- Apparition d'une fatigue subjective supérieure à J+1 et J+2 pour RUN (ressenti de courbatures, douleurs à la palpation)

Applications pratiques

- Possibilité de programmer ce genre de journée sur des semaines de compétitions malgré des contraintes extérieures (temps de trajet entre les différents espaces d'entraînement).
- Utilisation de modalités portées sur des fins de compétitions (joueurs hors groupe) → maintien d'une charge de travail sans générer de fatigue subjective à J+1 et J+2

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

ETUDE 3: CONTEXTE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

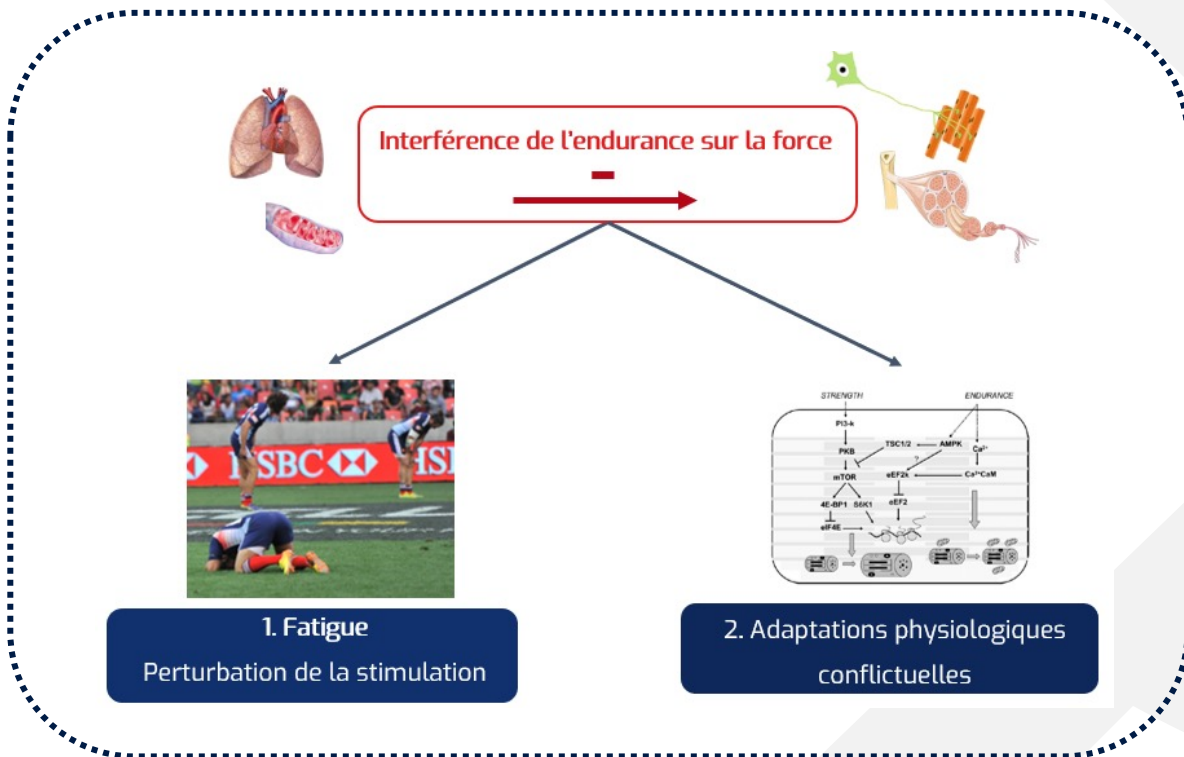
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



Modalités d'entraînement

Cantrell et al., (2014)
Millet et al., (2009)
Divljak, (2016)
Panissa et al., (2015)

Ordre des sessions

Sparkes et al., (2020) Coffey et al., (2009)
Johnston et al., (2017) Bell et al., (1988)

ETUDE 3 : CONTEXTE

Étude d'une programmation d'entraînements combinés sur 8 semaines chez des athlètes de haut niveau : effet de l'ordre et des modalités portées ou courues durant les sessions d'endurance sur les adaptations de l'entraînement en force

Publication en préparation

Mathieu B, Robineau J, Piscione J, Babault N

OBJECTIFS

- Effet de l'ordre / modalité → influencerait les gains potentiels de force dans une programmation combinée

Applications pratiques

- Mise en place de programmations spécifiques d'entraînement pré-Coupe du monde (modèle proche de celui des équipes de France)



Hypothèse

La modalité d'exercice courue ainsi que l'ordre Endurance/Force serait plus propice aux développements à long terme des qualités de force que d'autres modalités (Force/Endurance réalisée sur ergocycle).

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 3 : MÉTHODE

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

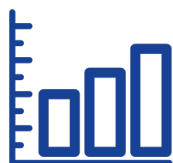
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



Evaluations réalisées

Evaluations de force maximale

3 répétitions maximales (RM) Développé couché (kg)
3 répétitions maximales (RM) Squat Box (kg)

Puissance

Counter movement jump (CMJ) (m.s)
Développé couché (m.s) (W)
Squat Box (m.s) (W)

Suivi de la charge de travail

Rating of perceived exertion (RPE) (1-10) x durée des sessions = sRPE (UA)

Foster et al., (2001).
Lovell et al., (2012)

Evaluations des qualités de déplacements

Vitesse maximale 10m/50 m
Eval aérobie de « terrain » - Yoyo test IR1
Eval aérobie, mesure laboratoire, du VO₂ (ml·min⁻¹)

Bangsbo al., (2008).
Carter et al., (2002)

Analyse de la composition corporelle

DXA (absorptiomètre biphotonique à rayons X)

ETUDE 3 : MÉTHODE

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

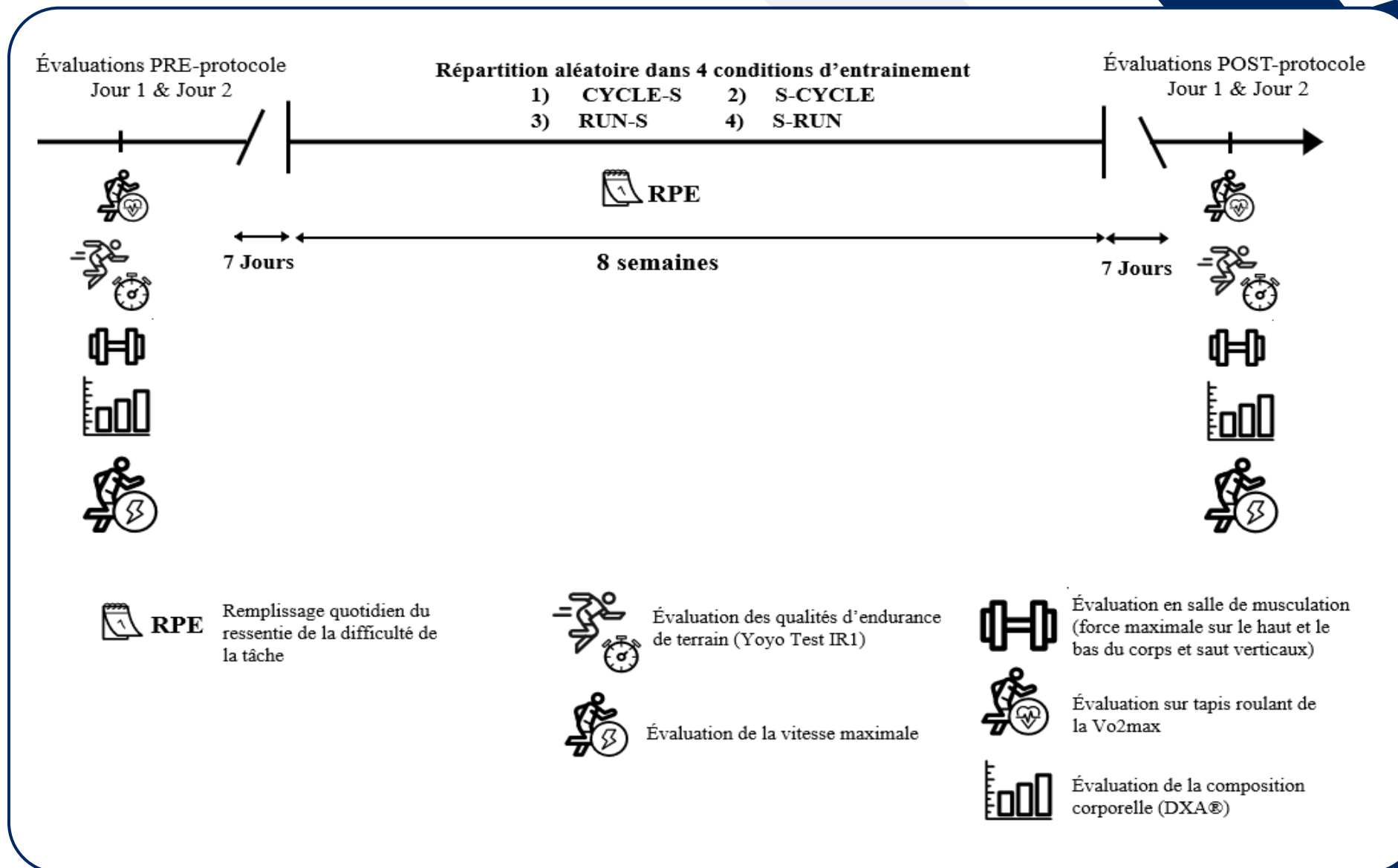
MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



- 50 individus ; âge : $24,6 \pm 3,7$ ans ; taille : $180,8 \pm 6,8$ cm ; masse corporelle : $92,8 \pm 14,7$ kg
- Aucune activité physique supplémentaire

ETUDE 3 : RÉSULTATS/DISCUSSIONS

Evaluations	Conditions				Facteur temps
	RUN-S	CYCLE-S	S-RUN	S-CYCLE	
10 m	=	-	=	=	p=0,441
50m	=	-	=	=	p=0,981
Vo2max	=	=	=	=	p=0,843
Yoyo IR1	=	=	=	=	p=0,087
DEXA % masse grasse	+	+	+	+	p=0,009*
DEXA % masse maigre	+	+	+	+	p=0,002*

+ : amélioration

- : régression

= : similaire

- Pas d'augmentation des temps aux 10m et 50m
- Réduction de la graisse corporelle / Augmentation de la masse musculaire grâce à la charge de travail globale accumulée

Garber et al., (2011).

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES/ PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 3 : RÉSULTATS/DISCUSSIONS

Evaluations	Conditions				Facteur Temps
	RUN-S	CYCLE-S	S-RUN	S-CYCLE	
CMJ Puissance moyenne	=	=	=	=	p=0,054
CMJ Pic de puissance	+	+	+	+	p=0,009*
CMJ Hauteur	=	-	=	=	p=0,819
DC 3RM	+	+	+	+	<0,001*
DC Puissance Moyenne	-	-	-	-	<0,001*
DC Pic de puissance	-	-	=	-	p=0,013*
SQ 3RM	+	+	+	+	<0,001*
SQ Pic de puissance	=	-	-	-	p=0,008*
SQ Puissance moyenne	=	-	-	=	p=0,051

+ : amélioration

- : régression

= : similaire

- Pas d'interférence sur le développement de la force maximale Schuman et al. (2021)
- Le facteur Ordre → influencerait MAIS sur des périodes d'intervention plus longues (>12 semaines) Eklund et al., (2015) Seipp et al., (2022).

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 3 : CONCLUSION

Étude d'une programmation d'entraînements combinés sur 8 semaines chez des athlètes de haut niveau : effet de l'ordre et des modalités portées ou courues durant les sessions d'endurance sur les adaptations de l'entraînement en force

- Pas de condition expérimentale en particulier permettant d'améliorer davantage les qualités cardiovasculaires, de puissance et de vitesse par rapport à une autre.
- Ni l'ordre des sessions, ni la modalité d'exercice des sessions d'endurance n'influencent les gains de force maximale des joueurs.
(Schumann et al., 2021)
- Amélioration de la composition corporelle → Programmers combinées sur 8 semaines, peu importe l'ordre (6sessions/semaines)

Applications pratiques

- Intérêt de pouvoir planifier sans contraintes lorsque l'objectif est le développement de la force maximale MAIS avec une population d'élite.

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 4 : CONTEXTE

Influence des différentes modalités d'exercice d'endurance sur les modifications de profils de miRs vésiculaires à la suite d'une session de force

Publication en préparation

Mathieu B, Robineau J, Piscione J, Babault N

OBJECTIFS

→ Déterminer des signatures moléculaires liées aux modalités de réalisation d'une session d'endurance pourrait être une approche prometteuse pour le développement de stratégies d'entraînement individualisées.



LABORATOIRE
BIOLOGIE DE
L'EXERCICE POUR
LA PERFORMANCE
ET LA SANTÉ

Hypothèse:

Observer des signatures moléculaires spécifiques à chaque modalité de travail en endurance comparativement à une session de Force seule. La signature moléculaire liée à la modalité courue serait davantage reliée à l'expression de gènes médiateurs de l'inflammation musculaire, ayant pour conséquence une augmentation de la lyse musculaire et une diminution de la synthèse protéique myofibrillaire par rapport à la modalité portée.

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

ETUDE 4 : CONTEXTE

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

les miRS

- Régulateurs d'expression de certains gènes
- Rôle essentiel dans la myogenèse
- Régulateurs de l'adaptation à l'effort

Drummond et al., (2008)

Tyler et al., (2015).

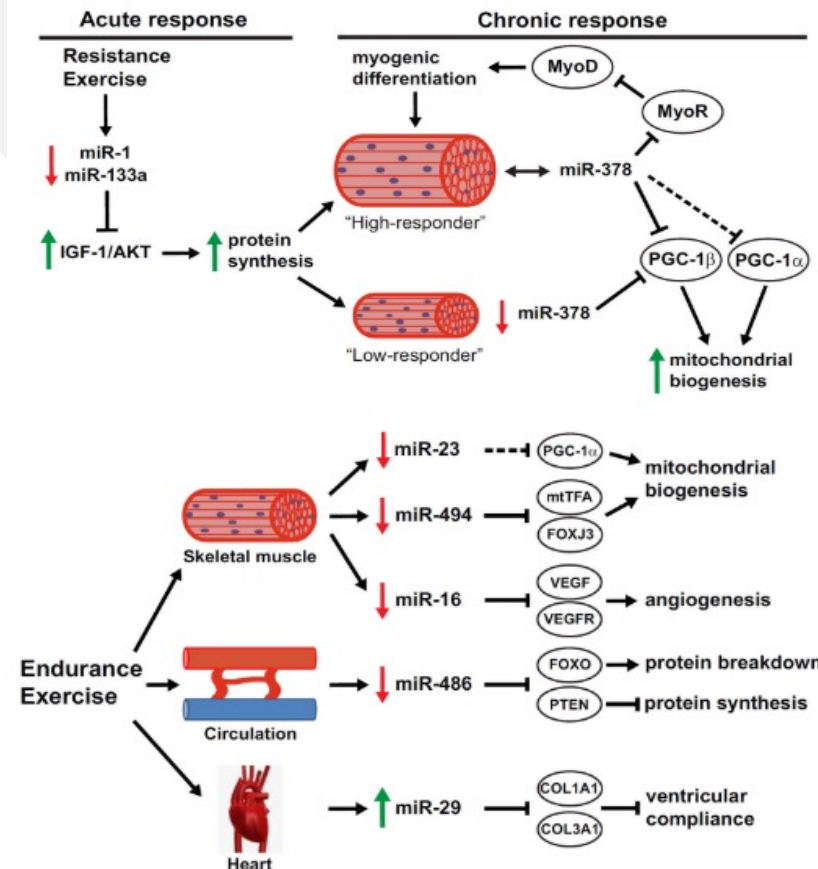
les miRS à l'exercice

→ Modulateurs intracellulaires du métabolisme oxydatif et du contrôle de la masse musculaire

Sharma et al., (2014)

→ Libération vers l'espace extracellulaire via les Vésicules extracellulaires (médiateurs de la communication intercellulaire)

Fry et al., (2017)



Mécanismes potentiels de régulation des adaptations à l'exercice d'endurance et de force par les microARN.

Kirby & MacCarthy., (2013)

ETUDE 4 : MÉTHODE (..DE L'ÉTUDE 2)

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

Evaluations réalisées

Puissance

CMJ (m.s)
DC (m.s) (W)
Squat Box (m.s) (W)

Suivi de la charge de travail

Questionnaire Wellness, RPE

Vmax / Puissance

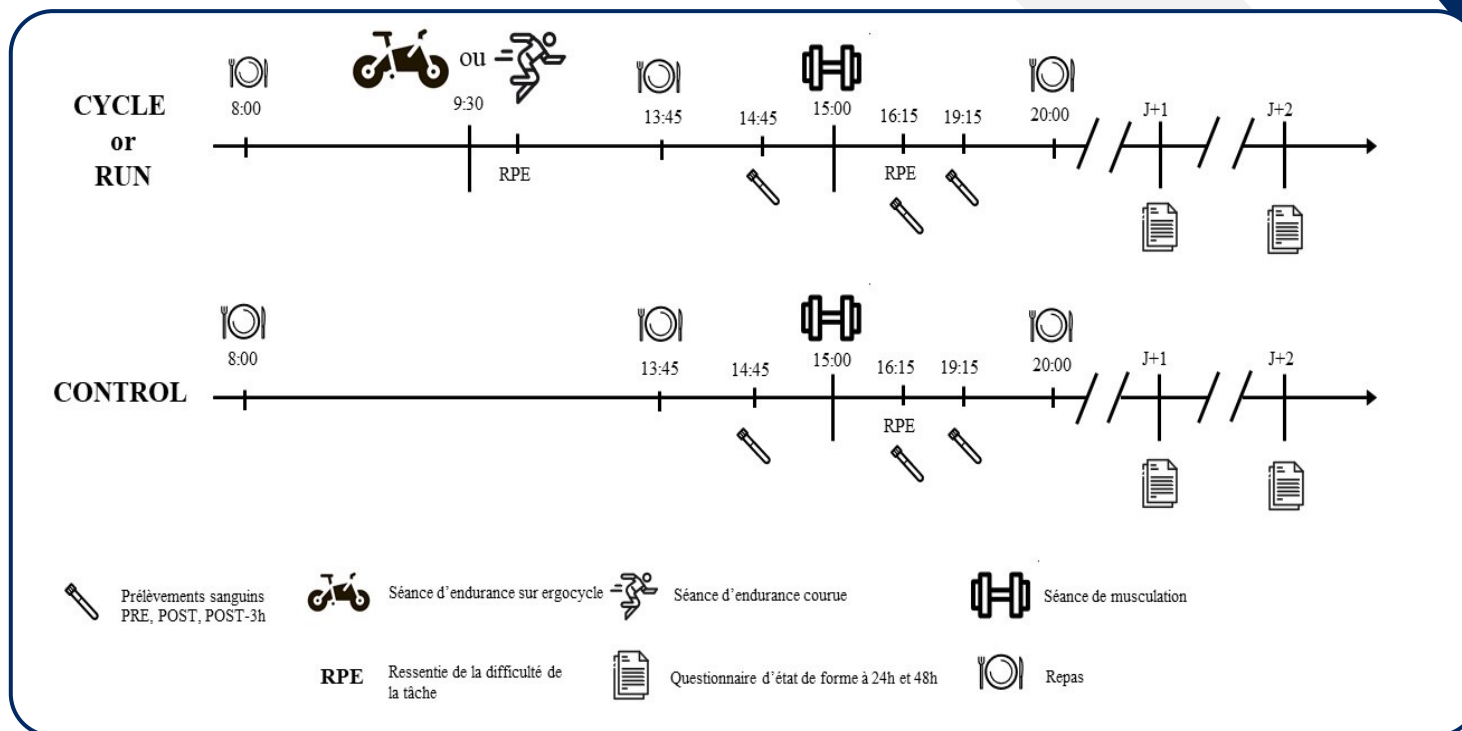
Répétition de sprints sur ergocycle (Wattbike, Watt)
Répétition de sprints courus sur synthétique (km/h)

Analyse de la composition du sang

miARN / Vésicule extracellulaire



➤ Après échantillonnage → 12 tubes de 1,5 ml de plasma



ETUDE 4 : MÉTHODE (..DE L'ÉTUDE 2)

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

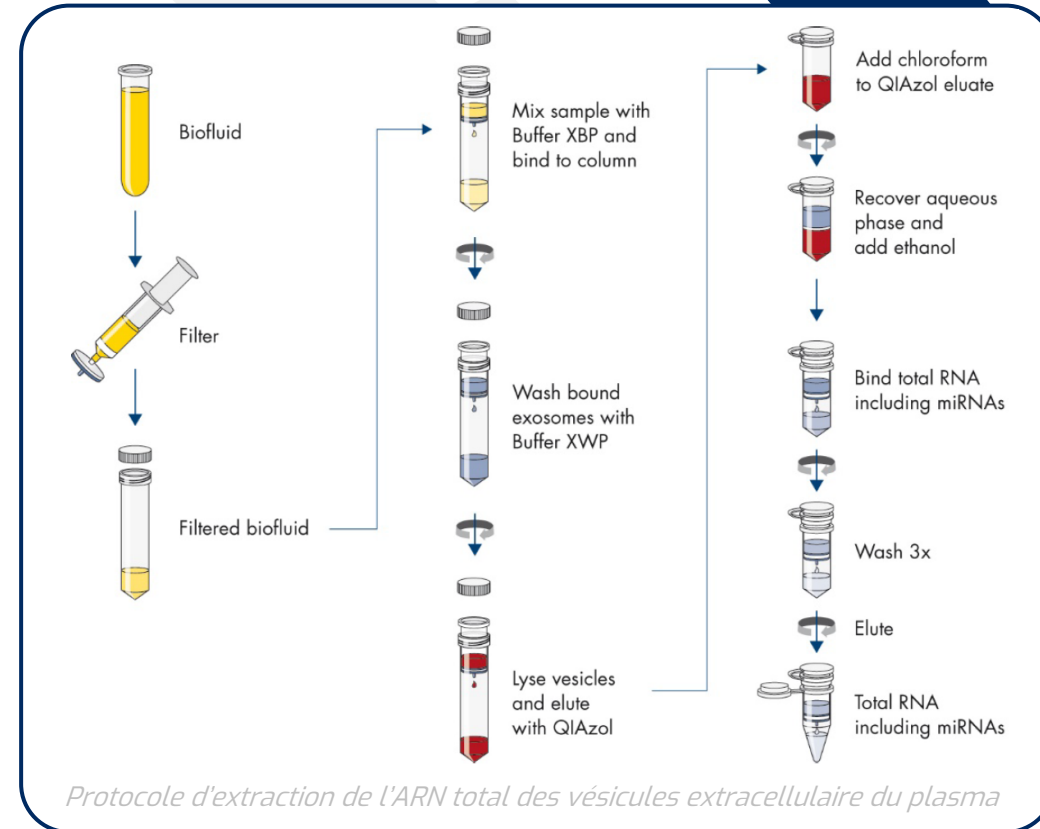
ECHANGES / QUESTIONS

- 1) Prélèvements biologiques
- 2) Séquençage des miARNs dans les vésicules extracellulaires
- 3) Extraction des ARNs vésiculaires → miRs avec un taux de variation > 2,5 entre les conditions
- 4) La transcriptase inverse
- 5) La technique réaction en chaîne par polymérase quantitative en temps réel (RT-qPCR)

- miR-203a-3p
- miR-205-5p
- miR-1290
- miR-206
- miR-9-5p
- miR-184
- miR-19b-3p



LABORATOIRE
BIOLOGIE DE
L'EXERCICE POUR
LA PERFORMANCE
ET LA SANTÉ



- 6) La stabilité des miR de référence a été assuré par les plateformes : *geNorm*, *BestKeeper*, *NormFinder*
miR-16-5p / miR-7i-5p / miR-21-5p / miR-103a-3p / miR -191-5p

ETUDE 4 : ANALYSE STATISTIQUE

- Les quantifications finales → unité arbitraire (UA)
- Test loi normale (test de Shapiro-Wilk) → analyses unidirectionnelles de la variance ainsi que des ANOVA à deux facteurs à mesures répétées
- Si absence de normalité de la distribution des données → un test non paramétrique de Kruskal-Wallis.
- Si interaction significative trouvée entre le temps (procédures de test PRE – POST – POST3h) et la condition (CONTROL, CYCLE et RUN) → test non paramétrique de Friedman a été réalisé



ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

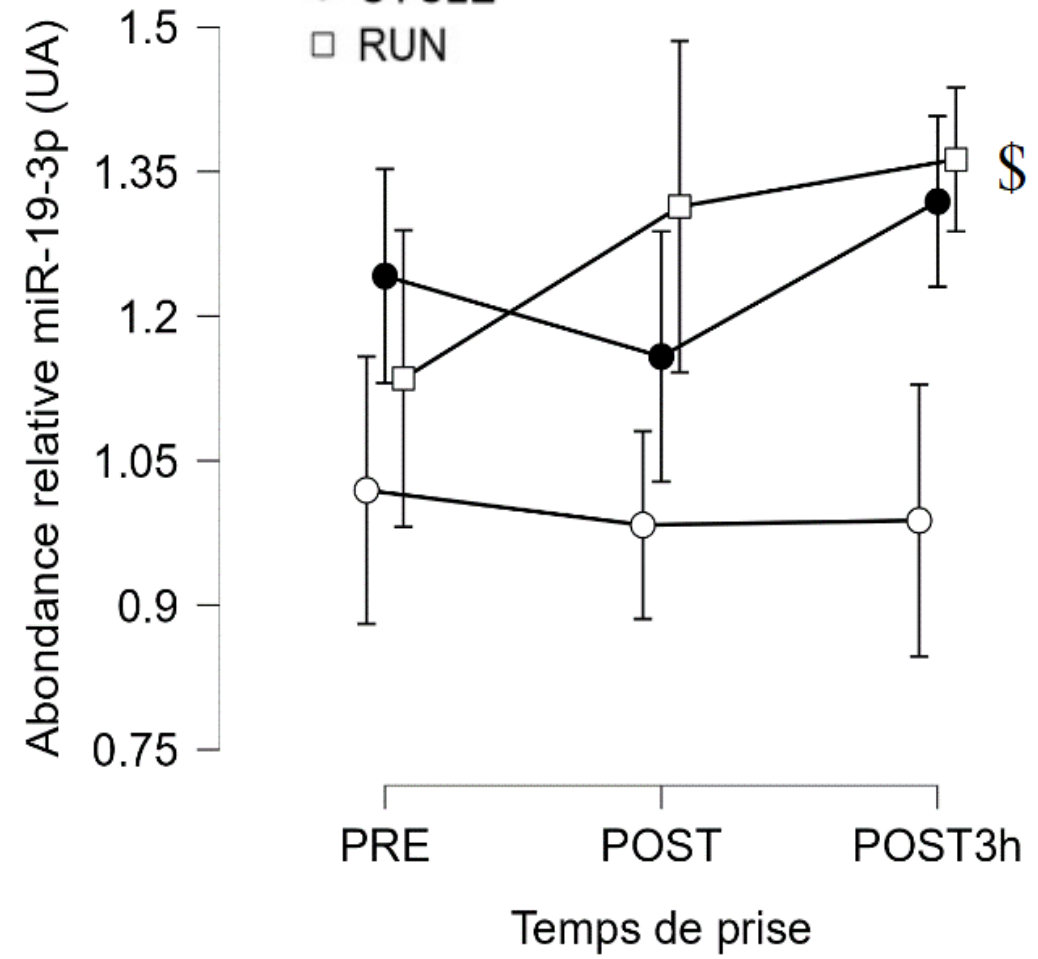
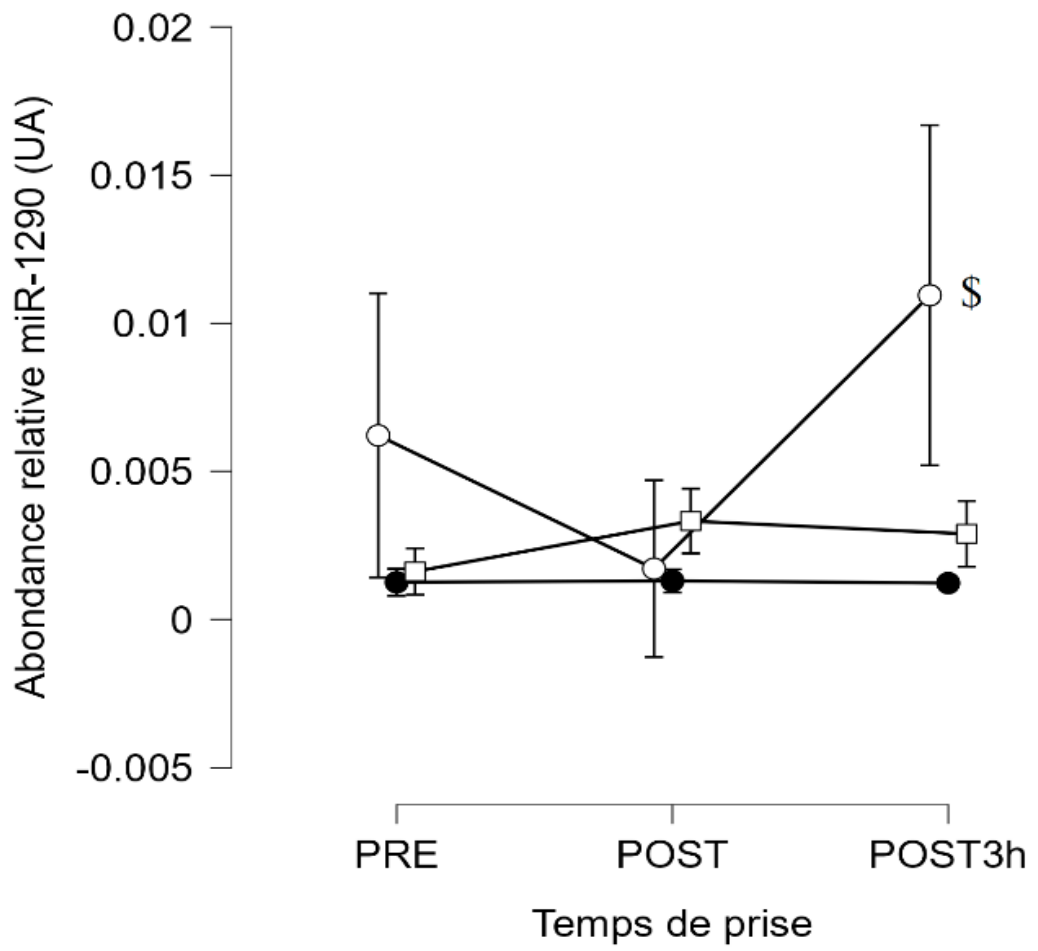
OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

ETUDE 4 : RÉSULTAT



Conditions
 ○ CONTROL
 ● CYCLE
 □ RUN

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

Résultats en accord avec la littérature :

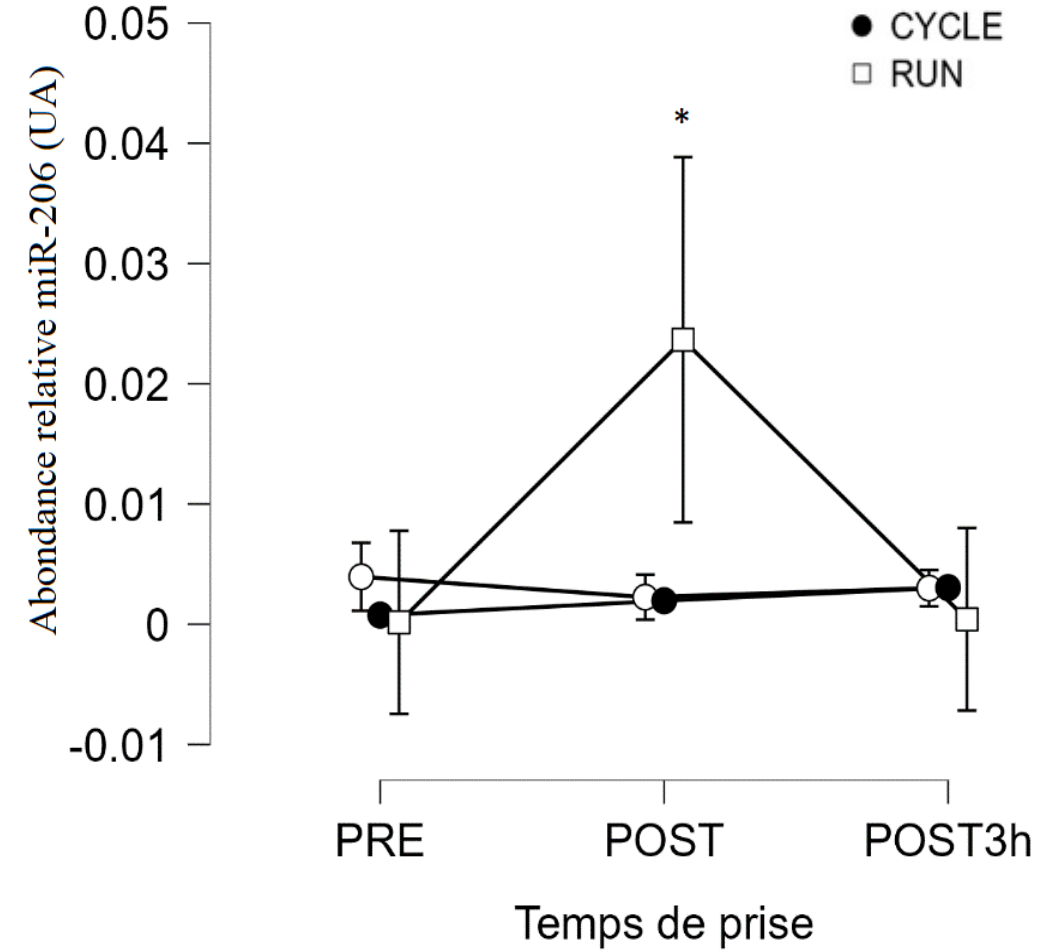
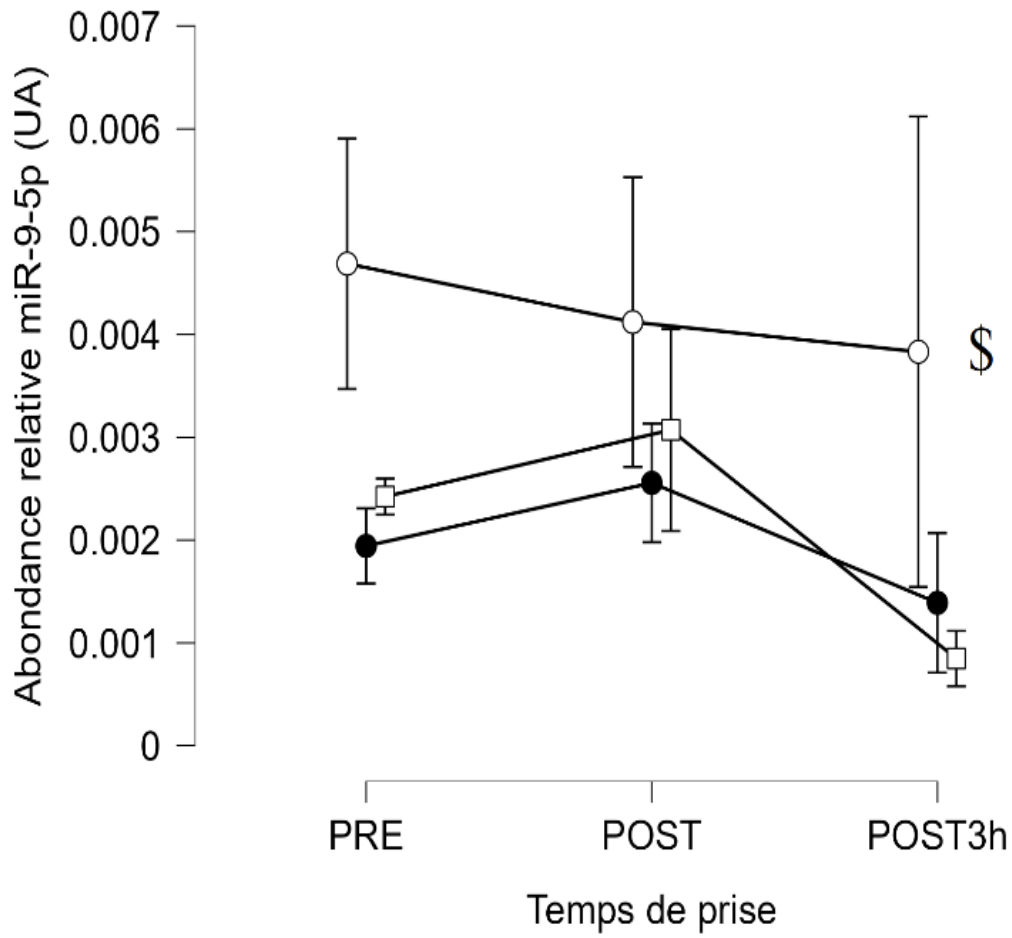
miR-1290 → Rôle potentiel dans les cellules musculaires, accélérerait la différenciation des myoblastes [Che et al., \(2021\)](#)

miRs 19-3p → Rôle potentiel sur l'inhibition de la voie de signalisation Akt/mTor [Jiang et al. \(2018\)](#)

ETUDE 4 : RÉSULTAT

Conditions

- CONTROL
- CYCLE
- RUN



miR 9-5p → abondance plus importante dans CONTROL que CYCLE.
 → Cible potentiel de la différenciation myogénique

Dong et al., (2022)

miR 206 → abondance plus importante dans RUN POST que CYCLE POST / CONTROL POST.
 → Cible des gènes liés au développement myofibrillaire / transition types de fibres musculaires

Banzet et al., (2013)
 McCarthy et al., (2008)

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ETUDE 4 : CONCLUSION

Exploration de nouveaux marqueurs biologiques lors d'une programmation d'entraînements combinés :
Influence des différentes modalités d'exercice d'endurance sur les modifications de profils de miRs
vésiculaires à la suite d'une session de force.

- miR-206 → Témoin de la réalisation d'une modalité d'endurance courue (RUN) dans un protocole d'entraînement combiné par rapport à CYCLE et CONTROL.
- miR-206 → pas de différence entre les conditions CYCLE et CONTROL
- Observations sur des cycles plus longs de travail → adaptations et fluctuation en fonction du phénomène d'interférence
- Méthodologie d'analyse encore trop lourde et onéreuse → doit se développer

Applications pratiques

- Projet qui positionne la fédération comme novatrice dans la recherche et la compréhension des réponses à l'entraînement.
- Nouvelles informations concernant l'impact de session d'endurance réalisées avec différentes modalités

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

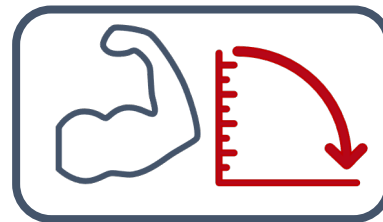
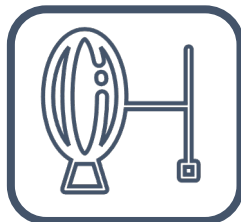
PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Comment maîtriser dans l'environnement du rugby de haut niveau, le phénomène d'interférence de l'entraînement d'endurance sur le développement des qualités de force




« Effets d'interférence »



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS



Etude 1 : le phénomène d'interférence dans les clubs professionnels

- ✓ Enjeux sportifs
- ✓ Stratégies programmables existantes



Etude 3: le phénomène d'interférence lors d'une programmation de 8 semaines chez des joueurs élites

- ✓ évolution des niveaux de force pas impacté → ORDRE / MODALITE
- ✓ PAS de choix préférentiel d'une des conditions



Etude 2: le phénomène d'interférence lors d'une journée combinée

- ✓ END-FOR / +4heures → possible à court terme
- ✓ Stratégies programmables existantes



Etude 4: les prémices d'une approche innovante de biologie moléculaire

- ✓ Réponses essentielles et spécifiques sur l'exercice aigu réalisé
- ✓ Méthodologie lourde MAIS prometteuse

PERSPECTIVES

- ❖ Recherches autour des réponses inter-individuelles à l'exercice (études autour des bons/non-répondeurs dans des programmations combinées)

Beaven et al., (2008)

- ❖ Poursuivre l'analyse fine des mécanismes d'inhibition des voies de signalisation de la biogenèse ribosomique et mitochondriale (remise en cause dernièrement)

Mesquita et al., (2021)

- ❖ Recherches autour de la performance sportive influencées par les facteurs génétiques.

Ehlert et al., (2013)

Ahmetov et al., (2016)

- ❖ Etude autour du profilage génomique de l'ADN couplé à une étude plus fine des réponses aux entraînements combinés.

Ghosh & Mahajan, (2016)

ANALYSE DE
L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES
D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE
LA THÈSE

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS
GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES /
QUESTIONS



ÉCOLE DOCTORALE
Environnements - Santé
Bourgogne | Franche-Comté



QUESTIONS ET ÉCHANGES

UBFC



UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

APPLICATIONS PRATIQUES

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

E1

- Possibilité de reproduire les méthodes d'entraînement réalisées en clubs et en sélection pour assurer un suivi cohérent des pratiques
- Cette article peut servir de ressource pour informer et améliorer les pratiques d'entraînement (influencer la conception de futures études sur la gestion du phénomène d'interférence)

E2

- Possibilité de programmer ce genre de journée sur des semaines de compétitions malgré des contraintes extérieures (temps de trajet entre les différents espaces d'entraînement).
- Utilisation de modalités portées sur des fins de compétitions (joueurs hors groupe) → maintien d'une charge de travail sans générer de fatigue subjective à J+1 et J+2

E3

- Intérêt de pouvoir planifier sans contraintes lorsque l'objectif est le développement de la force maximale MAIS avec une population d'élite.

E4

- Projet qui positionne la fédération comme novatrice dans la recherche et la compréhension des réponses à l'entraînement.
- Nouvelles informations concernant l'impact de session d'endurance réalisées avec différentes modalités

GESTION DE L'INTERFÉRENCE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

L'ordre d'entraînement

Coffey et al., (2009)

- END-FOR réduit la réponse anabolique
- FOR-END, le processus inflammatoire et la dégradation protéique serait exacerbés

Leveritt et al., (1999)

- Déplétion du glycogène musculaire

Isquierdo et al., (2009) Jones et al., (2016)

- Inhibition des voies de signalisation anaboliques à un entraînement de force

Murlasits. et al., (2018)

- FOR-END nécessaire pour développer la force maximale

Johnston et al., (2017)

FOR + SPRINT courue (6x50m all out) ou SPRINT courue (6x50m all out) + FOR

- Pas d'influence sur les réponses endocrinienne, les douleurs subjectives, les lésions musculaires et les performances neuromusculaires sur 24 heures.

- Temps au 10m amélioré lorsque FOR - SPRINTcourue

GESTION DE L'INTERFÉRENCE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

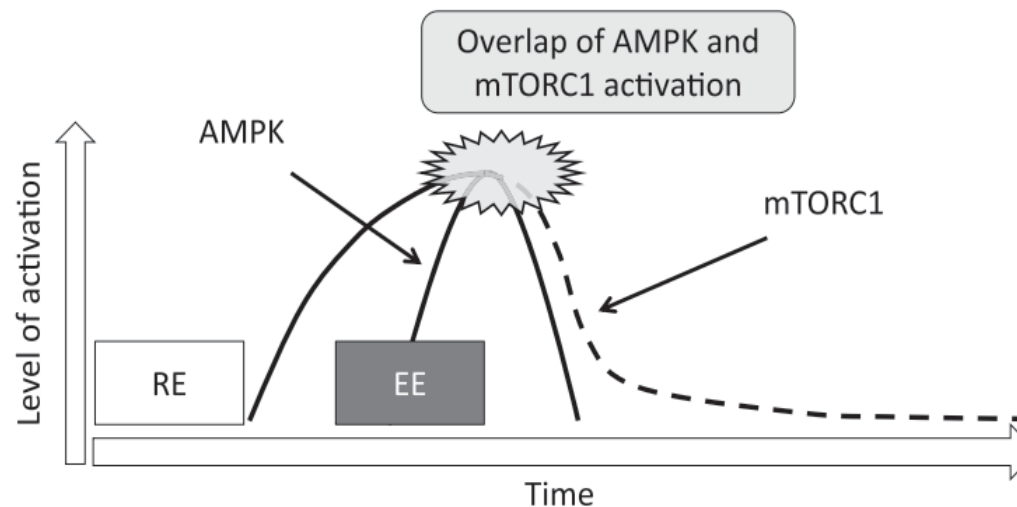
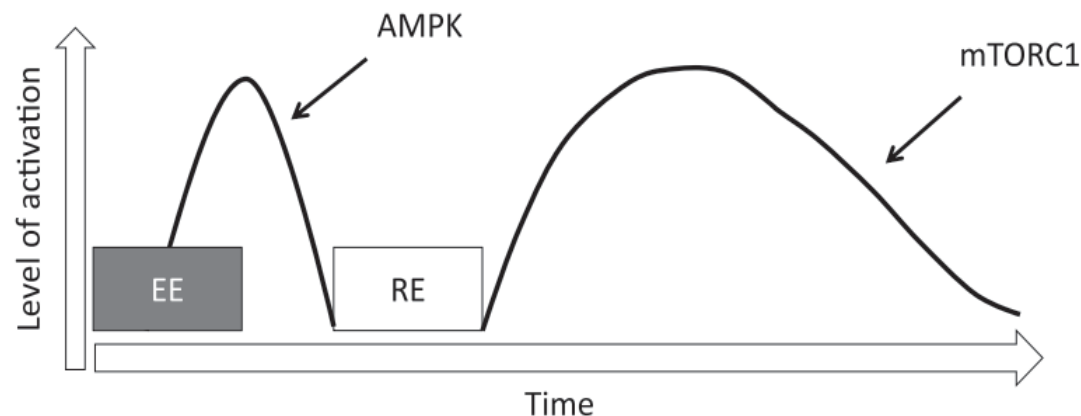
Le temps de récupération

Lee-young et al., (2008); Wojtaszewski et al., (2002)

→ Durée d'activation des voies de signalisation
signalisation métabolique à l'exercice d'endurance
relativement transitoires (environ 3h)

Deldicque et al., (2008); Drummond et al., (2011)

→ Durée d'activation des voies de signalisation
signalisation réponses anaboliques, tel que la
phosphorylation de mTOR et de p70S6K, suite à
l'exercice de force (environ 24 h)



Makanae et al., (2015)

GESTION DE L'INTERFÉRENCE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

La modalité d'exercice



Cantrell et al., (2014)

→ Aucune altération des gains de force par rapport à ceux mesurés suite à une situation de contrôle (force uniquement)

Bijker et al., (2002); Millet et al., (2009); Millet & Lepers, (2004)

→ le schéma de recrutement des unités motrices ainsi que le type de contraction musculaire divergent (concentrique versus excentrique)

Wilson et al., (2012)

→ Un entraînement aérobic porté semblerait donc moins délétère que l'entraînement de course pour le développement conjoint des paramètres neuromusculaires

Panissa et al., (2015); Divljak et al., (2016)

→ Amplitude de l'interférence plus élevée pour la modalité portée VS course

Bijker et al., 2002)

→ La modalité portée génère une composante contractile concentrique plus élevée

Knechtle et al., (2004); Scott et al., (2006); Knechtle et al., (2004)

→ Plus haut niveau d'épuisement du glycogène musculaire et d'oxydation des glucides (Knechtle et al., 2004) par rapport à la course.

ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ /
INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

GESTION DE L'INTERFÉRENCE

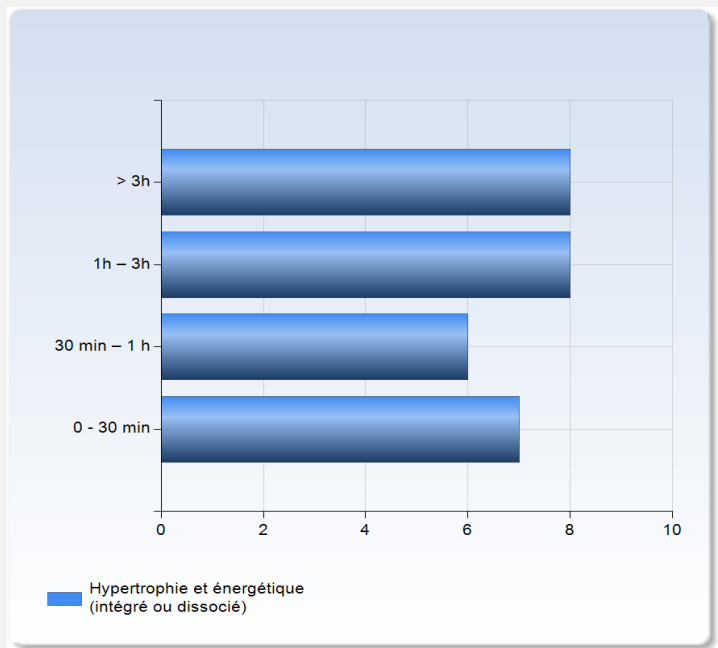
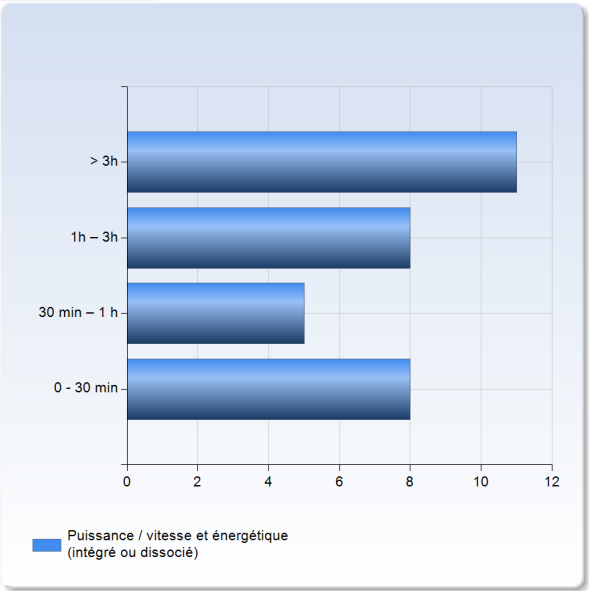
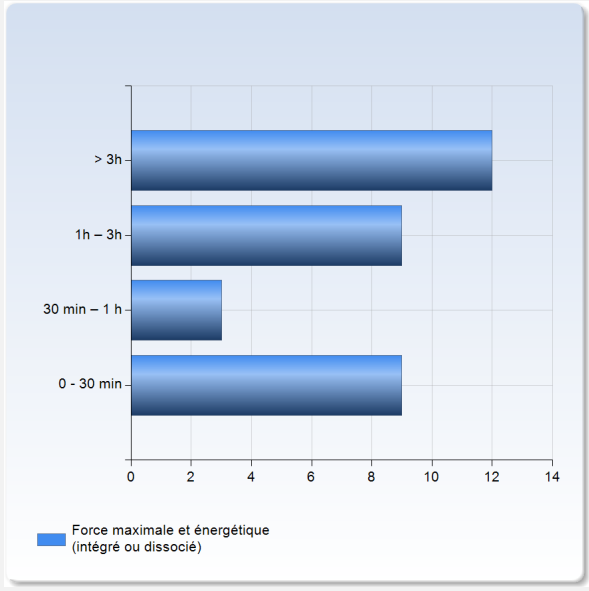
OBJECTIF GÉNÉRALE DE LA
THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

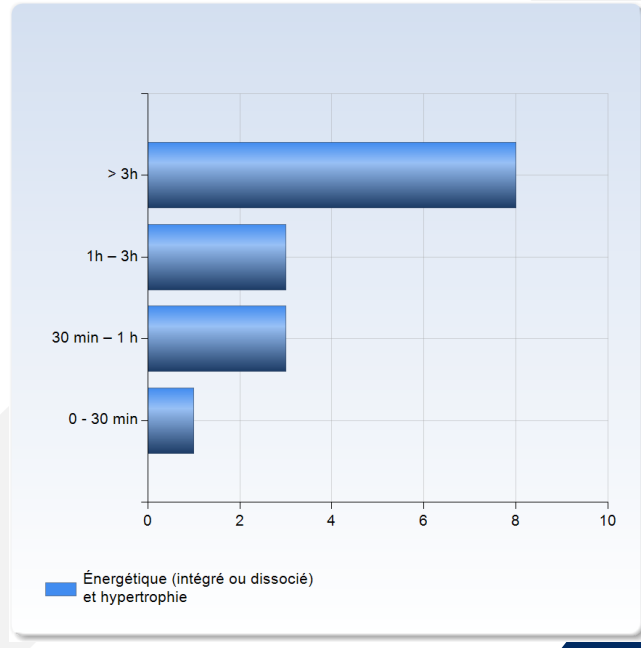
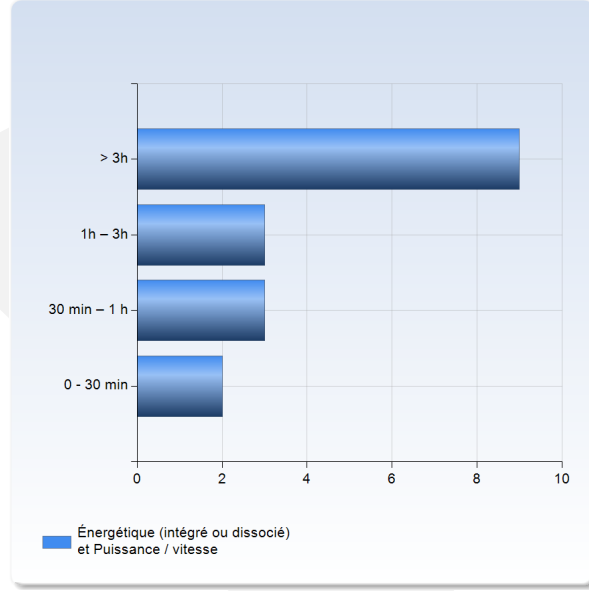
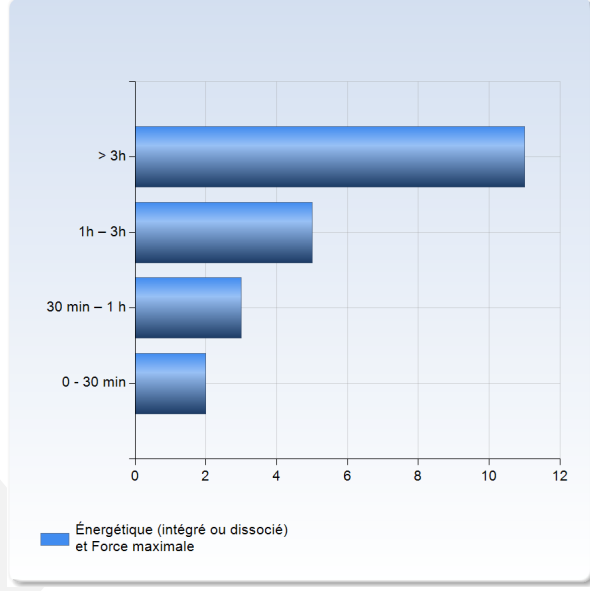
CONCLUSIONS GÉNÉRALES/
PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

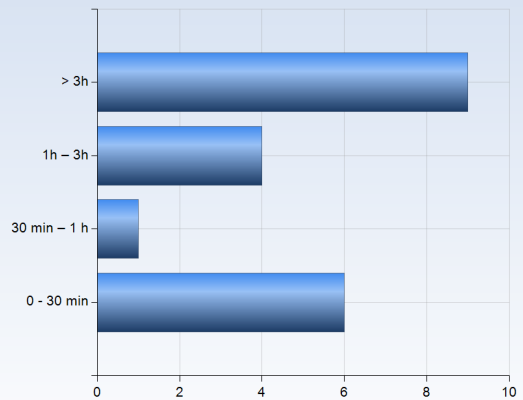
Présaison – FOR - END



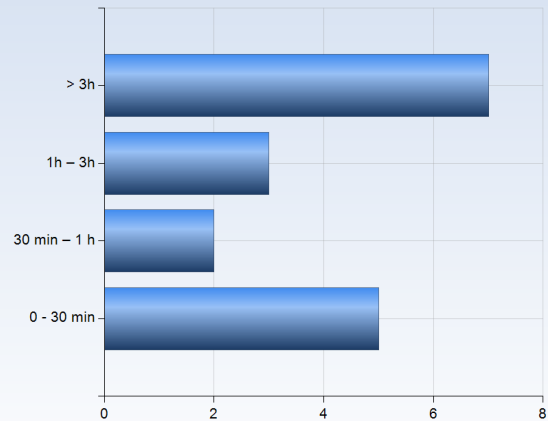
Présaison – END - FOR



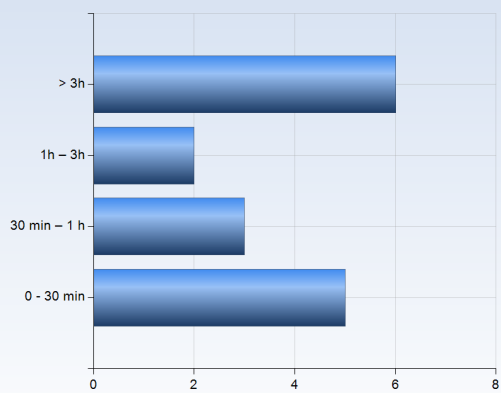
Saison compétitive – FOR - END



Force maximale et énergétique (intégré ou dissocié)

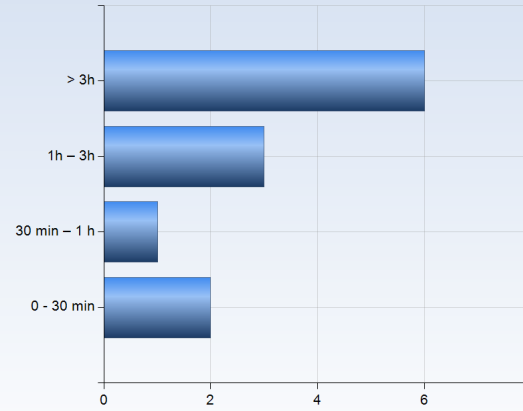


Puissance / vitesse et énergétique (intégré ou dissocié)

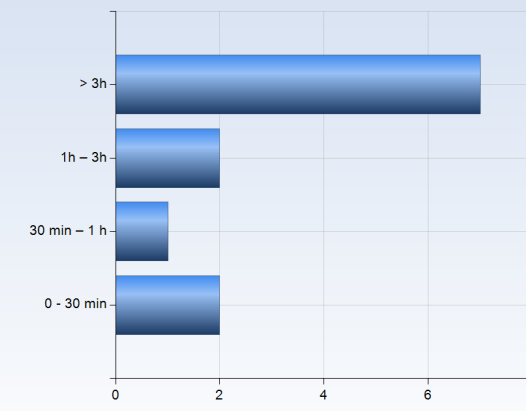


Hypertrophie et énergétique (intégré ou dissocié)

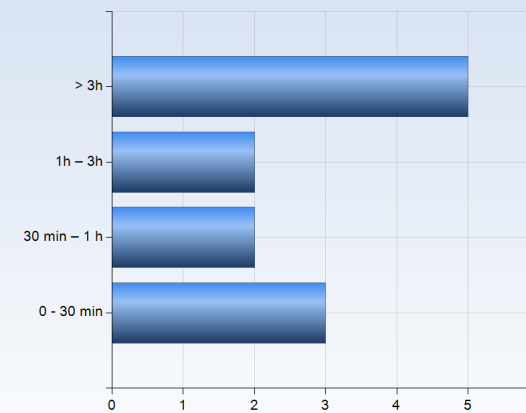
Saison compétitive – END - FOR



Énergétique (intégré ou dissocié) et Force maximale

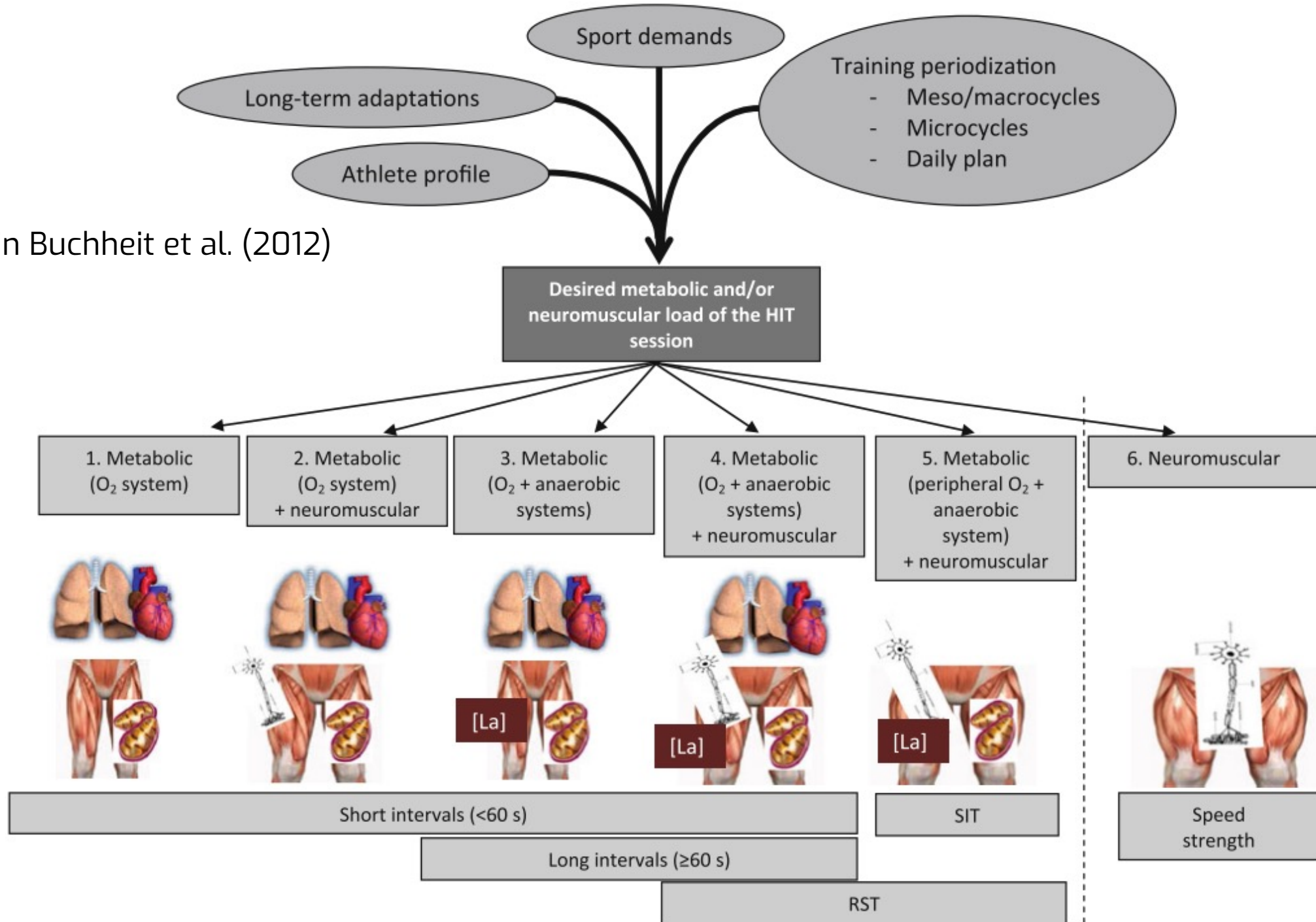


Énergétique (intégré ou dissocié) et Puissance / vitesse



Énergétique (intégré ou dissocié) et hypertrophie

Martin Buchheit et al. (2012)



« Une fatigue accumulée → risque de surchauffe , se traduirait par une altération d'activité dans le cortex préfrontal latéral

Mesures objectives et subjectives de la fatigue

Différentes méthodes existent et se complètent pour tenter de la quantifier :

- Évaluations subjectives (questionnaires, échelles visuelles analogiques)
- Mesures comportementales (par exemple taux de réponse correcte, temps de réaction, vitesse ou puissance mécanique, déterminants de la force musculaire),
- Mesures psychophysiologiques (activité cardiaque, réponse électrodermale, dilatation pupillaire comme témoins des réponses du système nerveux autonome),
- Mesures neurophysiologiques (activité cérébrale via des méthodes de neuroimagerie combinées, activité neuromusculaire via ses composantes centrales et périphériques) »

Mais difficile d'identifier l'origine de la fatigue par moment car plurifactoriel !

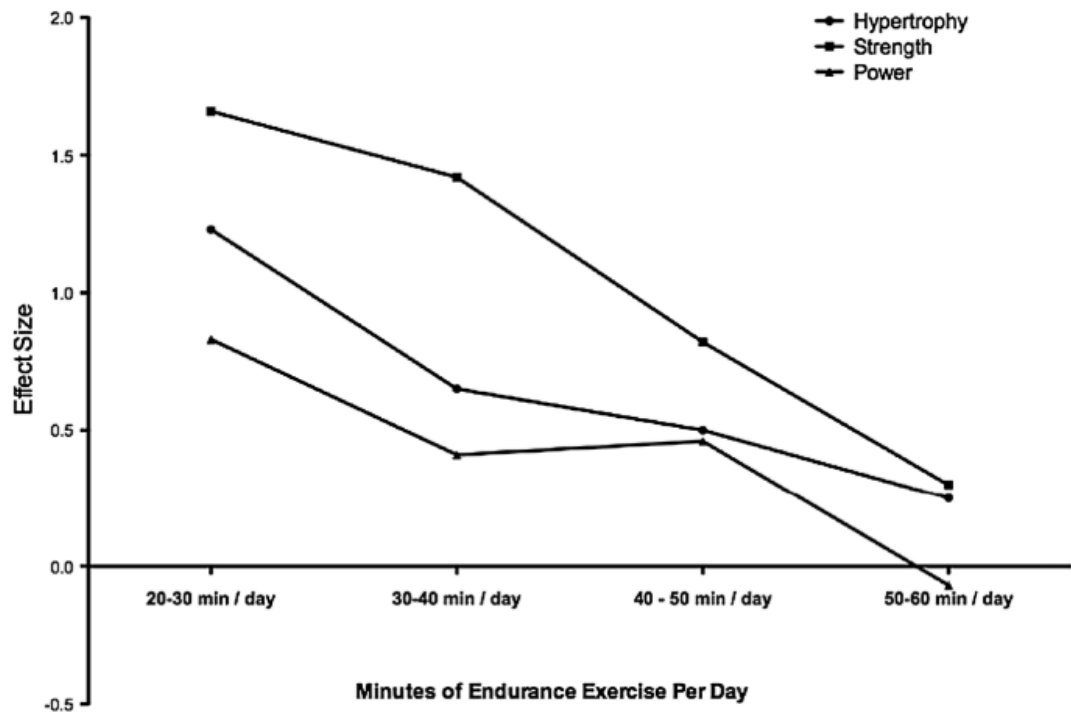


Figure 4. Dose-response effect size for the average duration of endurance workout.

Wilson et al.,2012

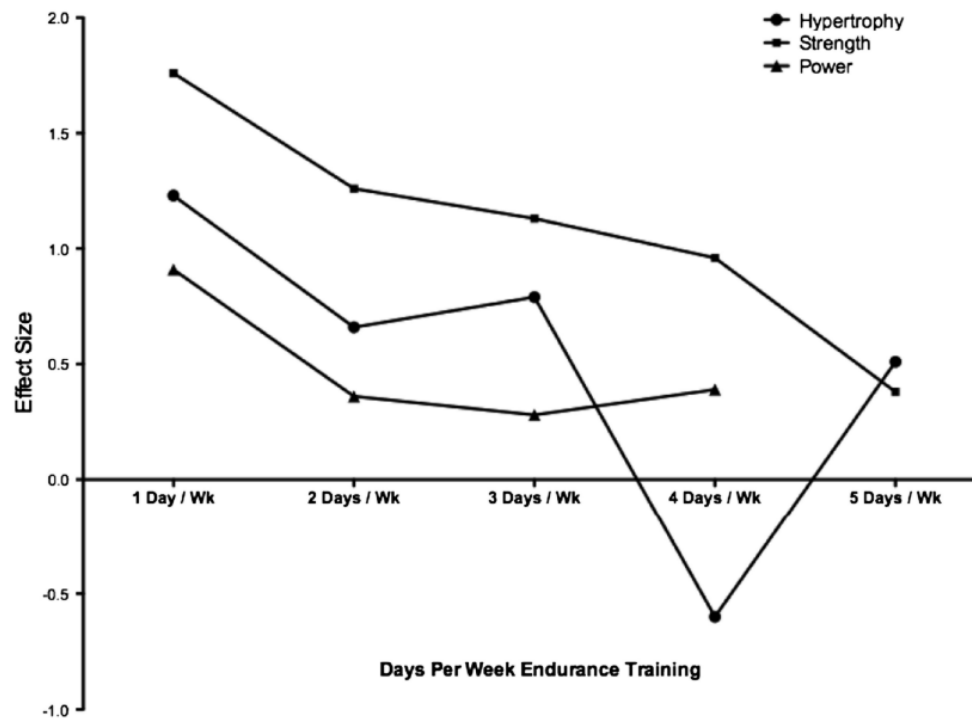


Figure 3. Dose-response effect size for frequency of endurance training.

Période d'entraînement

		Semaine	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Répartitions des différentes séances au cours du protocole		Nombre entraînements END	3	3	4	2	3	3	3	2
		Nombre d'entraînement en musculation	3	3	4	2	3	3	3	2
Mouvements Principaux		Nombre de Séries sur le haut du corps	12 à 15	15 à 17	16 à 19	8 à 11	12 à 15	15 à 17	15 à 17	6 à 8
		Nombre Séries bas du corps	8 à 12	12 à 15	15 à 17	7 à 10	8 à 12	12 à 15	12 à 15	5 à 7
		Répétitions	6 à 10	5 à 8	4 à 6	3 à 5	3 à 5	2 à 4	2 à 4	2 à 4
		Intensité (%)	70% - 80%	75% à 85%	80% à 85%	85% - 90%	85% - 90%	90% - 95%	90% - 95%	90% - 95%
		Récupération (min)	2'00	2'30	2'30	3'00	3'00	3'00	3'00	3'00
			Nombre de Séries sur le haut du corps	12	15	16	8	12	15	15
Cinétique Charge de travail en musculation	Mouvements Complémentaires	Nombre Séries bas du corps	9	12	12	6	9	12	12	6
		Répétitions	8 à 12	8 à 12	8 à 10	8	8	8 à 10	8 à 10	8
		Intensité (%)	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie	Sous Maximal / Renforcement et Prophylaxie
		Récupération (min)	2'00	2'30	2'30	3'00	3'00	3'00	3'00	3'00
Cinétique Charge de travail Aérobie	Travail Aérobie sur Ergocycle	CYCLE-S / S-CYCLE	3x6 Rep R4' en 6"/24" (Intensité maximale / Sprint)	3x7 Rep R4' en 6"/24"	3x8 Rep R4' en 6"/24"	3x6 RepR4' en 6"/24"	3x8 Rep R4' en 6"/24"	3x9 Rep R4' en 6"/24"	3x10 Rep R4' en 6"/24"	3x8 Rep R4' en 6"/24"
	Travail Aérobie couru	RUN-S / S-RUN	3x6 Rep R4' en 6"/24" (Intensité maximale / Sprint)	3x7 Rep R4' en 6"/24"	3x8 Rep R4' en 6"/24"	3x6 RepR4' en 6"/24"	3x8 Rep R4' en 6"/24"	3x9 Rep R4' en 6"/24"	3x10 Rep R4' en 6"/24"	3x8 Rep R4' en 6"/24"

GESTION DE L'INTERFÉRENCE

Facteurs liés à la programmation de l'entraînement

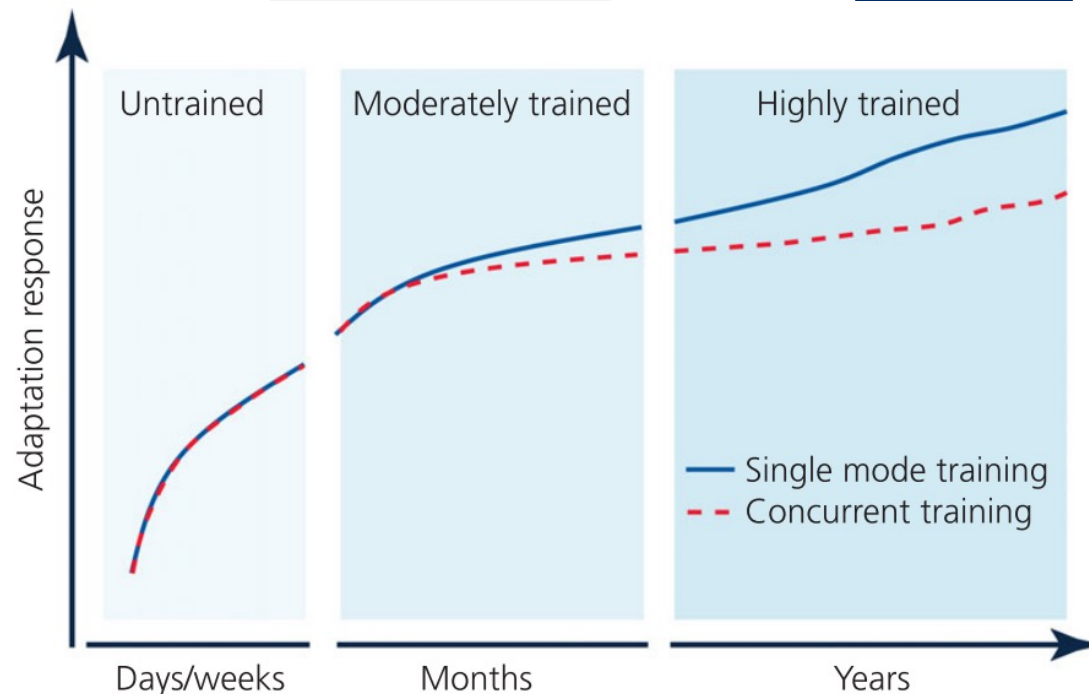
L'historique d'entraînement

Coffey & Hawley, (2017)

→ Plus l'athlète est entraîné, plus le phénomène d'interférence limite les réponses à l'entraînement

Murach & Bagley, (2014),

→ il y aurait un effet positif significatif des entraînements combinés après des programmations à moyen terme (6 - 12 semaines) chez une population débutante

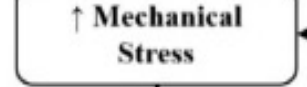
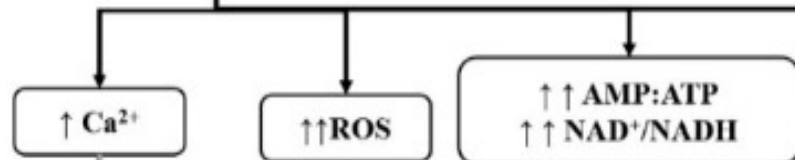


The Journal of
Physiology

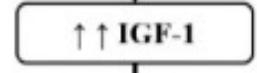
Coffey & Hawley., (2017)



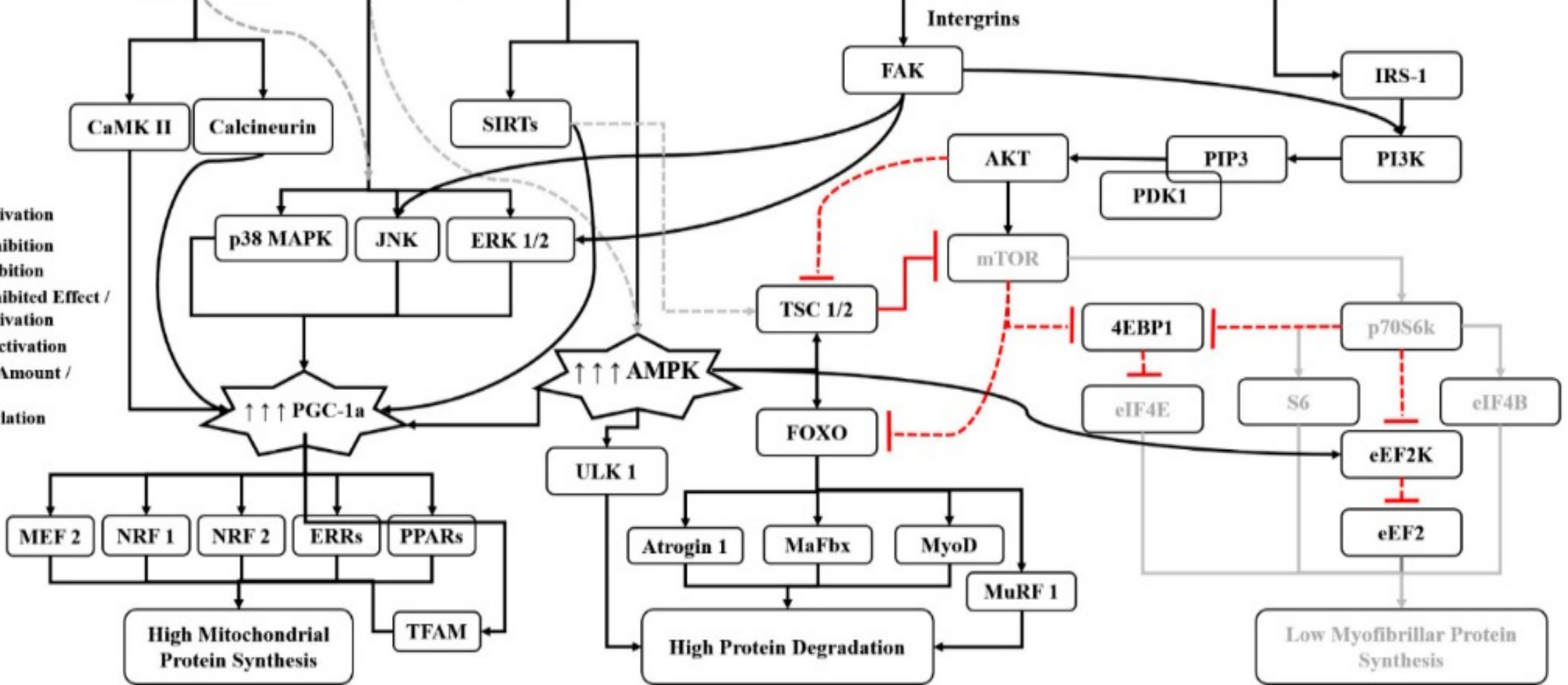
High Volume Continuous Endurance Training



Resistance Training



- Strong Activation
- Strong Inhibition
- - Weak Inhibition
- Strong Inhibited Effect / Lower Activation
- - - Possible Activation
- ↑ Increased Amount / Increased Phosphorylation

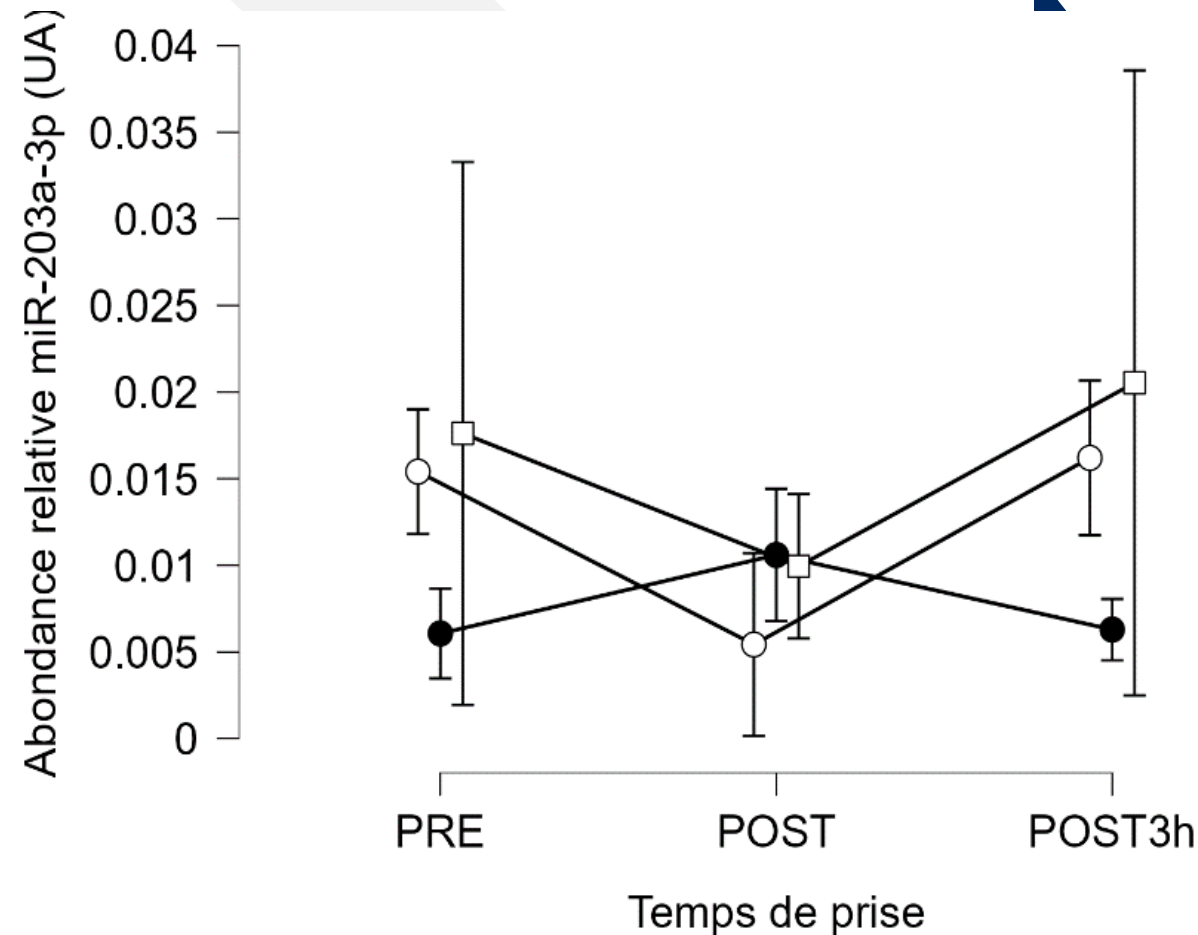
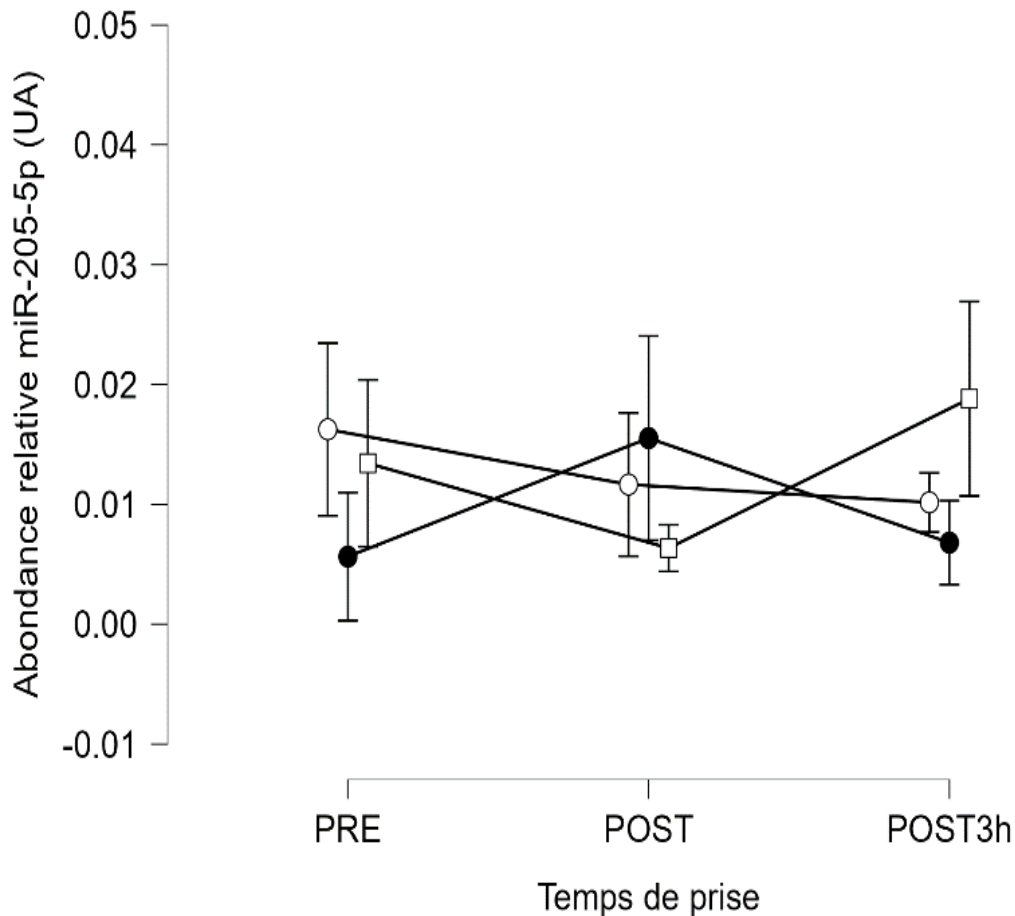


ETUDE 4 : RÉSULTAT



Conditions

- CONTROL
- CYCLE
- RUN



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

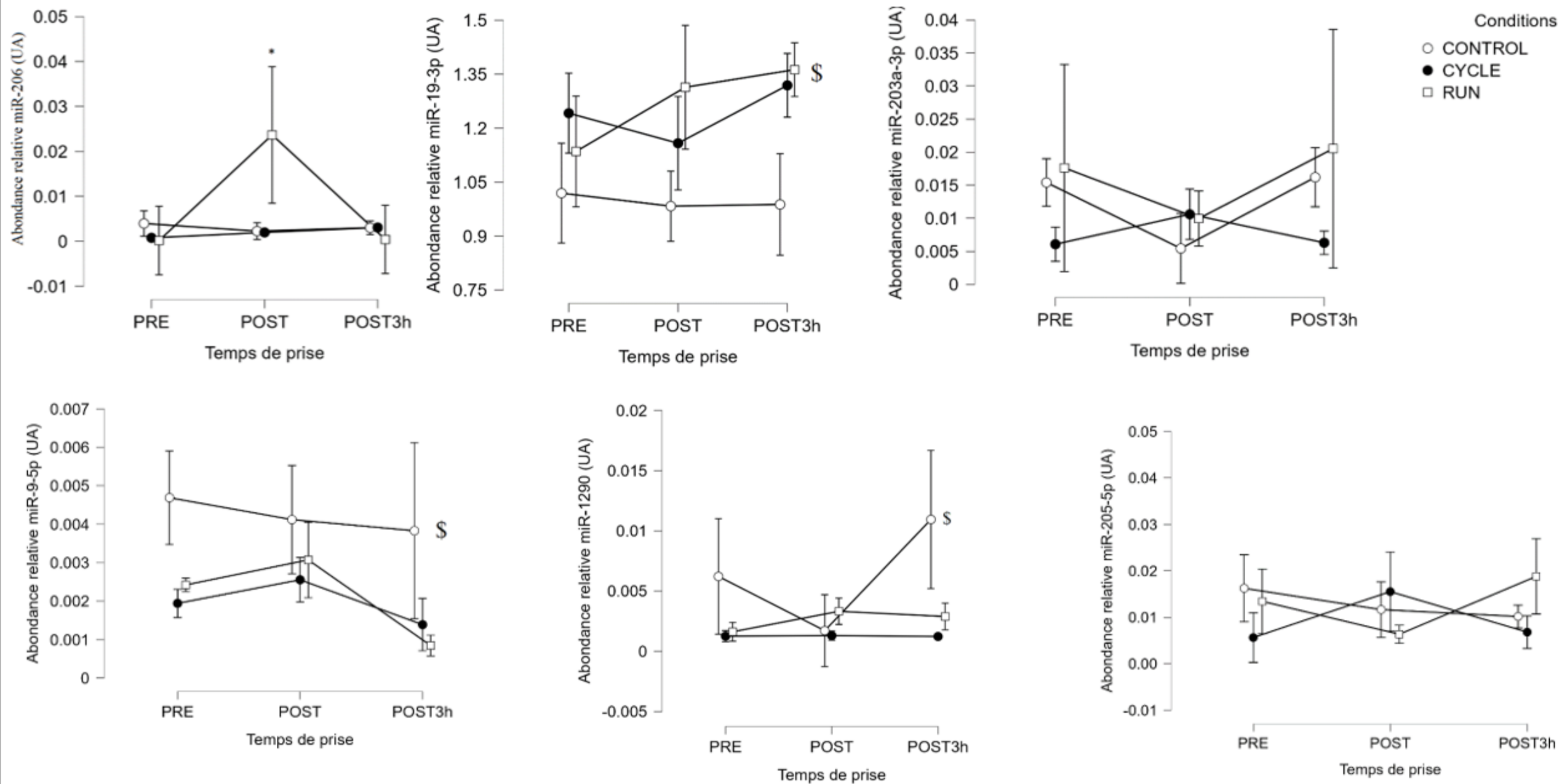
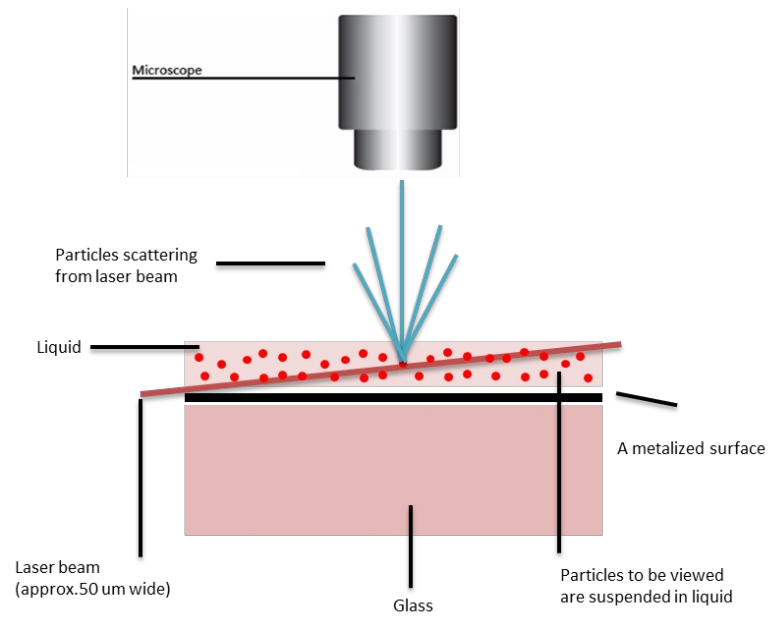


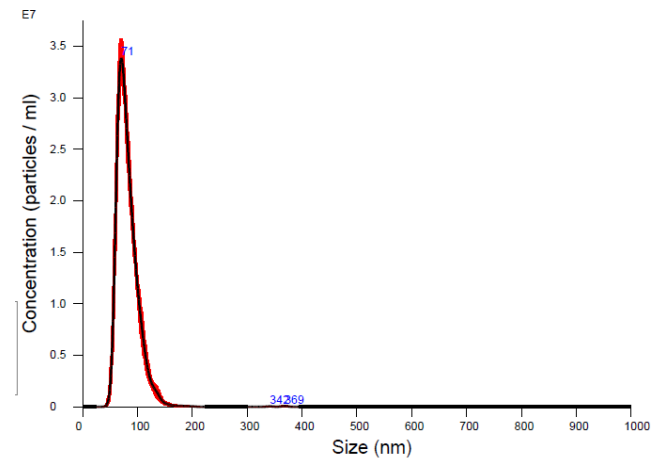
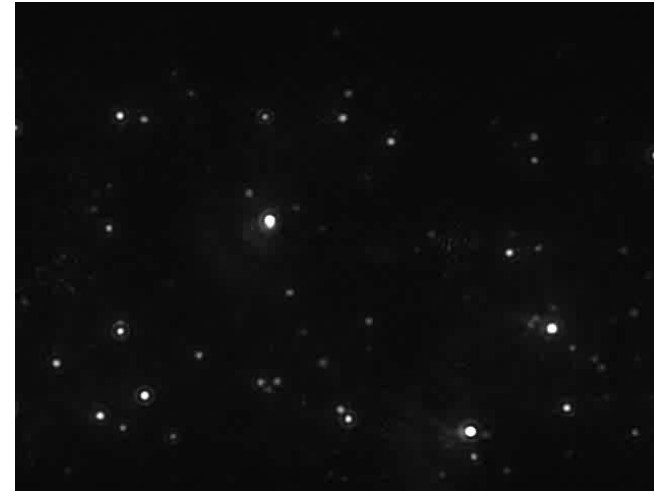
Figure 27 Graphiques descriptifs de l'abondance moyenne du miRs (UA) en fonction des temps de prélèvement sanguins et des conditions d'entraînement. * : différences significatives entre les conditions et les prélèvements ($p < 0,05$) ; \$: différences entre les conditions ($p < 0,05$)

EXTRACELLULAR VESICLES

NANOPARTICLE TRACKING ANALYSIS (NTA)

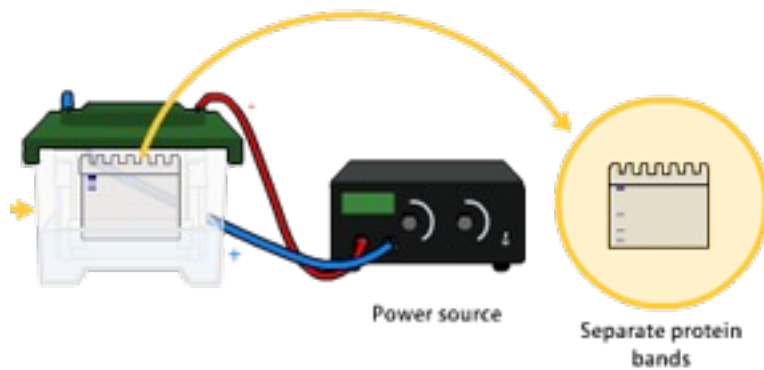


Schematic of laser sample chamber

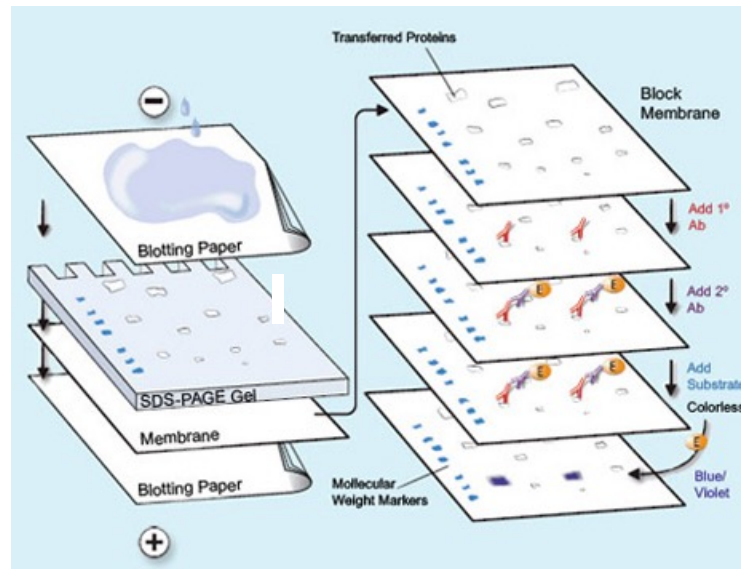


CARACTÉRISATION DES PARTICULES ISOLÉES

WESTERN-BLOT



1) Extraction et migration des échantillons



2) transfert des protéines et incubations avec les anticorps primaires et secondaires



3) Révélation des protéines

CONCLUSION GÉNÉRALE



ANALYSE DE L'ACTIVITÉ

COMPATIBILITÉ / INCOMPATIBILITÉ

MÉCANISMES D'INTERFÉRENCE

OBJECTIF GÉNÉRAL DE LA THÈSE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

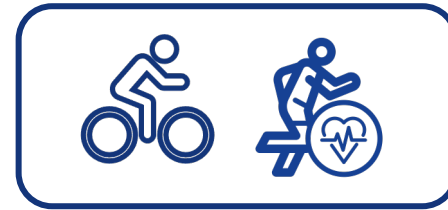
CONCLUSIONS GÉNÉRALES / PERSPECTIVES

ECHANGES / QUESTIONS

Comment maîtriser dans l'environnement du rugby de haut niveau, le phénomène d'interférence de l'entraînement d'endurance sur le développement des qualités de force

stratégies pour minimiser la problématique des entrainements combinés

Enjeux sportifs

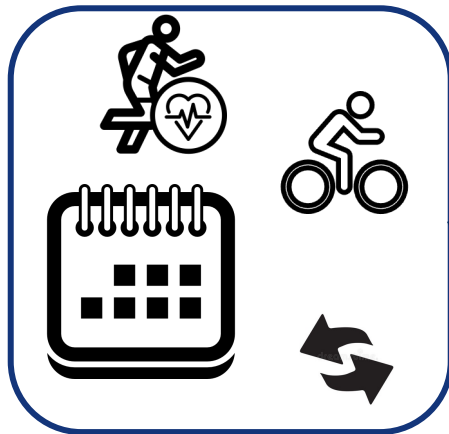


ENTRAÎNEMENT ÉNERGÉTIQUE

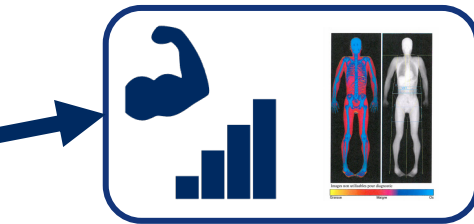


ENTRAÎNEMENT NEUROMUSCULAIRES
→ PAS IMPACTÉ

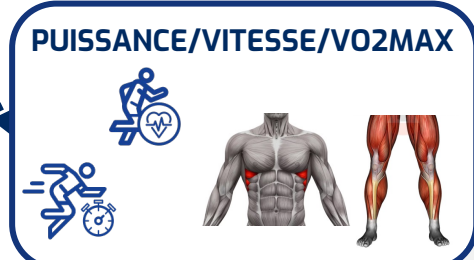
4 H



PROGRAMMATION À LONG TERME



PUISSANCE/VITESSE/VO2MAX



miRs → Informations essentielles, circulant au sein des VE

- Spécifique aux types d'exercices
- Objectif de mieux comprendre la variabilité interindividuelle

(Kangas & Pöllänen, 2013)





**FRANCE
RUGBY**



le coq sportif