

ENDURANCE

Physiologie & Pratique



Sean Seale, Préparateur Physique









Programme du Jour

8h30-10h30

Théorie 1: La Physiologie de l'Endurance

Théorie 2: Le RPE dans l'Entraînement

11h00-12h00

Pratique 1: Évaluation Cardio au RPE

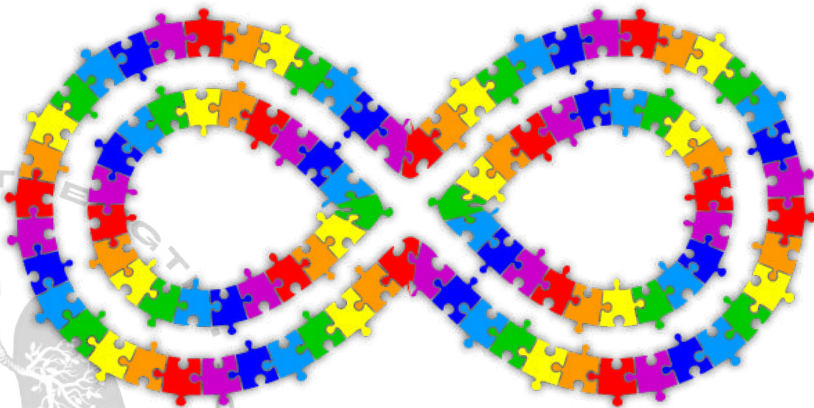


13h00-14h00

Pratique 2: Exploration des Zones d'Entraînement

14h30-16h30

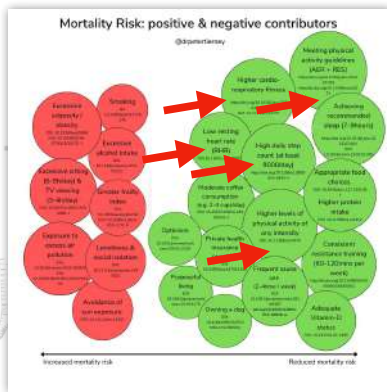
Théorie 3: Programmation Appliquée + Questions



Pourquoi l'Endurance ?



Pourquoi l'Endurance ?



ENDURANCE

Physiologie & Pratique

Théorie 1

Le Spectre d'Intensité et la Physiologie de l'Endurance

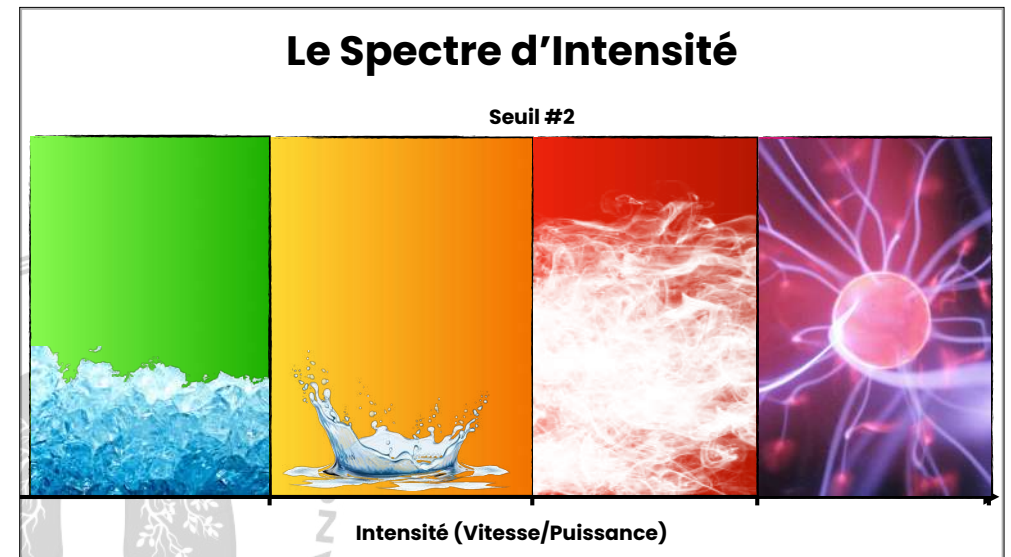
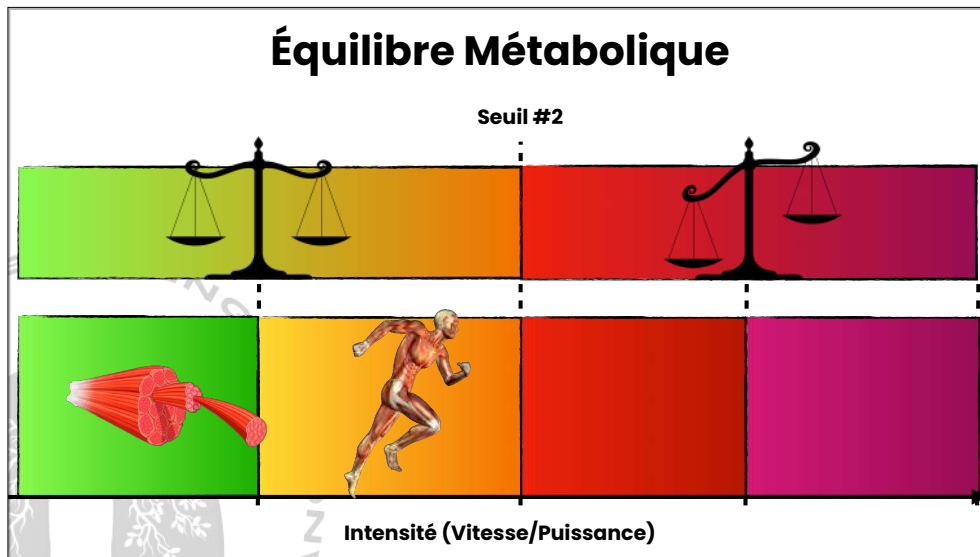
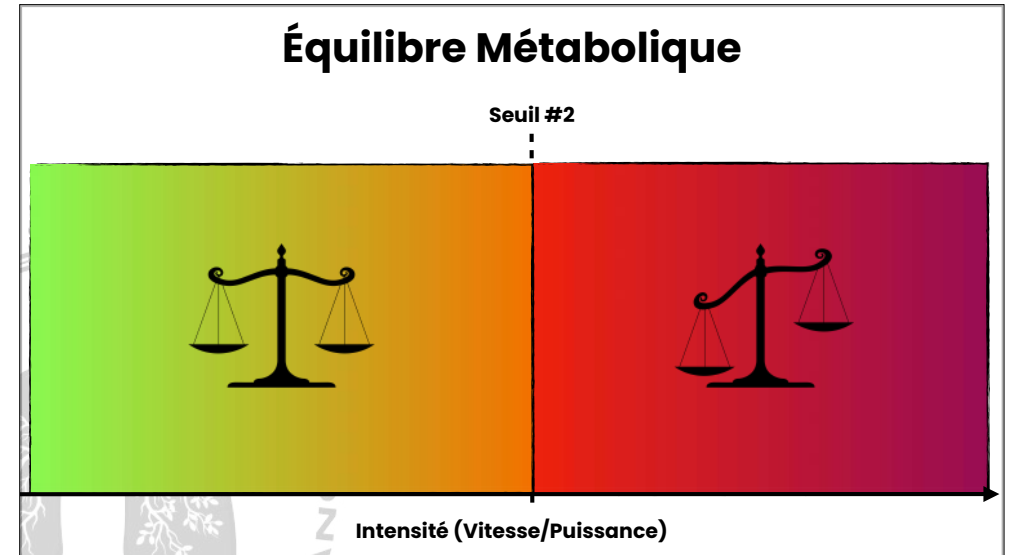
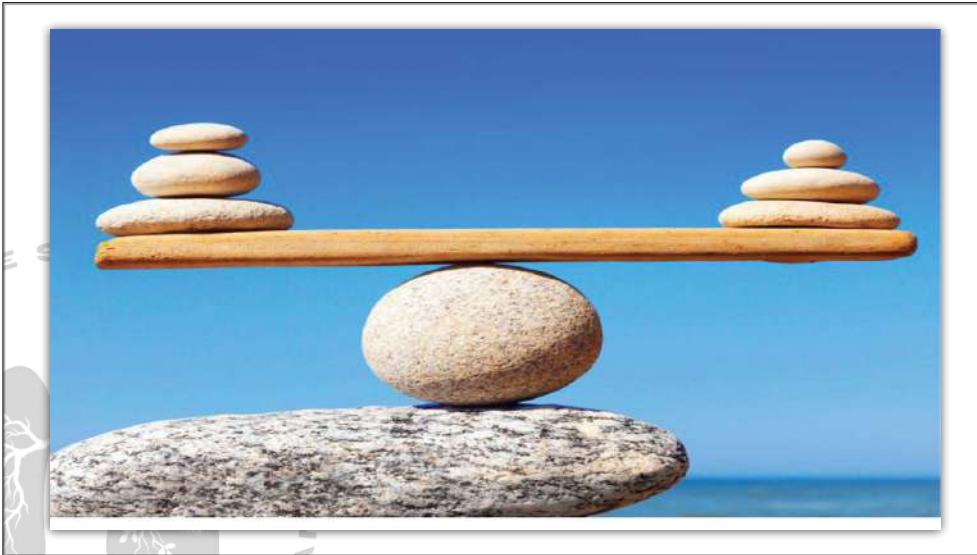
George Box (1919 – 2013)



***“Tous les modèles sont faux
mais certains sont utiles”***

Le Spectre d'Intensité





Le Spectre d'Intensité

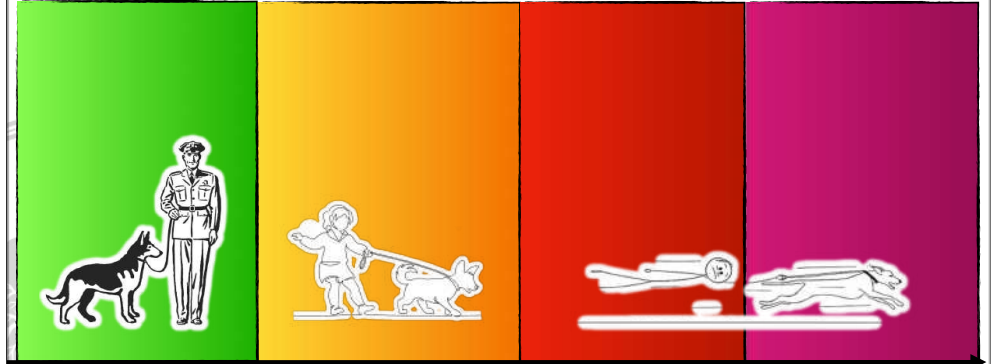
Seuil #2



Intensité (Vitesse/Puissance)

Le Spectre d'Intensité

Seuil #2



Intensité (Vitesse/Puissance)

Quelle Analogie?



Le Spectre d'Intensité



**Basse
Intensité**

(Moderate Domain)

**Moyenne
Intensité**

(Heavy Domain)

**Haute
Intensité**

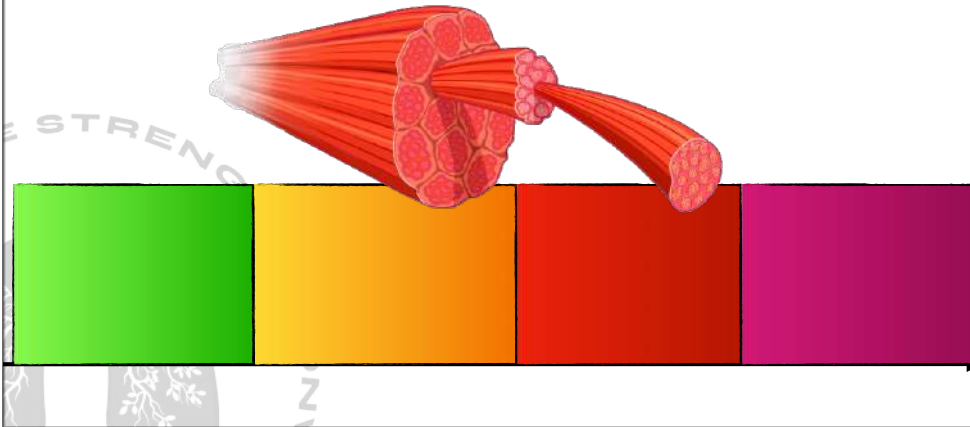
(Severe Domain)

**Très Haute
Intensité**

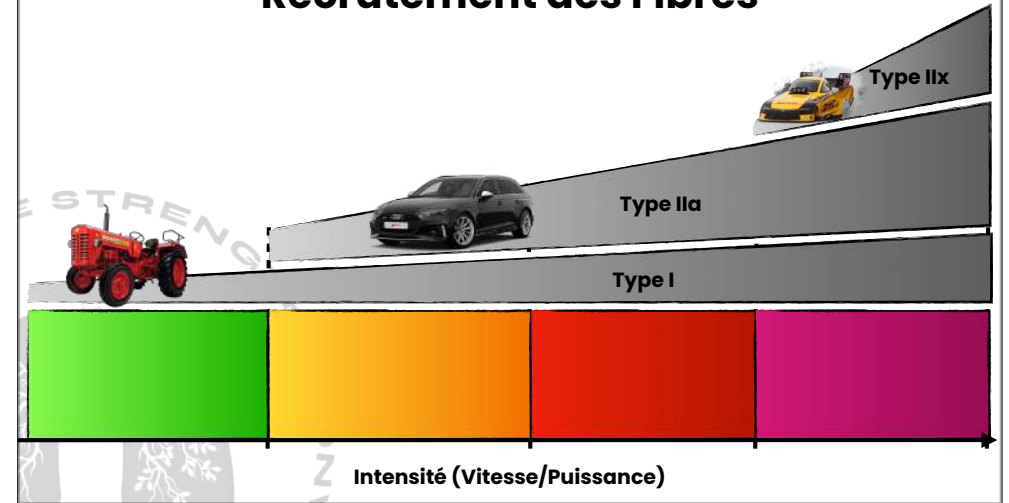
(Extreme Domain)

Intensité (Vitesse/Puissance)

Spectre & Fibres



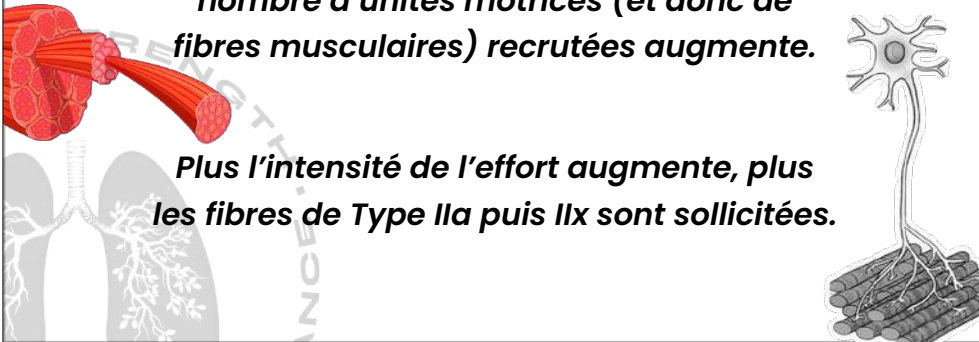
Recrutement des Fibres



Les Fibres Musculaires

Plus l'intensité de l'effort augmente, plus le nombre d'unités motrices (et donc de fibres musculaires) recrutées augmente.

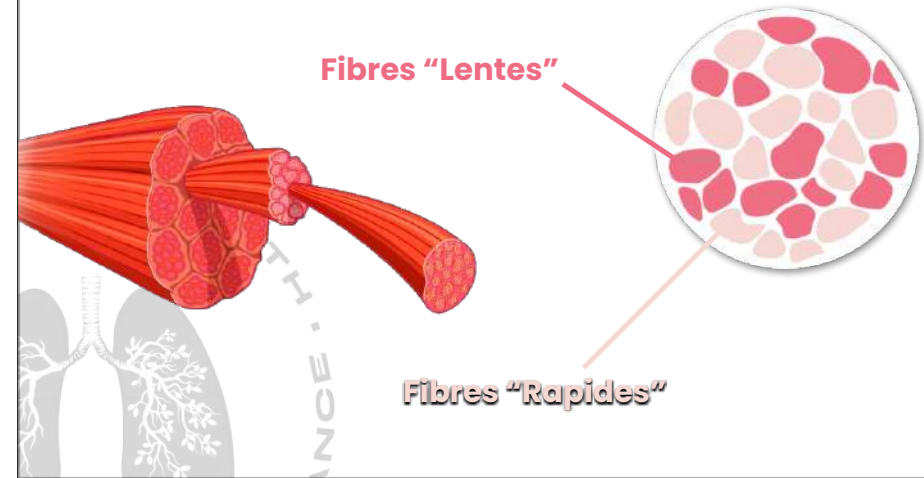
Plus l'intensité de l'effort augmente, plus les fibres de Type IIa puis IIx sont sollicitées.



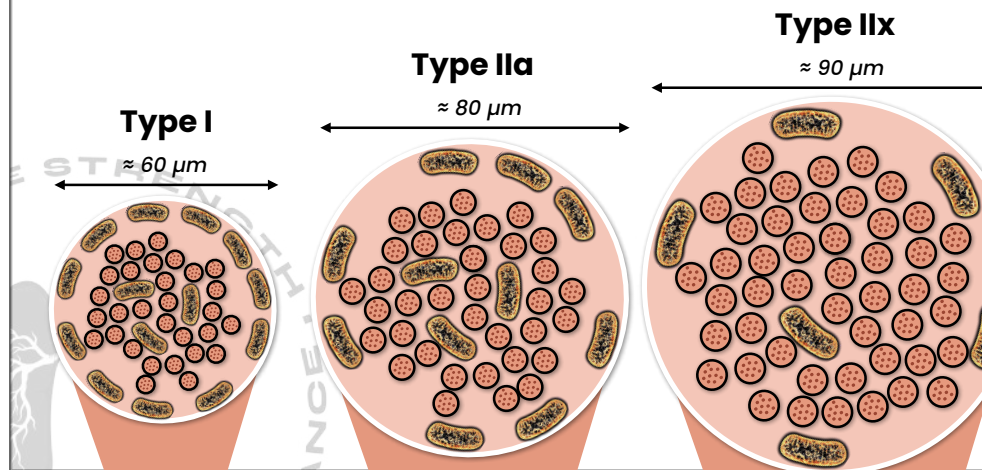
Les Fibres Musculaires

Fibres "Lentes"

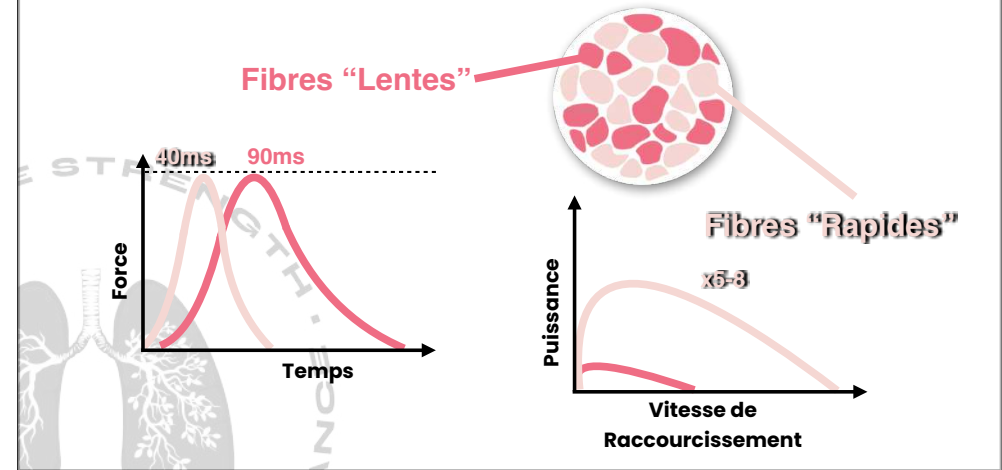
Fibres "Rapides"



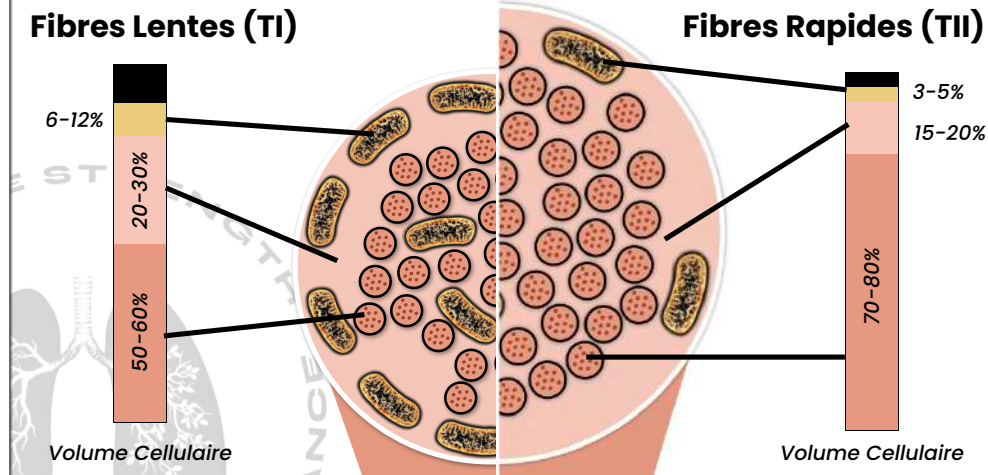
Fibres Musculaires



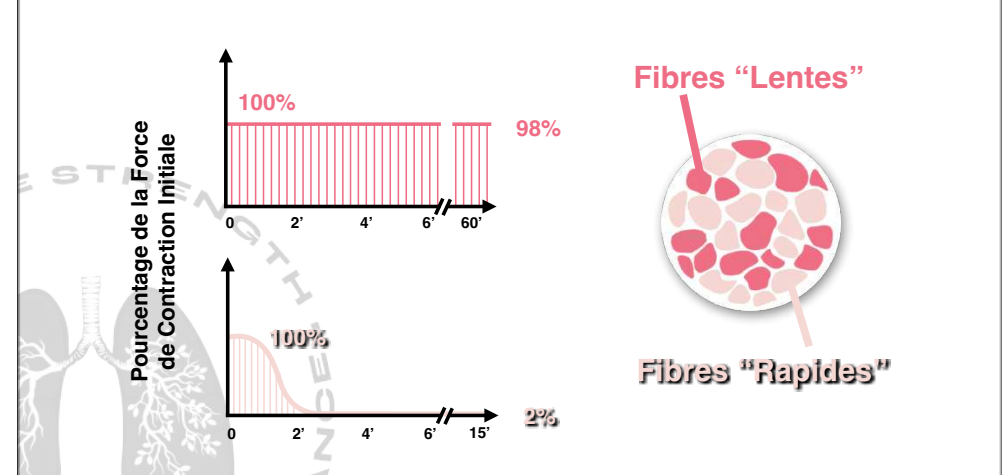
Les Fibres Musculaires



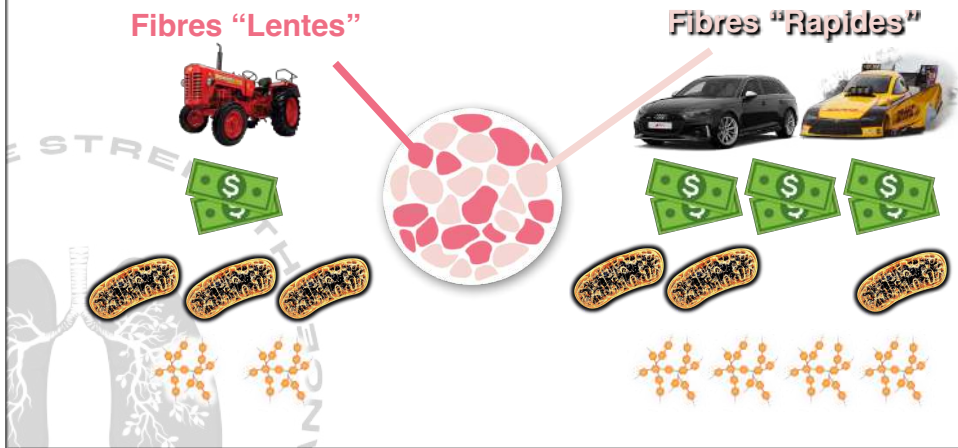
Fibres Musculaires



Les Fibres Musculaires



Les Fibres Musculaires



Les Filières Énergétiques

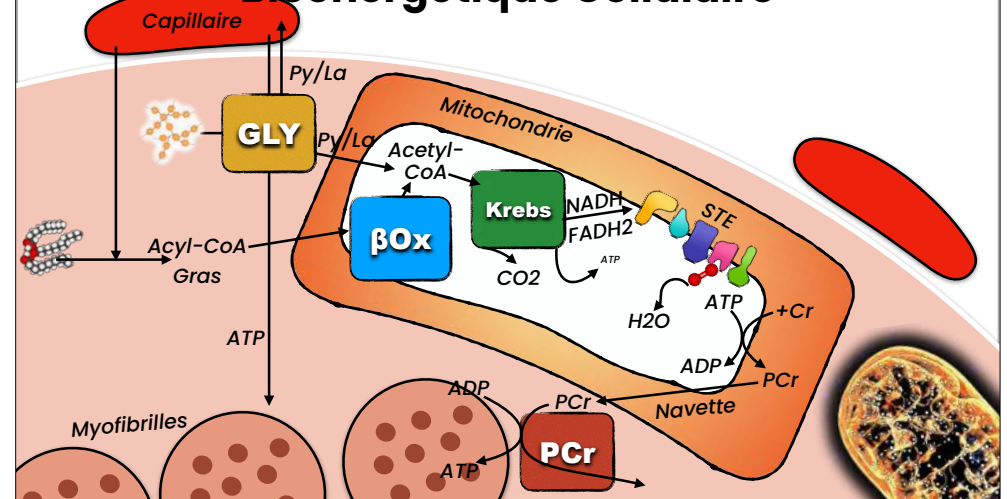


**LES FILIÈRES
ÉNERGÉTIQUES**

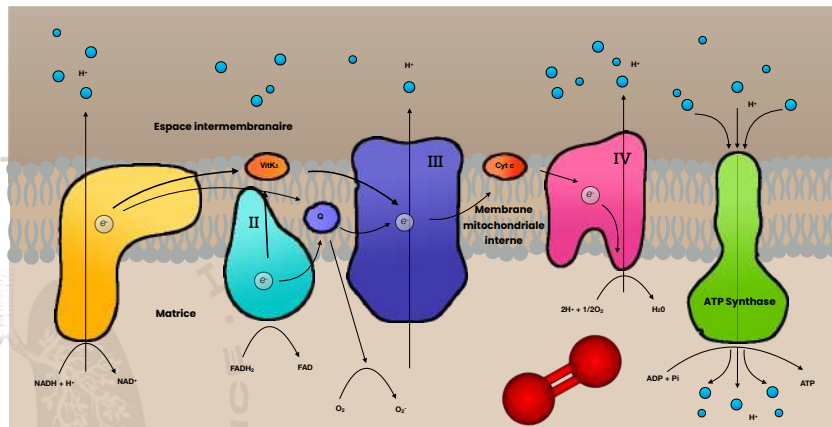
SEAN



Bioénergétique Cellulaire



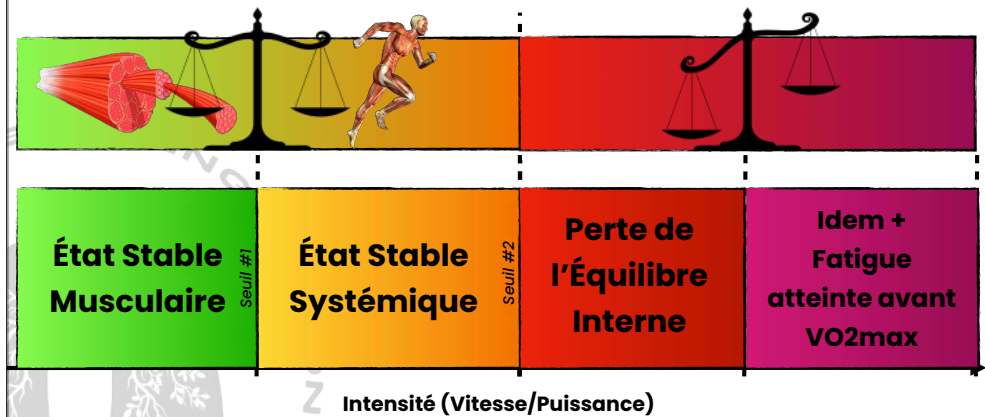
Système de Transport des Électrons



**TOUT EST
CONNECTÉ**



Le Spectre d'Intensité

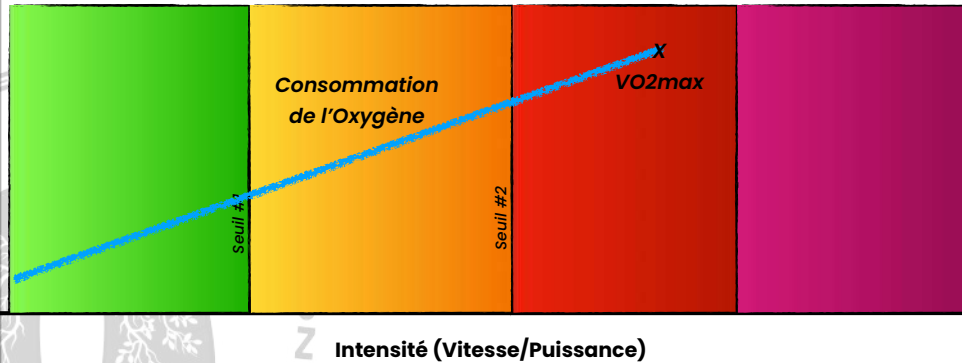


Consommation d'Oxygène

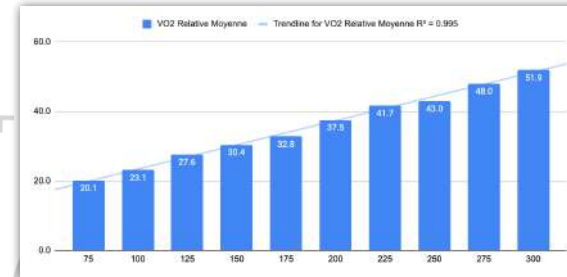


Système Métabolique

Utilisation de l'oxygène & substrats, recyclage du lactate & PI & H^+



Consommation d'Oxygène



Mesures de la VO2 durant un test d'effort en vélo (Protocole 41)

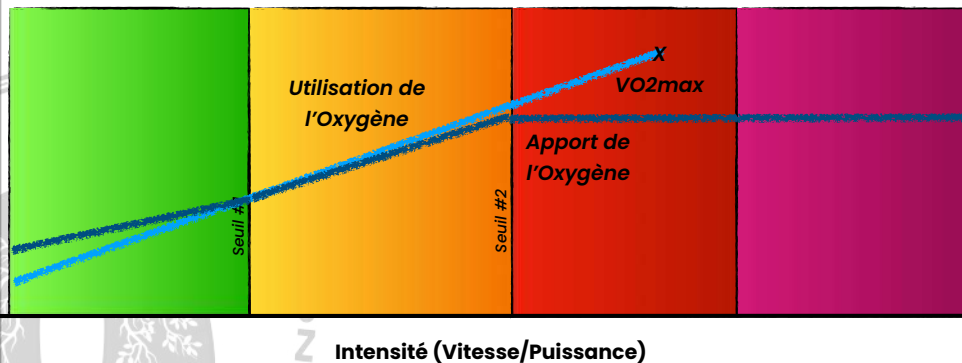


Apport et Utilisation de l'O2



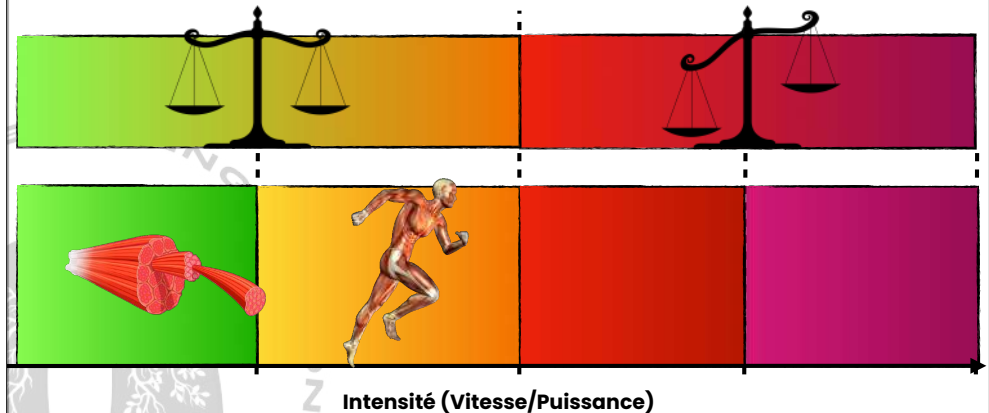
Système Métabolique

Utilisation de l'oxygène & substrats, recyclage du lactate & PI & H^+





Équilibre Métabolique

Seuil #2

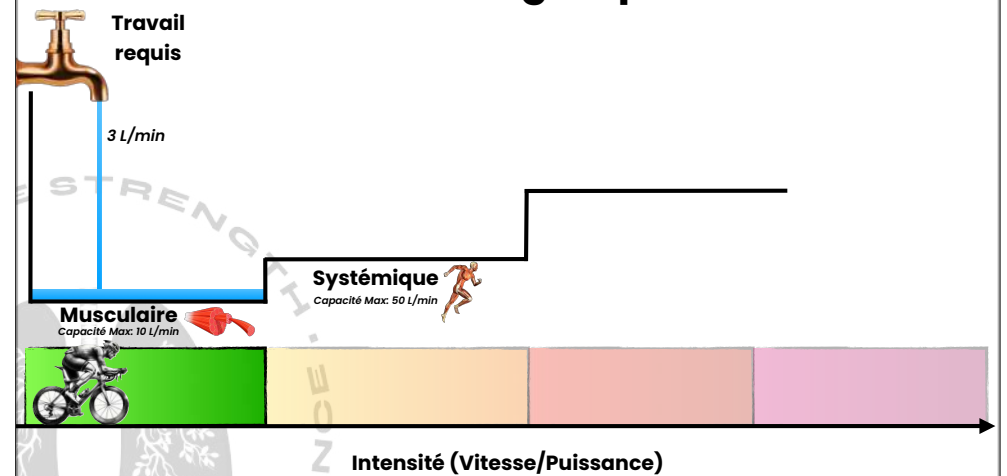


Flux Énergétique

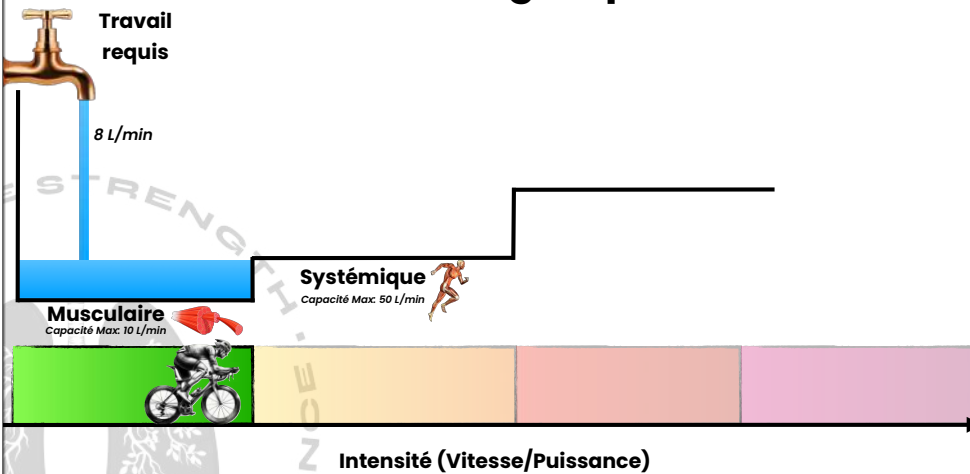


Musculaire  **Systémique** 

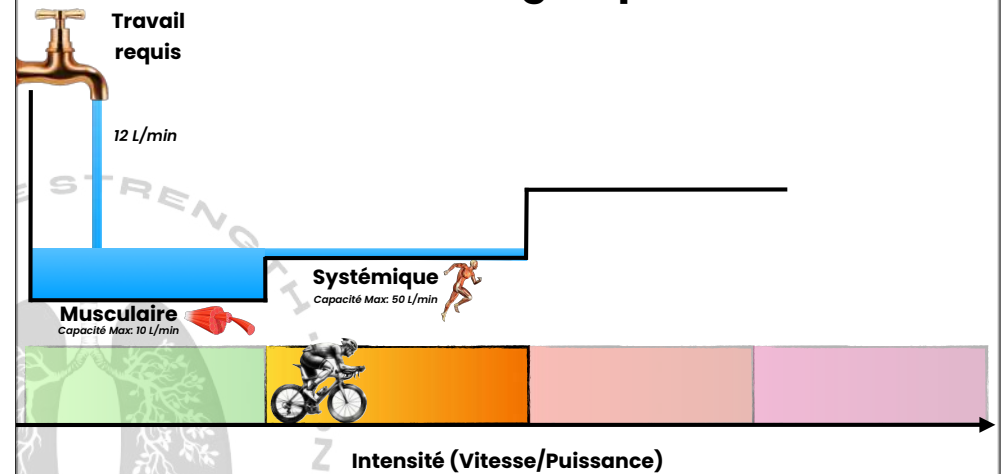
Flux Énergétique



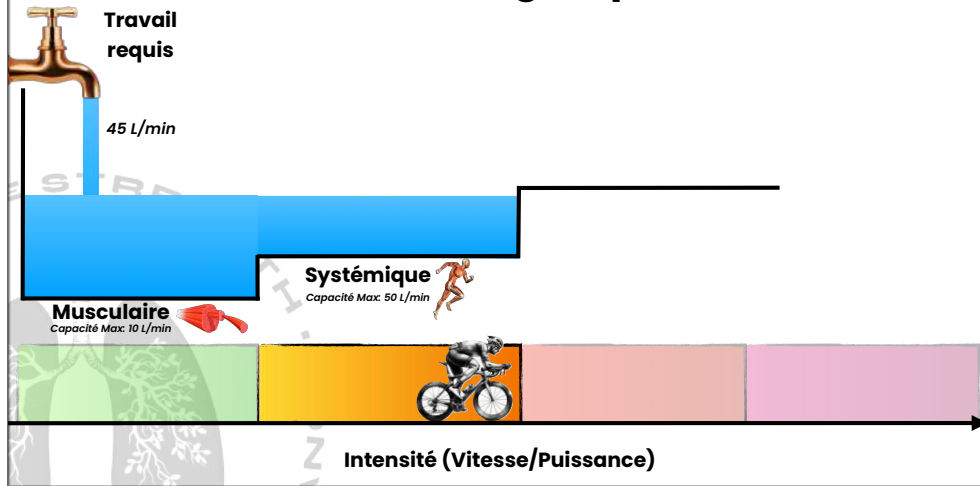
Flux Énergétique



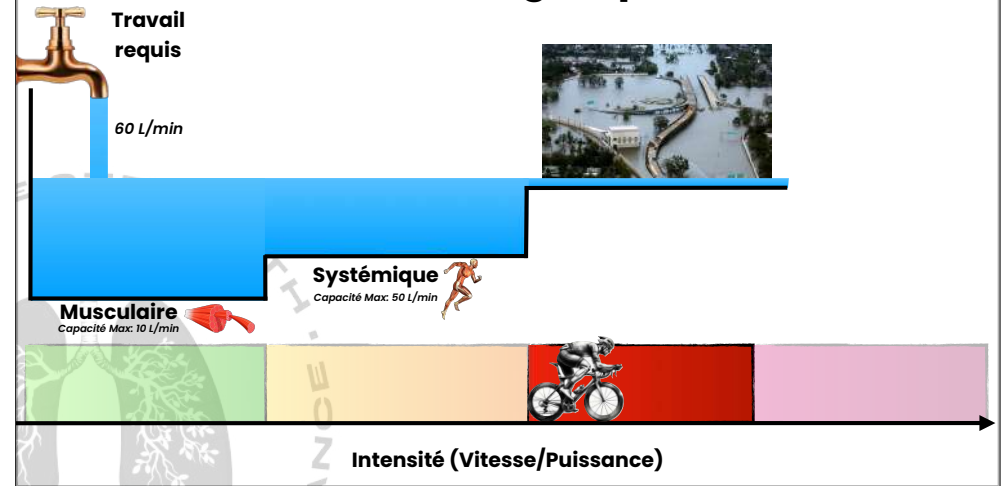
Flux Énergétique



Flux Énergétique



Flux Énergétique

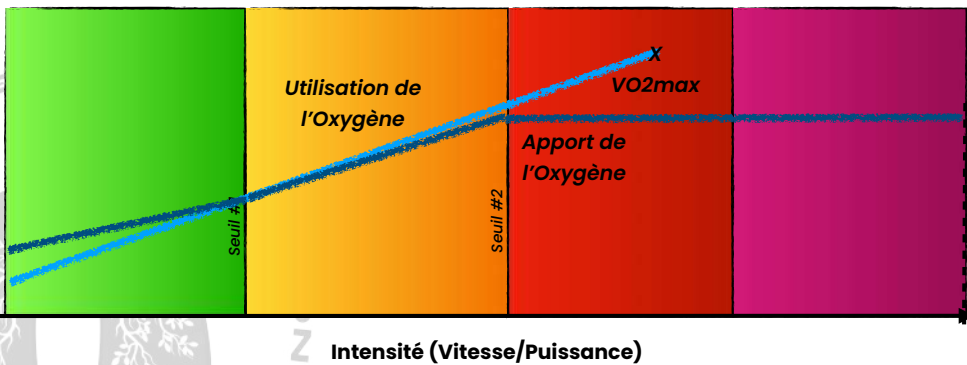


Apport et Utilisation de l'O₂



Système Métabolique

Utilisation de l'oxygène & substrats, recyclage du lactate & PI & H^+

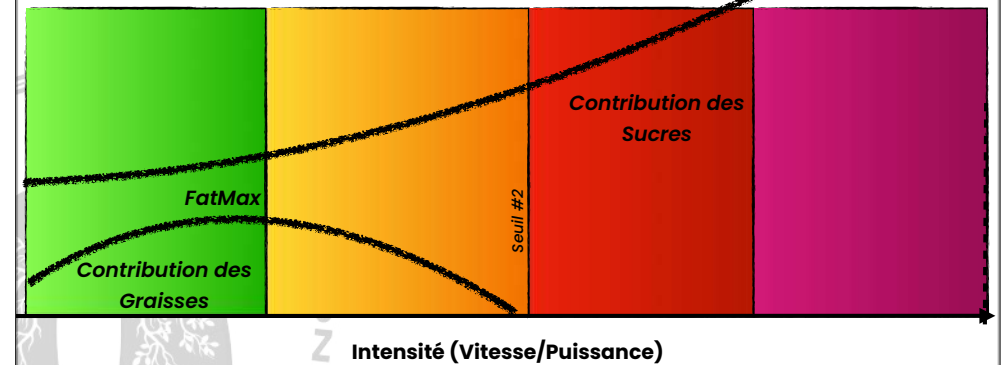


Contribution Énergétique



Système Métabolique

Utilisation de l'oxygène & substrats, recyclage du lactate & PI & H^+

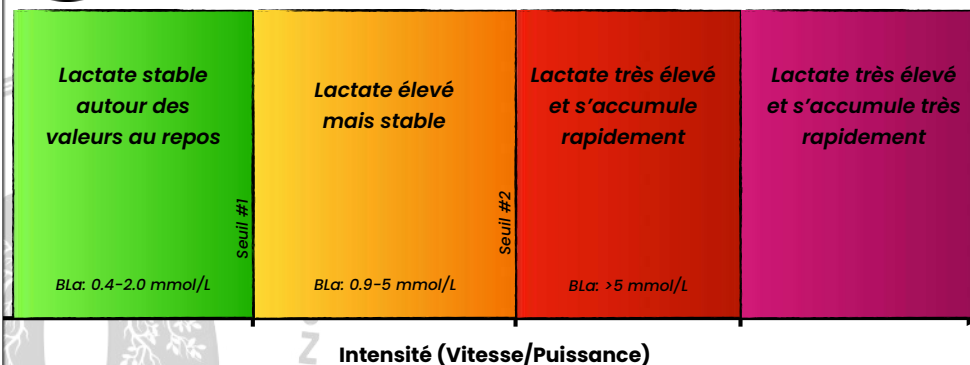


Réponse du Lactate

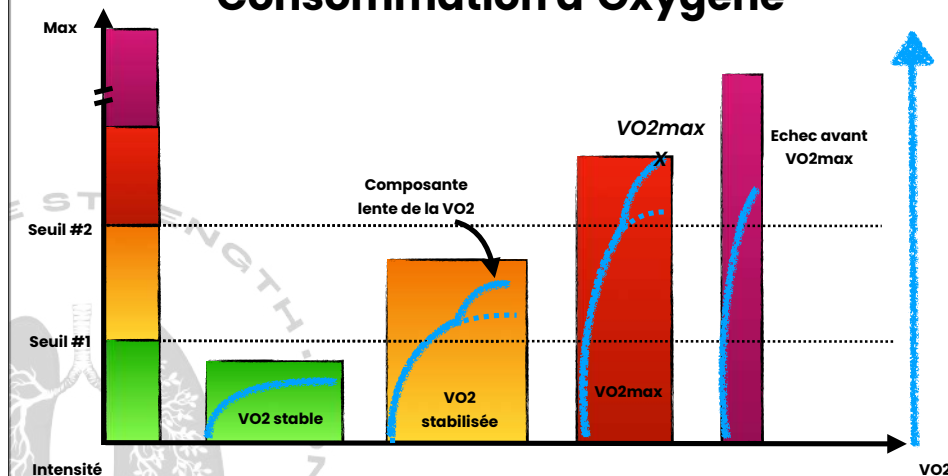


Système Métabolique

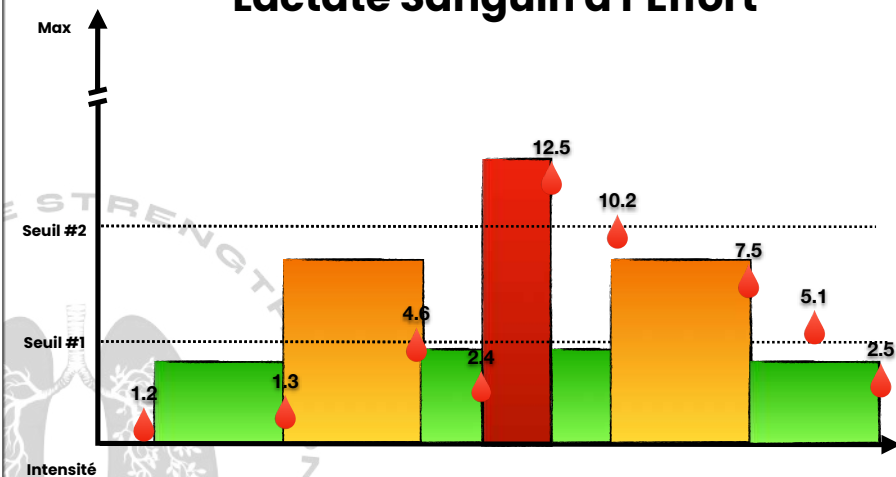
Utilisation de l'oxygène & substrats, recyclage du lactate & Pi & H^+



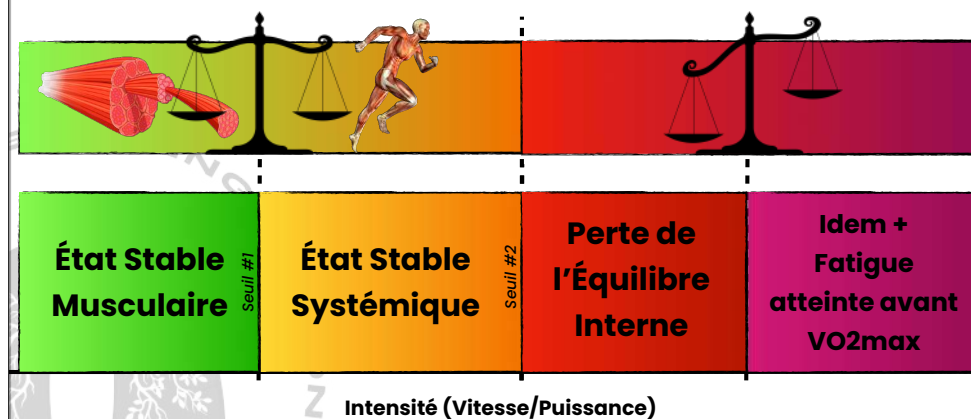
Consommation d'Oxygène



Lactate Sanguin à l'Effort



Le Spectre d'Intensité



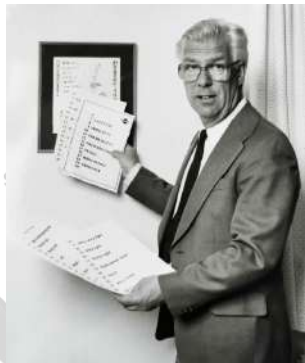
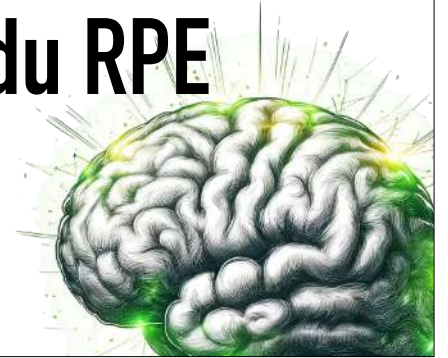
ENDURANCE

Physiologie & Pratique

Théorie 2

Le RPE dans l'Entraînement

L'Origine du RPE



Gunnar Borg, PhD,
MD h.c. (1927-2020)

*"Les humains réagissent au monde **tel qu'ils le perçoivent** et non tel qu'il est réellement."*

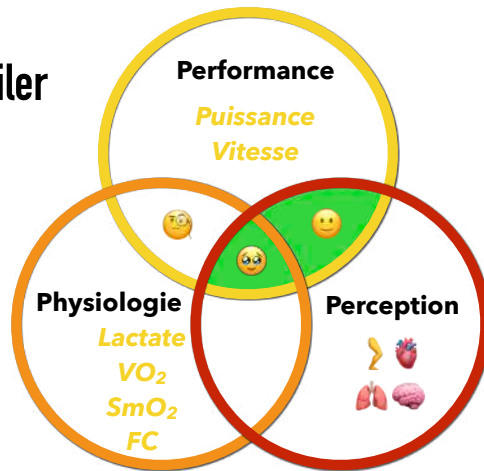


Gunnar Borg, PhD,
MD h.c. (1927-2020)

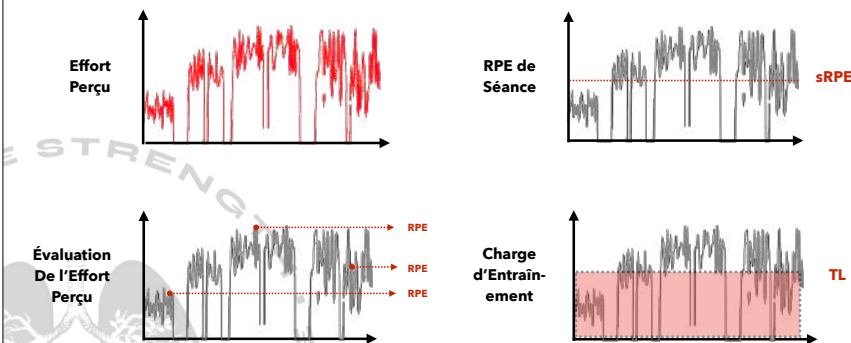
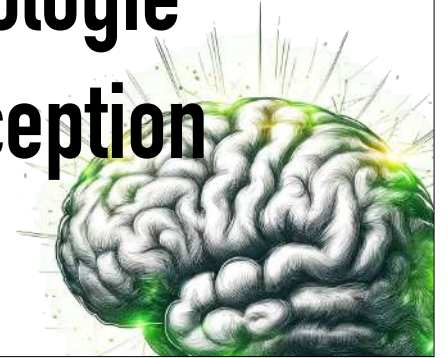
"À mon avis, l'effort perçu est le meilleur indicateur du degré d'effort physique. L'évaluation globale de l'effort perçu intègre diverses informations, notamment les nombreux signaux émis par les muscles et les articulations périphériques, par les fonctions cardiovasculaires et respiratoires centrales et par le système nerveux central. Tous ces signaux, perceptions et expériences sont intégrés dans une configuration ou "Gestalt" de l'effort perçu."

Psychophysical basis of perceived exertion (1982)

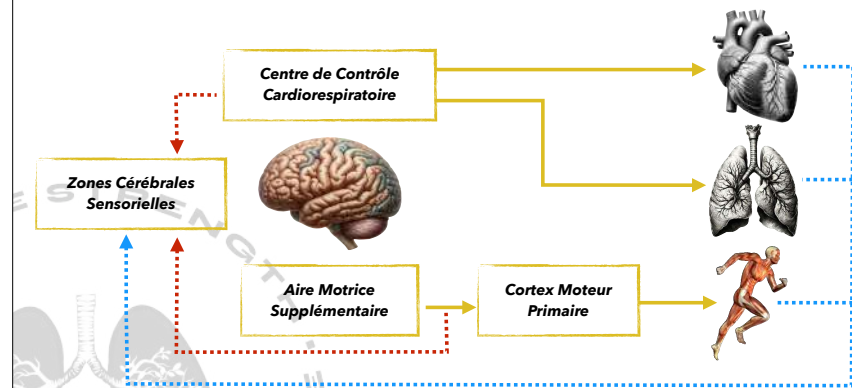
Les "3P" de Stephen Seiler



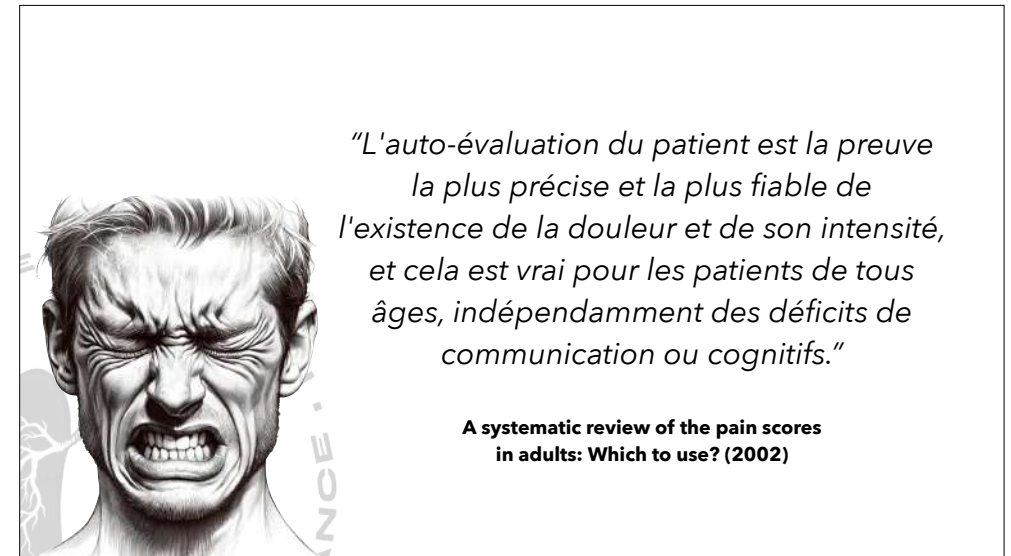
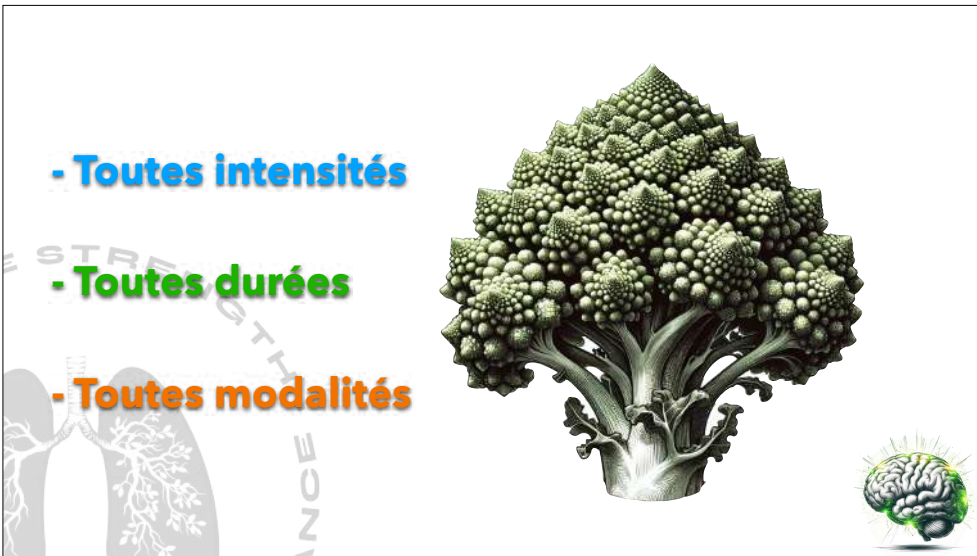
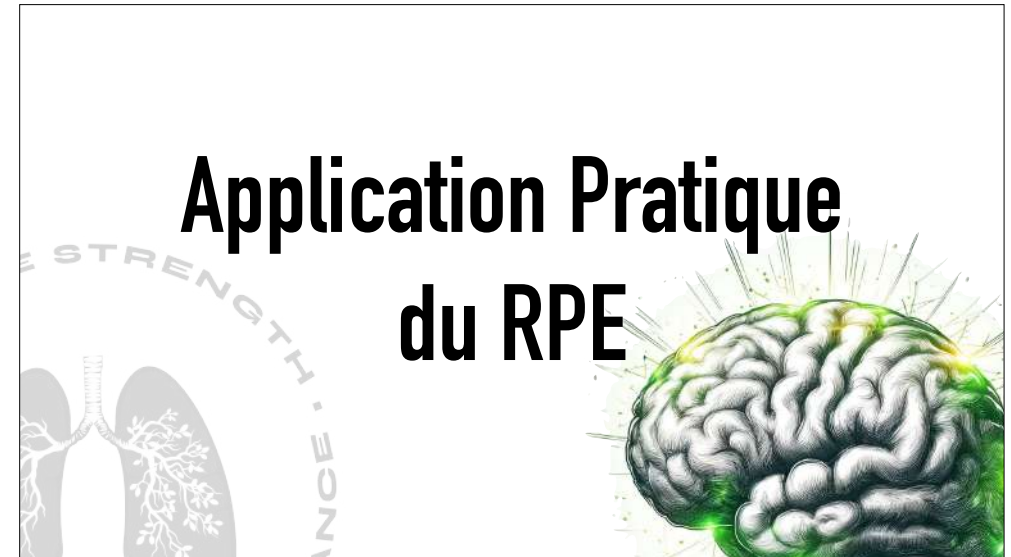
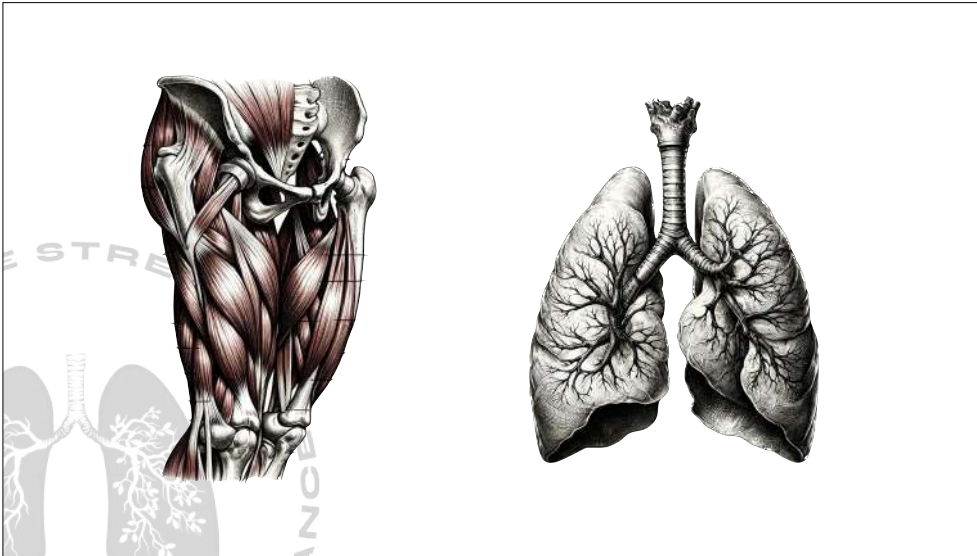
La Physiologie de la Perception



Adapté de McLaren et al. (2021)



Adapté de Lopez et al. (2022)



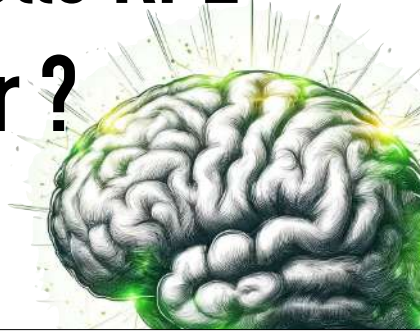
Comment Utiliser le RPE pour Améliorer la Pratique Sportive



Avec qui utiliser le RPE ?



Quelle Échelle RPE utiliser ?



Échelle RPE 6-20

Échelle RPE 1-10

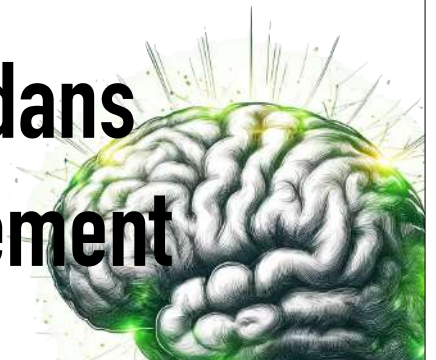
Échelle RPE 1-100



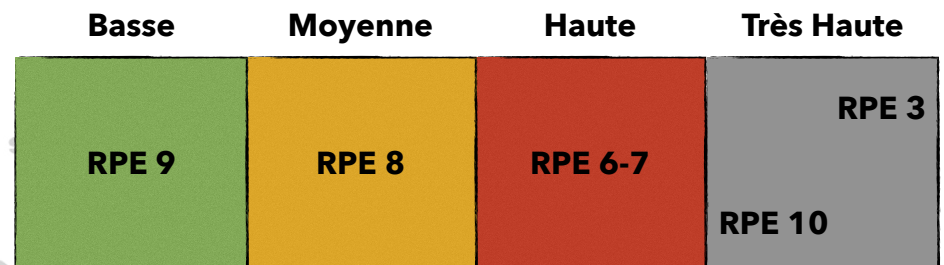
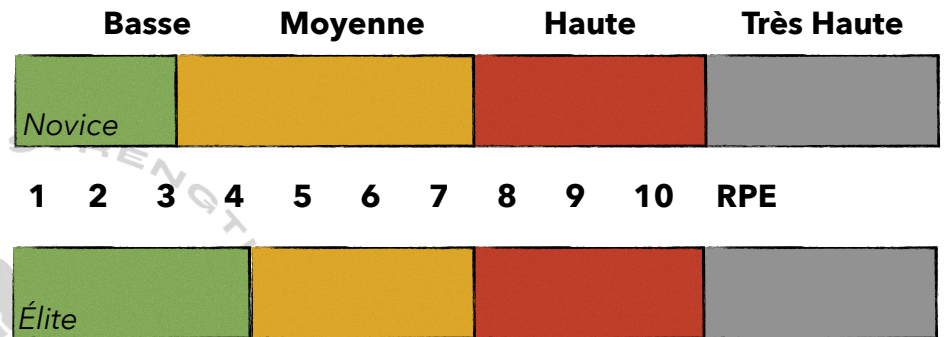
Évaluation de l'Effort Perçu	
RPE Endurance	
Échelle Simplifiée	
FACILE SOUTENU DIFFICILE	
Douleur Musculaire	
0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Peu	Légère Douleur Musculaire Douleur Musculaire Modérée Douleur Musculaire Importante Douleur Musculaire Extrême
Échelle de Dyspnée	
0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Peu	Essoufflement Léger Essoufflement Modéré Essoufflement Important Essoufflement Extrême
RPE Force	
1	2 3 4 5 6 7 8 9 10
Très peu ou pas de fatigue	Légère Fatigue 4-6 RPE 6-8 RPE 8-10 RPE Effort Max
RPE Séance	
1	2 3 4 5 6 7 8 9 10

Partie 2

Le RPE dans l'Entraînement



Le RPE en Endurance

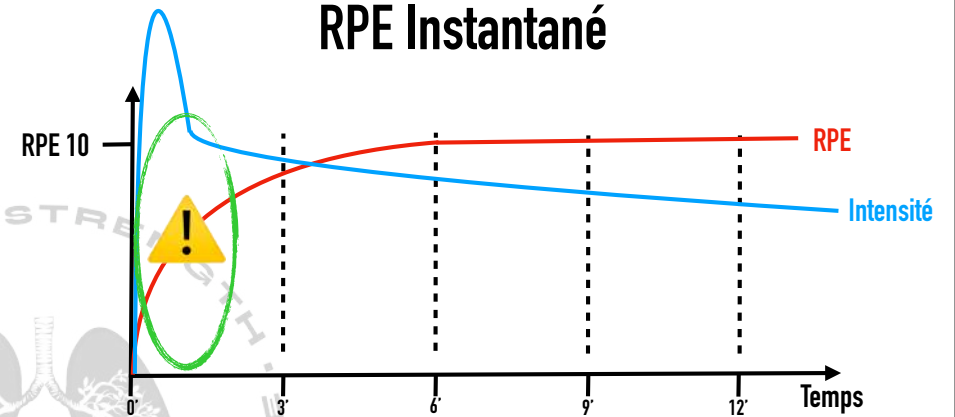


RPE ≠ FC ou Intensité

Quand évaluer le RPE en Endurance?

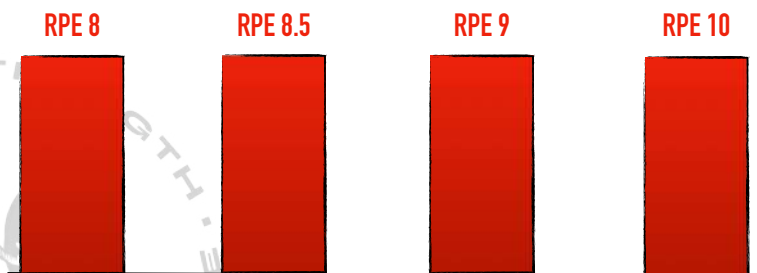


RPE Instantané

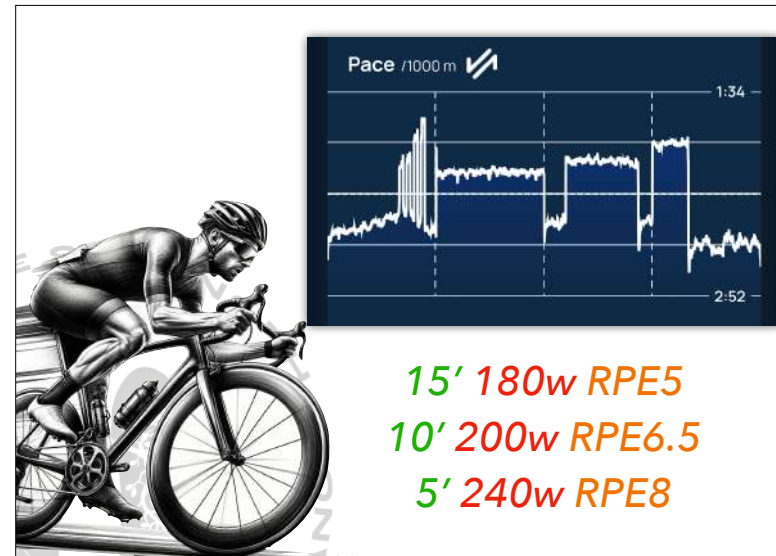


Effort: 12 minutes avec départ en sprint

RPE par série

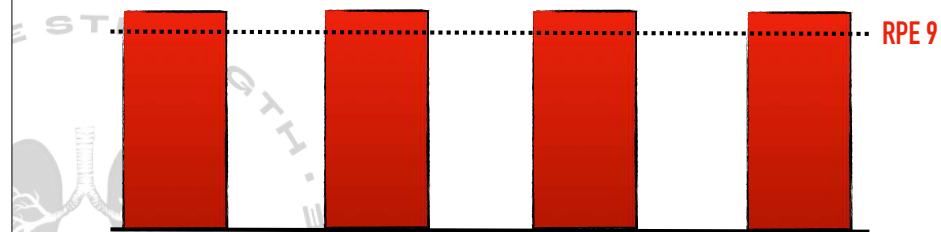


Effort: 4x4'/4' (vélo ou CAP)



15' 180w RPE5
10' 200w RPE6.5
5' 240w RPE8

RPE de séance (sRPE)



Effort: 4x4'/4' (vélo ou CAP)



RPE6



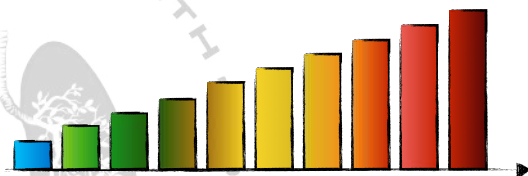
le
bla bla
théorique



les
exercices
pratiques

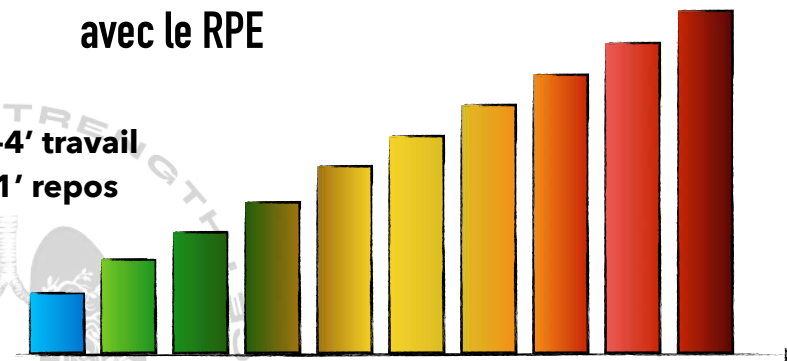
Comment Effectuer un Test d'Effort au RPE ?





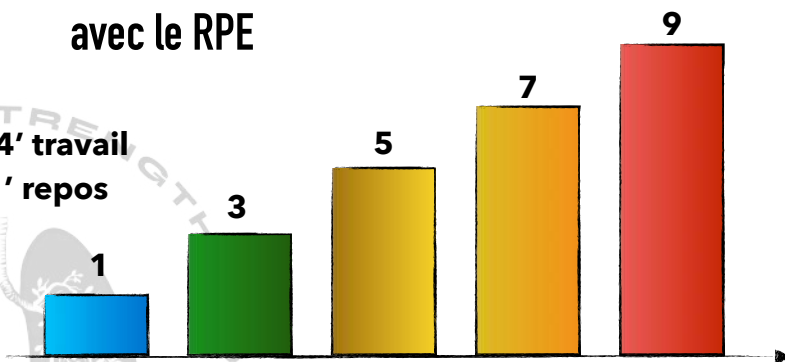
Test d'Effort Régulé avec le RPE

3-4' travail
1' repos

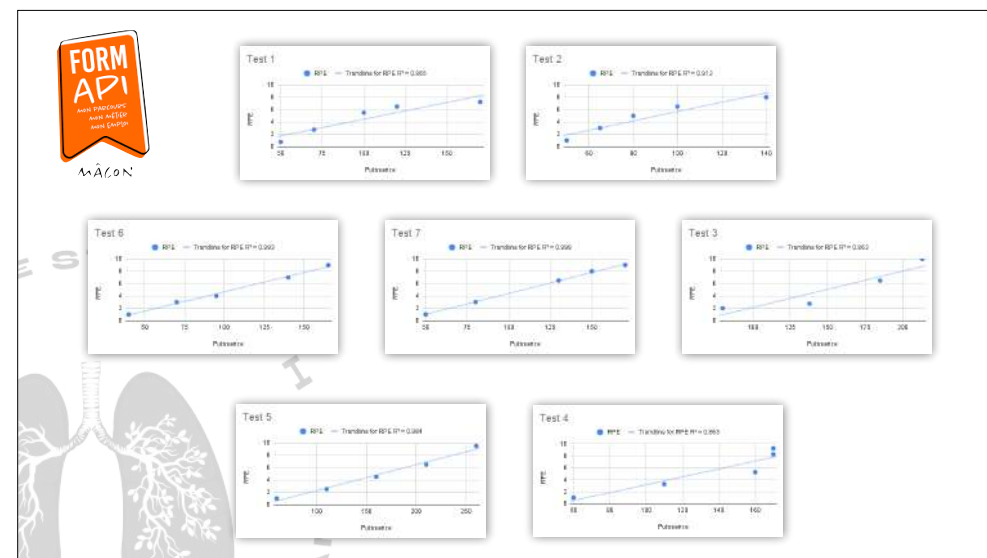
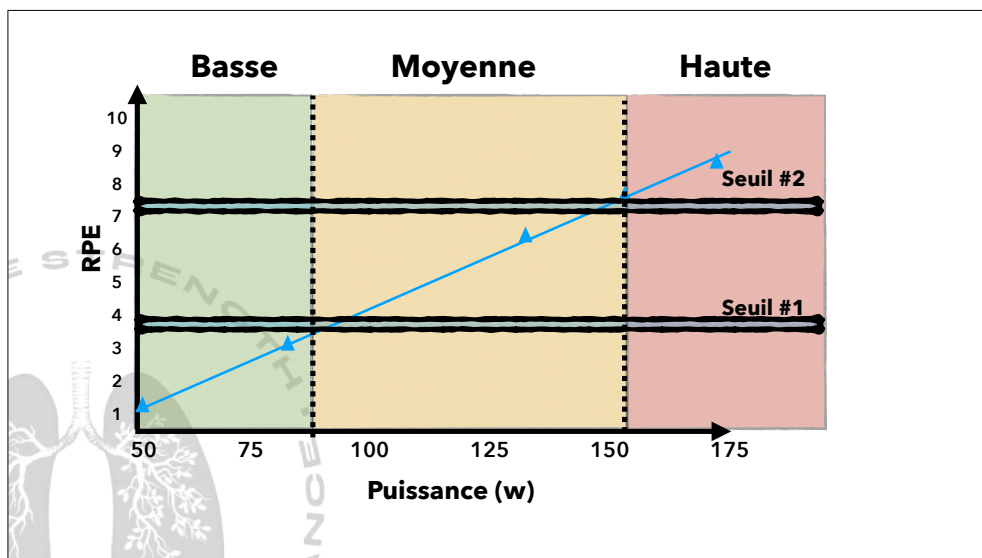
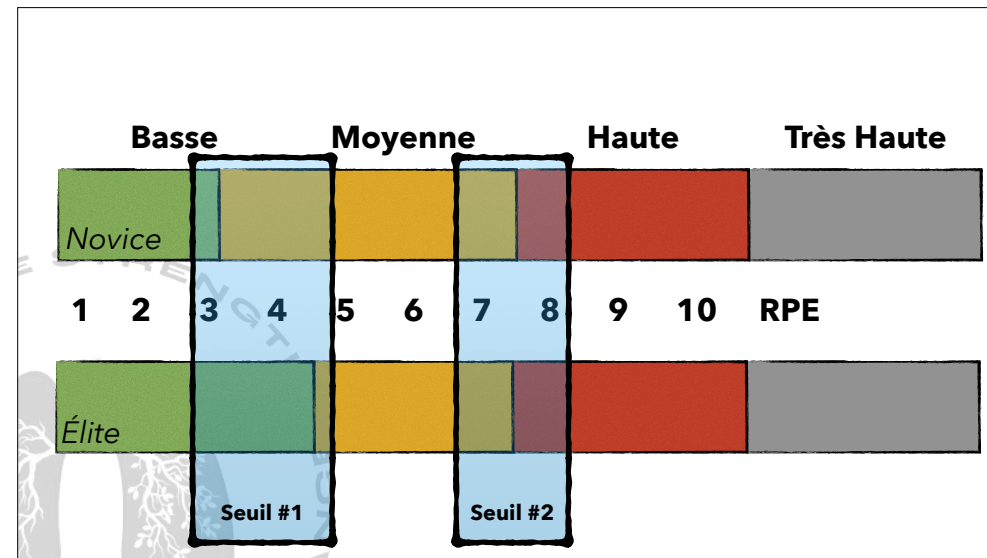
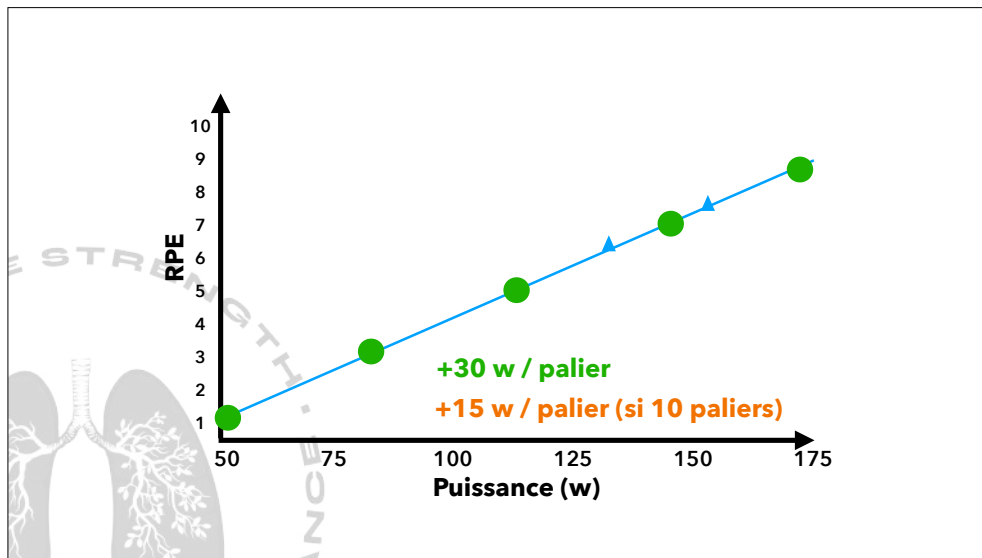


Test d'Effort Régulé avec le RPE

3-4' travail
1' repos



RPE 🎯	Puissance	RPE 🦵	RPE 🫁	RPE μ
1	50 w	1.5	1	1.25
3	80 w	3	3	3
5	130 w	7	6	6.5
7	150 w	8	8	8
9	170 w	9	9	9



Test d'Effort Régulé avec le RPE

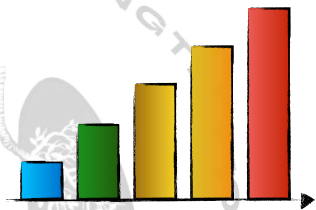
3-4' travail / 1' repos

RPE 1,3,5,7,9

RPE + Puissance

Puissance + RPE μ

Option: 10 paliers + FC



Test RPE 5 Paliers – Repères

Novice (H):

70w + 30w

7km/h + 1.5

Intermédiaire (H):

80w + 40w

7km/h + 2

Avancé (H):

100w + 50w

9km/h + 2

Palier	Distance	Temps	Wattage	FC	RPE	Wattage	FC	RPE	Notes
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Novice (F):

50w + 20w

7km/h + 1.2

Intermédiaire (F):

60w + 30w

7.5km/h + 1.5

Avancé (F):

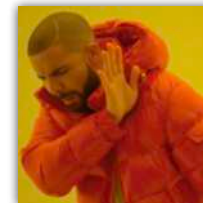
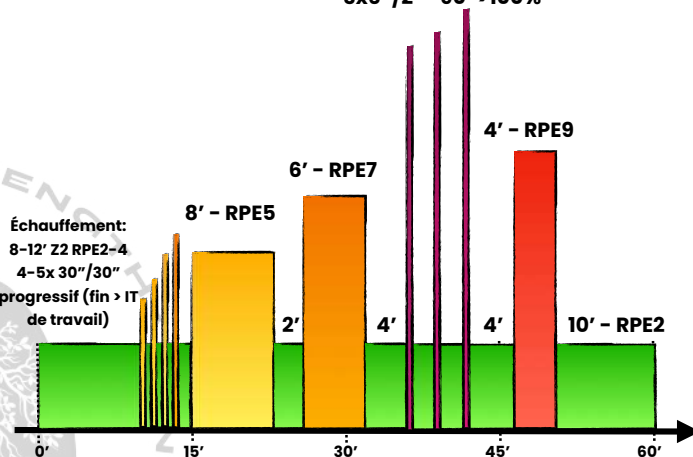
80w + 40w

8km/h + 2

PRATIQUE 2 – Une Séance d'Endurance

3x6"/2' - 90->100%

Échauffement:
8-12' Z2 RPE2-4
4-5x 30"/30"
progressif (fin > IT
de travail)



le
bla bla
théorique



les
exercices
pratiques

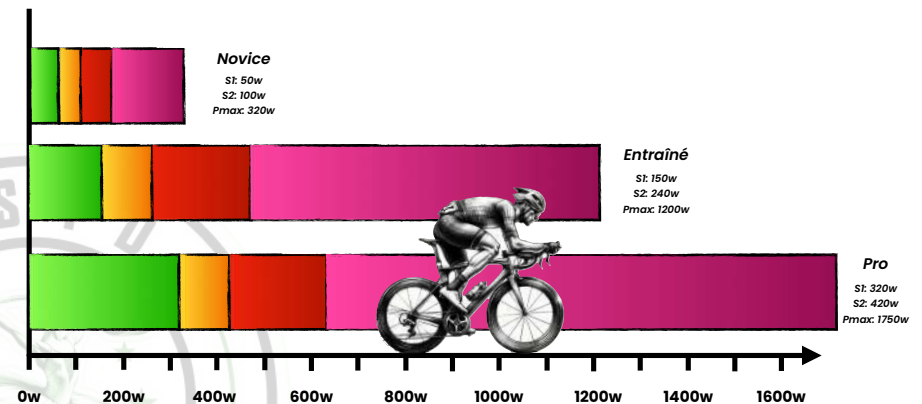
ENDURANCE

Physiologie & Pratique

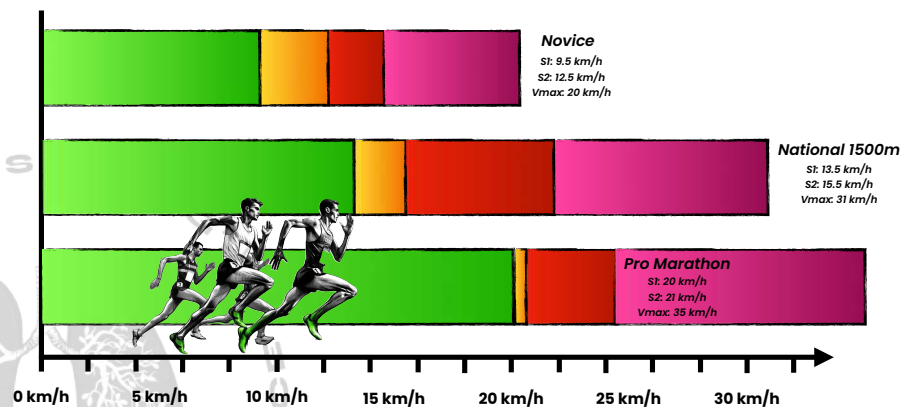
Théorie 3

Adaptations & Programmation

Profil Individuel (Vélo)



Profil Individuel (Course)



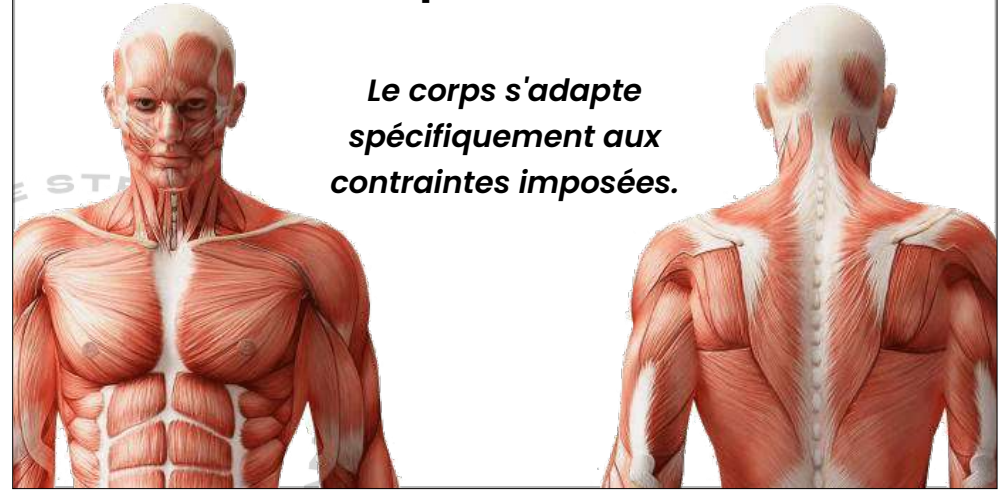
Quels sont les principes de
préparation physique
indispensables ?

Spécificité

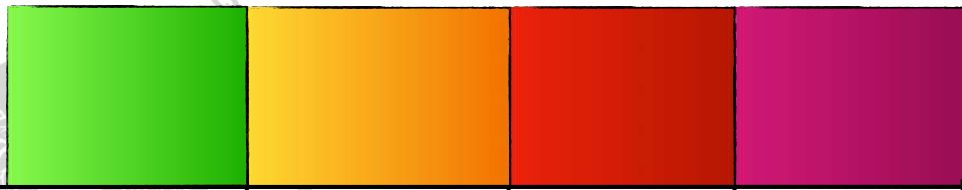


Spécificité

*Le corps s'adapte
spécifiquement aux
contraintes imposées.*



Spécifique ou Général ?



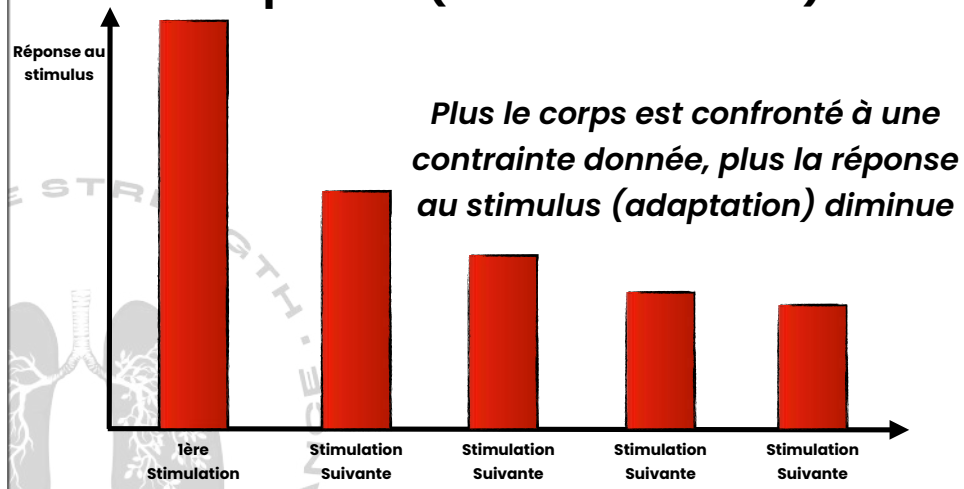
Intensité (Vitesse/Puissance)

Spécificité

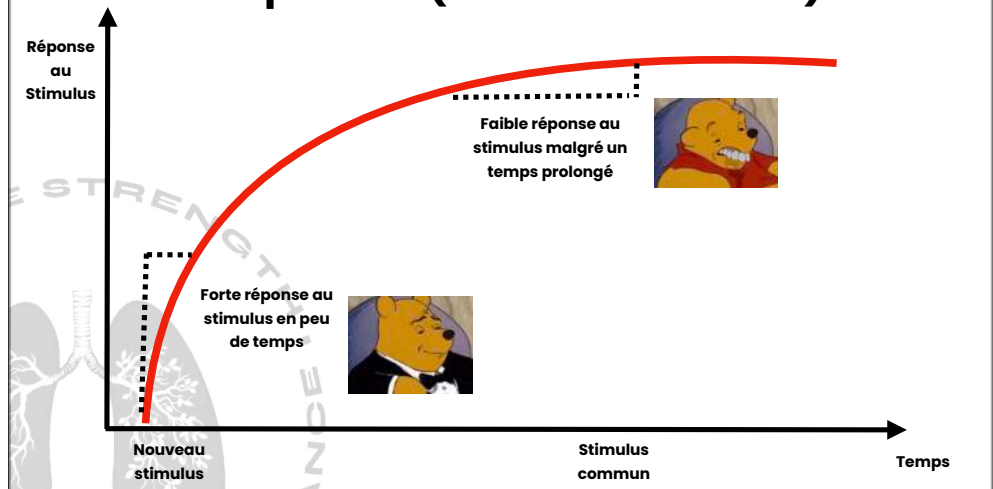
*Le corps s'adapte
spécifiquement aux
contraintes imposées.*



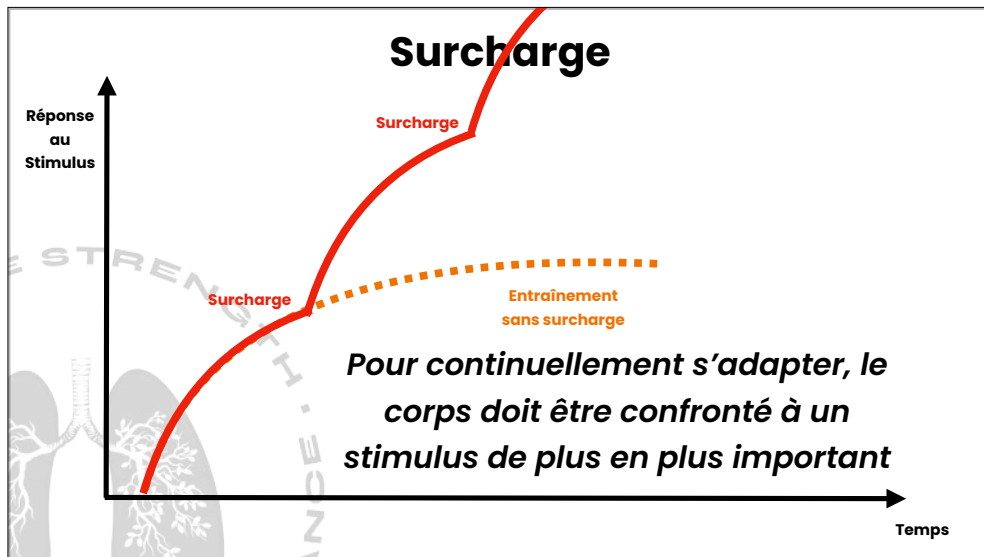
Adaptation (Accommodation)



Adaptation (Accommodation)

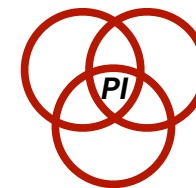


Surcharge



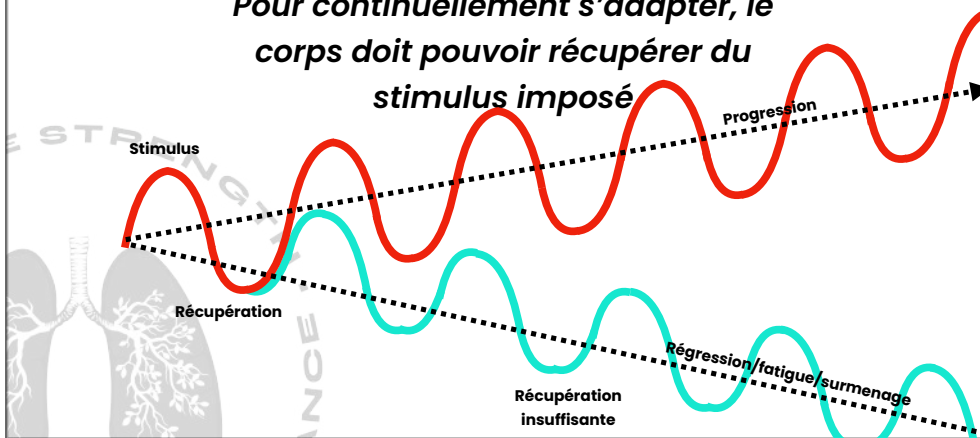
Individualité

L'entraînement doit être prescrit en considérant le profil individuel de chaque sportif



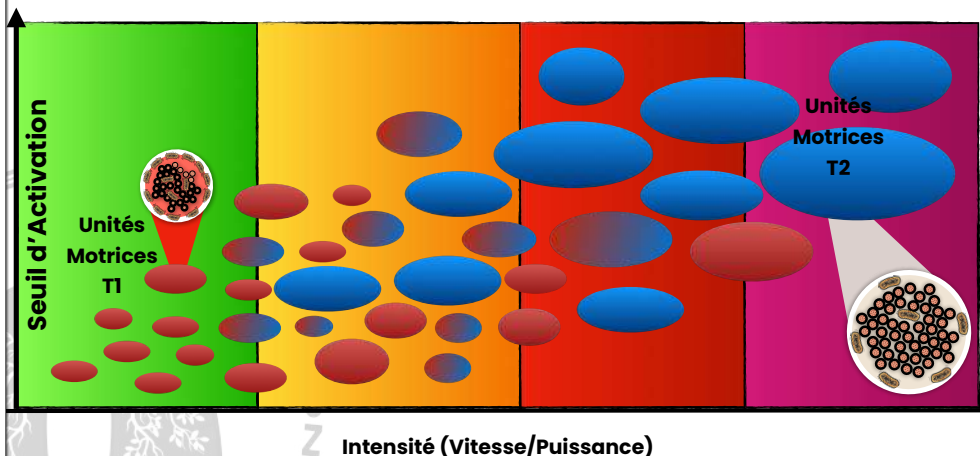
Récupération

Pour continuellement s'adapter, le corps doit pouvoir récupérer du stimulus imposé

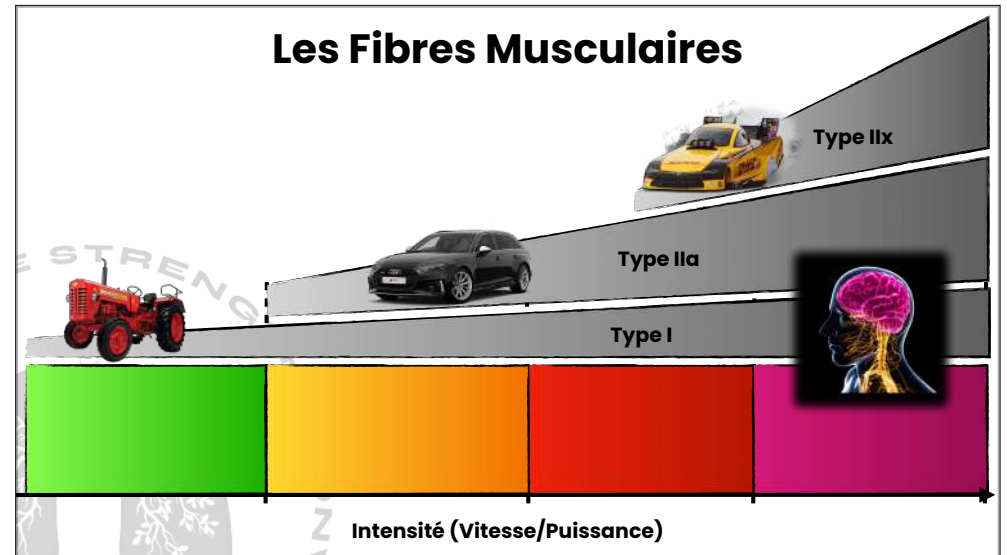


Quelles sont les adaptations du corps à l'endurance ?

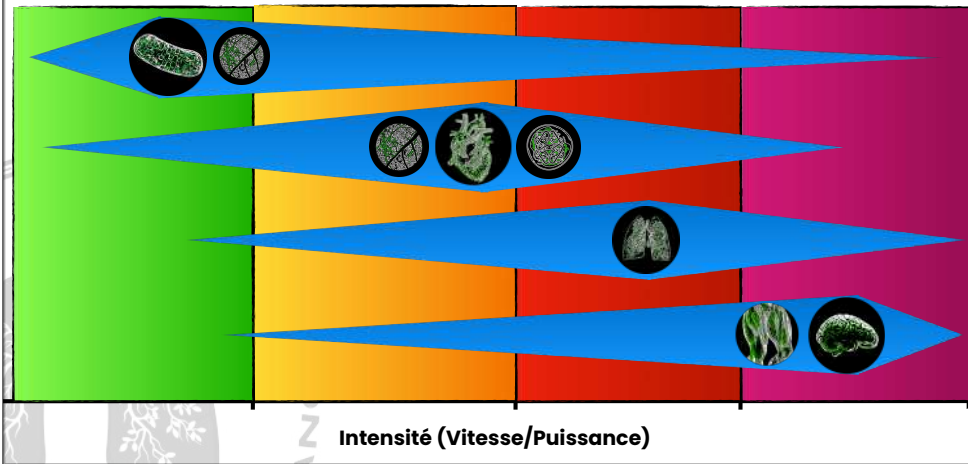
Recrutement des Unités Motrices



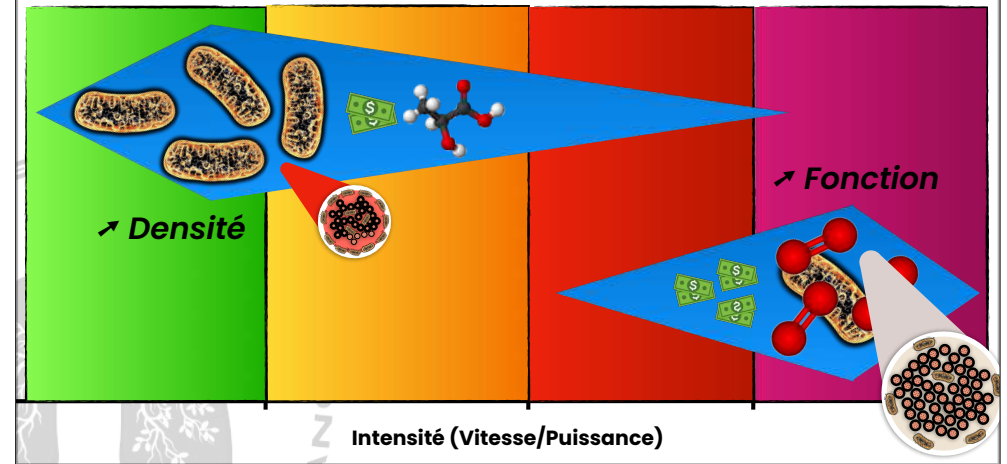
Les Fibres Musculaires



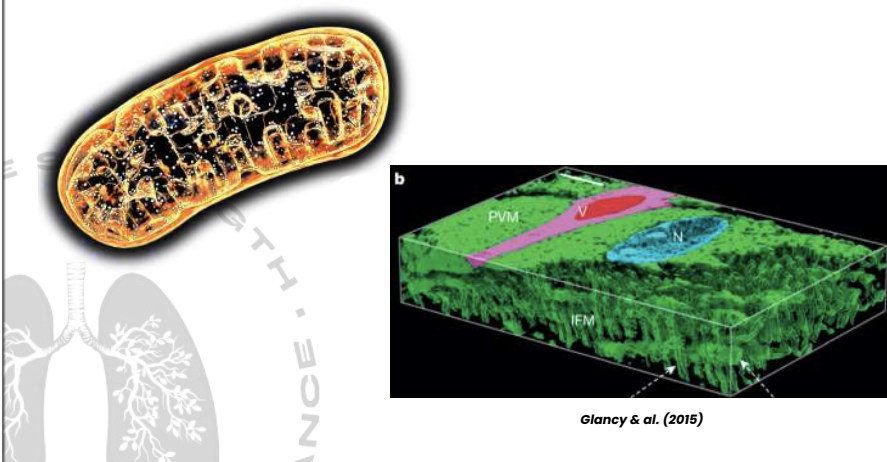
Systemes & Sollicitations



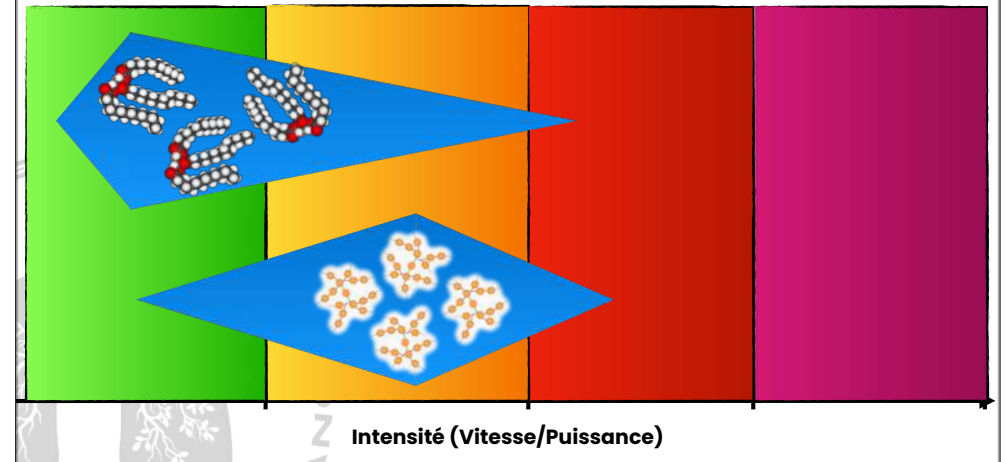
Mitochondries



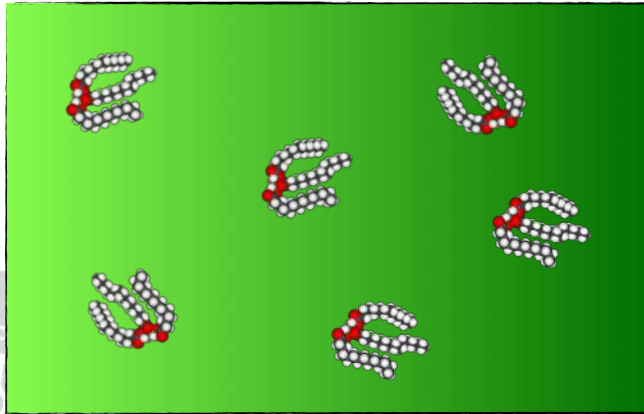
Reticulum Mitochondrial



Substrats Énergétiques



Substrats Énergétiques



50'000-100'000 kcal

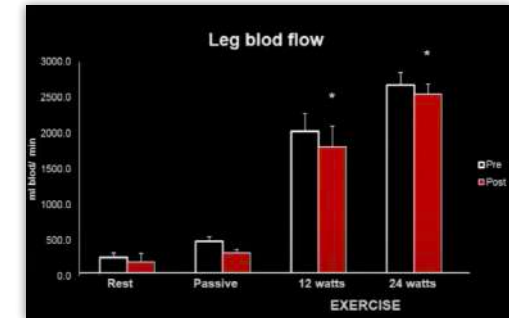
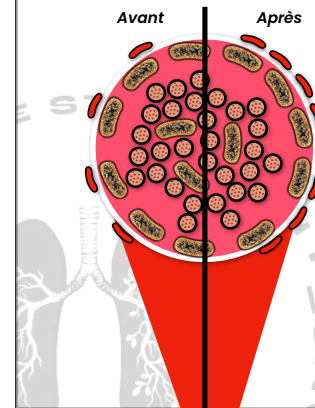


1'700-2'400 kcal

Capillaires

↗ Densité

↗ Surface d'échange

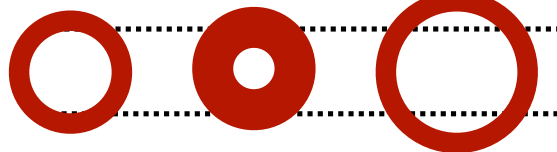
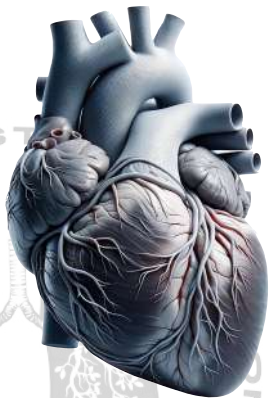


Mortensen et al. (2017)

Coeur

↗ Taille du Ventricule Gauche

↗ Contractilité



Normal

Hypertrophie
Concentrique

Hypertrophie
Excentrique



Système Vasculaire



↗ Diamètre des conduites

↗ Capacité vasodilatatoire

↘ Résistance au flux sanguin

Transport



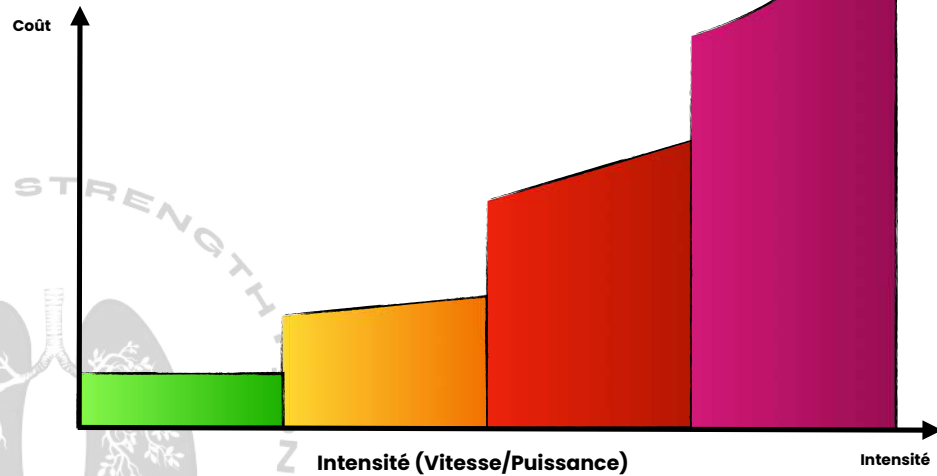
↗ *Volume Sanguin*

↗ *Masse de Hb (altitude)*

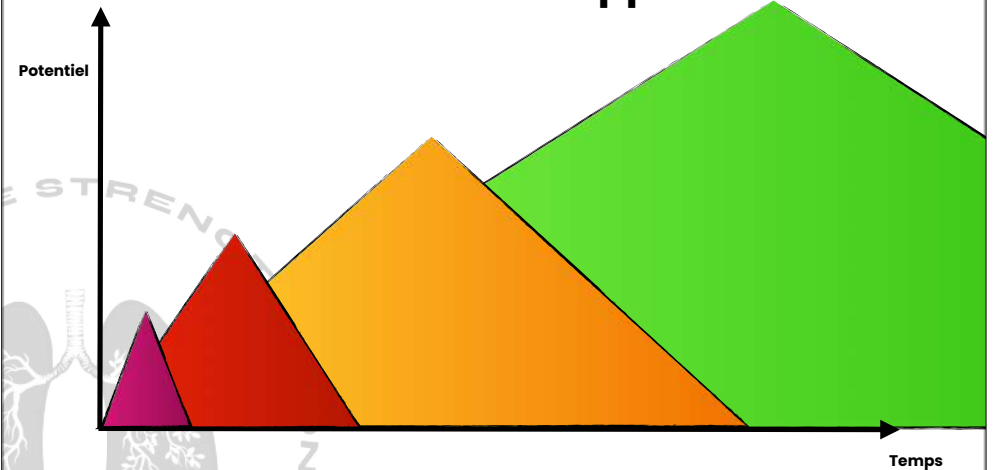
LE COÛT

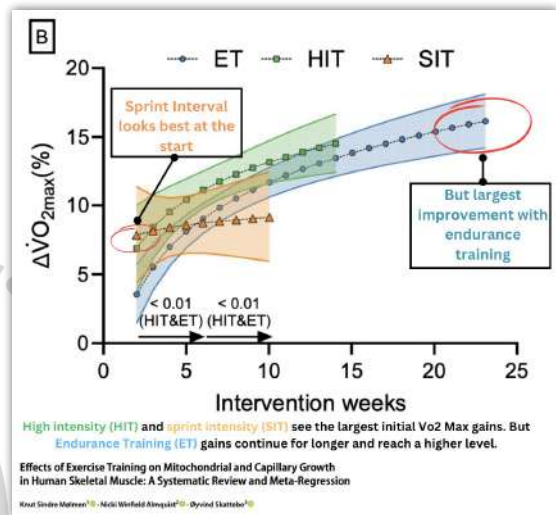
DES ADAPTATIONS

Coûts des Entraînements

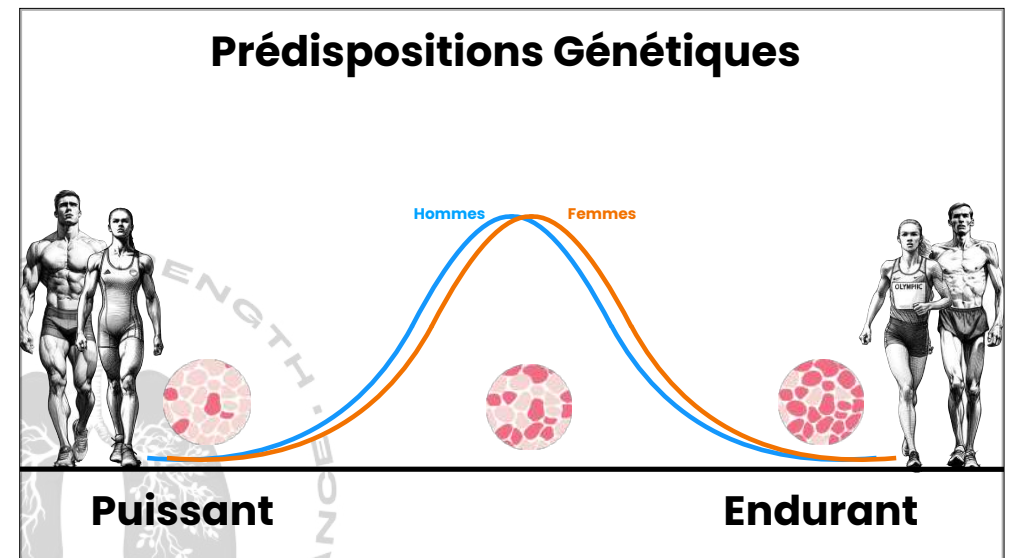
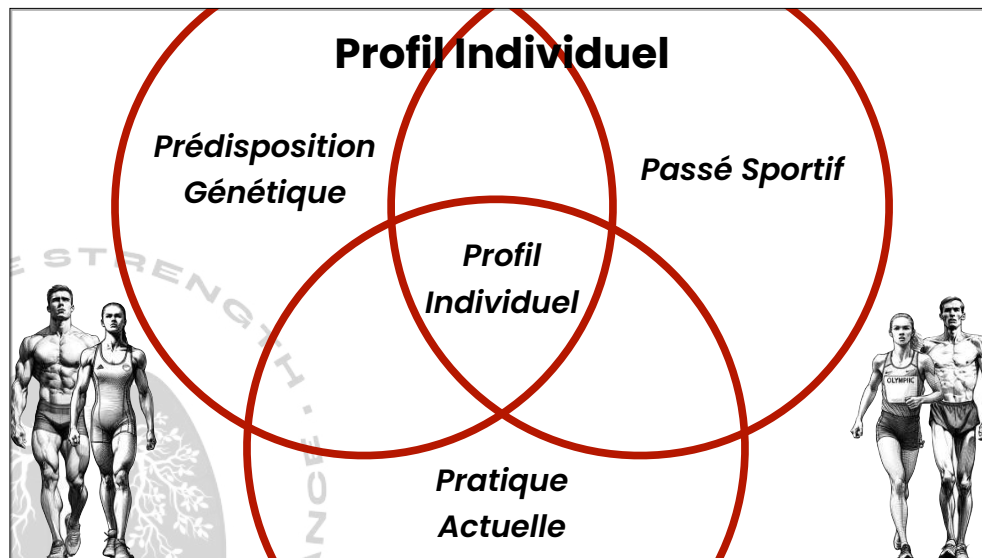


Potentiel de Développement

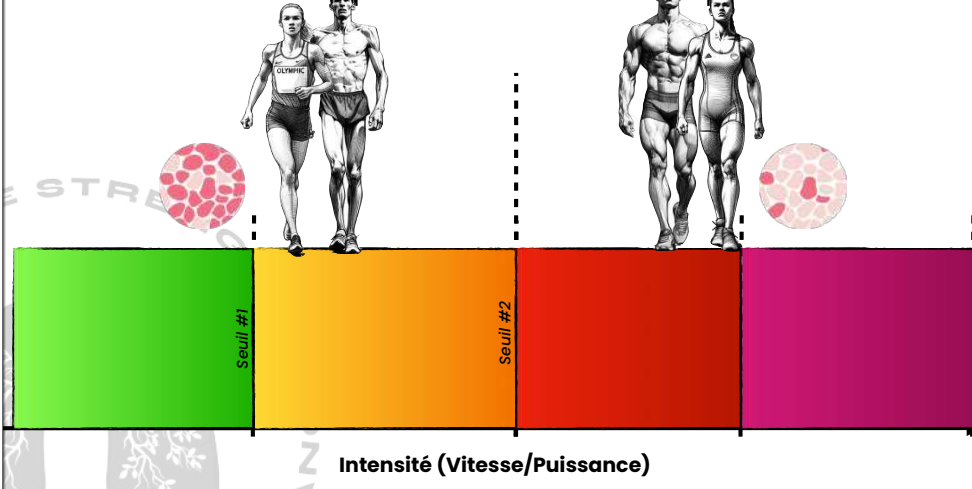




Quelles sont les 3 facettes du profil individuel du sportif ?



Prédispositions Génétiques

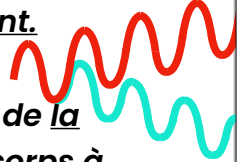
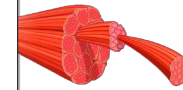


Résumé

Les principes régissent la manière dont l'organisme répond à l'entraînement.

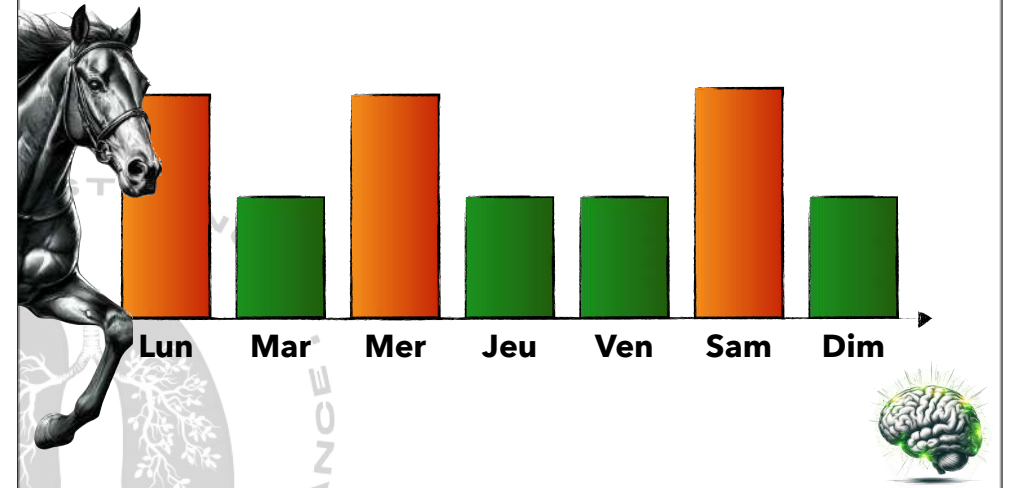
Les adaptations sont la conséquence de la réponse physique & physiologique du corps à l'entraînement.

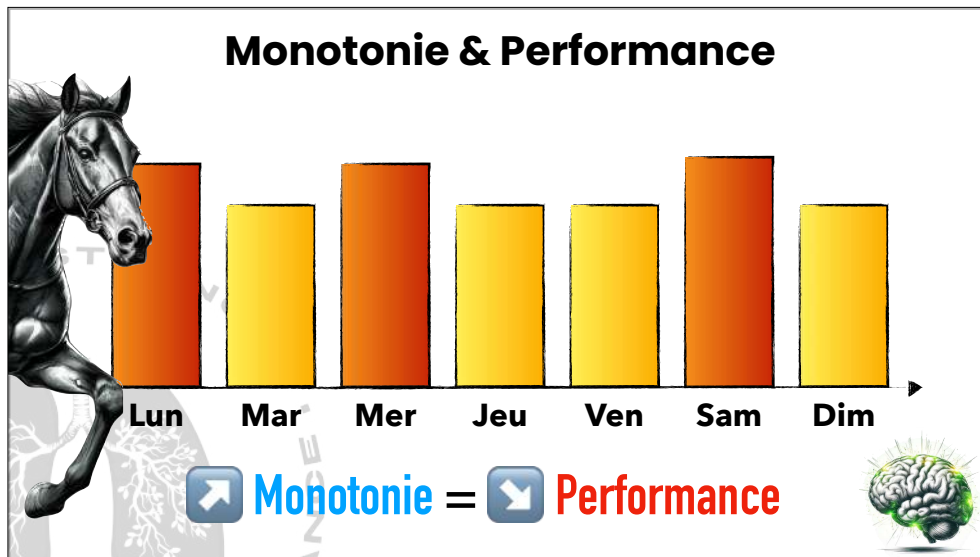
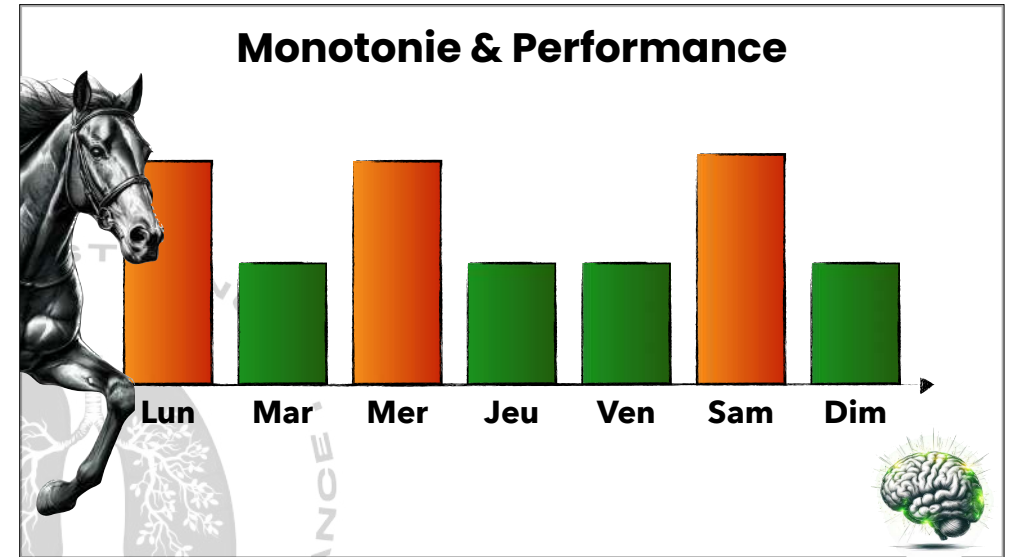
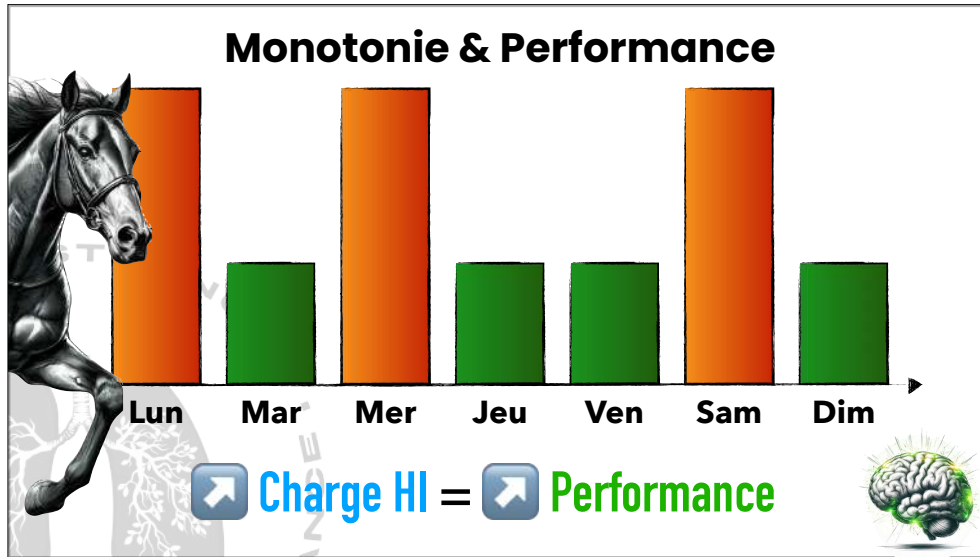
Le profil individuel définit le contexte précis dans lequel l'entraînement est appliqué.



Comment optimiser l'organisation d'une semaine d'entraînement?

Monotonie & Performance





Règles du Modèle "High/Low"

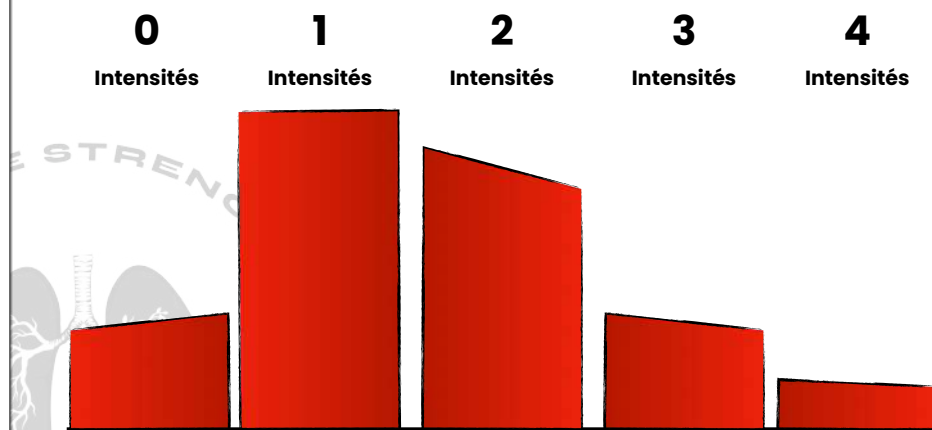
Règle #1

✓ Maximum 2 jours "HIGH" de suite

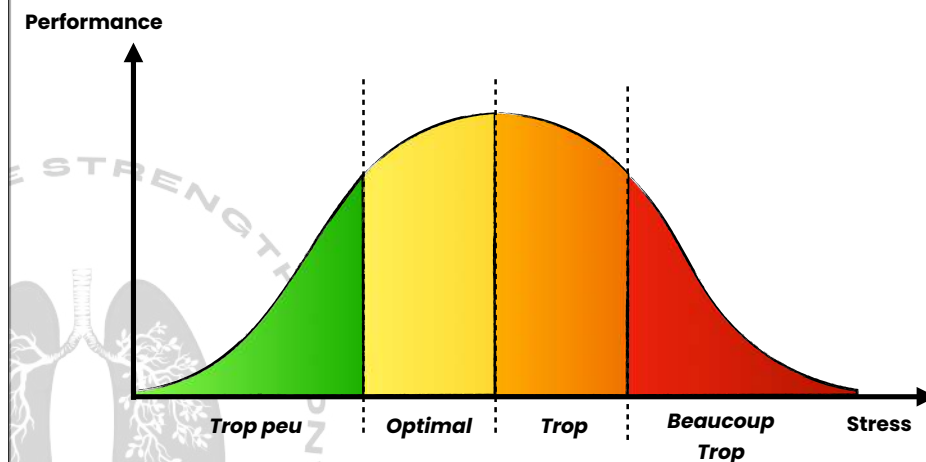
Règle #2

✓ MAX 3 jours "HIGH" par semaine

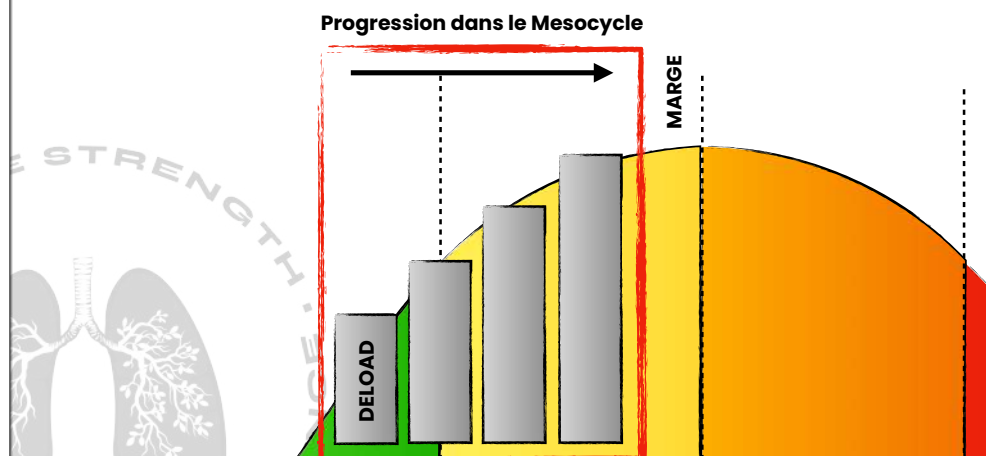
Intensités par Semaine



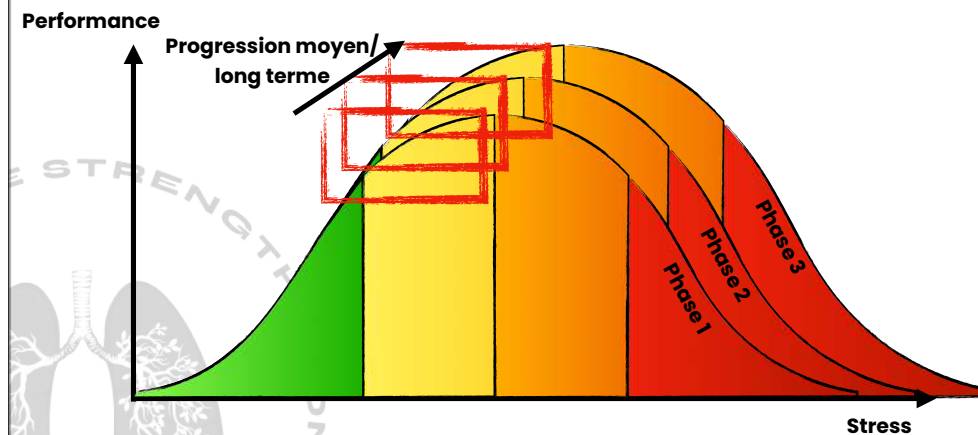
Stress, Récupération & Adaptation

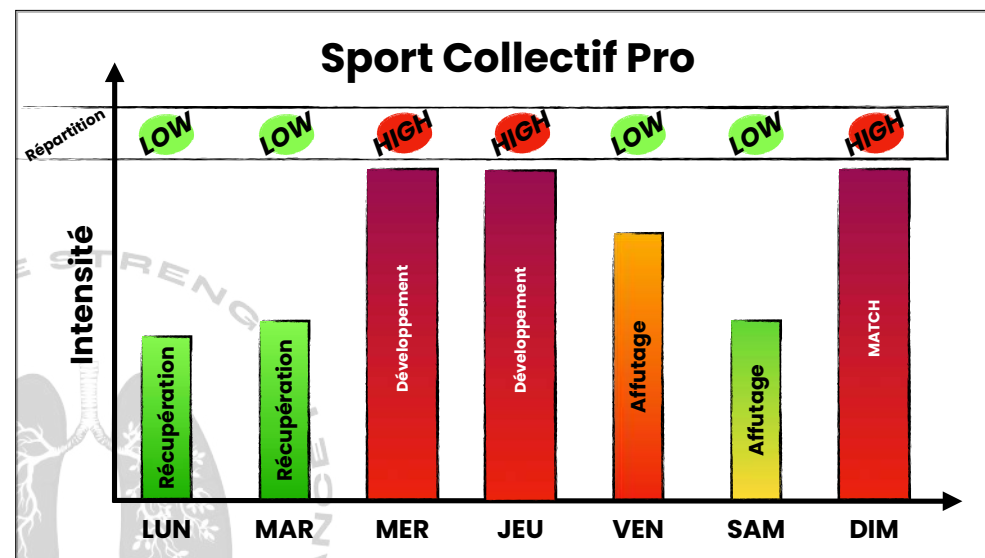
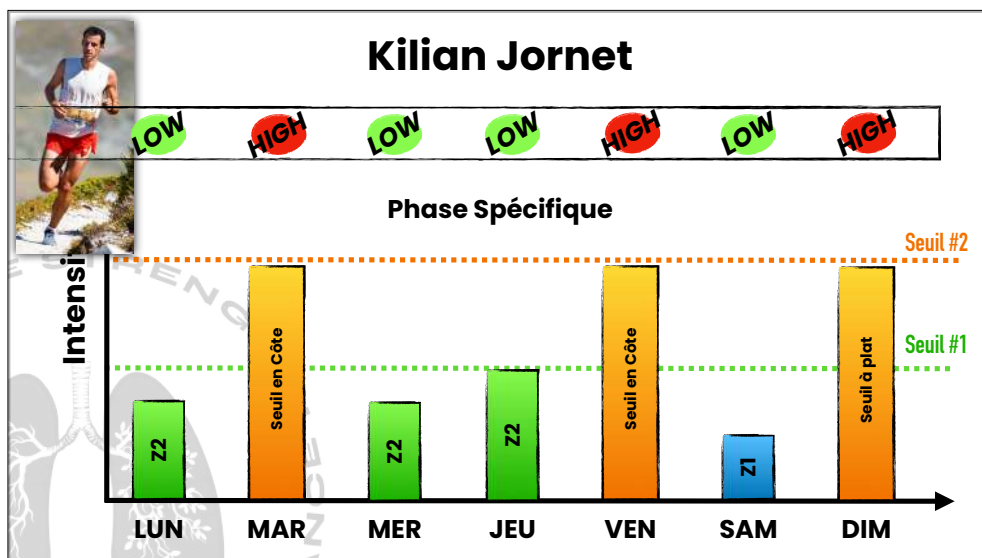
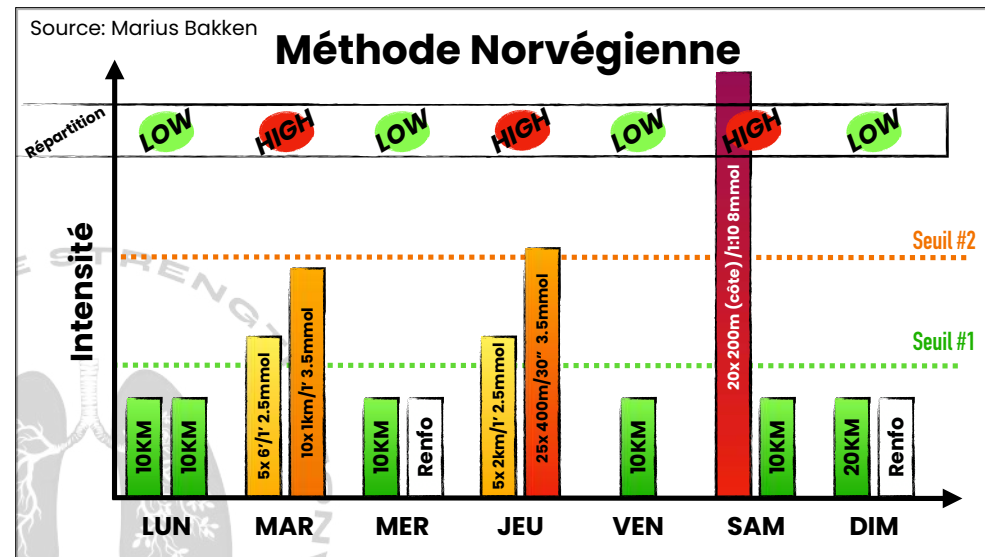
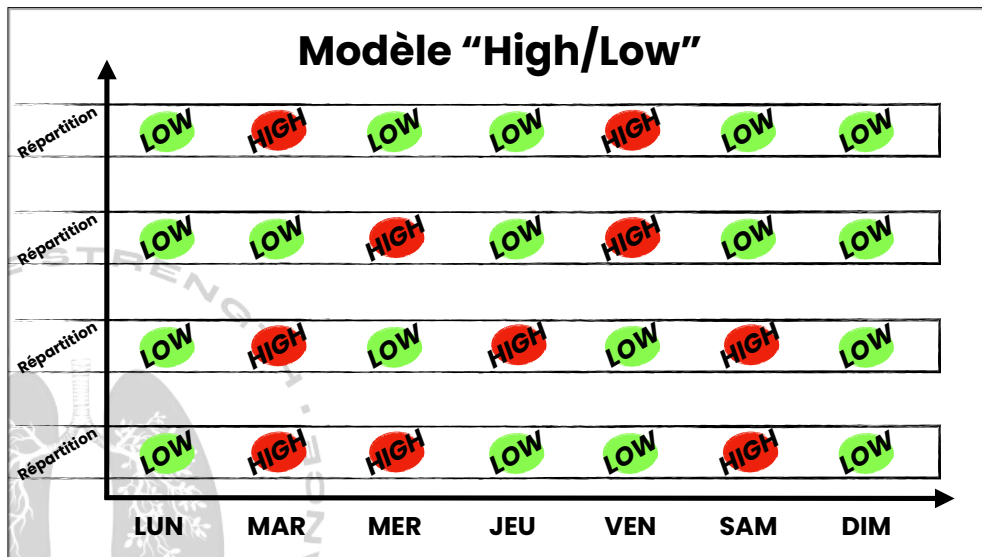


Stress, Récupération & Adaptation



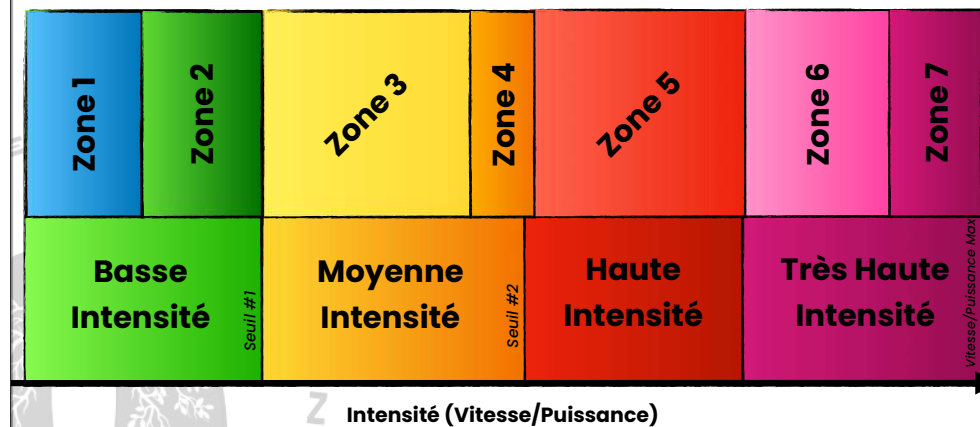
Stress, Récupération & Adaptation



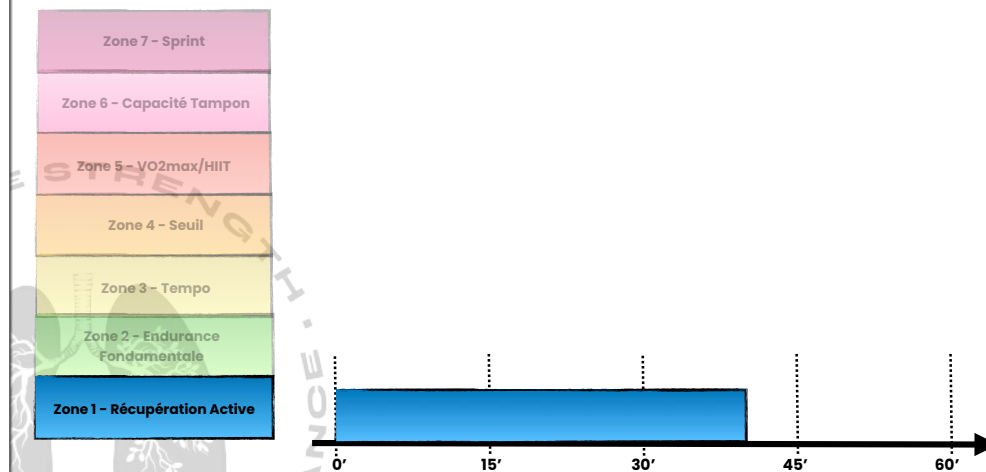


Comment Utiliser les Zones d'Entraînement?

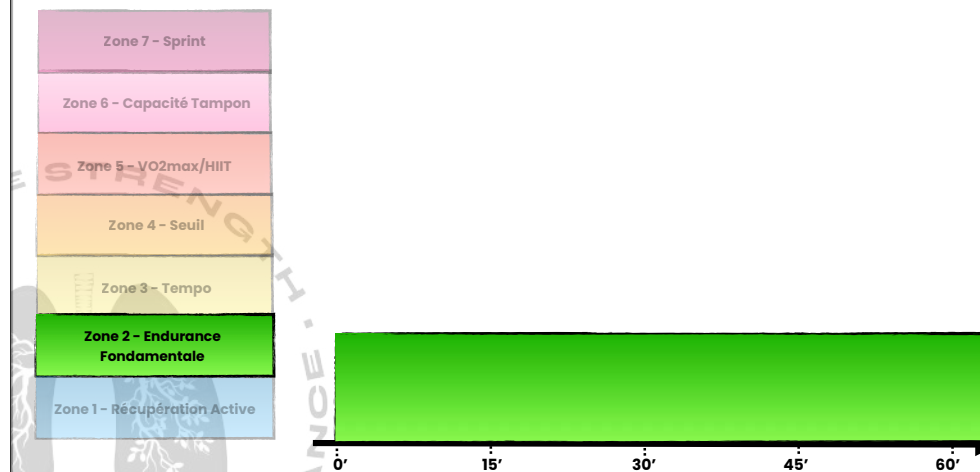
Les Zones d'Entraînement



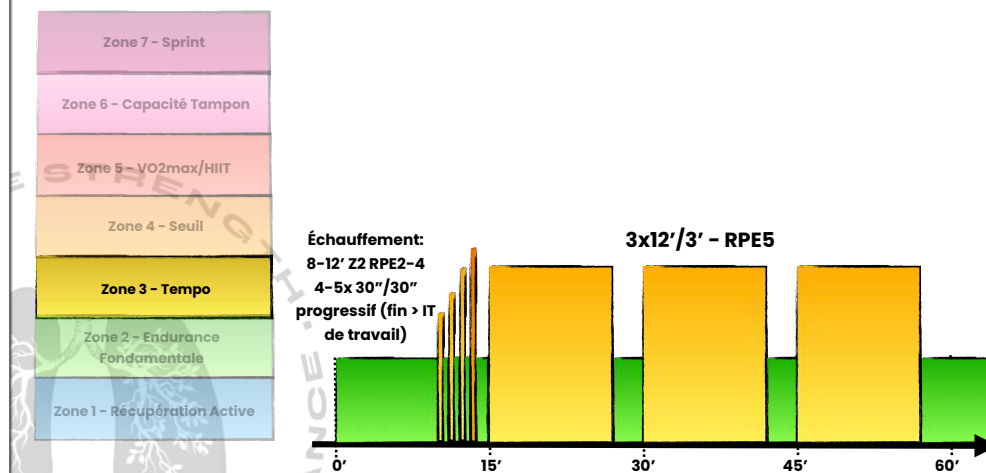
Récupération Active



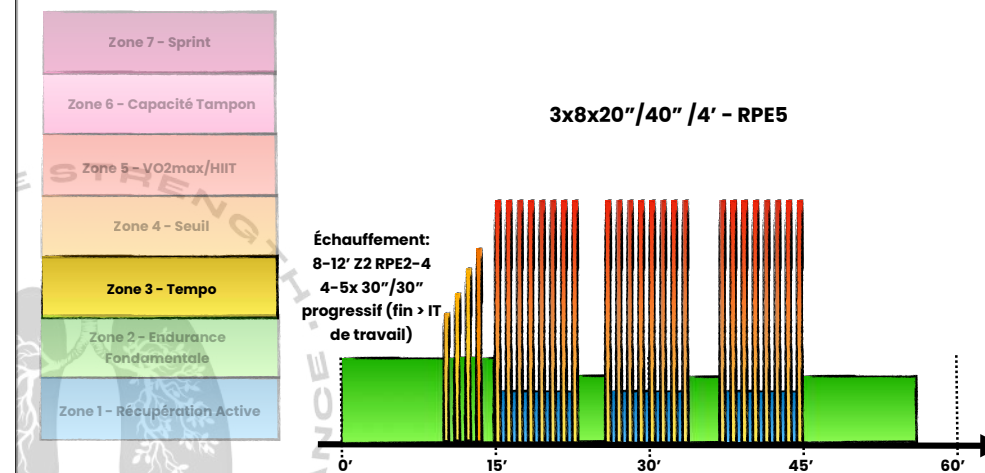
Endurance Fondamentale



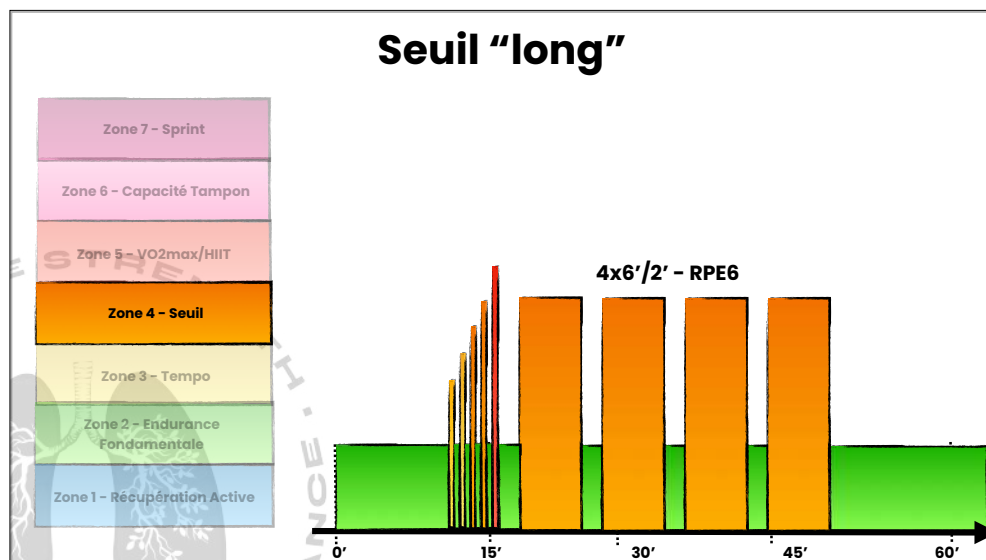
Tempo "long"



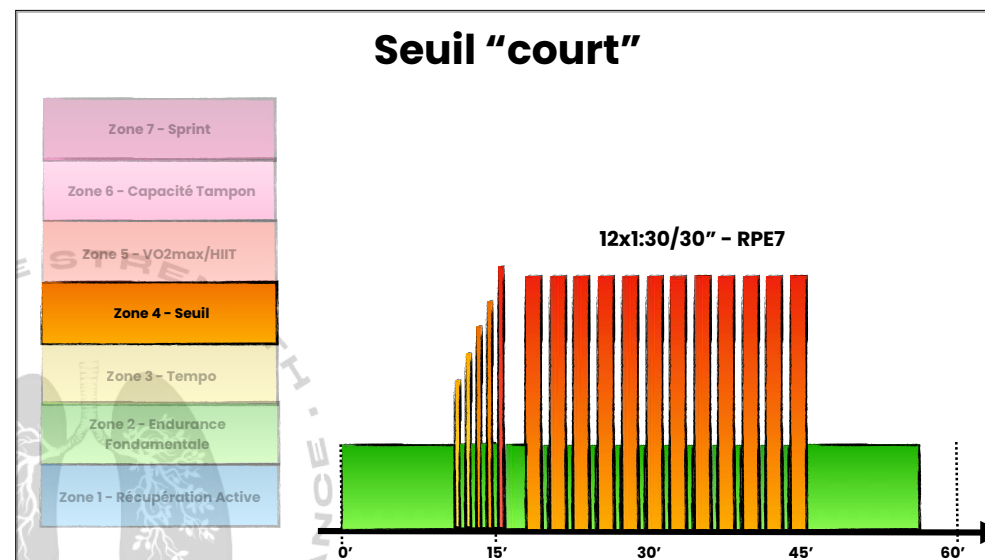
Tempo "court"



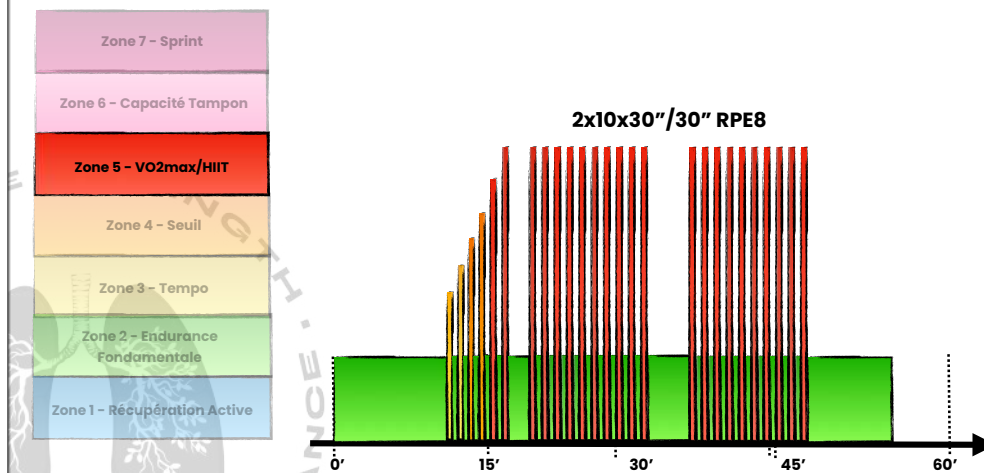
Seuil "long"



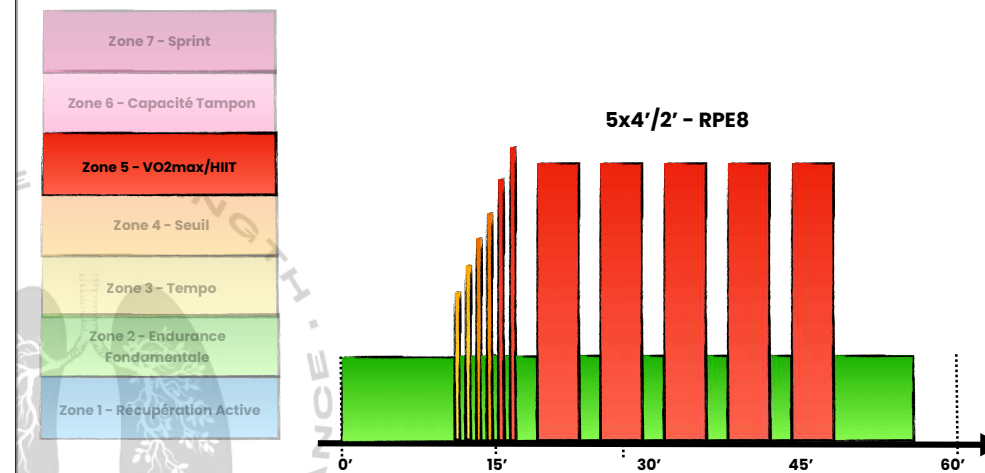
Seuil "court"



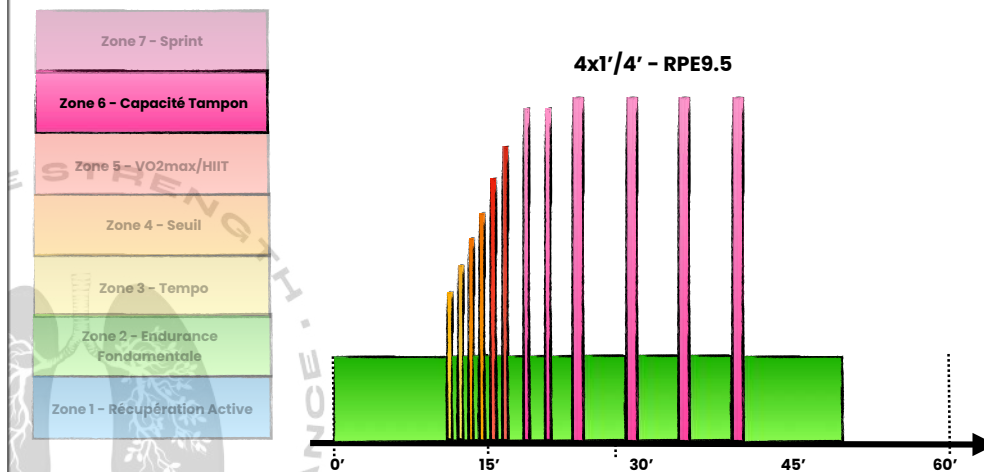
VO2max "court"



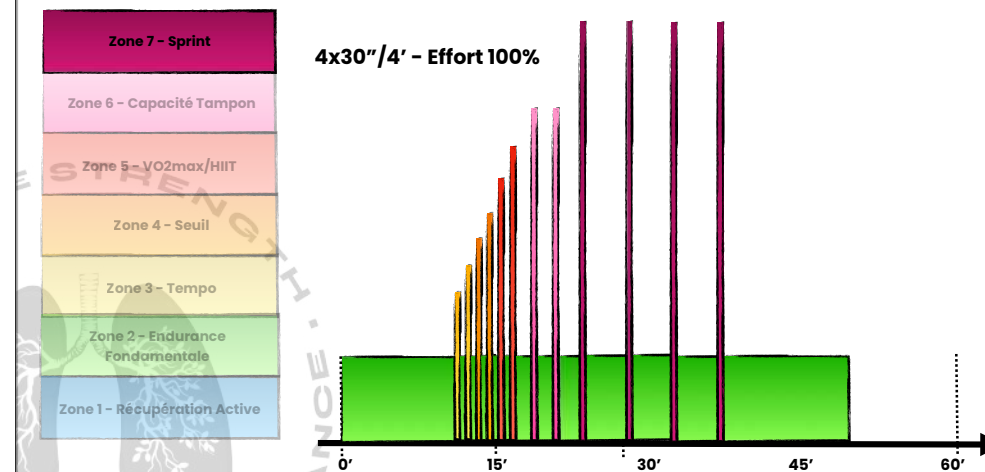
VO2max "long"



Capacité Tampon



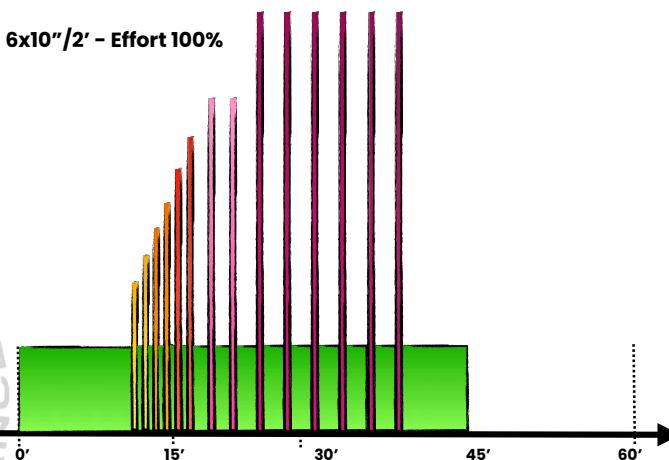
Sprint Interval Training (SIT)



Sprint Court

Zone 7 - Sprint
Zone 6 - Capacité Tampon
Zone 5 - VO2max/HIIT
Zone 4 - Seuil
Zone 3 - Tempo
Zone 2 - Endurance Fondamentale
Zone 1 - Récupération Active

6x10"/2' - Effort 100%



Les Zones d'Entraînement

Zone	Travail:Repos	Durée d'intervalle	Volume / séance
Zone 7 - Sprint	1:8 à 1:20	Sprint Court: 6" à 12" Sprint Interval Training: 15-30"	Sprint Court: 3 à 10 reps SIT: 2 à 4 reps
Zone 6 - Capacité Tampon	1:3 à 1:4	45" à 2'	3 à 5 reps
Zone 5 - VO2max/HIIT	2:1 à 1:1	Fractionné: 20" à 60" Intervalles Longs: 3-5'	Fractionné: 2-4x8-15reps Intervalles Longs: 10-25' total
Zone 4 - Seuil	4:1 à 3:1	6' à 12'	10' à 60' total
Zone 3 - Tempo	4:1 à 3:1	8' à 30'	15' à 120' total
Zone 2 - Endurance Fondamentale	10:1 à NA	20' à >60'	20' à 7h total
Zone 1 - Récupération Active	NA	20-60'	20-60'

Endurance Fondamentale

Zone 7 - Sprint
Zone 6 - Capacité Tampon
Zone 5 - VO2max/HIIT
Zone 4 - Seuil
Zone 3 - Tempo
Zone 2 - Endurance Fondamentale
Zone 1 - Récupération Active



- A) 750m à 1500m - 3x 10x25m/15"
- B) 1200m à 2000m - 3x 10x50m/20"
- C) >2000m - 3x 4x200m/2'



- A) 10' (f) à 30' (f) - 10x2'/1'
- B) 30' à 1h30
- C) 30' à >2h



- A) 20' à 40'
- B) 40' à 1h30
- C) 30' à >3h



- A) 10-30' - 3x10'/2'
- B) 30-60' - 3x20'/2'
- C) >60' - 3x30'/3'

RPE2-3

Tempo

Zone 7 - Sprint
Zone 6 - Capacité Tampon
Zone 5 - VO2max/HIIT
Zone 4 - Seuil
Zone 3 - Tempo
Zone 2 - Endurance Fondamentale
Zone 1 - Récupération Active



- A) 300m à 600m - 15x25m
- B) 500 à 800m - 2x 5x50m
- C) >800m - 10x 100m



- A) 10' à 20' - 2x5'/1'
- B) 20' à 40' - 3x10'/2'
- C) >40' - 3x20'/4'

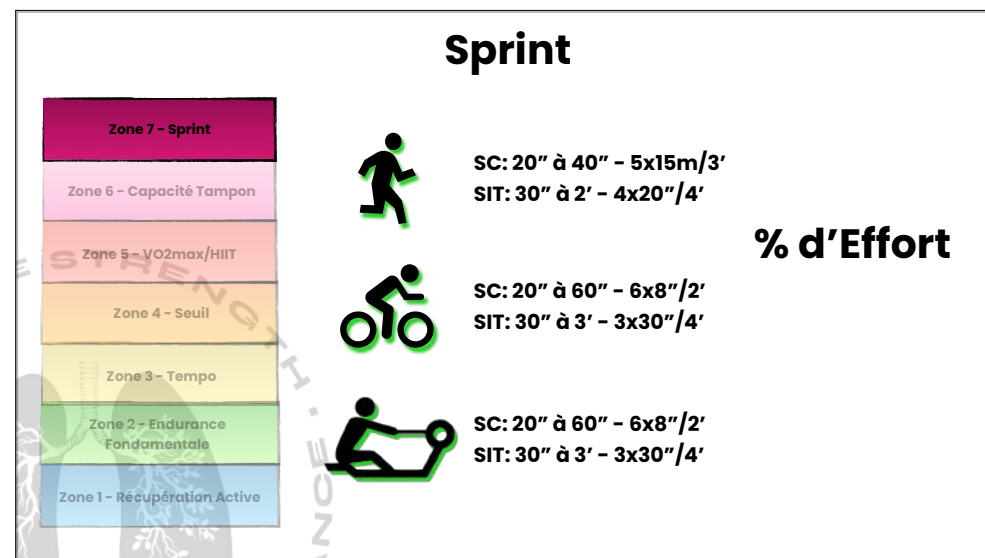
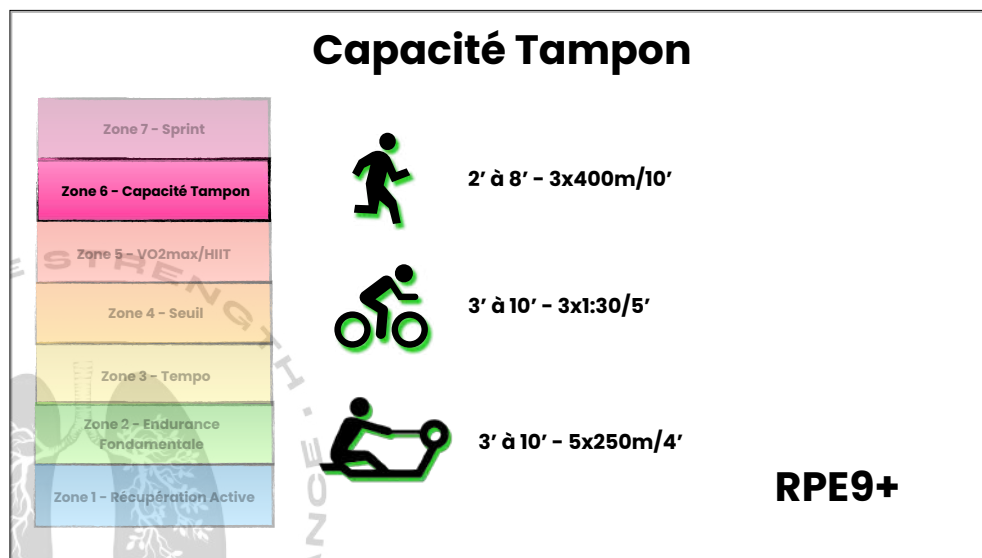
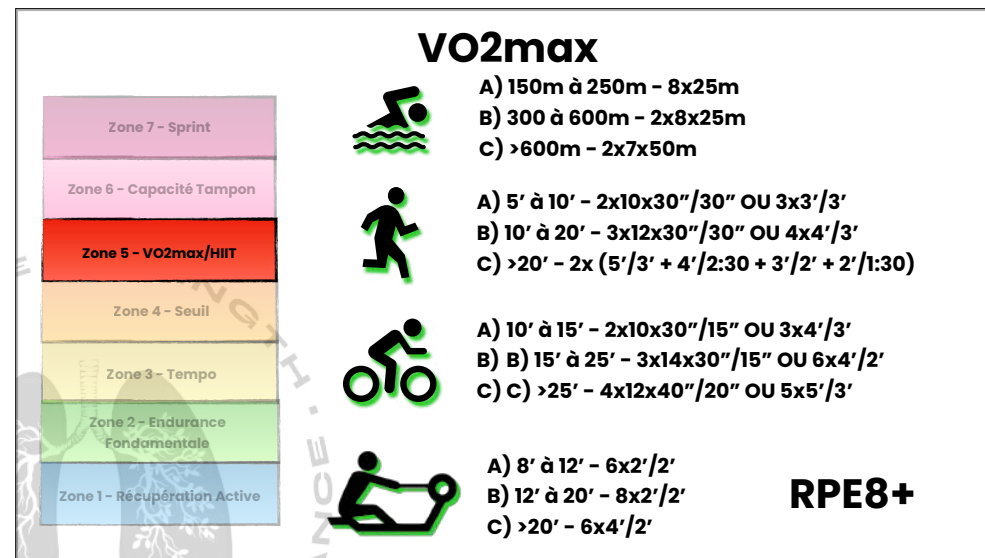
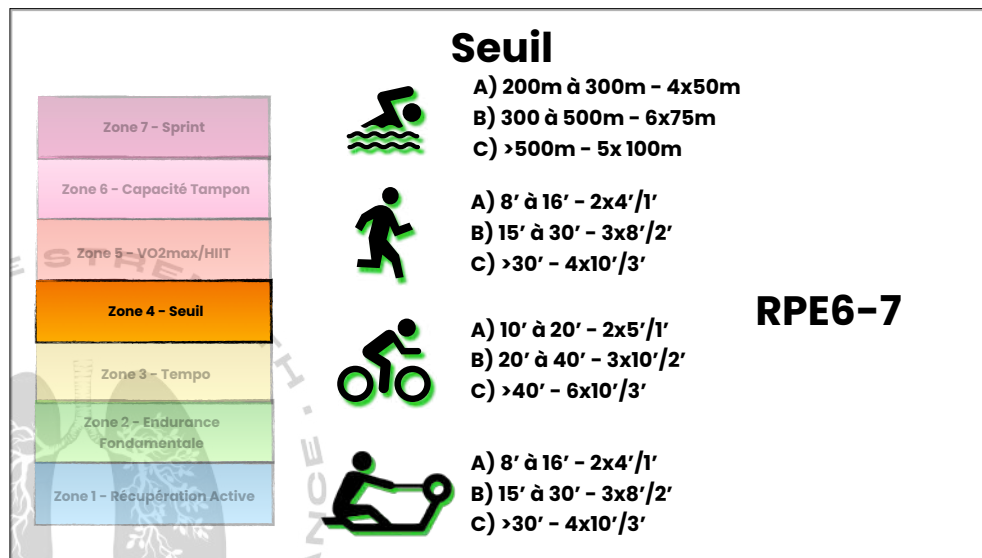


- A) 15' à 30' - 2x8'/2'
- B) 30' à 1h15 - 3x20'/4'
- C) >1h30 - 3x30'/7'



- A) 10' à 20' - 4x3'/1'
- B) 20' à 40' - 3x10'/2'
- C) >40' - 4x15'/4'

RPE4-5

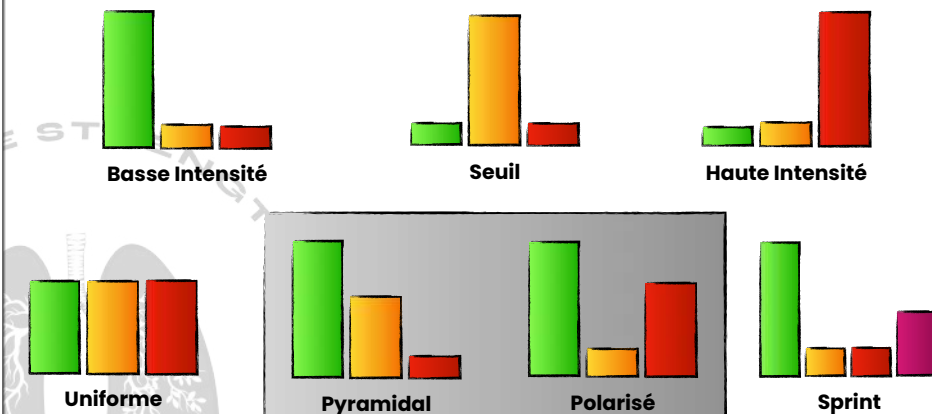


Qu'est-ce que la distribution d'intensité ?

Distribution d'Intensité

La répartition des intensités (basse/moyenne/haute) dans une semaine, un cycle ou une phase d'entraînement

Modèles de Distribution



Exemples de Programmation

Conditionnement Rugby

											Zone 2
											Zone 3
											Zone 4
											Zone 5
											Sprint
S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
Testing	General				General		Spécifique			General	
Course/endurance générale Prépa Sprint					Course spécifique et intensive Sprint						
S1 / PS	10' PS 3x10'22" Z3 RPE3	10' PS 3x11'23L RPE3	10' PS 3x11'23L RPE3	10' PS 3x11'24 RPE7		10' PS 3x10'27"40" RPE6	10' PS 3x10'27"40" RPE6	10' PS 3x12x20'740" RPE6			
S2	3x10'22" Z3 RPE3	3x10'22" Z3 RPE3	3x10'22" Z3 RPE3	3x10'22" Z3 RPE3	3x10'22" Z3 RPE3	3x10'27"40" RPE6	3x10'27"40" RPE6	3x10'27"40" RPE6	3x10'27"40" RPE6	10' PS 3x10'27"40" RPE6	
S3 / PS	10' PS 3x11'23L RPE4	10' PS 3x10'27"40" RPE4	10' PS 3x11'24 RPE7	10' PS 3x11'24 RPE7	Sprint Course 3x10'27"40" RPE6	Sprint Course 3x10'27"40" RPE6	Sprint Course 3x10'27"40" RPE6	Sprint Course 3x10'27"40" RPE6	Sprint Course 3x10'27"40" RPE6	Sprint Course 3x10'27"40" RPE6	
Chaussures											
S1	Basket	Basket	Basket	Basket		Basket/ Crampes	Basket/ Crampes	Basket/ Crampes			
S2	Basket	Basket	Basket	Basket		Crampes	Crampes	Crampes			
S3	Crampes	Crampes	Crampes	Crampes		Crampes	Crampes	Crampes			

Conditionnement CrossFit

