

Questions-Sports:

L'entraînement polarisé pour les épreuves aérobies et l'intégration de la préparation physique pour les sports d'endurance





Richard Chouinard
RFP – Kinésiologie
Université Laval
Formateur DAE - INSQ

Charles Castonguay
B.Sc. Kinésiologie,
Concentration performance
Préparateur physique du CNEPH



**La planification de l'entraînement:
Des modèles anciens aux modèles innovants
lundi 7 et mardi 8 octobre 2013**

Entretiens de l'INSEP

Exposé adapté de la présentation
« Gérer l'intensité de l'entraînement:
le modèle polarisé »

de **Stephen Seiler** de l'Université d'Agder en Norvège
aux Entretiens de l'INSEP d'octobre 2013



De l'INSEP, Paris, France

Exposé adapté des écrits de

Yann Le Meur, chercheur à l'INSEP

Spécialités: physiologie, analyse de la performance,
surménagement, récupération et nutrition.

Rédaction de chroniques sur l'entraînement polarisé:

Sport et vie, no 140, sept.-oct. 2013

Sport et vie, no 143, mars-avril 2014



Une définition de l'entraînement polarisé

C'est un **modèle de quantification** de la charge d'entraînement qui se réalise **en alternant** les séances **d'entraînement à basse intensité** (EBI) à moins de 70% PAM et d'autres séances **d'entraînement à haute intensité** (EHI) à plus de 85% de la PAM, ces deux zones d'intensité étant aux **pôles opposés** du continuum d'effort, d'où le concept d'entraînement polarisé.



L'approche polarisée pour progresser et performer?




- Une multitude de facteurs sont susceptibles d'affecter la performance d'un athlète.
- La quantification de la charge constitue un problème complexe
- L'approche polarisée demeure une piste de réflexion intéressante.
- S'adresse aux coureurs, cyclistes, triathlètes, patineurs, rameurs, skieurs de fond,...



5 zones de prescription pour l'entraînement de l'aptitude aérobie (habituellement pour les sportifs d'élite)

5 zones d'intensité	FC (%max)	% VO2max	Lactatémie (mmol.L ⁻¹)	EPE 1 à 10	Sensation	Durée d'effort effective/séance
1	65 - 74	50 -60	0.8 -1.5	1 – 1.5	Très très légère à légère	1-6 h
2	75 - 81	61 – 70 (42.2/100 km)	1.5 - 2.5	1.5 – 3	Légère à modérée	1-3 h
3	82 – 87	71 – 79 (21.1/42.2 km)	2.5 -4.0	3 – 5	Modérée à difficile	50-90 min
4	88 – 93	80 - 87 (10 /21.1 km)	4 - 6	5 – 7	Difficile à très difficile	30-60 min
5	94-100	88 et + (1.5/10 km)	6 -10	7 – 10	Très difficile à maximal	15-30 min

3 zones de prescription pour l'entraînement de l'aptitude aérobie (habituellement pour la majorité des sportifs)

3 zones d'intensité	5 zones d'intensité	FC (%max)	% VO2max	Lactatémie (mmol.L ⁻¹)	EPE 1 à 10	Sensation	Durée d'effort effective/séance
 <div>1</div>	1	65 - 74	50 - 60	0.8 - 1.5	1 - 1.5	Très très légère à légère	1-6 h
	2	75 - 81	61 - 70 (42.2/100 km)	1.5 - 2.5	1.5 - 3	Légère à modérée	1-3 h
 <div>2</div>	3	82 - 87	71 - 79 (21.1/42.2 km)	2.5 - 4.0	3 - 5	Modérée à difficile	50-90 min
 <div>3</div>	4	88 - 93	80 - 87 (10/21.1 km)	4 - 6	5 - 7	Difficile à très difficile	30-60 min
	5	94-100	88 - 10 km (1.5/10 km)	6 - 10	7 - 10	Très difficile à maximale	15-30 min

Distribution du volume des EBI et des EHI

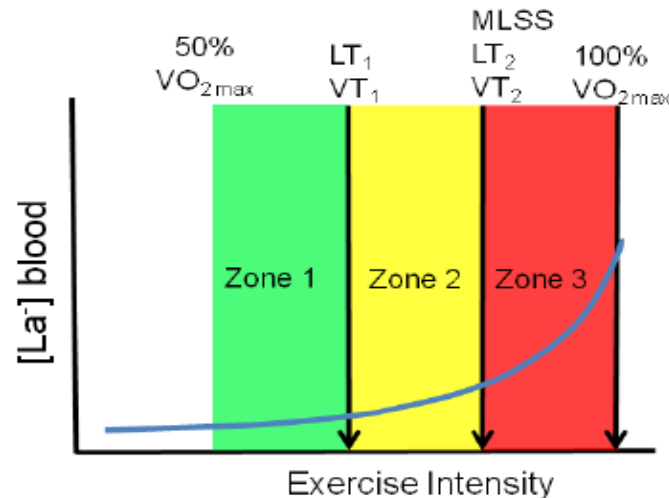
- **75 à 90% en Zone 1**
- **10 à 25% en Zone 2 et 3 (en limitant la Zone 2)**
 - **1 à 3 séances/semaine en Zone 2 et 3**
- **D'où le principe du 80%/20%**
- **Considérer non seulement la semaine, mais aussi le cycle complet de préparation à la FSO**

L'entraînement polarisé

La règle du 80-20 ($80\% \leq SV1$ et $20\% \geq SV2$)

• D'après Seiler, (Seiler & Kjerland, 2006; Seiler & Kjerland, 2009; Seiler & Tønnessen, 2009) la distribution optimale de l'intensité (« distribution polarisée ») serait:

- Zone 1 : 75-80%
- Zone 2 : 5%
- Zone 3 : 15-20%



- Athlètes d'élite 10-12 séances / semaine
 - 1-3 séances / semaine \geq SV2
- Athlètes amateurs (4-5 séances/semaine = 6-10 heures/semaine)
 - 1-2 séances / semaine \geq SV2

Le modèle polarisé 80/20 et le principe de Pareto

- Constat empirique selon lequel 80% des effets sont le produit de 20% des causes
- En transférant le principe au modèle polarisé
 - 80% du volume dévolu aux EBI amènerait 20% des bénéfices pour la performance
 - 20% du volume dévolu aux EHI amènerait 80% des bénéfices pour la performance
- Donc les EHI permettent des adaptations physiologiques très probantes pour la performance, même s'ils représentent un faibles % (clé de voûte pour optimiser la performance)
- Les EBI et les EHI sont donc nécessaires pour progresser et doivent se combiner harmonieusement pour obtenir la FSO.



L'entraînement polarisé VS l'entraînement traditionnel

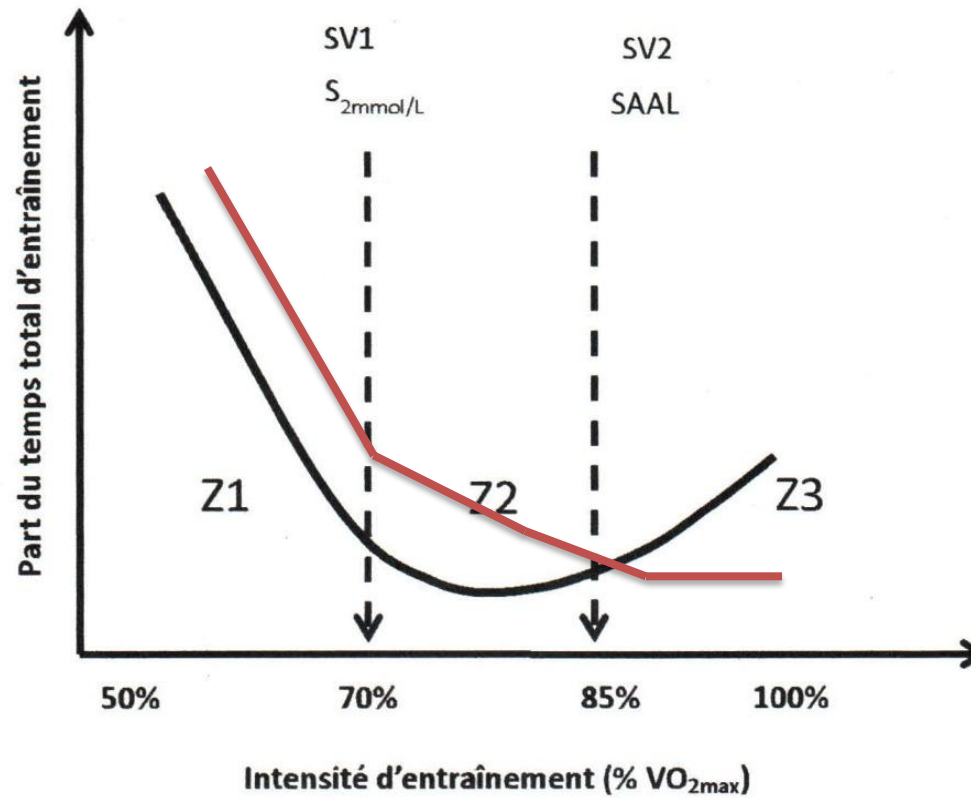


Figure 1. L'entraînement polarisé.

Comment s'entraîne l'élite?

- Pas toujours évident!
- Depuis 20 ans, quelques écrits ont été publiés par des chercheurs pour le haut niveau
- Peu d'études pour le niveau récréatif.

En 1991, une 1^{ière} étude par des chercheurs Néo-Zélandais

- **13 coureurs de haut niveau du 1500 mètres au marathon**
- **Monitoring de FC pendant 2 mois pour évaluer le T passé aux différentes zones d'entraînement déterminées en laboratoire en fct de la lactatémie et de la vitesse de course**
- **Zone 1: 77% du T**
- **Zone 2: 19% du T**
- **Zone 3: 4% du T**

Distribution optimale de l'intensité d'entraînement: Tendance confirmée

- **Marathoniens Français et Portugais de HN**
- **Distribution du temps d'entraînement en fct de la V marathon, de la V 10 km et de la V 3 km**
- **12 semaines avant les JO de Sydney**
 - Zone 1 (sous V 42.2 km): 78% du T
 - Zone 2 (à V 42.2 km): 4% du T
 - Zone 3 (à + de V 10 km): 18 % du T

Distribution optimale de l'intensité d'entraînement: Tendance confirmée

- **Même distribution selon un très bon niveau ou un très haut niveau**
 - TBN: <2h16 H et <2h38 F
 - THN: <2h11 H et <2h32 F
- **Par contre, le THN + de volume/semaine et + de T en Z 3**

Distribution optimale de l'intensité d'entraînement: Tendance confirmée

- **Coureurs élités Kényans de 5 et 10 km**
- **Zone 1 et 2: 85% du T**
- **Zone 3: 15% du T**

Billat VL et coll. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. Medicine and science in sports and exercise. 2003;35(2):297-304.

Distribution optimale de l'intensité d'entraînement:

Tendance confirmée

- Chercheurs espagnols analysent 1000 enregistrements de FC sur des coureurs (VO^2max : 70 mL O_2 /min/kg) pendant + mois
- En moyenne, 70 km/semaine
- Distribution du T d'entraînement:
 - Zone 1: 71%
 - Zone 2: 21%
 - Zone 3: 8%
- Intensité moyenne: 64% VO^2max
- Niveau de performance et progrès sur tests de x-country de 4 et 10km corrélés avec T en Z1.

Distribution optimale de l'intensité d'entraînement: Tendance confirmée

Hommes, aviron, Norvège, médaillés en compétition internationales / 1970 à 2001

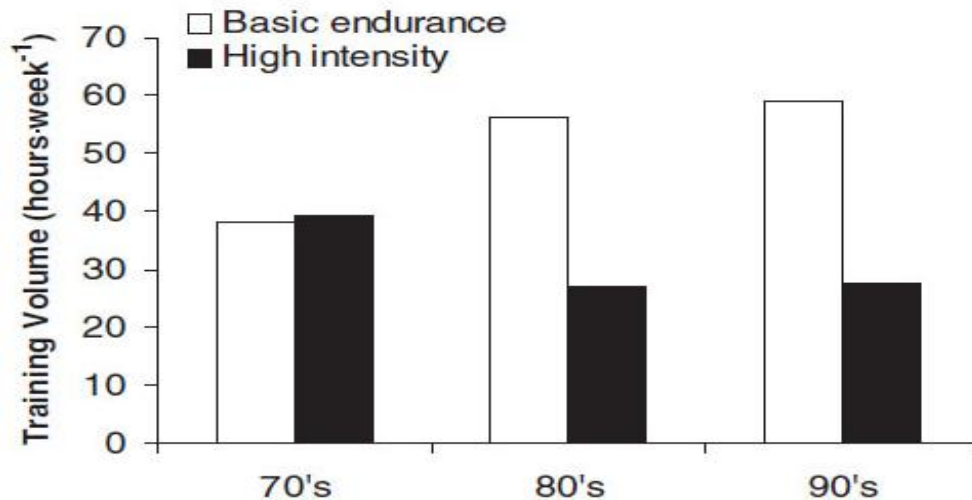


Fig. 4. Overall distribution of training volume (h week⁻¹) between extensive long-distance training and highly intensive training among medal winners from the 1970s, 1980s, and 1990s.

- Volume + 20%
- 1/3 moins d'intensité
- + entre 85 et 95% VO₂max
- + 12% VO₂max en 30 ans
- ↑ de 10% test sur ergomètre
- Étude descriptive à considérer avec précaution
- Résultats préliminaires posant les bases de l'entraînement polarisé par Stephen Seiler.

Fiskerstrand, Å. and Seiler, K. S. Training and performance characteristics among Norwegian International Rowers 1970–2001. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2004; 14(5):303–310.

Distribution optimale de l'intensité d'entraînement: Tendance confirmée (encore Seiler)

36 rameurs Allemands, suivis pendant 37 semaines

- **Par la suite, 27 de ces 36 rameurs remportèrent une médaille d'or aux Championnats du monde junior**
- **Suivi avec la FC**
 - **Zone 1: 95%**
 - **Zone 2 et 3: 5% sur 9 mois et significativement accrus à l'approche de la phase de compétition**

Même constat pour les épreuves + courtes

- Skieurs de fond de très bon niveau et de niveau international spécialistes du sprint 1000 à 1500 mètres
- Les meilleurs (NI) possédaient un profil aérobie
 - Avec meilleure VO^2_{max}
 - Meilleure VAM
 - Meilleur $Tlim$ à VO^2_{max}
- Pour les 6 mois de suivi
 - En Zone 1: 445 h pour le NI vs 341 h pour le TBN
- Aucune différence en Zone 3:
 - 19 h pour les 2 groupes

Sanbakk O, Holmberg HC, Leirdal S, Ettema G. The physiology of world-class sprint skiers. Scandinavian journal medicine & science in sports. 2011;21(6):e9-16.

Conclusion au sujet de ces études

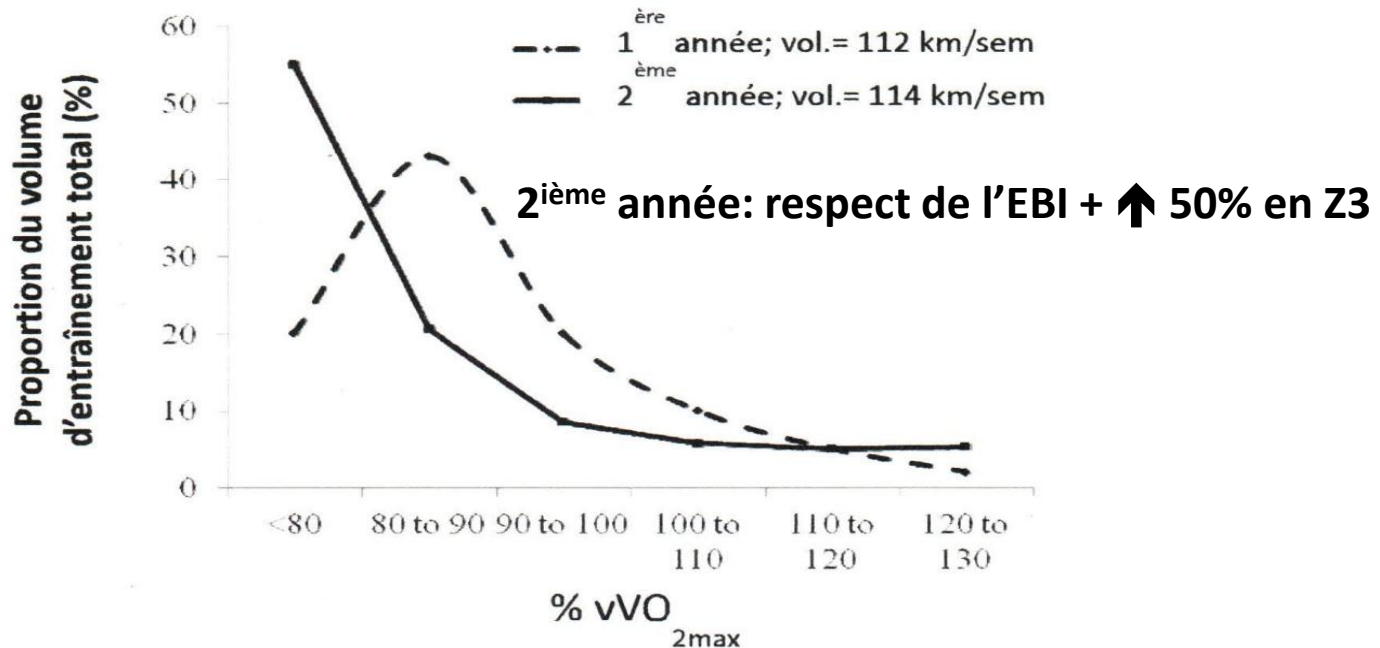
- Les athlètes d'endurance de niveau élite qui performant dans des épreuves dont l'intensité est \geq à 85% VO^2_{max} , s'entraînent majoritairement à des intensités $<$ à 85% VO^2_{max}
- Les EHI (Z2-3) demeurent quand même incontournables pour l'atteinte de la FSO
- Mais les progrès ne semble pas dépendre de + d'intensité.



Quel est le bon ratio (80/20)?

- Distribution du T d'entraînement pour 12 coureurs de 21,5 de VAM pendant 5 mois
- 2 groupes:
 - Un groupe « polarisé »:
 - 81% Z1, 11% Z2 et 8% Z3
 - Un groupe « seuil »:
 - 67% Z1, 25% Z2 et 8% Z3
- Test de performance avant et après sur 10,4 km x-country
 - ↓ 2 min37 ±13s vs ↓ 2min02 ±7s en faveur du groupe polarisé.

Le bon ratio confirmé



Distribution du volume lors de 2 années d'entraînement suivies en fct des zones d'intensité (coureur de 1500 mètres)

- Cas clinique de l'English Institute of Sport, coureur de 26 ans suivi durant 2 ans avec RP de 3:38.9;
- Après 1^{ère} année non polarisée: RP de 3:37 (+ 0.9%), + 2% de VO₂max;
- Après 2^{ème} année polarisée: RP de 3:32.4 (+ 0.9%), + 11% de VO₂max (de 4.9 à 5.45 L/min)

Ingham SA, Fudge BW, Pringle JS. Training distribution, physiological profile and performance for a male international 1500 m runner.

International journal of sports physiology and performance. 2012;7(2):193-5.

S'entraîner qu'aux extrêmes pour confirmer l'avantage d'un grand volume d'EBI combiné à l'EHI

- **Plusieurs études (Ingham, SA. 2008; Iaia FM. 2009; Faude O. 2008) démontrent aucune amélioration significative de la performance lorsque les athlètes s'entraînent qu'à faible intensité ou qu'à haute intensité**
- **Une combinaison d'EHI avec un grand volume d'EBI serait nécessaire pour progresser**
- **L'EHI et l'EBI seraient complémentaires pour une adaptation optimale de l'organisme.**

Ingham SA, Carter H, Whyte GP, Doust JH. Physiological and performance effect of low vs mixed intensity rowing training. Medicine and science in sports and exercise. 2008;40(3):579-84.

Iaia FM, Hellsten Y, Nielsen JJ, Fernstrom M, Sahlin K, Bangsbo J. Four weeks of speed Endurance training reduce energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. Journal of applied physiology. 2009;106(1):73-80

Faude O, Meyer T, Scharhag J, Weins F, Urhausen A, Kindermann W. Volume vs intensity in the training of competitive swimmers. International journal of sports medicine . 2008;29(11):906-12



Adaptations liées à l'entraînement aérobie

- Selon l'intensité de l'entraînement, les adaptations seront (MacDougall et Sale, 1981) :
 - soit au niveau central [cœur – poumon - circulation]
 - soit au niveau périphérique [musculaire]
- Les adaptations physiologique au **niveau central**:
 - La $VO_2\text{max}$ est un facteur déterminant (Di Prampero, 2003)
 - La $VO_2\text{max} = QC_{\text{max}} \times D_{a-v} O_2 \text{max}$
 - $QC = VES \times FC$ (composante centrale)
 - Adaptation Circulatoire par une \uparrow du transport de l' O_2
 - Ce gain provenant d'une \uparrow du $QC (= VES \times FC)$
 - \uparrow du VES:
 - \uparrow cavité cardiaque (V.G.)
 - \uparrow contractilité cardiaque
 - \downarrow de la résistance circulatoire périphérique
 - \uparrow de la capillarisation

Adaptations liées à l'entraînement aérobie

- Les adaptations physiologiques au **niveau périphérique**.
 - $VO_2\text{max} = Q_{C\text{max}} \times D_{a-v} O_2\text{max}$
 - $D_{a-v} O_2\text{max}$ (composante périphérique)
 - ↑ du nb et taille des mitochondries
 - ↑ de l'activité enzymatique oxydative
 - ↑ de la concentration en myoglobine

Adaptations liées à l'entraînement aérobie

- En fait, les EBI et les EHI auraient des répercussions centrales et périphériques complémentaires pour une adaptation optimale
- Une hypothèse au niveau périphérique:
 - EBI : activation d'une enzyme clé du métabolisme cellulaire, l'AMPK, capacité à produire de l'énergie par l'oxydation des graisses et des glucides
 - Adaptations physiologiques en limitant la fatigue
 - Moins de perturbation du SNA, limitation de la fatigue chronique/surentraînement.
 - EHI: activation d'une enzyme clé du métabolisme cellulaire, la calmoduline-kinase, capacité à produire de l'énergie par l'oxydation des glucides
 - Adaptations physiologiques amenant plus de fatigue
 - Plus de perturbation du SNA.

Coffey VG, Hawley JA. The molecular bases of training adaptation. Sport medicine. 2007;37(9):737-63 .

Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2010;20 Suppl 2:1-10.



Adaptations liées à l'entraînement aérobie

- **Pour les EBI, pertinent de considérer aussi:**
 - L'amélioration de l'économie de locomotion
 - La précision et la fluidité du geste (natation/vélo)
 - L'adaptation des muscles et des tendons aux contraintes de l'impact au sol (course)
 - Repousser le seuil de fatigue neuromusculaire
 - Conserver un pied réactif dans la durée (course)
 - Se préparer psychologiquement à supporter des efforts prolongés en compétition.

Le cas du CNGB en 2014

Entraîneurs:

Sabrina Lapointe, Gregor Jelonek, Philippe T.Richard.

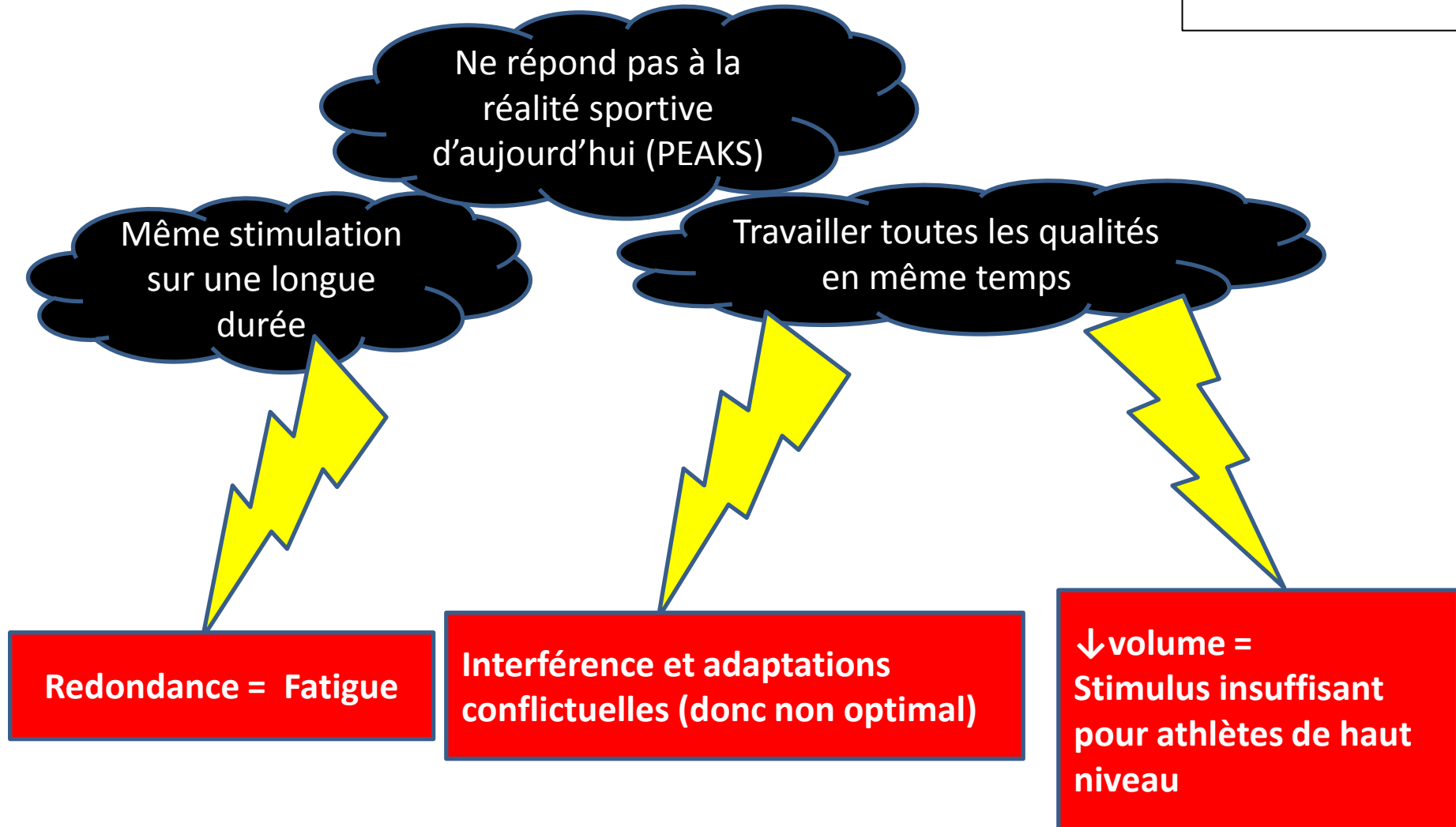
Orientation CNGB

➤ **BLOC**

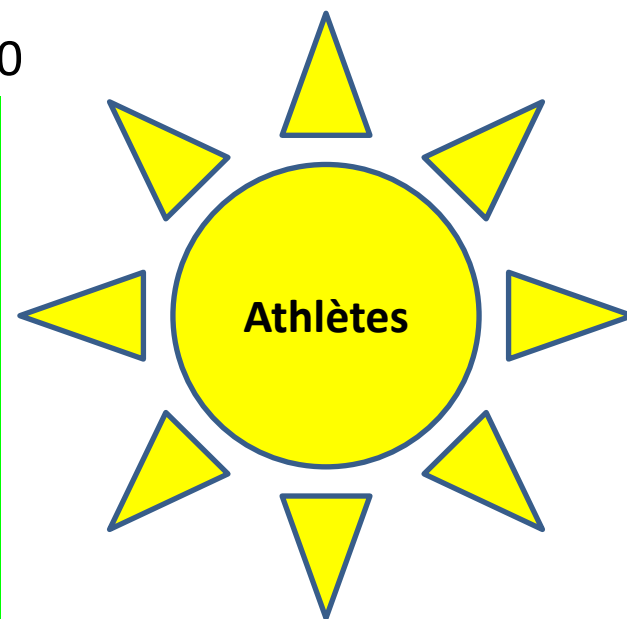
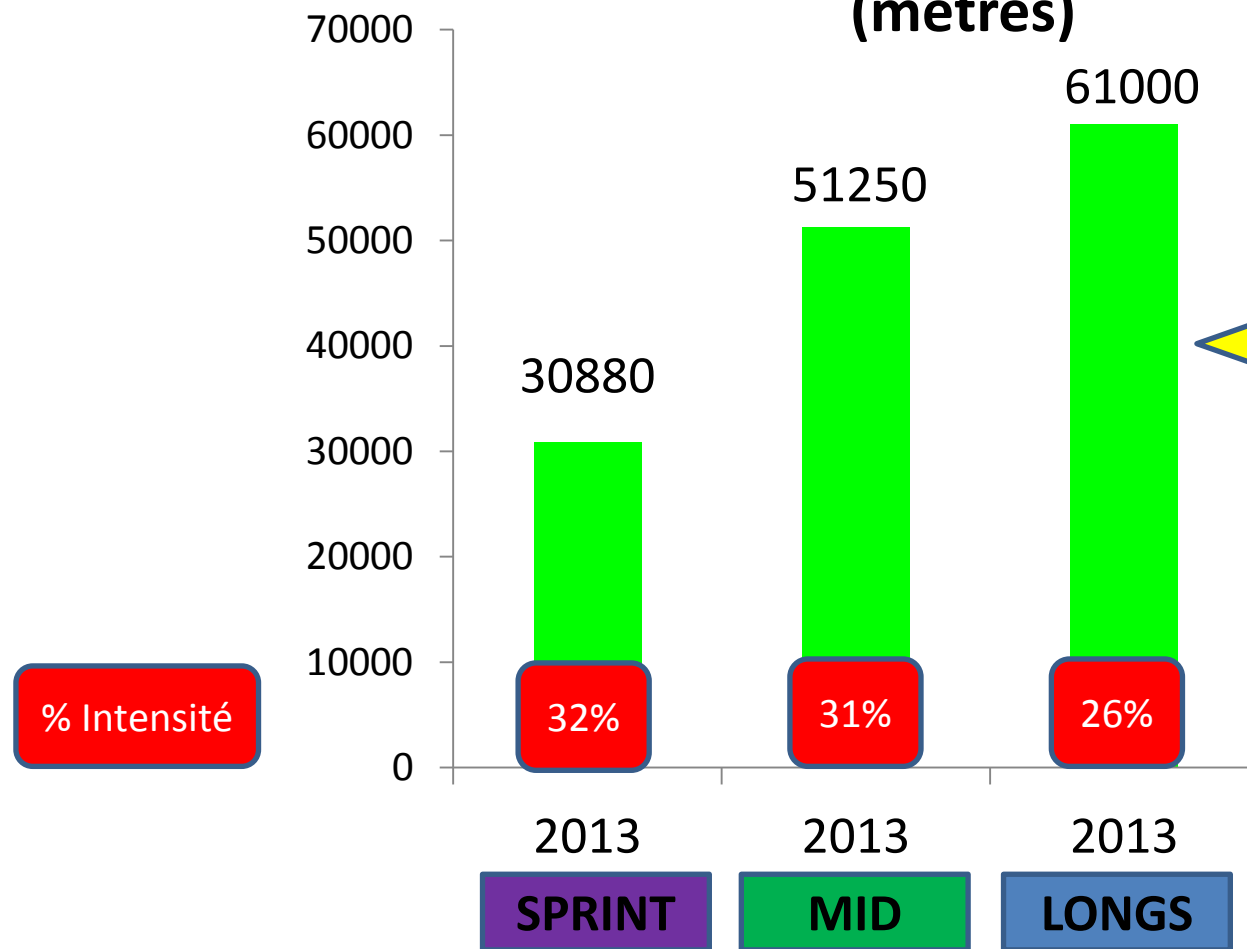
➤ **POLARISÉ**

➤ **Athlètes**





Volume moyen longue piste / sem (mètres)



CNGB, Données d'entraînement, 2013-2014

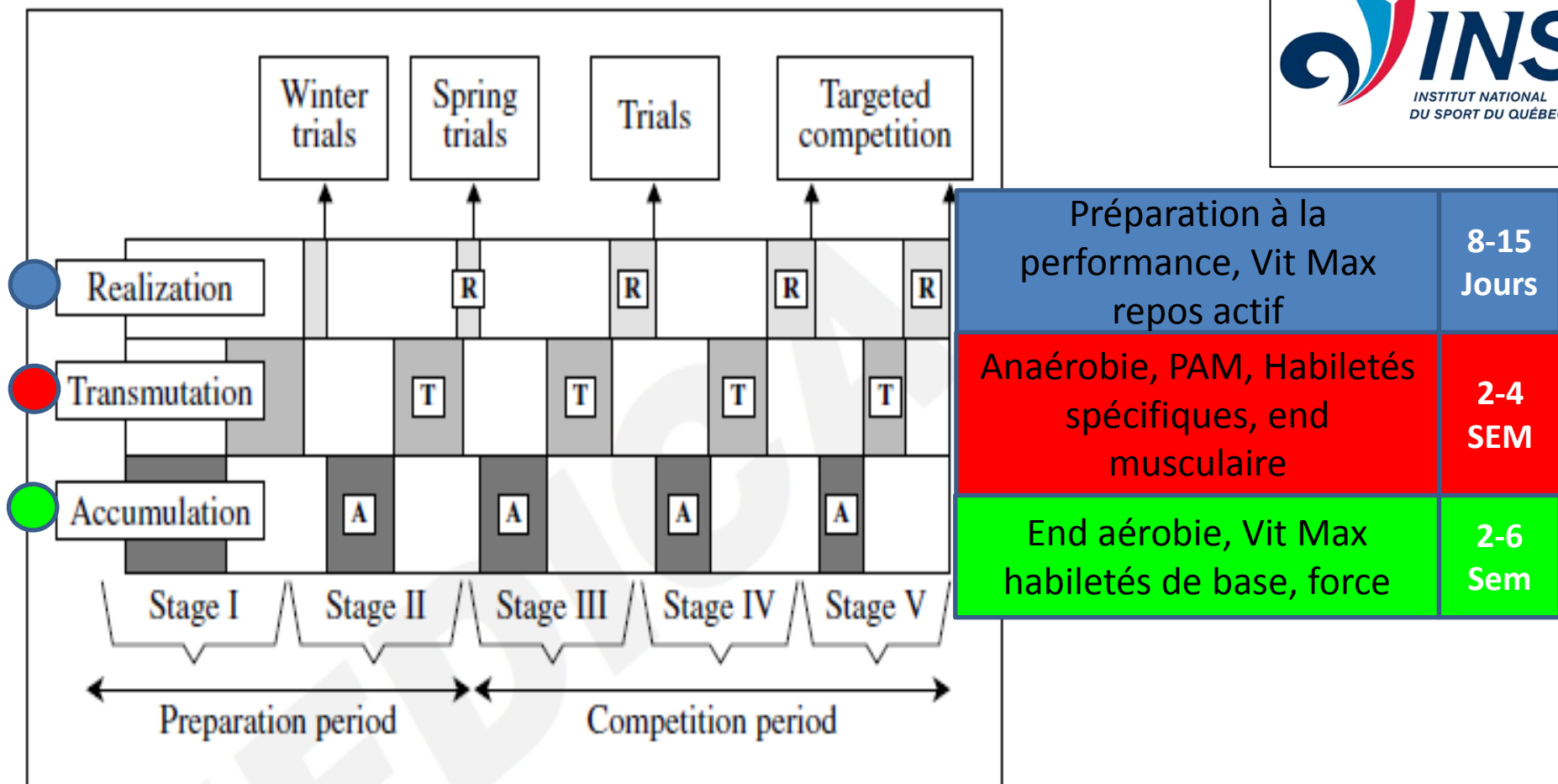
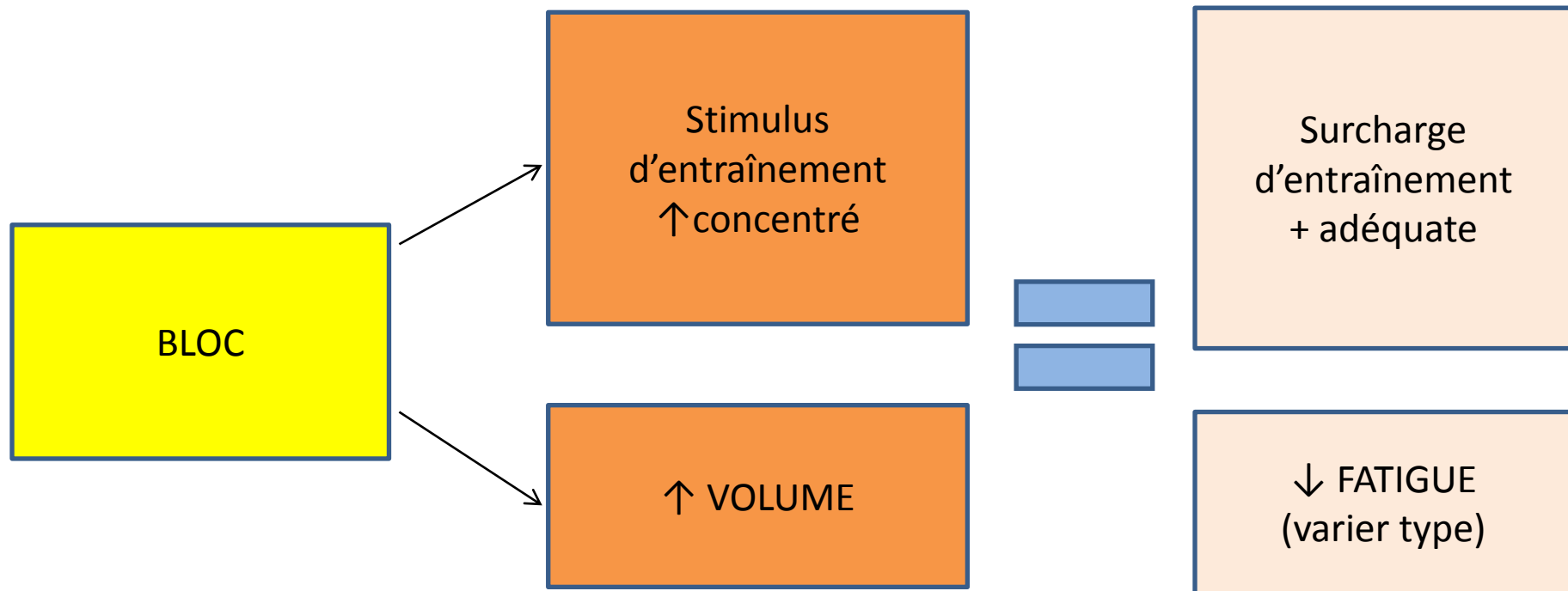
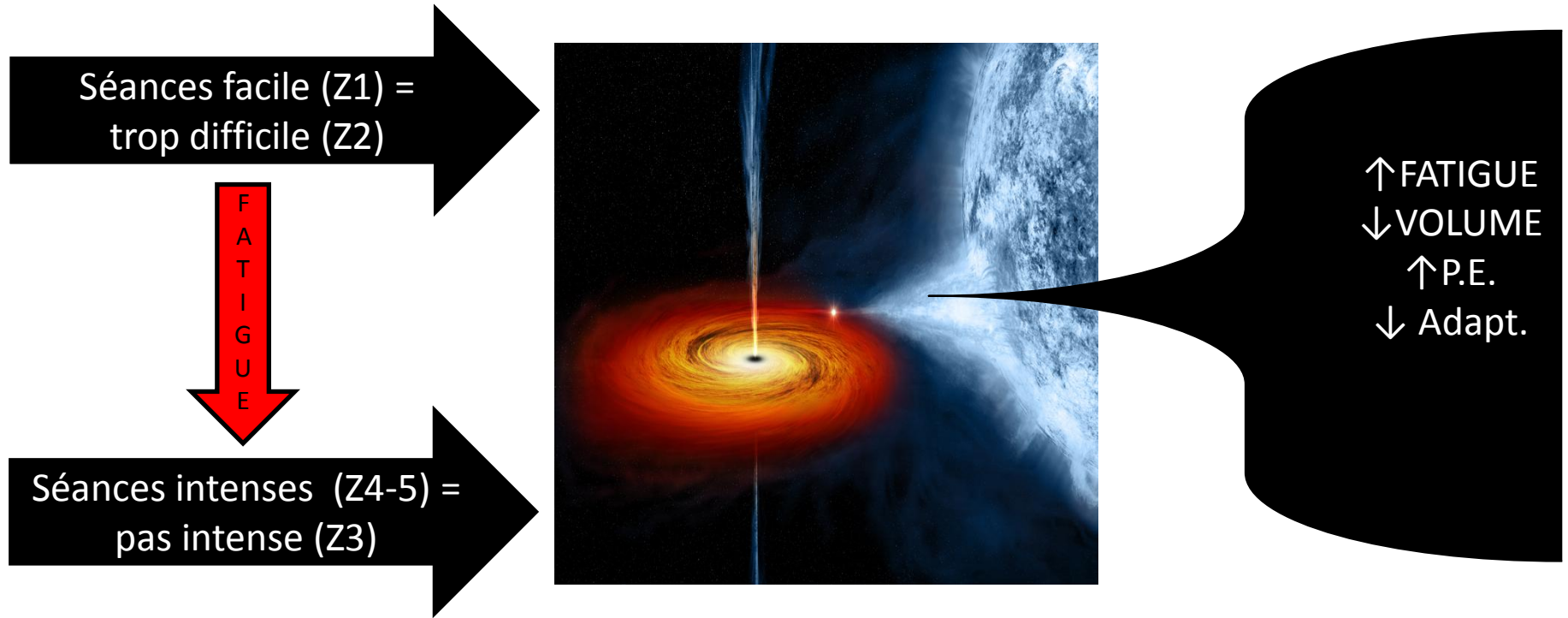


Figure 3.—The chart of annual training cycle compiled following the block periodization approach (the transition period is not shown). Modified from Issurin.⁷⁹

CNGB et BLOC



ENTRAÎNEMENT POLARISÉ



Zones d'entraînement

Table 1: A typical five-zone scale to prescribe and monitor training of endurance athletes.

Intensity zone	VO ₂ (%max)	Heart rate (%max)	Lactate (mmol.L ⁻¹)	Duration within zone
1	45-65	55-75	0.8-1.5	1-6 h
2	66-80	75-85	1.5-2.5	1-3 h
3	81-87	85-90	2.5-4	50-90 min
4	88-93	90-95	4-6	30-60 min
5	94-100	95-100	6-10	15-30 min



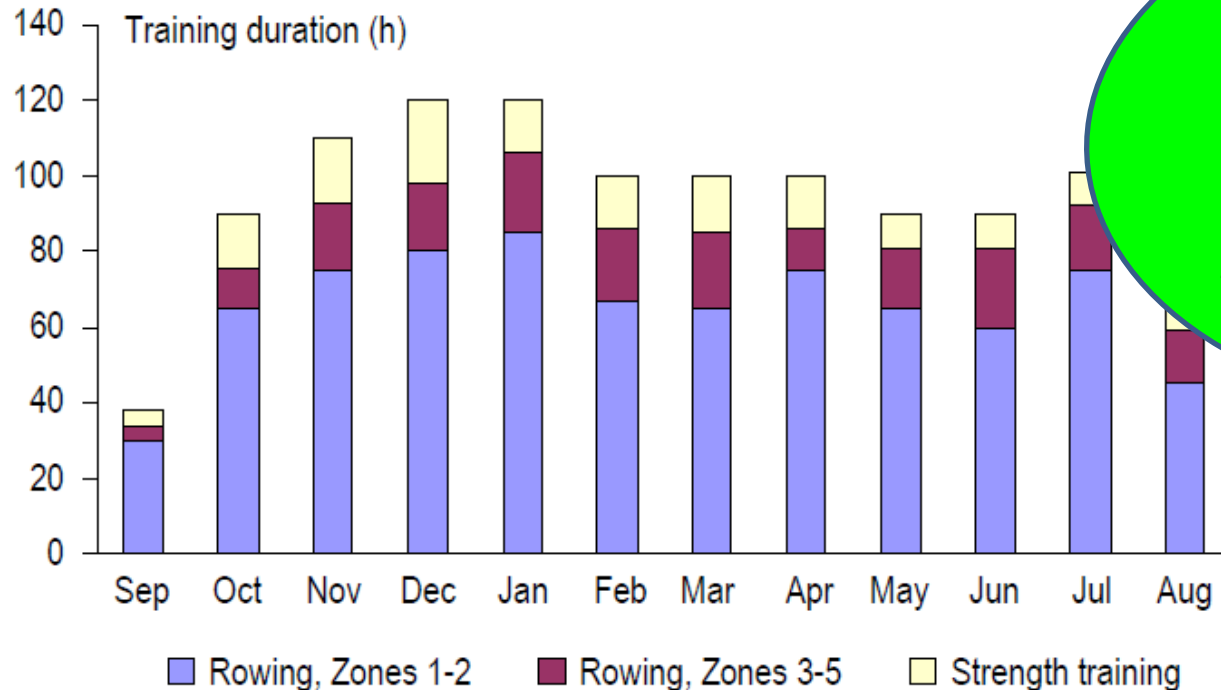
Dosage de l'intensité avec la FC de réserve = VO₂max

<u>ZONES</u>	<u>Lactate sanguin</u>
ZONE 1	<2mMol/L
ZONE 2	2-4mMol/L
ZONE 3	>4mMol/L

Olaf Tufte, aviron, Norvège, 2004

2 médailles d'or Olympiques au 2000m (6 min59.83)

Figure 5. Annual training intensity distribution and volume of an Olympic champion rower. Data below are for two-time gold medalist Olaf Tufte in the training season 2003-2004. The Olympic competition was held in August. Data redrawn from Aasen (2008). Training zones are as described in Table 1.



«Of these hours, about 92 % were endurance training, with the remainder being primarily strength training.»

Seiler, Tonnessen. Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training, *Sportscience*, 2009, 13, 32-53.

Patineurs de vitesse / Hommes / Hollandais
Entrevues: Entraîneurs + athlètes médaillés Olympiques
4 programmes complets de saisons olympiques (88-98-06-10)
2 Programmes incomplets (72-92)
1500-5000-10000m

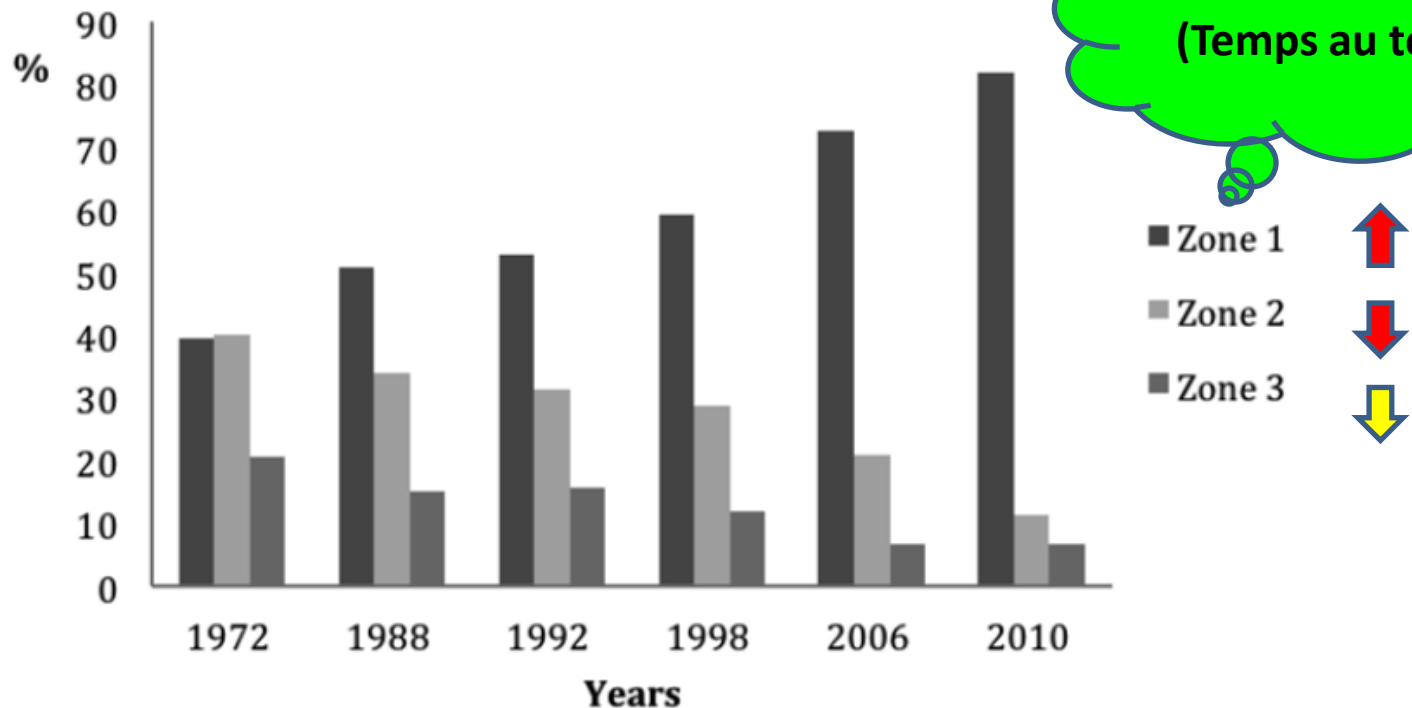


Figure 2 — Relationship between training intensity distribution and time. Training intensity is divided into 3 zones: zone 1 & 2 mMol/L lactate, zone 2 2–4 mMol/L lactate, zone 3 lactate > 4 mMol/L.

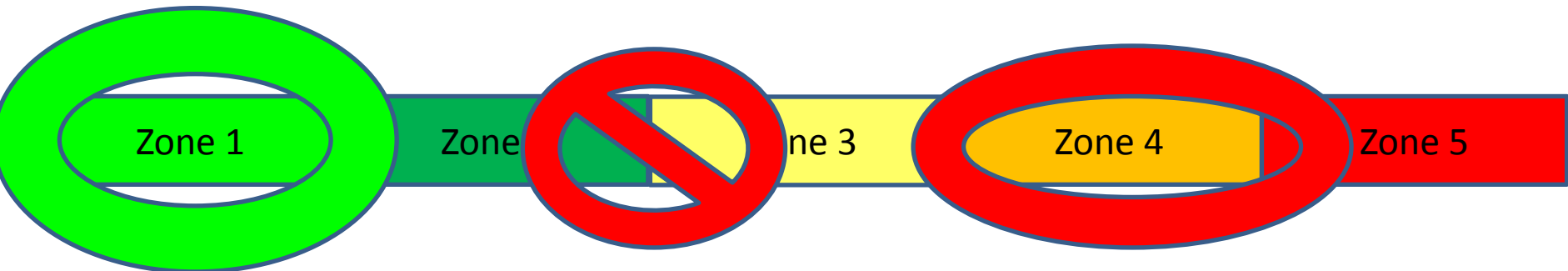
ENTRAÎNEMENT POLARISÉ

Loi du 80-20

≈ 80% E.B.I (zone 1)
45-65% FCR
P. E. = 1-4
**Début zone 2 =
alarme**

≈ 10 % E.I.L
(zone 4-5)
90 et + % FCR
90% VO2 = optimal

≈ 10 % (zone 2-3)



Modèle polarisé que pour le haut niveau?

- Les études publiées reposent que sur des données collectées qu'auprès du haut niveau
- Pour le sportif de niveau récréatif: polarisé aussi, mais possiblement proportionné autrement (80/20?)
- Étude de Muñoz auprès de coureurs de fond:
 - 10 sem. d'entraînement polarisé en Zone 1 et 3, + 7% sur 10 km
 - P/R à 1,6% d'amélioration sur 10 km pour entraînement Zone 1 et 2

Muñoz et coll. Does polarized training improve performance in recreational runners?
Int J Sports Physiol Perform. 2014 Mar;9(2):265-72

Muñoz et coll. Training intensity distribution during an ironman season: relationship with
Competition performance. Int J Sports Physiol Perform. 2014,9,332-339



Messages clés

- Être discipliné pour rester à basse intensité lorsque l'entraînement doit être à basse intensité
- La zone d'intensité à privilégier pour les EHI: 85 à 95% de la PAM
- Plus le volume augmente, plus le ratio EBI vs EHI tend vers 90/10

Messages clés

- **Effectuer des séances d'EBI en alternance avec des séances d'EHI en limitant la zone 2 qui induirait pus de fatigue et qui indisposerait pour les séances d'EHI**
- **En ce sens, ne jamais privilégier un trop grand volume d'EBI au détriment des EHI**
- **Adapter les principes du modèle pour chaque discipline**
 - **Principe de spécificité VS vitesse de compétition Z2**

Les limites du modèle

- **Considérer que certains répondront très bien, d'autres moins et d'autres risquent même de régresser (comme pour l'hypoxie).**
- **Considérer le profil de l'athlète: aérobie – mixte – anaérobie.**
- **Considérer que le modèle polarisé est un facteur parmi tant d'autres pour l'atteinte de la performance optimale.**

Le modèle polarisé est-il vraiment nouveau?

- **Récit anecdotique: mon cas à la course à pied (R. Chouinard)**
- **Meilleures performances en carrière en 1979**
 - 100km en 6h36:57 pour 3:58/km (72% VAM)
 - Sous 2h25 au marathon
- **Entre 160 et 200 km/semaine (180 km en moyenne)**
- **3 séances d'intensité/semaine:**
 - 2 séances d'EPI à plus de 85% VAM (200 à 2000 mètres) pour 10 km au total de distance effective
 - 1 séance de continu rapide à \pm 80% VAM pour 8 km
- **Le volume restant à moins de 70% VAM**
- **8 km en Z 2 (4%) et 10 km en Z 3 (6%) pour 10% d'EHI**
- **Le 90% restant en Z 1**
- **Donc ratio de 90%/10%**