



Les Stratégies d'Allure dans la Performance Sportive de Haut Niveau : Analyse des Variabilités et Exposé des Phénomènes Explicatifs



Yann LE MEUR
C. HAUSSWIRTH (Directeur)
T. BERNARD (Co-directeur)





Repousser le délai et l'intensité d'exercice pour lesquels la fatigue apparaît.

ADAPTATIONS CHRONIQUES A L'ENTRAINEMENT



↗ Transport de l'O₂

↗ Capacité tissulaire d'extraction de l'O₂
(Levine 2008)

Adaptations du système musculo-tendineux
(Coffey et Hawley 2008, Kubo et al. 2010)

Adaptations biochimiques (Hawley 2002)

Adaptations de la réponse thermorégulatrice à l'exercice (McLellan 2001)

Adaptations nerveuses (Paavolainen et al. 2009,
Chapman et al. 2007)

Adaptations psychologiques



Repousser le délai et l'intensité d'exercice pour lesquels la fatigue apparaît.

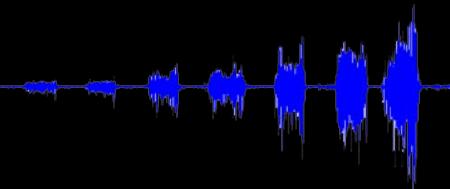
STRATEGIES IMMEDIATES (EN COMPETITION)



- Stratégies nutritionnelles et hydriques
(Burke et al. 2007)
- Stratégie d'aspiration (*drafting*)
(Brisswalter et Hausswirth 2008)
- Stratégies de thermorégulation
(Wendt et al. 2007)
- Stratégies d'allure (Abbiss et Laursen 2008)



Introduction



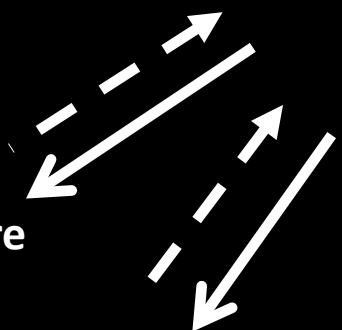
Δ Travail produit



Δ Recrutement musculaire



Δ Température centrale



Gonzalez-Alonso 2008



$\Delta [La^-]$, Pi, $[OH^-]$, $[NH_4^+]$, ...

Allen et al. 2008

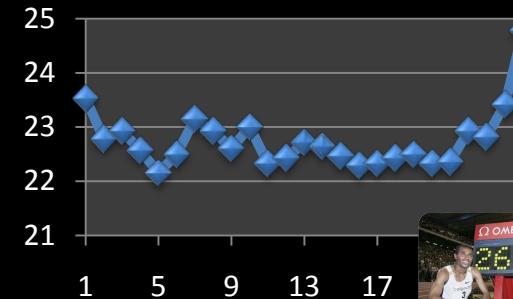
Δ RPE

Noakes et al. 2004



Δ Réserves énergétiques endogènes

Costill 1980



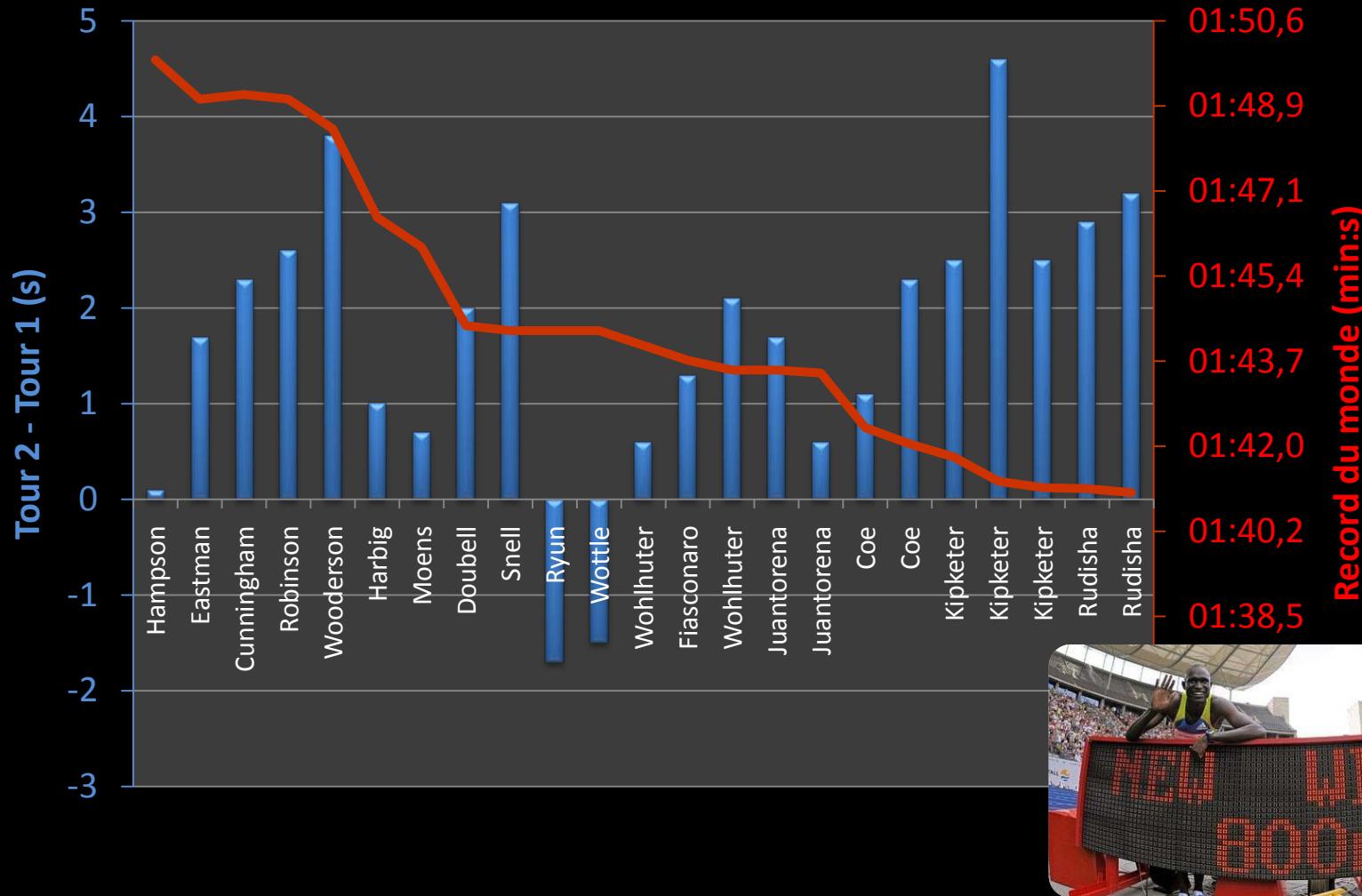
Δ Perméabilité membranaire

Komi 2000





Introduction





Stratégie constante



Stratégie décroissante avec un départ sous – maximal



Stratégie *all-out* (départ max)



Stratégie croissante

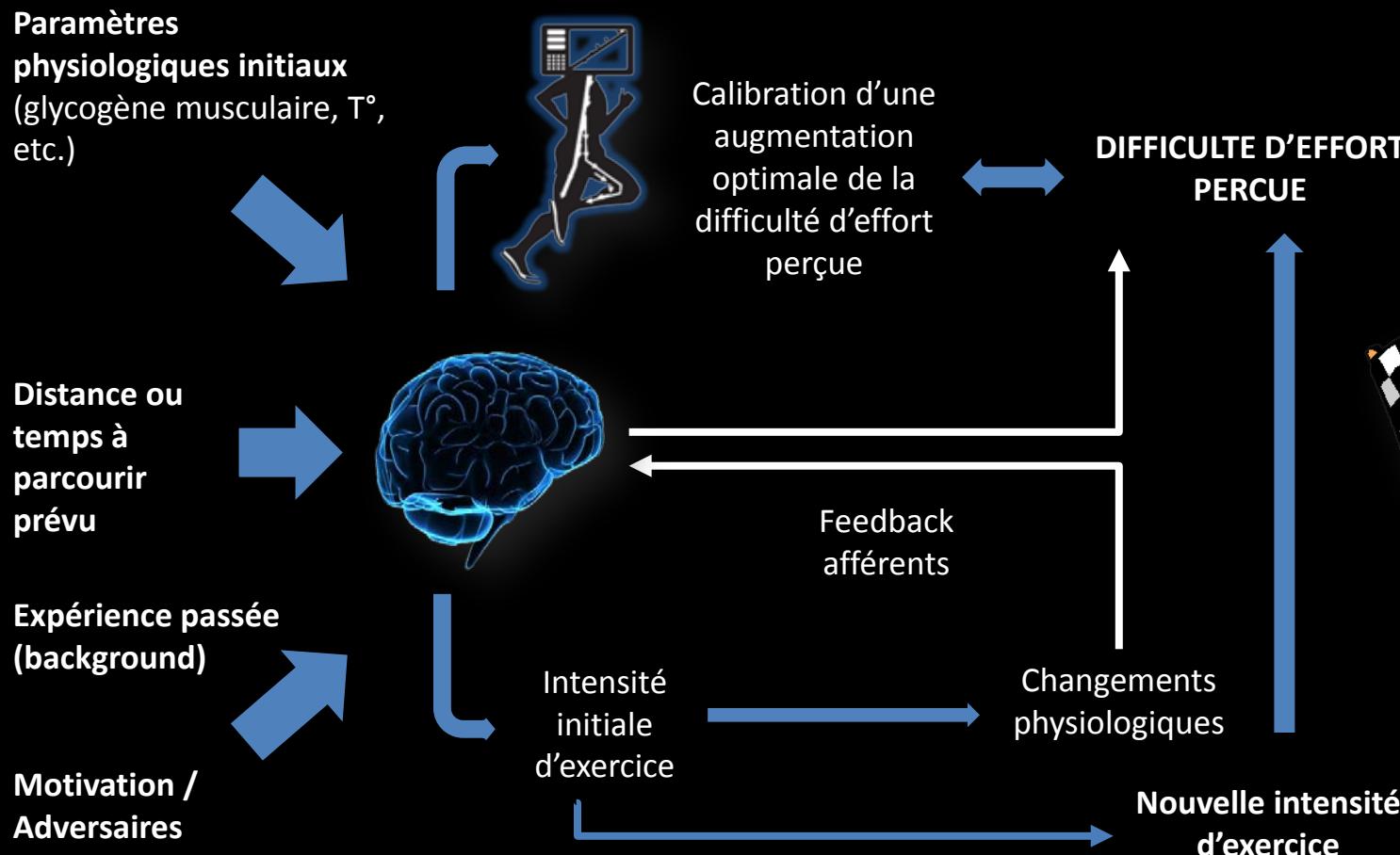


Stratégie variable

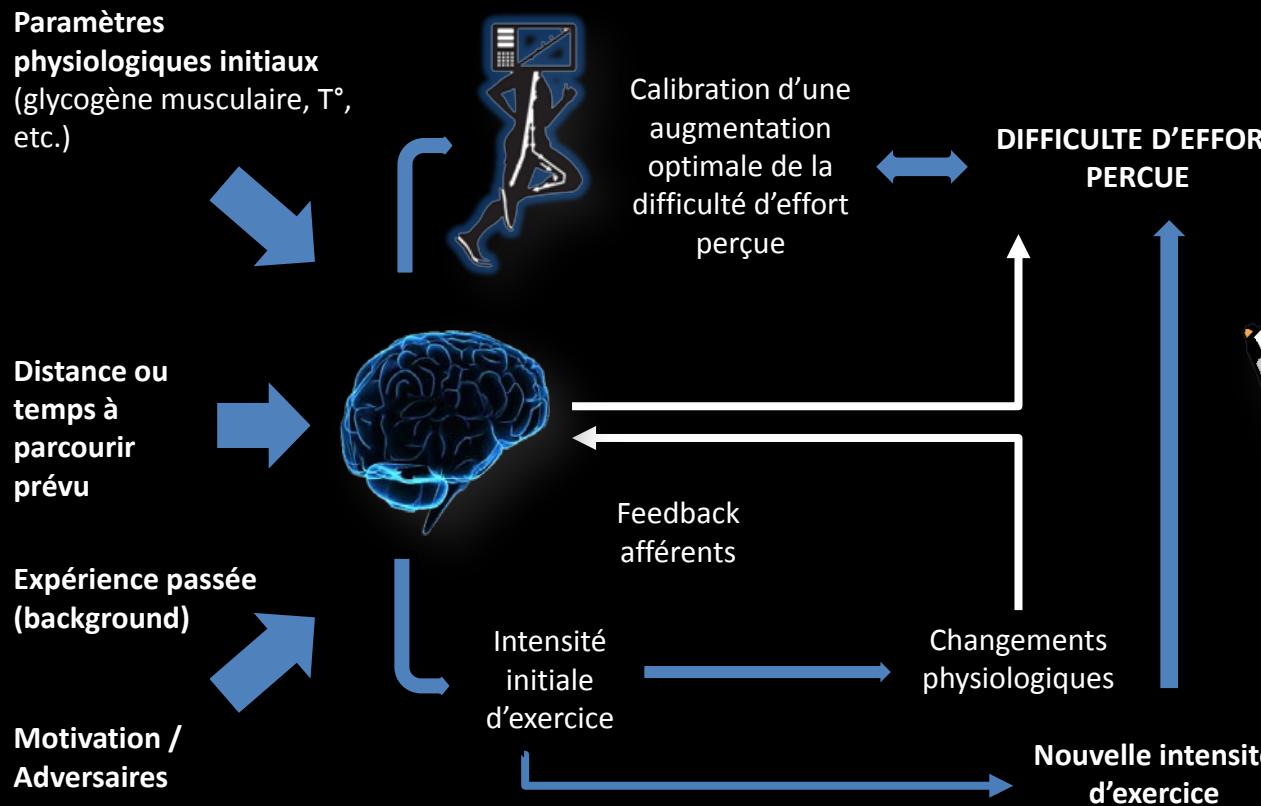
Abbiss et Laursen 2008



Introduction



OBJECTIFS DE LA THESE



Tester le modèle « Anticipation – RPE – Feedbacks » dans le cadre de la compétition à haut-niveau

Caractéristiques de l'activité

Facteurs environnementaux

LE TRIATHLON DISTANCE OLYMPIQUE



Facteurs psychologiques

Facteurs physiologiques



Trois modes de locomotion

Spécificités de la réponse physiologique associée à la pratique du triathlon

Drafting

Réponse métabolique (*Hausswirth et al. 1999, 2001*).

Enchaînement de trois modes de locomotion

Perturbations hémodynamiques et sensorielles (*Kreider et al. 1988; Lepers et al. 1997*).

Degradeation du coût énergétique du pédalage et de la course à pied (*Guézennec et al. 1996; Delextrat et al. 2003*).

Altérations transitoires des paramètres cinématiques et biomécaniques de la foulée (*Guézennec et al. 1996; Hausswirth et al. 1997; Millet et al. 2001*).



Influence des adversaires
(Vleck *et al.* 2006, 2008;
Peveler *et Green* 2010)



Influence du parcours
(Ebert *et al.* 2005, 2006;
Vogt *et al.* 2006)

Influence des conditions météorologiques (Swain *et al.* 1997, Tucker *et al.* 2006)



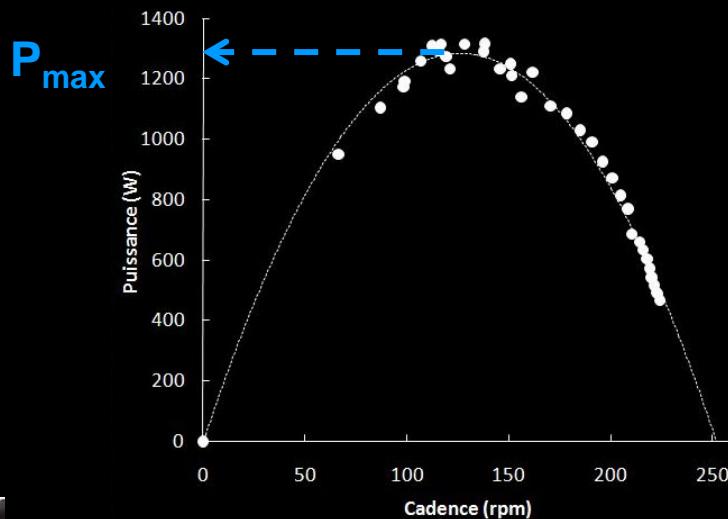
1^{ère} PARTIE (/3)

CARACTERISATION DES STRATEGIES D'ALLURE EN TRIATHLON A HAUT NIVEAU

Etudes n°1 et n°2

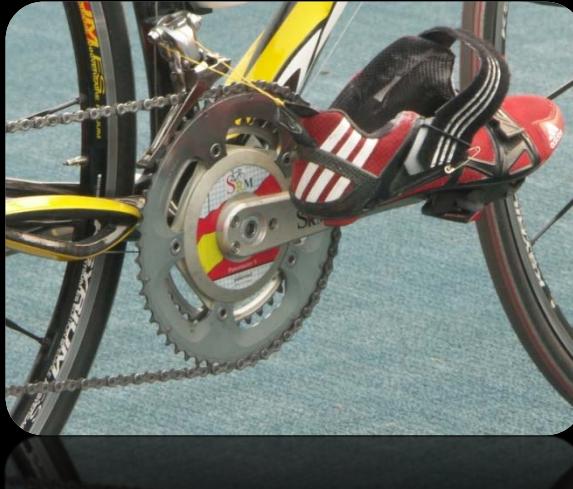
10 / 12 triathlètes ITU

Test cycliste maximal incrémenté :
WU 6 min à 100 W, puis $30 \text{ W} \cdot \text{min}^{-1}$:
- Ergocycles SRM ou Lode
- Analyse des échanges gazeux respiratoires (Cosmed K₄b²): PSV1,
PSV2, PMA



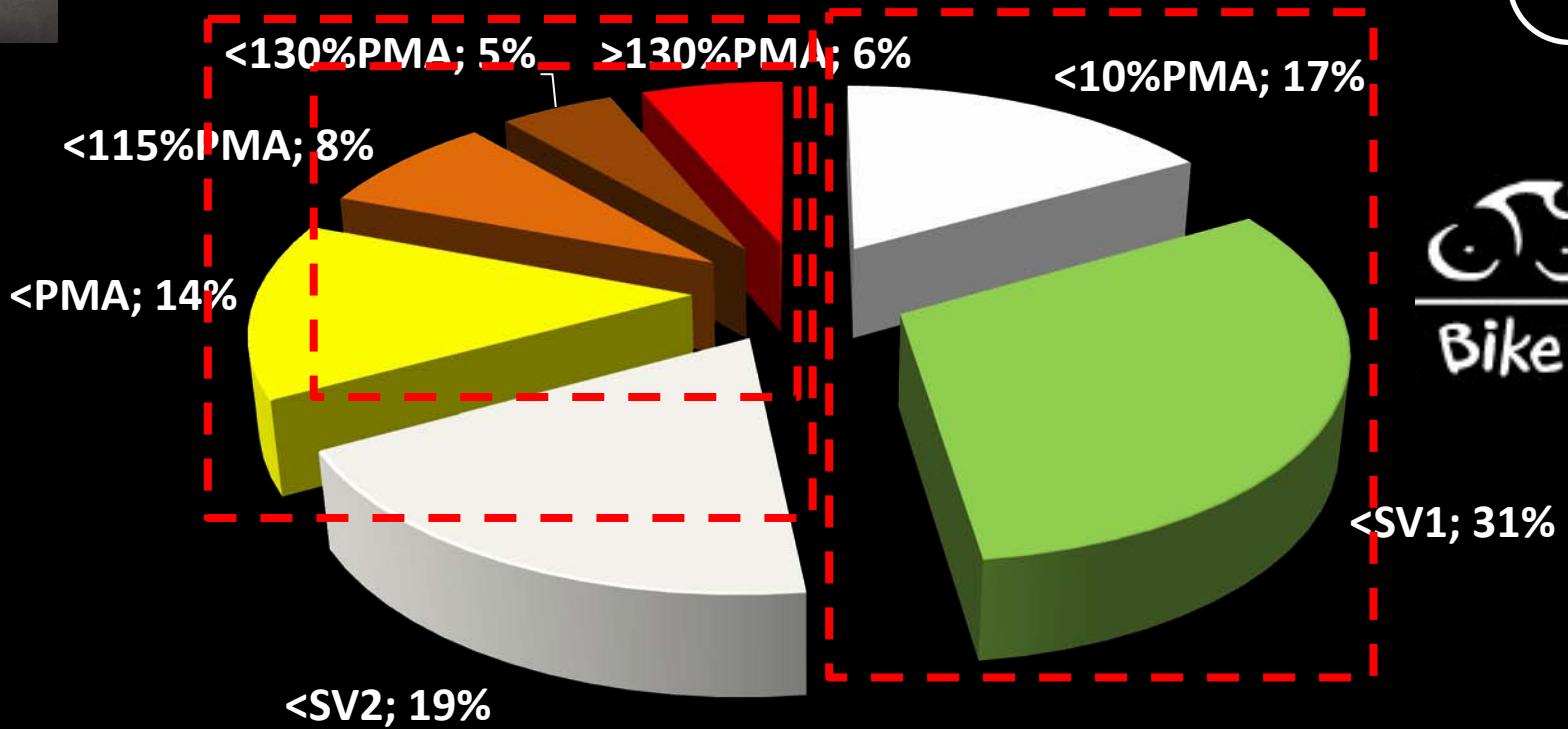
Tests force-vitesse (2x assis, 2x danseuse): P_{\max}

- Coupe du Monde ITU : Pékin 2006 et 2007 (parcours Olympique)
 - 1500 m Natation – 40 km cyclisme (6 tours) – 10 km Càp (4 tours)
 - Cardiofréquencemètre (Team System ou *RS800sd*, Polar[®])
 - Cyclisme : Système SRM[®] (vitesse, cadence, puissance)
 - Natation: caméras synchronisées sur le parcours (étude n°2)
 - Course à pied : accéléromètres (*Hausswirth, Le Meur et al. IJSM 2009*) + caméras synchronisées (étude n°2)





Résultats



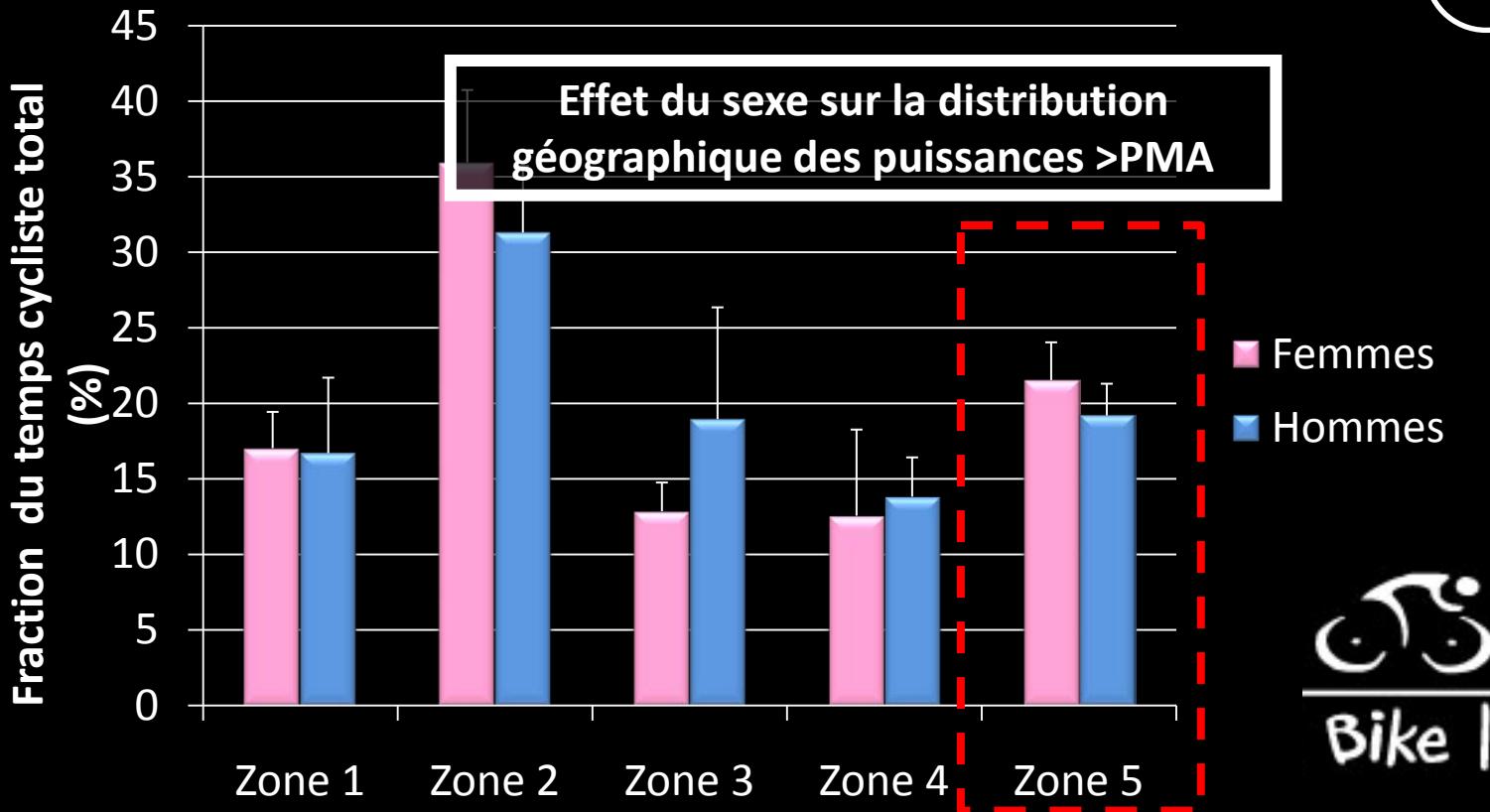
~ 20% du temps de course >
PMA (40 efforts > 150%PMA)

~50% de phase de récupération

~ 40% du temps de course > PSV2



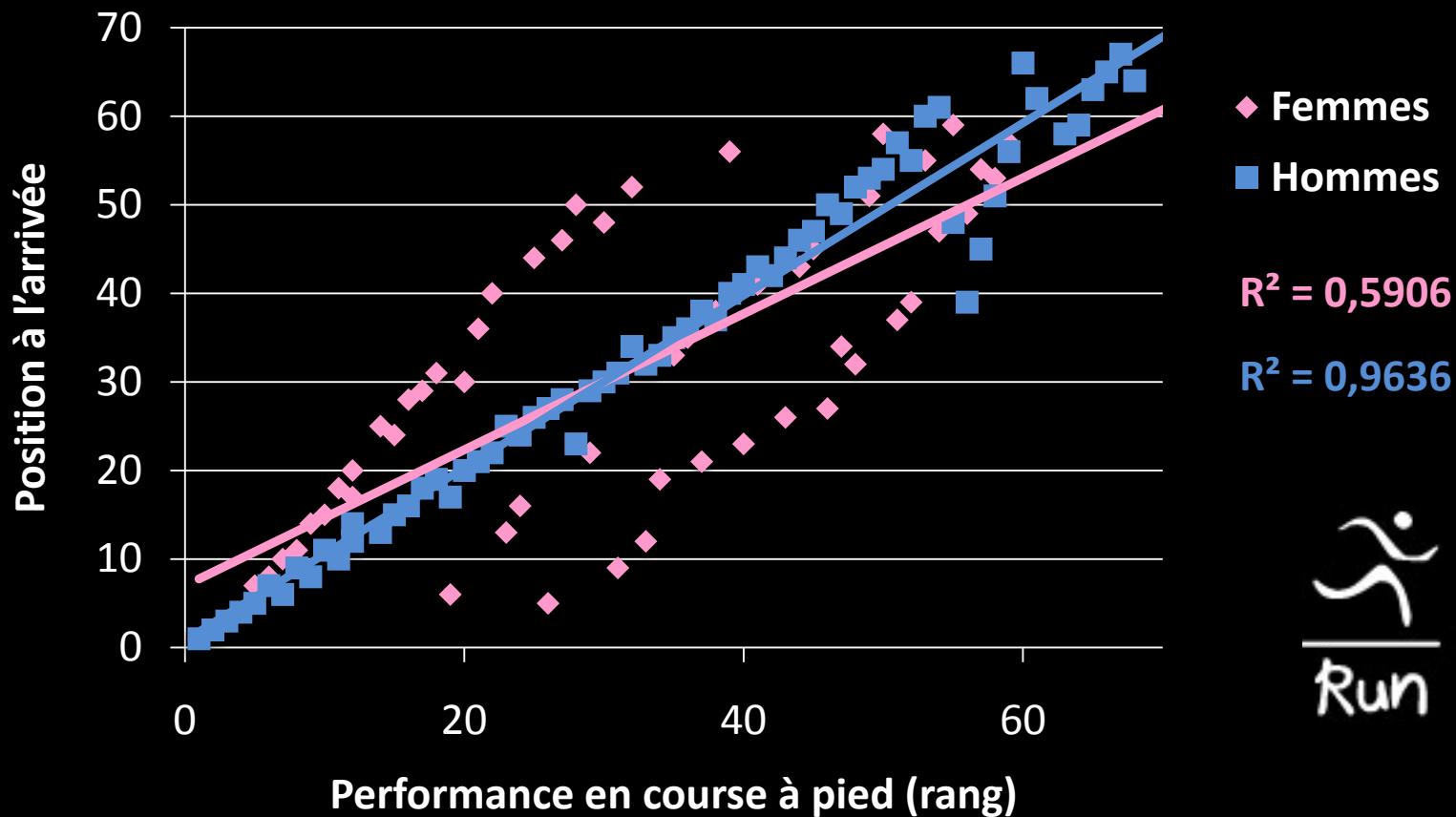
Résultats



Distribution du temps d'exercice passé dans les 5 zones d'intensité. Zone 1 : <10%PMA; Zone 2 : [10%PMA-PSV1[; Zone 3 : [PSV1 – PSV2[; Zone 4 : [PSV2-PMA[; Zone 5 : >PMA. Aucune différence significative constatée ($p>0,05$).



Résultats

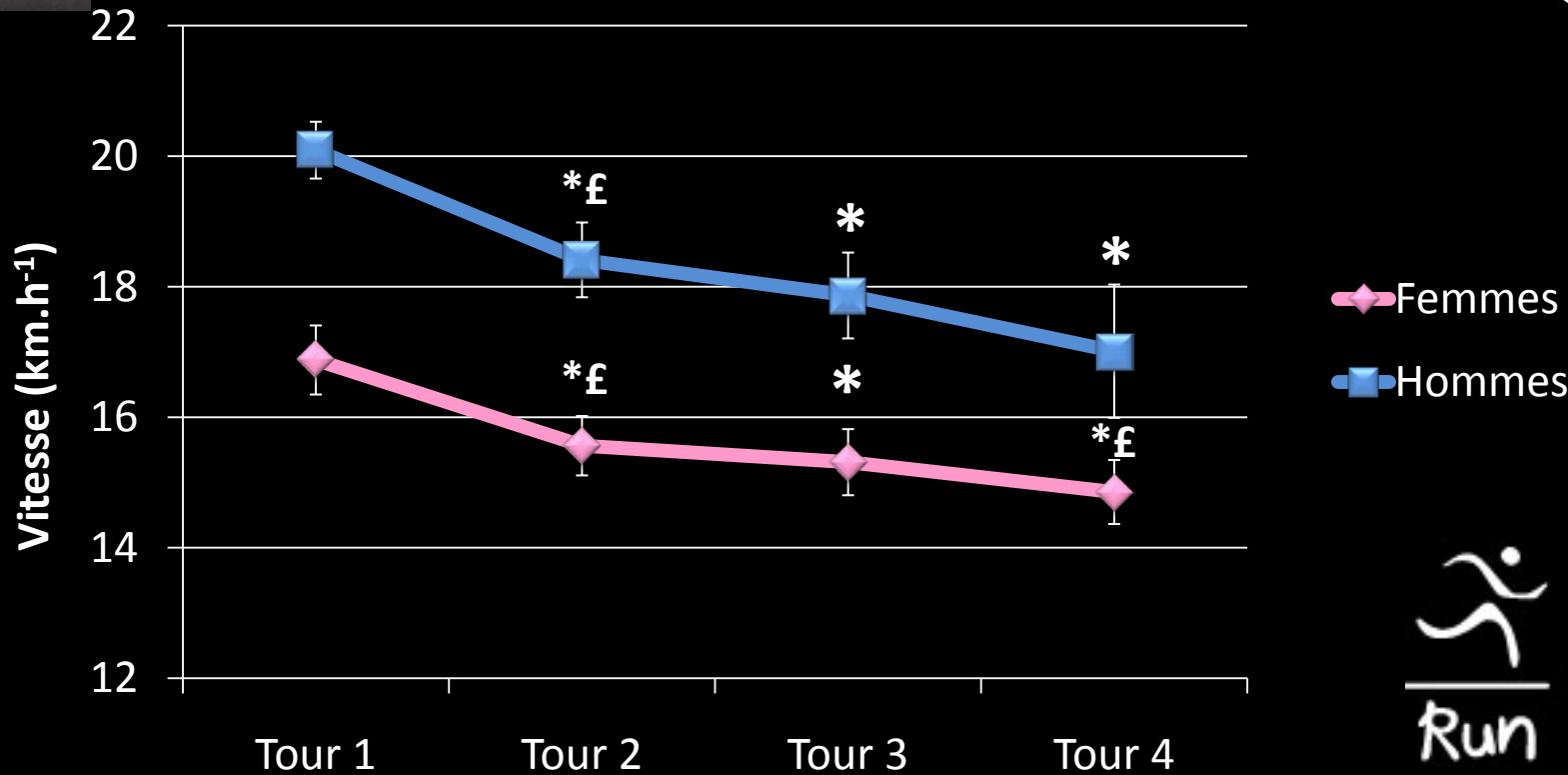


Evolution de la position à l'arrivée en fonction de la performance réalisée en course à pied chez les femmes et chez les hommes





Résultats



Evolution de la vitesse de course sur l'ensemble du parcours chez les femmes et les hommes au cours des 6 tours du parcours pédestre

* Significativement différent du tour 1, $p < 0.05$

£ Significativement différent du tour précédent, $p < 0.05$





- Stratégies d'allure décroissante dans les trois disciplines pour les deux sexes.
- Grande variabilité des puissances lors de la partie cycliste pour les deux sexes: 15 à 20% >PMA, 50% <SV1, multiples phases >130%PMA.
- Distribution des puissances développées similaires pour les deux sexes.
- Femmes: >PMA dans les sections présentant un dénivelé positif.
- Hommes: >PMA au niveau des changements de direction.
- Influence des variations de pente et la présence des adversaires sur la stratégie d'allure adoptée.



Transition cyclisme – course à pied

- Stratégie d'allure constante habituellement constatée pour cette durée d'épreuve (*Abbiss et al. 2008*)
- Phase transitoire où des altérations apparaissent:
 - Altération du coût énergétique (*Guézennec et al. 1996*)
 - Modifications transitoires des paramètres cinématiques (*Hausswirth et al. 1997*) et biomécaniques de la foulée (*Millet et al. 2001*)
 - Perturbations sensorielles (*Lepers et al. 1997*)
- Période de redistribution du flux sanguin (*Kreider et al. 1988*)

Bénéfices d'un départ rapide en course à pied ?



2^{ème} PARTIE (/3)

OPTIMISATION DES STRATEGIES D'ALLURE EN TRIATHLON A HAUT NIVEAU

Etudes n°3 et n°4

- 10 km référence (CàP-Ctrl)
- 3 triathlons distance Olympique



Condition A	Condition B	Condition C
1500m natation*		
Enchaînement (3min)		
40km cyclisme*		
Enchaînement (45sec)		
$V_{\text{km}1} = 105\% V_{\text{CàP-Ctrl}}$	$V_{\text{km}1} = 95\% V_{\text{CàP-Ctrl}}$	$V_{\text{km}1} = 90\% V_{\text{CàP-Ctrl}}$
9km CàP libre (meilleure performance possible)		

* Vitesses identiques dans les trois conditions



Arrêt au 35^{ème} km pour
l'installation du K4b²



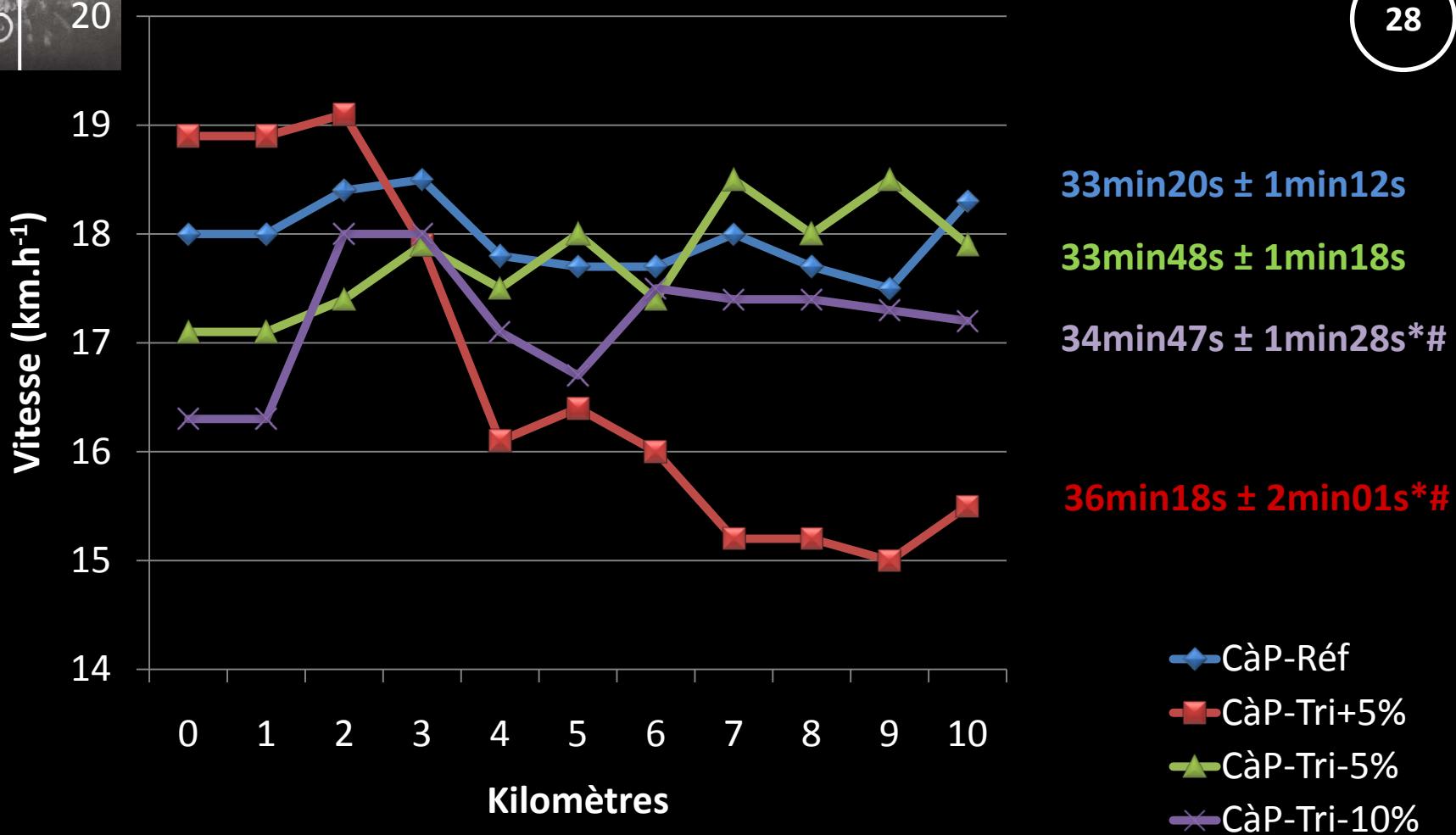
Temps de passage à
chaque km



[La-]



Résultats



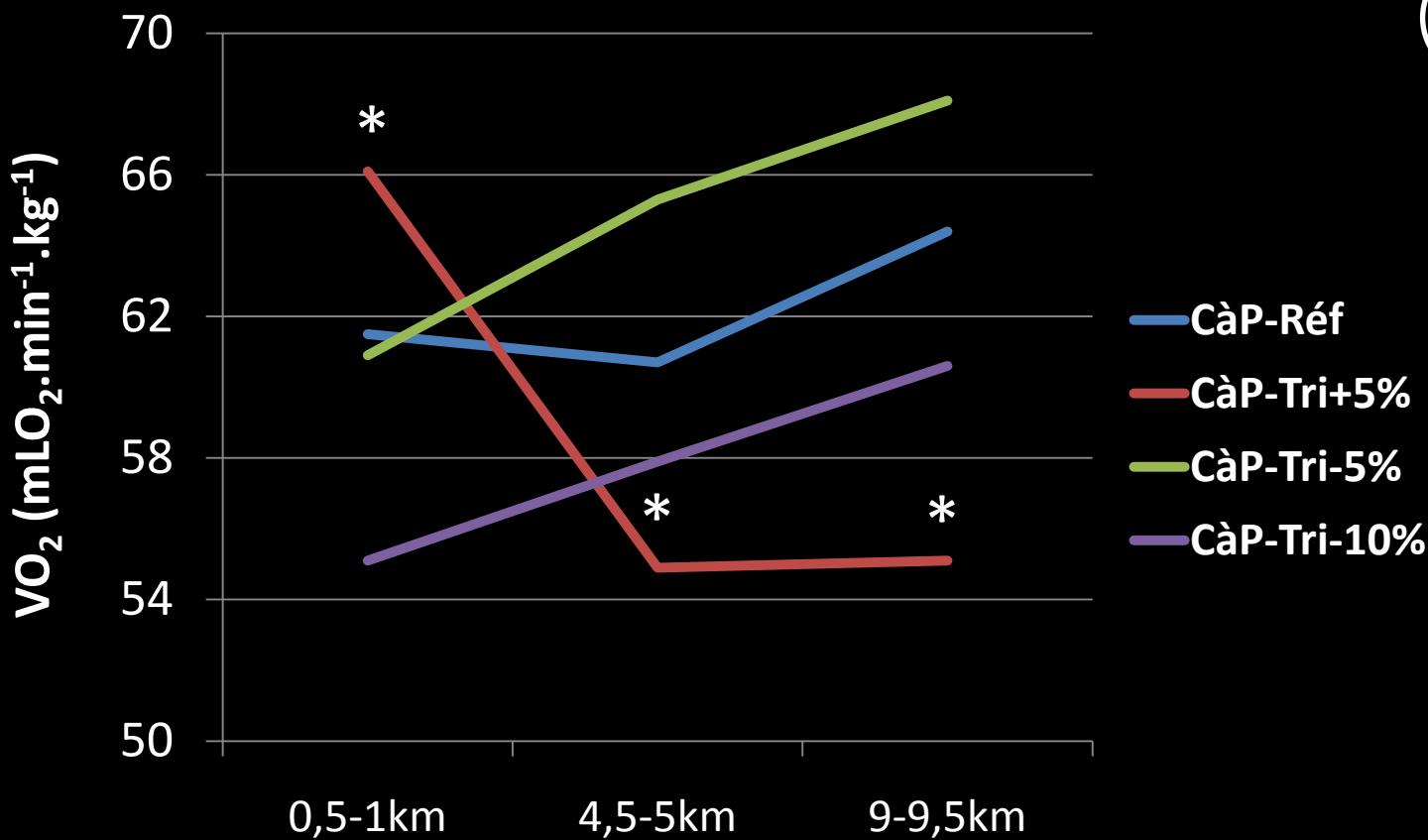
* Significativement différent de CàP-Réf, $p<0.05$.

Significativement différent de CàP-Tri -5% , $p<0.05$





Résultats



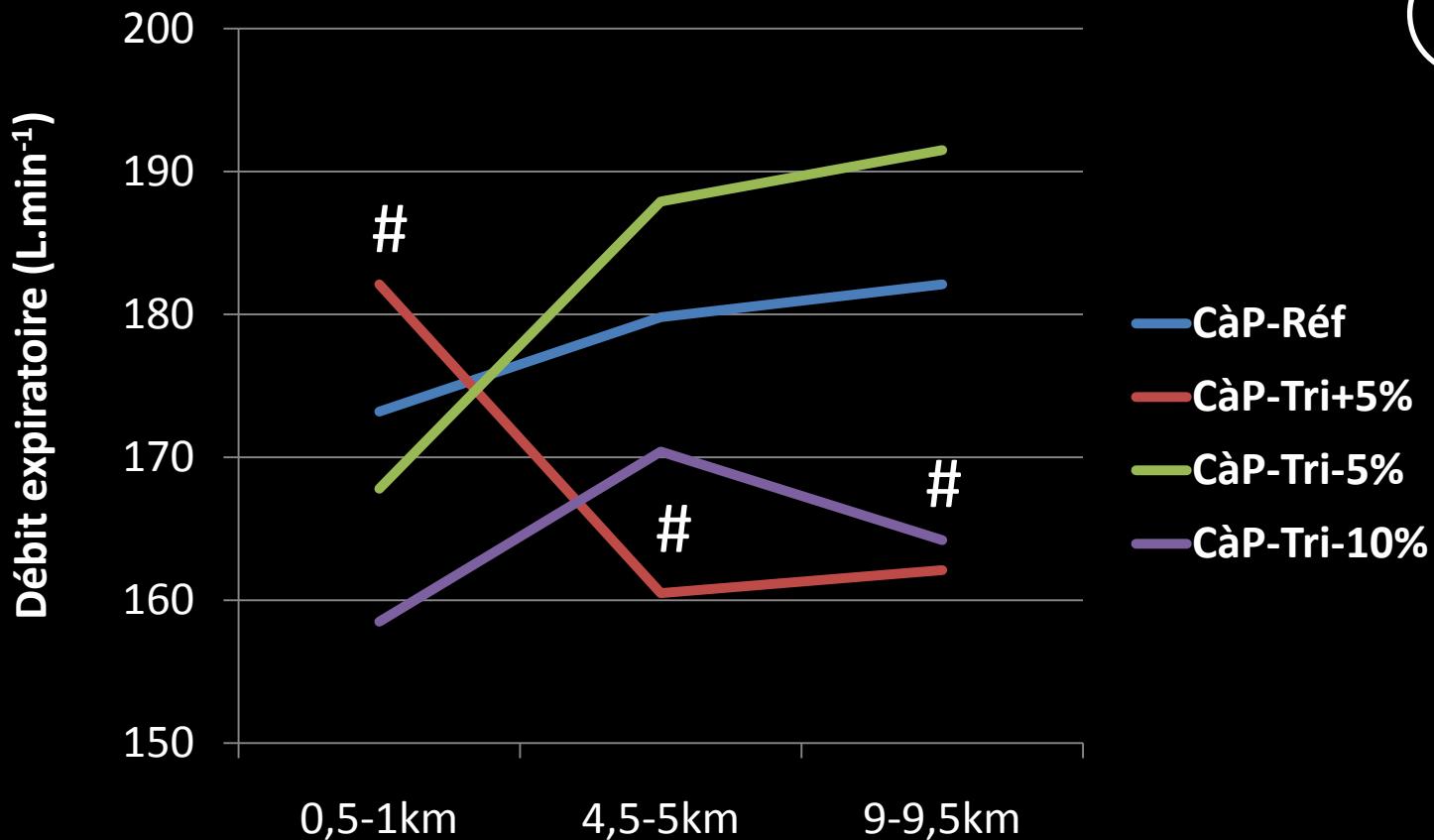
Evolution de la consommation d'oxygène lors de la course-référence et les trois triathlons distance Olympique.

*Significativement différent de CàP-Réf, CàP-Tri-5%, CàP-Tri-10%





Résultats



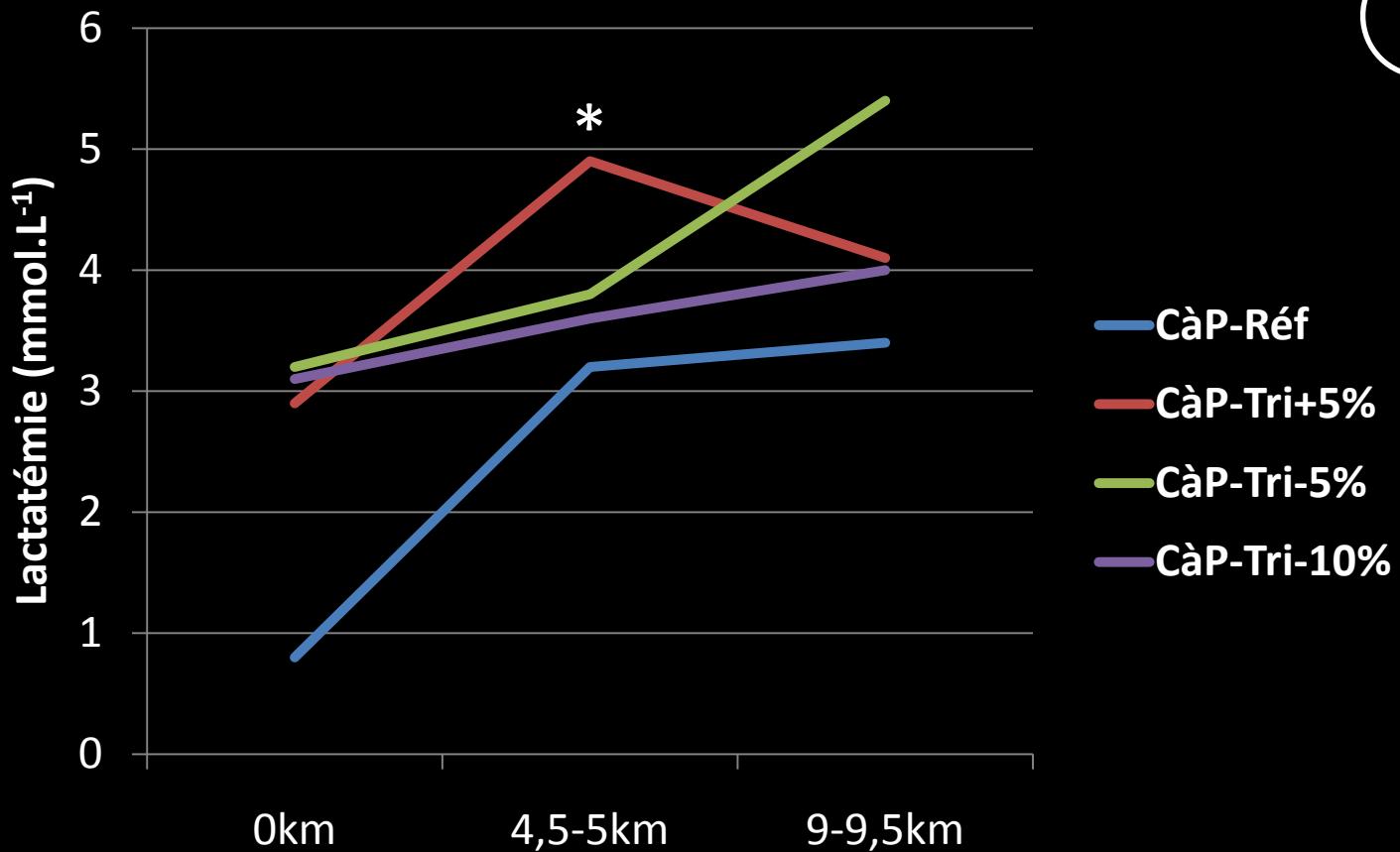
Evolution du débit expiratoire lors de la course-référence et les trois triathlons distance Olympique.

*Significativement différent de CàP-Réf, CàP-Tri-5%





Résultats



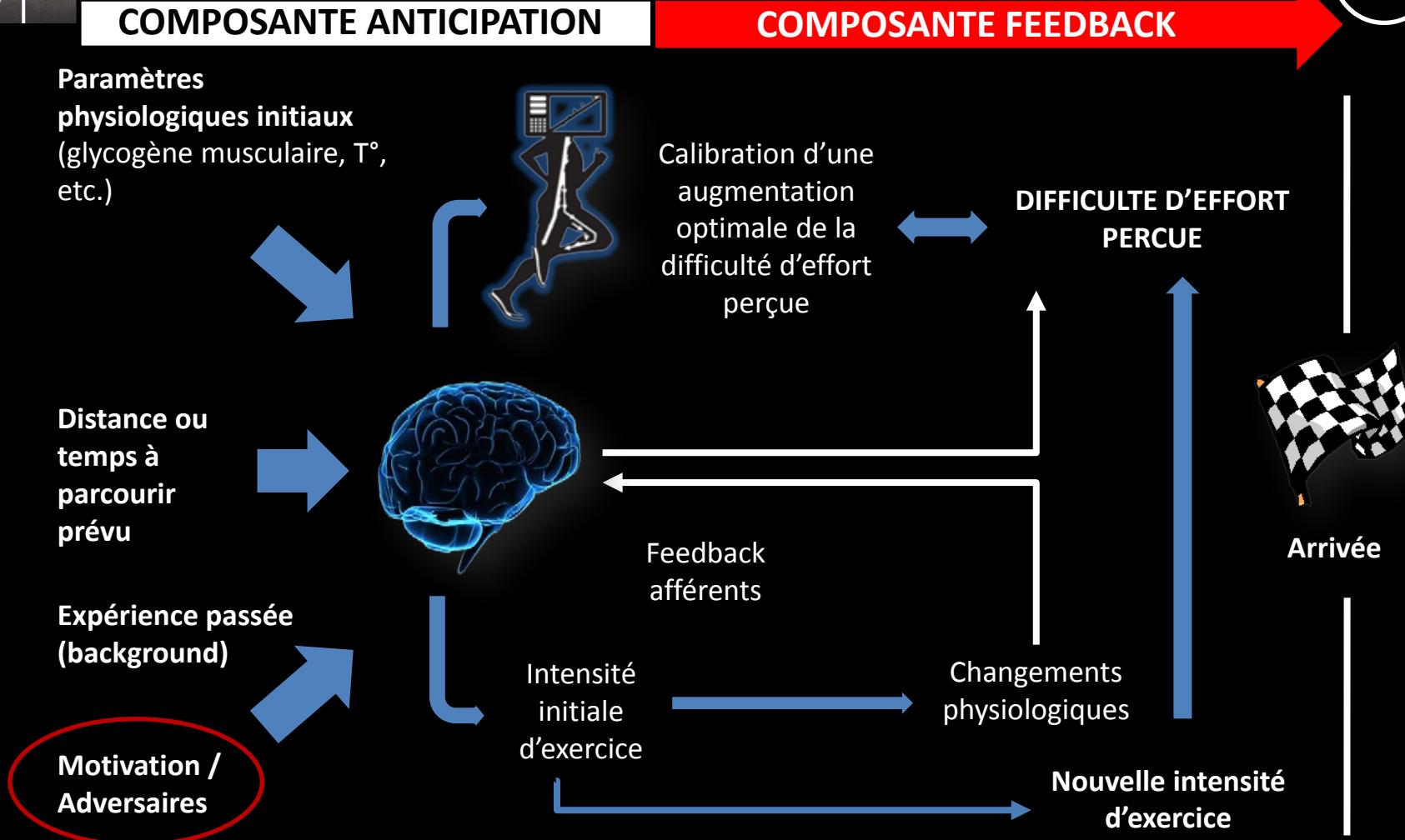
Evolution de la consommation d'oxygène lors de la course-référence et les trois triathlons distance Olympique.

*Significativement différent de CàP-Réf, CàP-Tri-5%

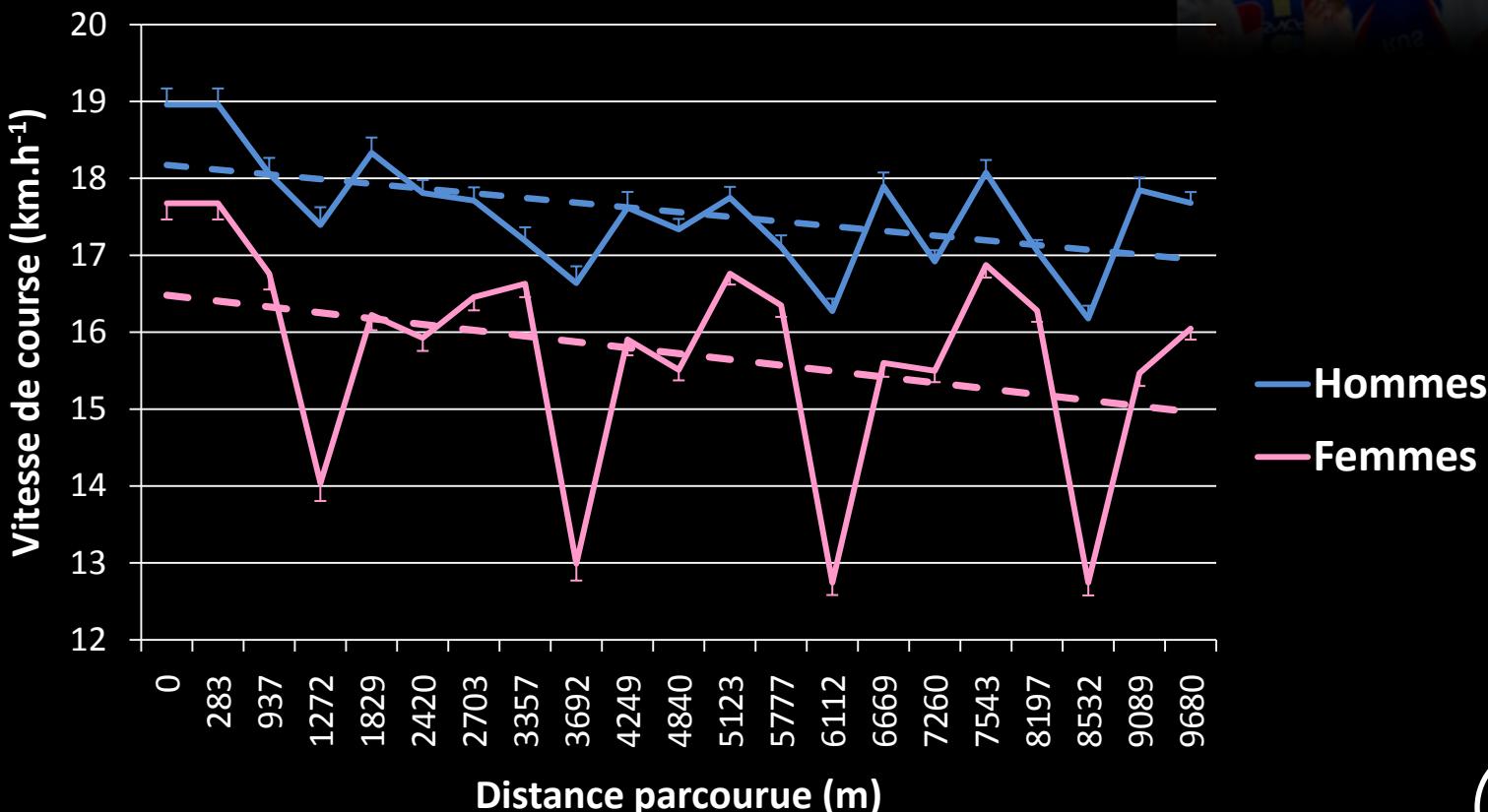
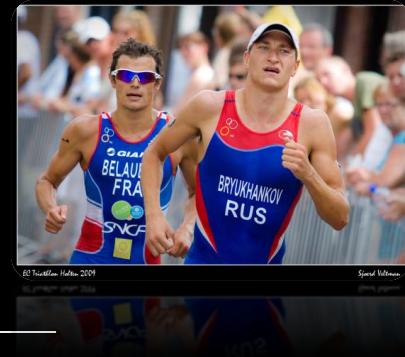


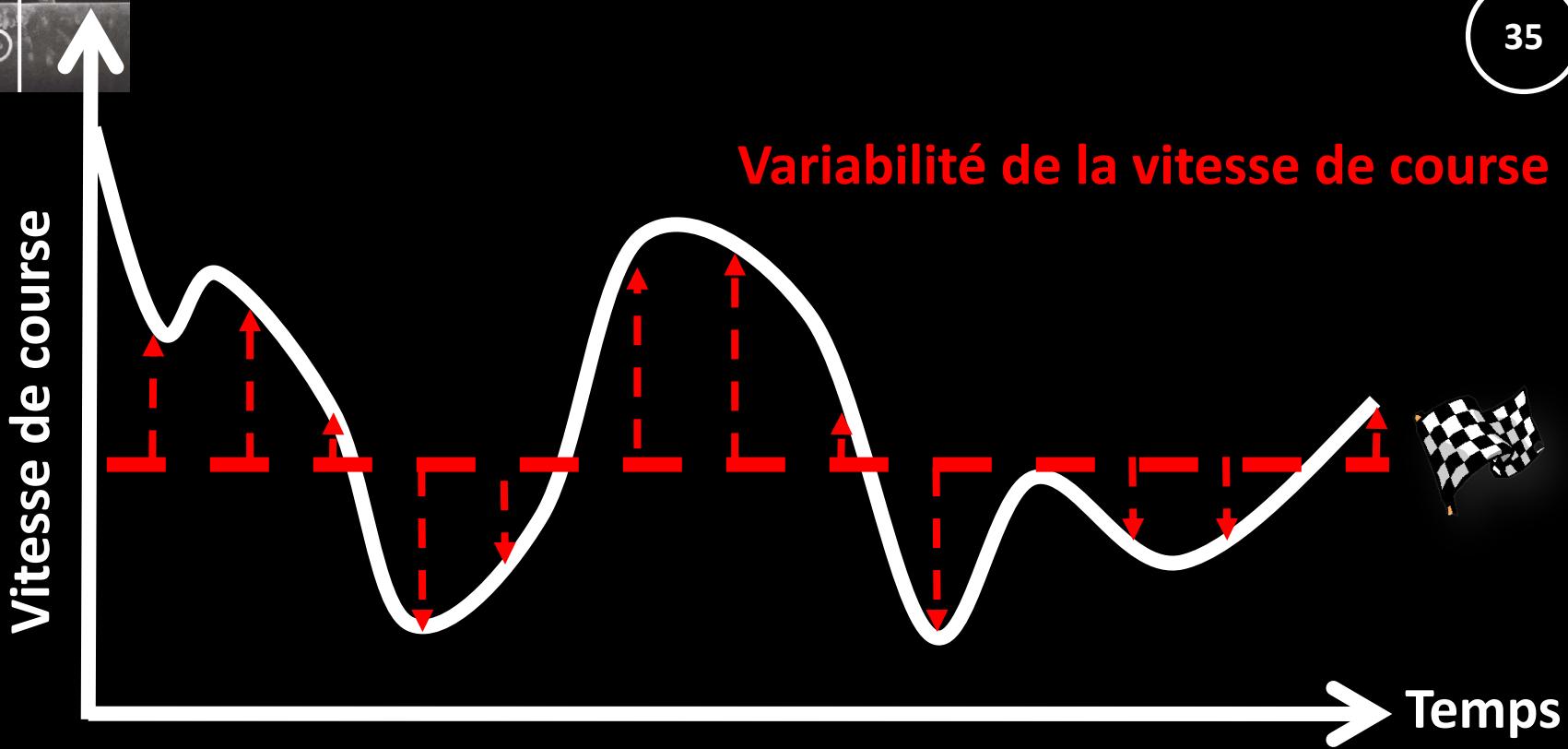


- **Effet significatif de l'allure initiale sur la performance globale.**
- **Meilleure performance avec la stratégie CàP-Tri-5%.**
- **Mauvaise performance associée à un départ rapide:**
 - haute sollicitation anaérobie initiale,
 - Faible valeur moyenne de VO_2 sur l'ensemble du 10km.



- Championnats d'Europe de triathlon 2009.
- Mesures du parcours avec un GPS et une roue de géomètre.
- 5 caméras synchronisées: 0, 283, 937, 1272, 1829 et 2420m (0).
- Analyse vidéographique sur les 42 femmes et 65 hommes.



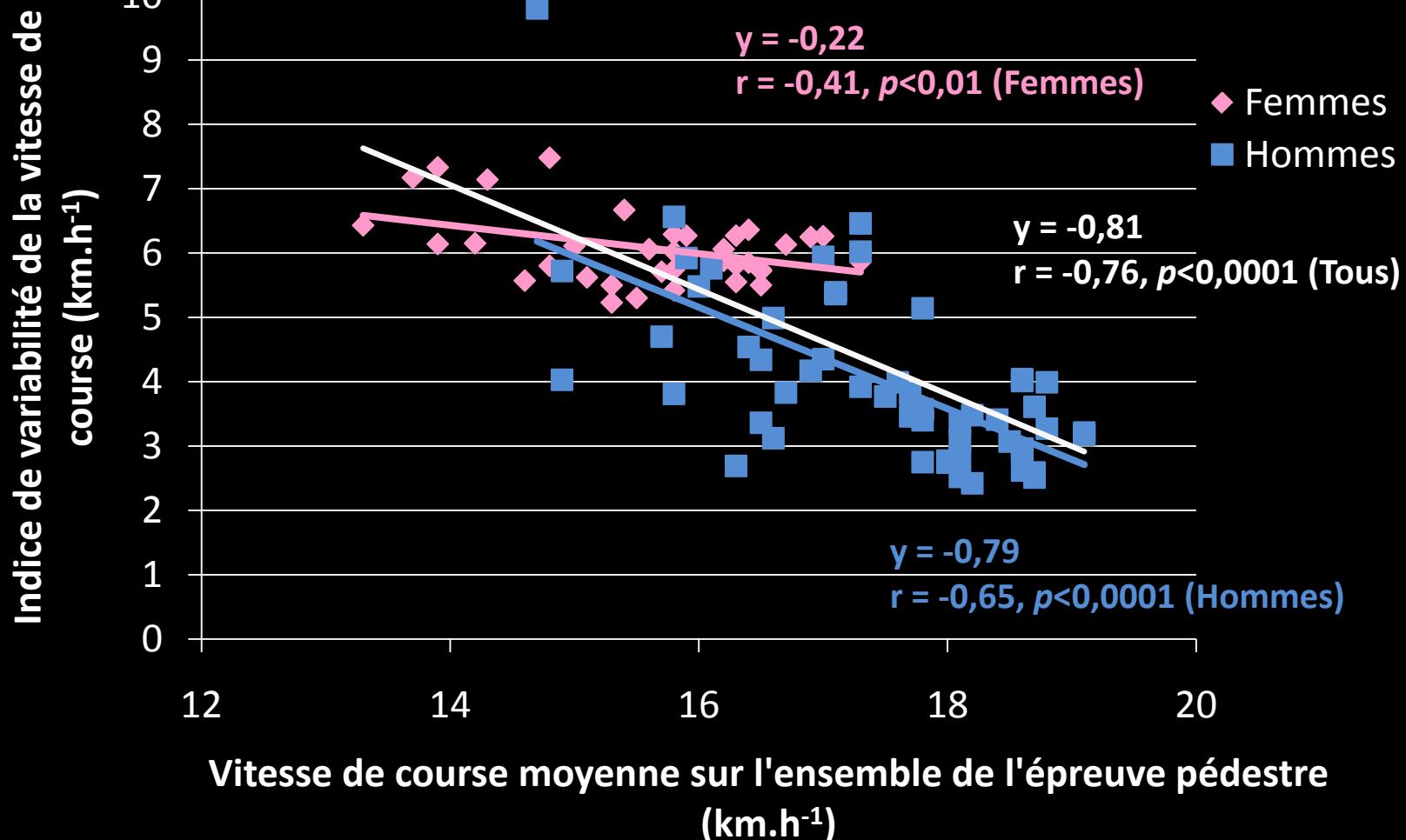


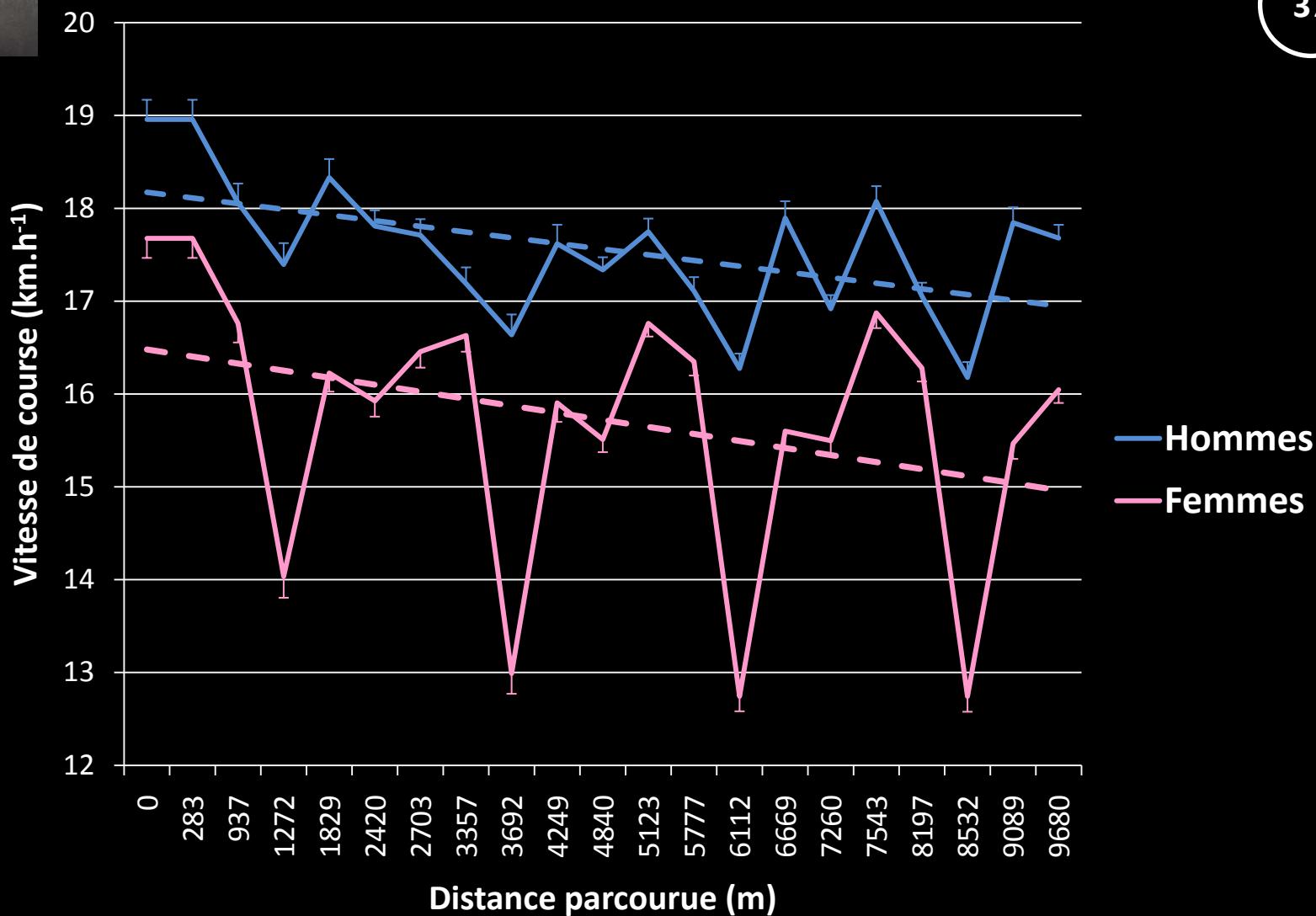
$$\text{Index de variabilité de VC} = \frac{\sum_{n=1}^{20} (\text{VC}_{\text{section}}(n) - \text{VC}_{\text{moyenne}}) * \text{Temps section (n)}}{\text{Temps de course total}}$$





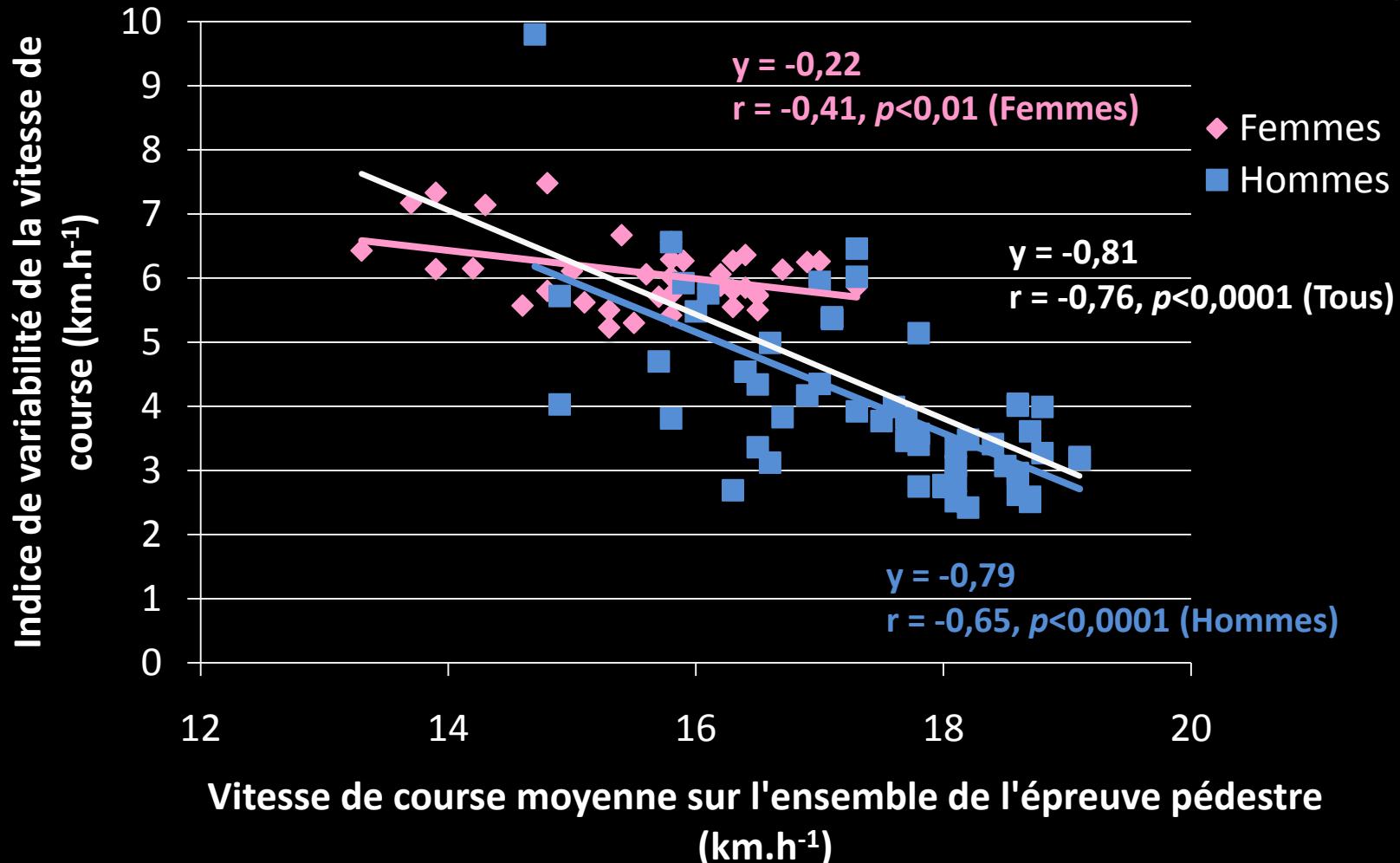
Résultats







Résultats





- **Stratégie d'allure décroissante en course à pied confirmée.**
- **Tendance des meilleurs coureurs à mieux maintenir leur vitesse de course initiale.**
- **Conclusion de l'étude n°3 confirmée.**
- **Raison de la décélération après un départ rapide ?**



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES



- **Stratégie d'allure décroissante dans les trois disciplines (Etudes 1 et 2, 4).**
- **Distribution des puissances dans les différentes zones d'intensité fortement déterminée par le profil du circuit.**
- **Effet du sexe sur l'influence des changements de pente sur la stratégie d'allure adopté (cyclisme + course à pied).**
- ↴ **Allure de course initiale adoptée spontanément positive pour la performance.**





- **Variations d'allure constatées lors de la course à pied d'un triathlon distance Olympique non consistantes avec une incapacité physiologique du triathlète à poursuivre l'exercice.**
- **Perspectives :**
 - **NIRS,**
 - **stimulation transcrânienne,**
 - **onde M,**
 - **Protocoles d'exercice plus proches des conditions de pratique en compétition.**
- **Si le modèle « Anticipation – RPE – Feedbacks » semble pouvoir être appliqué au triathlon distance Olympique, quelques ajustements semblent à opérer.**



Conclusions et perspectives

Paramètres physiologiques

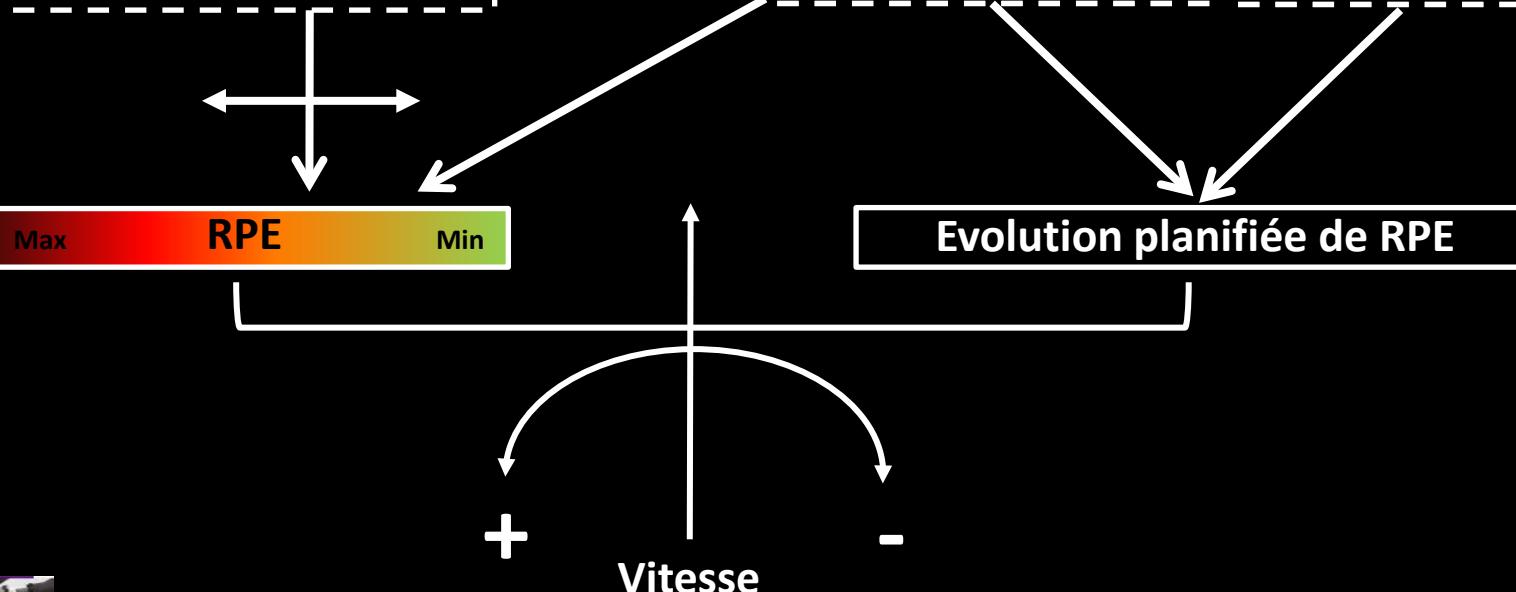


Facteurs psychologiques

- Distance à parcourir*
- Expérience passée
- Intensité motivationnelle*
- Objectif fixé*
- Chancier réussite estimée*

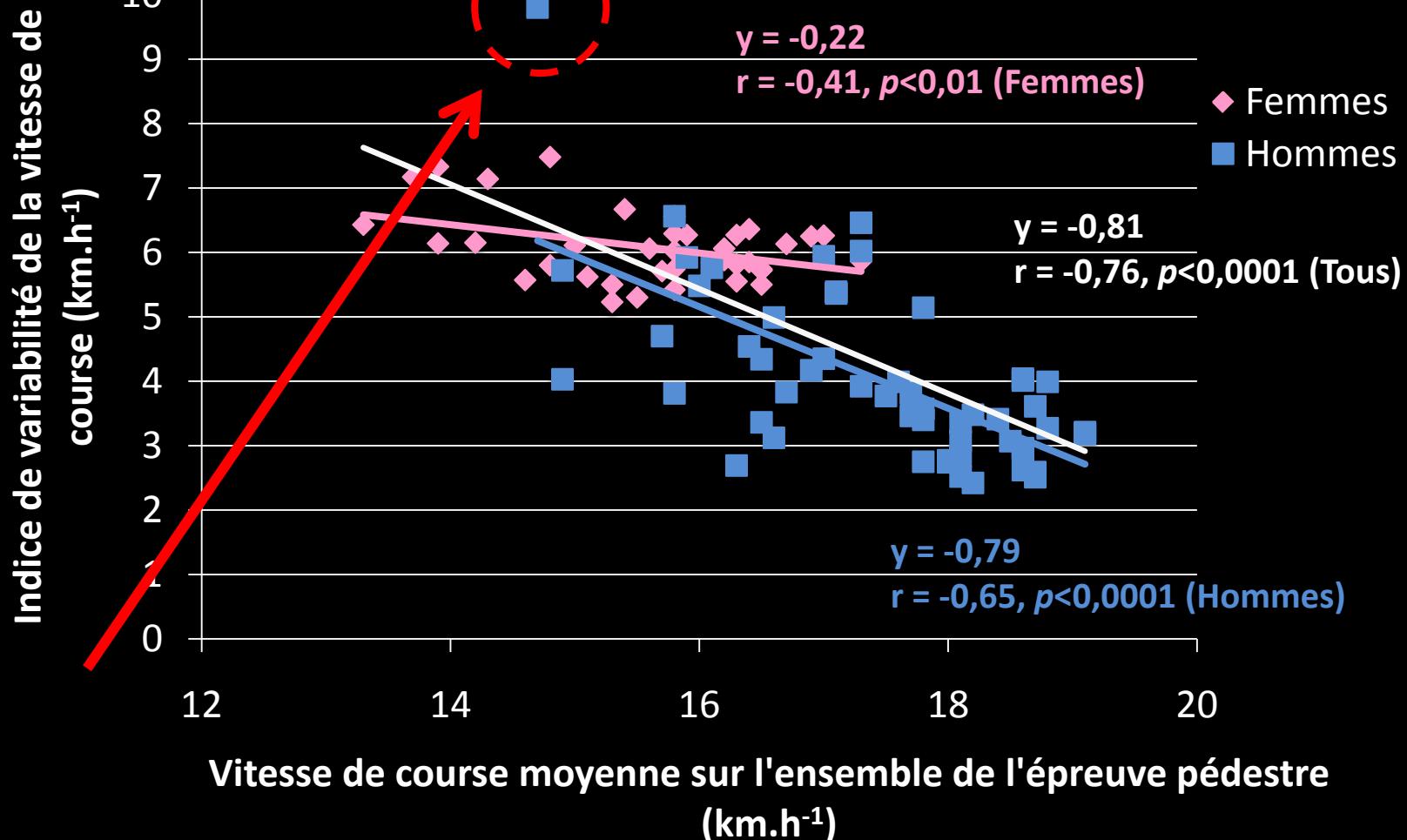
Facteurs concernant l'épreuve et son contexte d'expression

- Vent*
- Pente*
- Position des adversaires*
- Profil des adversaires





Résultats





INSEP

MERCI POUR
VOTRE ATTENTION





Etudes n°1 et n°2

INSEP

Implications pour l'entraînement



H/F : Nécessité d'être performant sur 350-400m (voire moins!) et d'être capable d'assumer un départ rapide

H/F : Importance de reproduire des efforts stochastiques, en intégrant notamment un travail >PMA voire >130% PMA

F : Améliorer en priorité le rapport PMA/masse pour être performante dans les bosses

H: Privilégier essentiellement le développement du ratio PMAn/masse et la capacité à reproduire des efforts brefs de très haute intensité

Assumer l'enchaînement natation-cyclisme sans réelles périodes de récupération active



H/F : Stabiliser des allures de course plus faibles lors de l'enchainement cyclisme - course à pied

Mieux adapter sa technique de course en fonction des variations de dénivelé sous fatigue



S'entraîner à automatiser une allure cible lors de l'enchaînement cyclisme-course à pied:

- Multi-enchaînement cyclisme-course à pied-course à pied,
- Gestion de la cadence à la fin de la partie cycliste,
- Expérimentation sur des courses de moindre importance,
- Débriefing post-course,
- ...

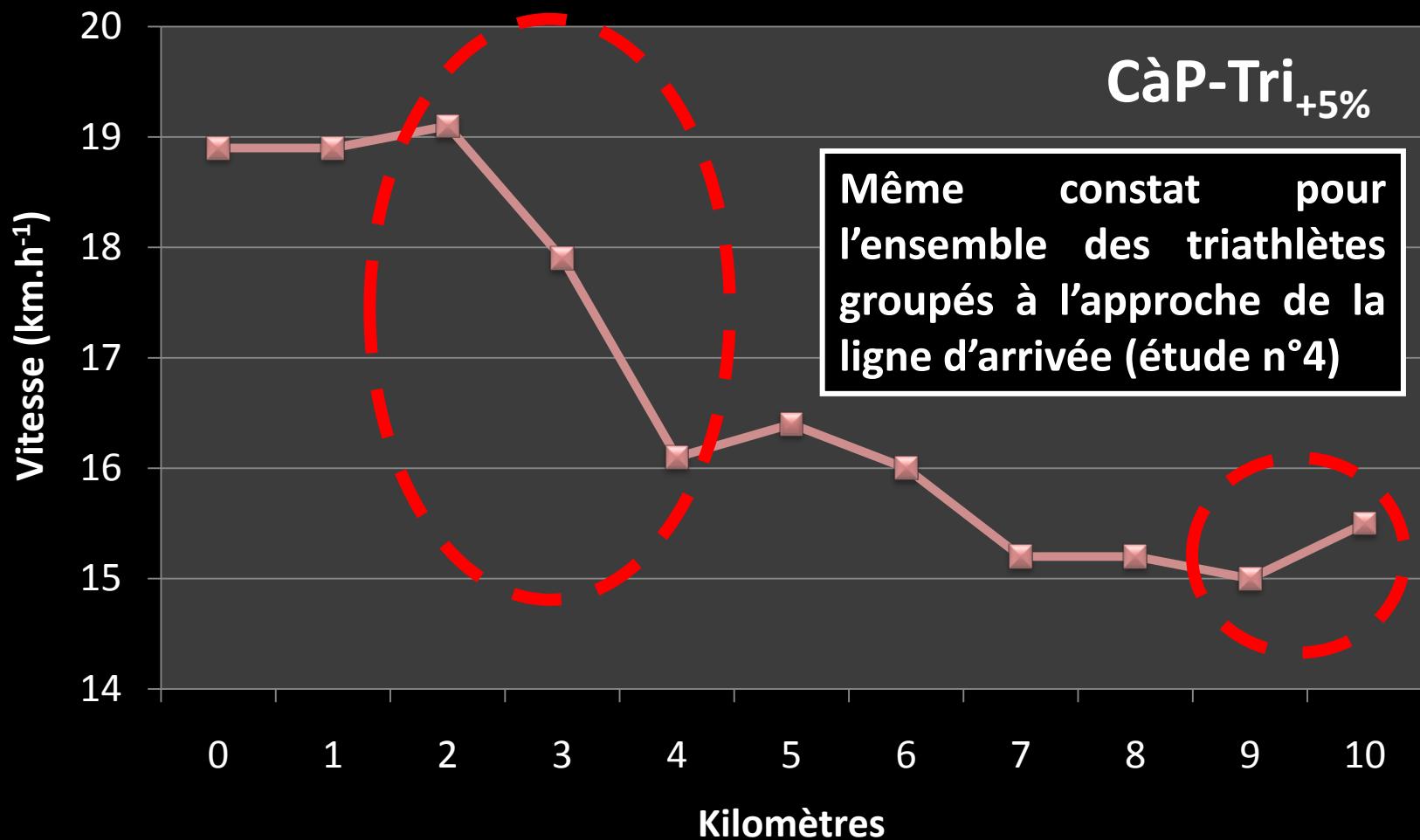
F : Améliorer en priorité le rapport PMA/masse pour être performante dans les bosses

Stratégies pour ↘ RPE à une vitesse donnée ?

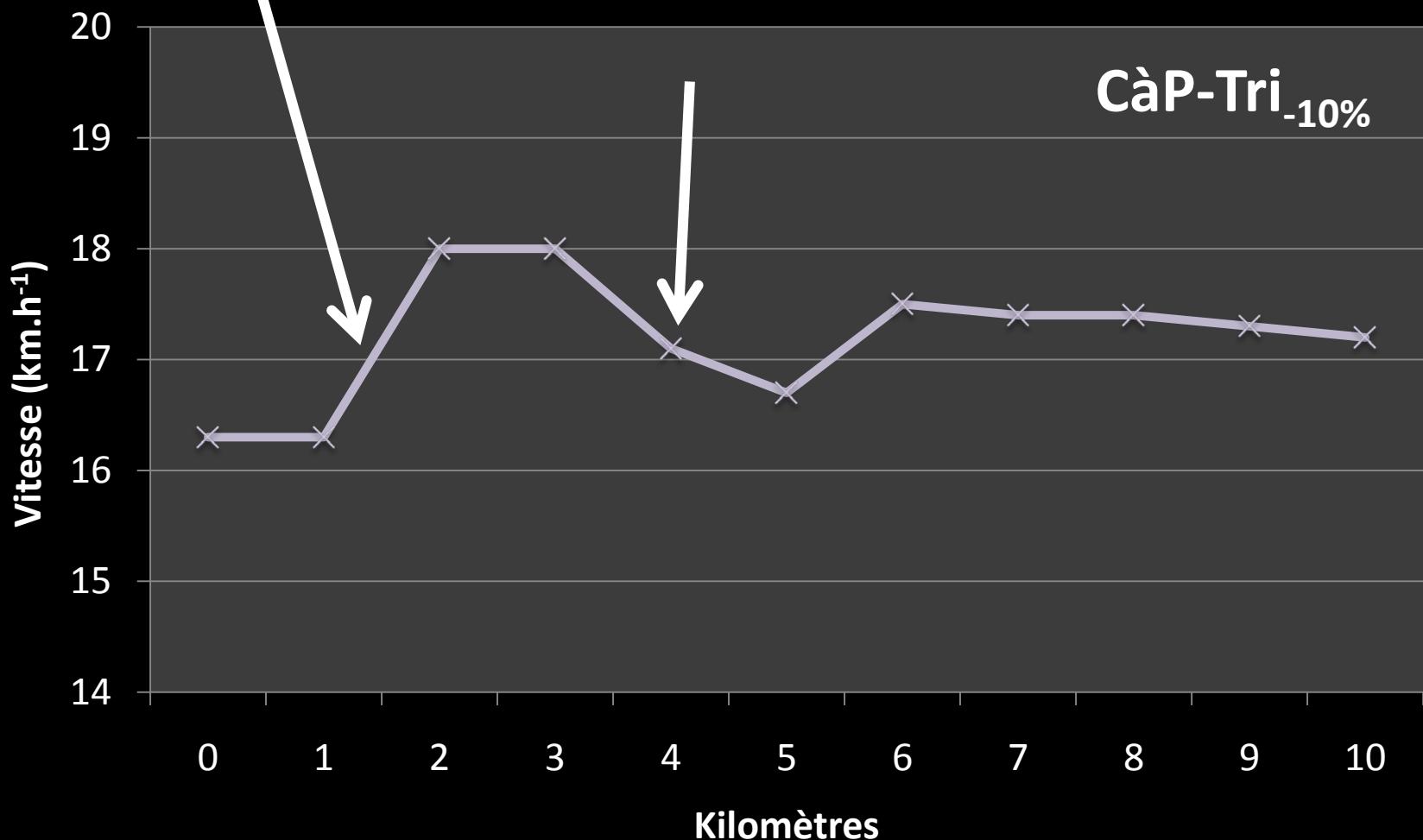




Résultats

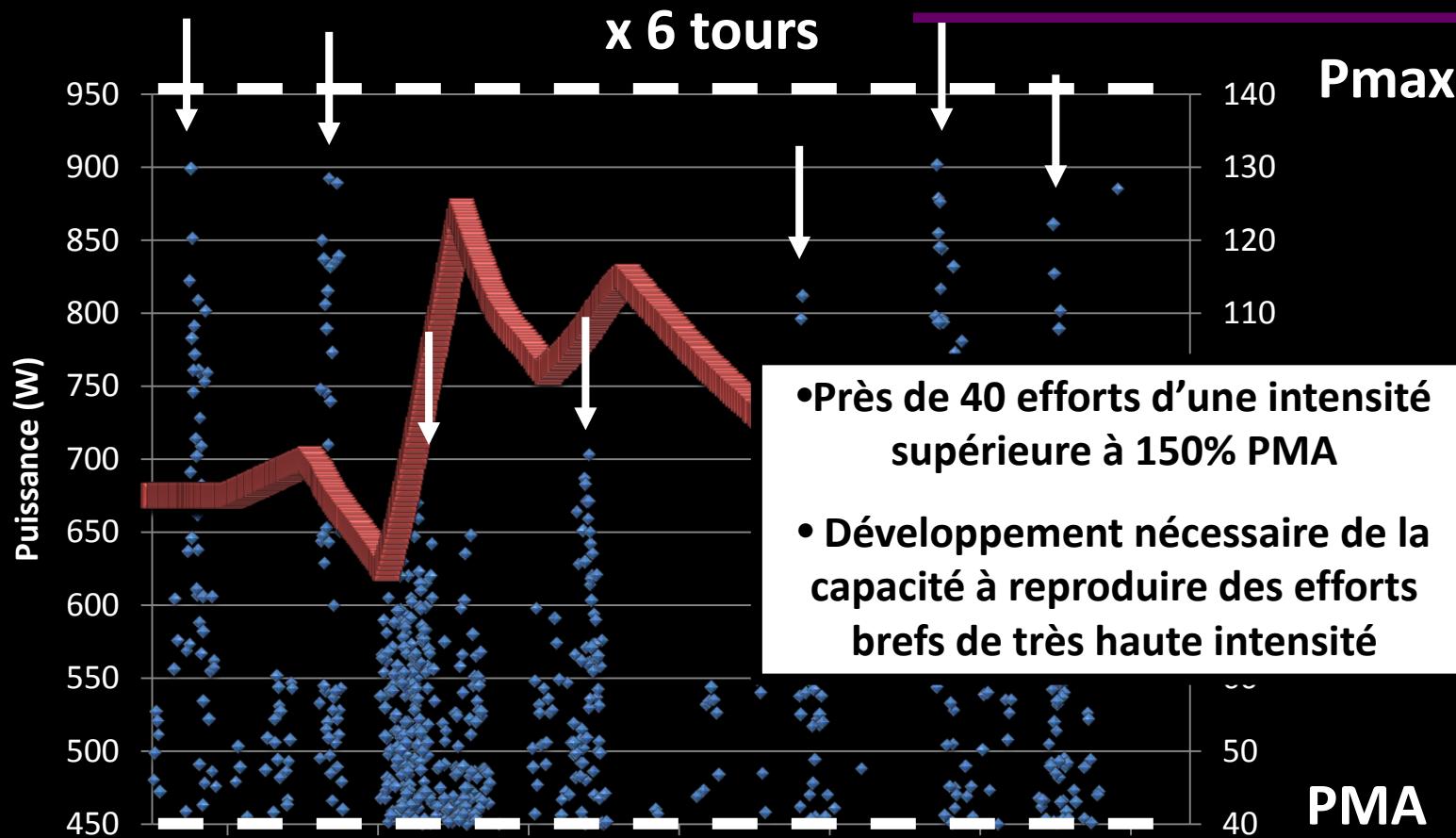


Comprendre les stratégies d'allure (étude n°4)





Caractérisation des stratégies d'allure en triathlon à haut niveau (études n°1 et n°2)



Distribution des puissances supramaximales développées par un triathlète lors de la section cycliste de la Coupe du Monde de Pékin 2006.