



Physiologie et Physiopathologie de l'Acclimatation à l'Altitude

Samuel VERGÈS

Laboratoire Hypoxie-Physiopathologie (HP2)
INSERM & Université Joseph Fourier, Grenoble

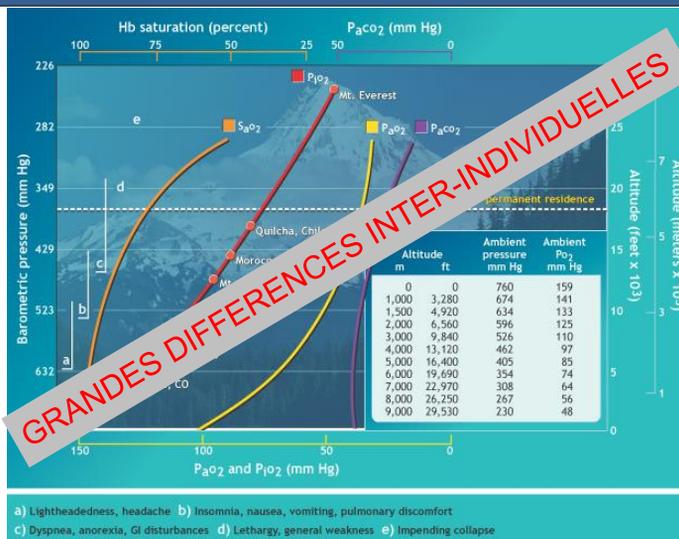


Réponses physiologiques à l'altitude

- **Réponses respiratoires à l'hypoxie**
- **Réponses cardiaques à l'hypoxie**
- **Réponses cérébrales à l'hypoxie**
- **Sommeil et altitude**
- **Différences interindividuelles**



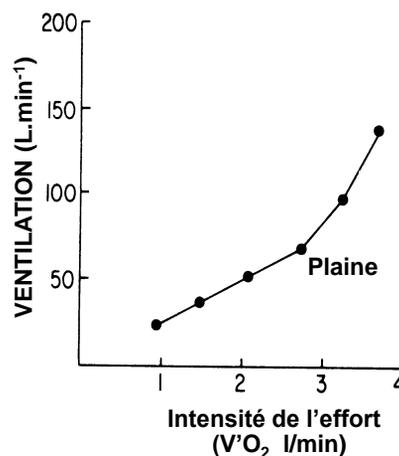
L'environnement d'altitude



Réponses ventilatoires hypoxiques

Stimulation ventilatoire hypoxique
au repos et pour une intensité d'effort donnée

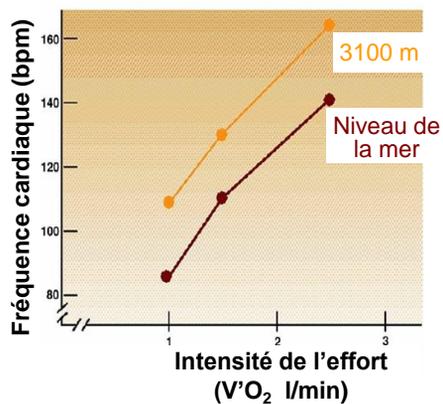
- \nearrow ventilation alvéolaire (\nearrow PAO_2),
mais qui reste inférieure au niveau de la mer
- \searrow $PaCO_2$, \nearrow pH, alcalose respiratoire
- \nearrow perte hydrique respiratoire
- \nearrow du travail des muscles respiratoires



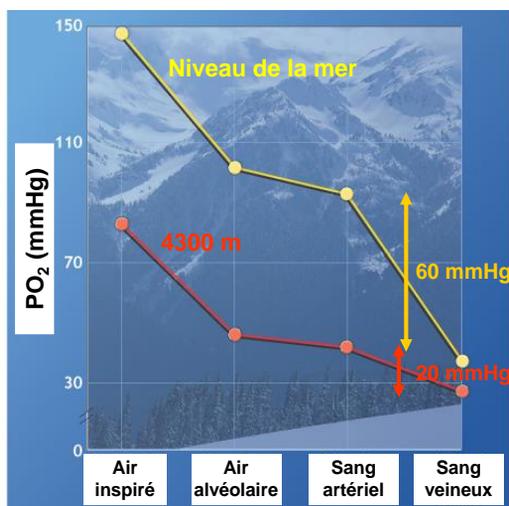
Réponses cardiaques hypoxiques

Stimulation cardiaque hypoxique
au repos et pour une intensité d'effort donnée

- Volume d'éjection systolique = ou \searrow
- Débit cardiaque \nearrow pour une intensité d'effort donnée, mais valeur *maximale* inchangée

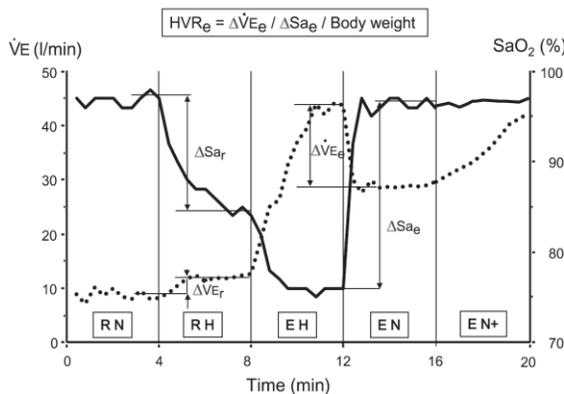
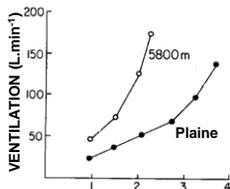


La cascade de l'oxygène



Réponses cardiorespiratoires hypoxiques et tolérance à l'altitude

Capacité pronostique des réponses cardiorespiratoires hypoxiques ?

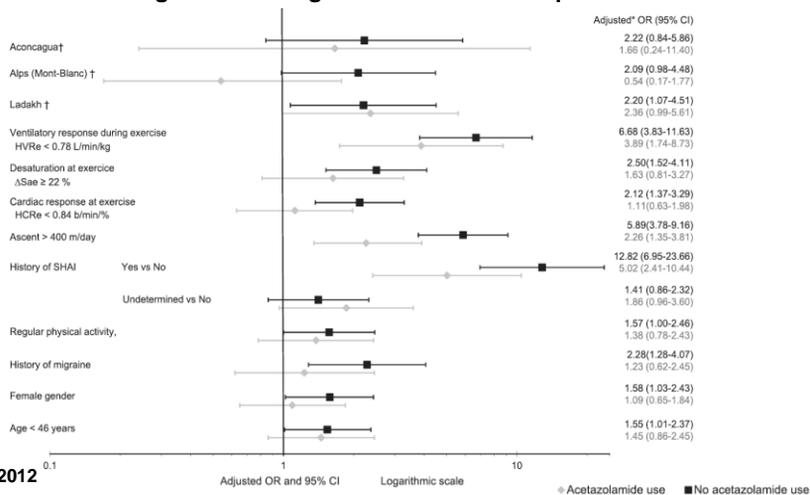


Richalet et al. 2012



Réponses cardiorespiratoires hypoxiques et tolérance à l'altitude

Mal aigu des Montagnes: Facteurs de risque

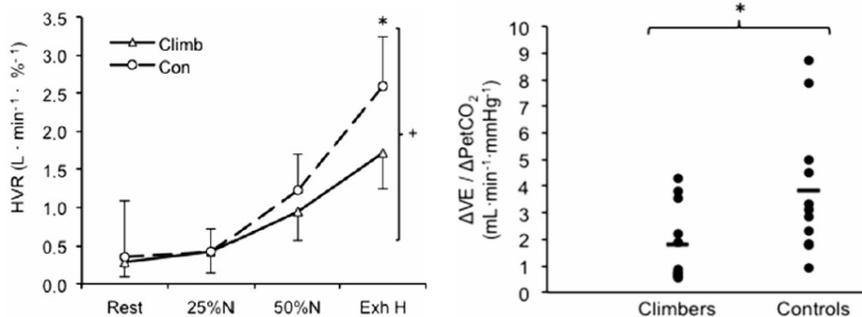


Richalet et al. 2012



Réponses cardiorespiratoires hypoxiques et tolérance à l'altitude

Alpiniste de haut-niveau versus sportif de plaine

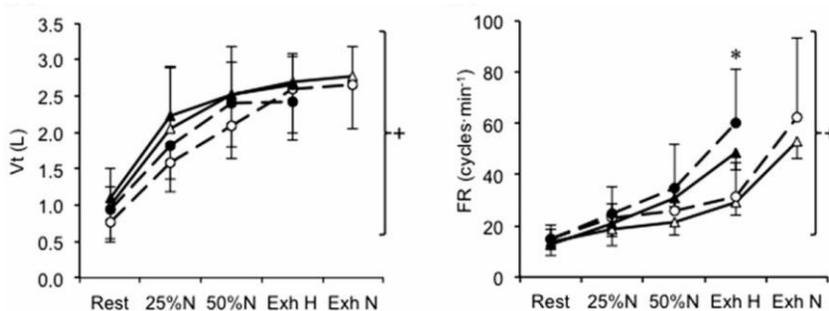


Puthon et al. 2015



Réponses cardiorespiratoires hypoxiques et tolérance à l'altitude

Alpiniste de haut-niveau versus sportif de plaine

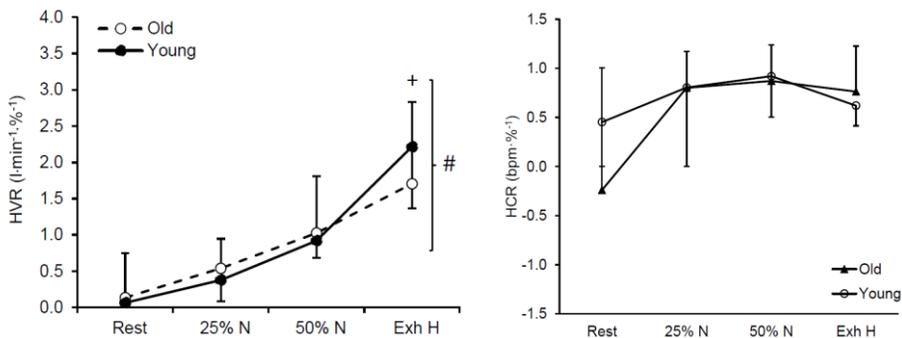


Puthon et al. 2015



Réponses cardiorespiratoires hypoxiques et tolérance à l'altitude

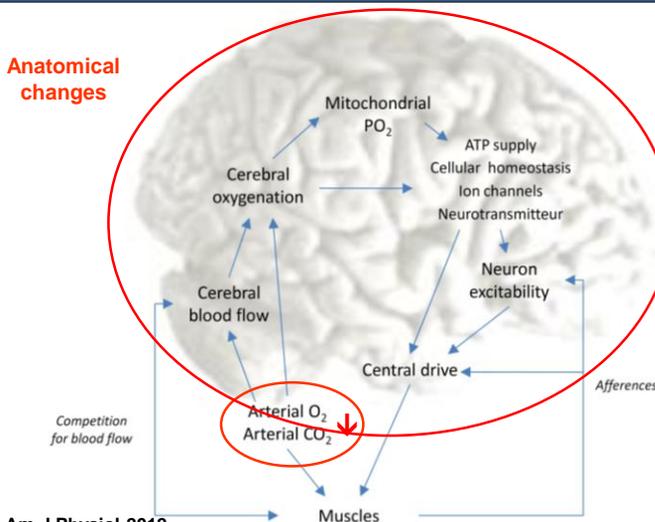
Sujets sains âgés versus sujets sains jeunes



Puthon et al. en révision



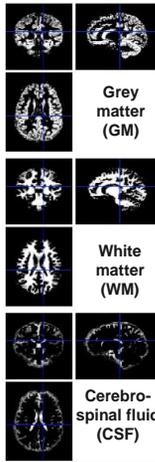
Perturbations cérébrales en hypoxie



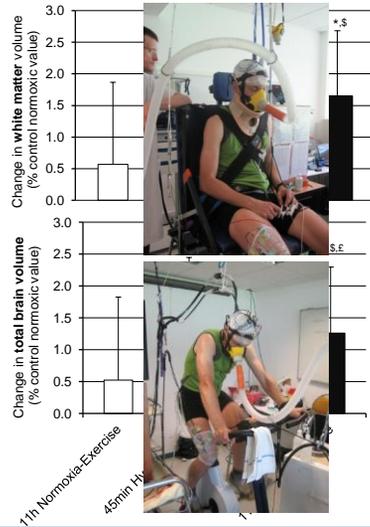
Verges et al. Am J Physiol 2012



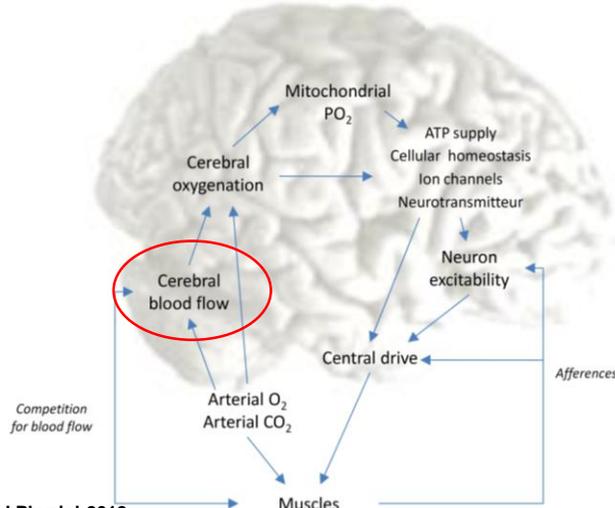
Hypoxie et volume cérébral



- 4 h Cycling + Normoxia 11 h
- ▒ Rest + Hypoxia (FiO₂=12%) 45 min
- Rest + Hypoxia (FiO₂=8-12%) 11 h
- 4 h Cycling + Hypoxia (FiO₂=12%) 11 h



Perturbations cérébrales en hypoxie



Verges et al. Am J Physiol 2012



Circulation cérébrale et altitude

Projet VALLOT 2011



<http://vallot2011.wordpress.com/>

Doppler & NIRS plaine / altitude (J5)



IRM plaine / post altitude (J7)

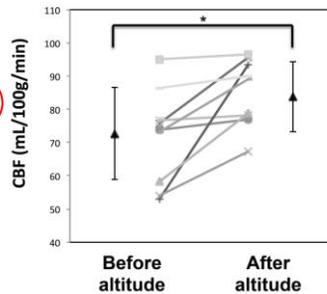
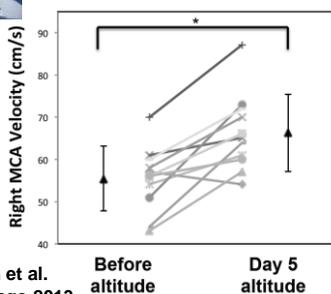


Circulation cérébrale et altitude

	SpO ₂ (%)	PetCO ₂ (mmHg)	Breathing Frequency (min ⁻¹)	Heart Rate (.min ⁻¹)	Mean arterial pressure (mmHg)
Before altitude (212 m)	97.2±0.5	40.9±4.9	13.8±2.7	61.2±7.7	104.4±6.1
Day 5 at altitude (4,350 m)	87.6±1.3* [§]	30.5±3.1*	19.2±2.7* [§]	77.9±16.1* [§]	115.6±6.7* [§]
Immediately after altitude (212 m)	97.8±0.7	33.2±4.0*	14.9±2.9	63.1±8.2	105.8±8.1



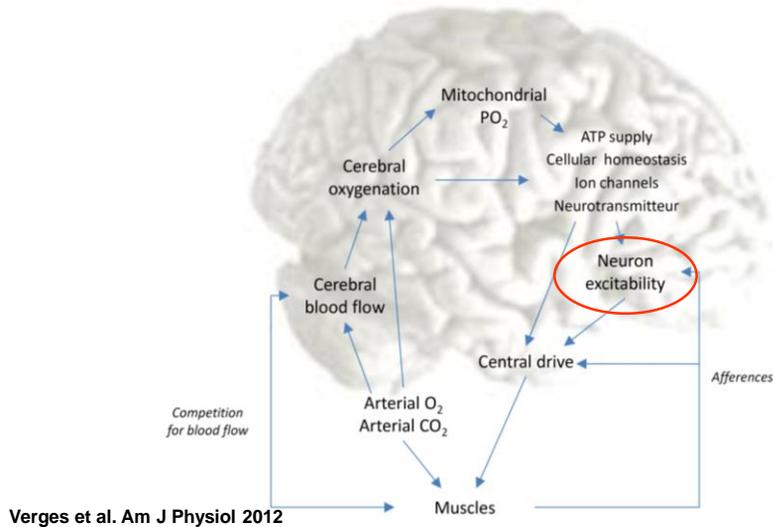
Débit sanguin cérébral



Villien et al. Neurolmage 2013

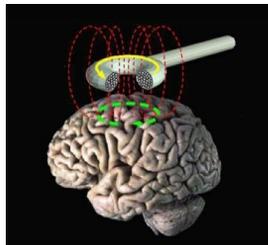


Perturbations cérébrales en hypoxie

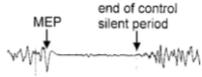


Excitabilité corticale et hypoxie

Stimulation magnétique transcranienne du cortex moteur



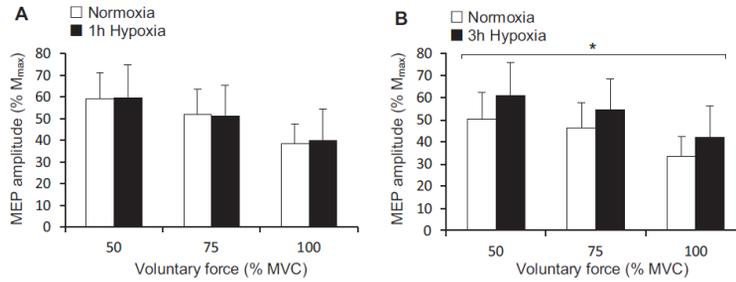
Excitabilité corticale et hypoxie



Effet temps de l'hypoxie (FiO₂=12%) sur l'excitabilité corticale



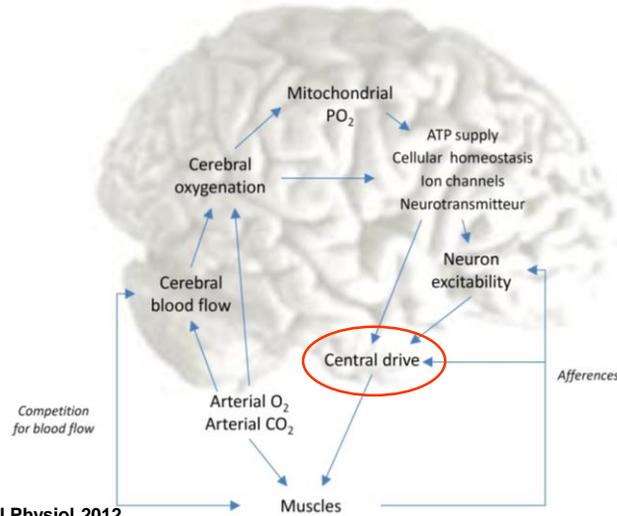
Potentiel moteur évoqué



Rupp et al. J Neurophysiol 2012



Perturbations cérébrales en hypoxie

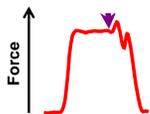


Verges et al. Am J Physiol 2012

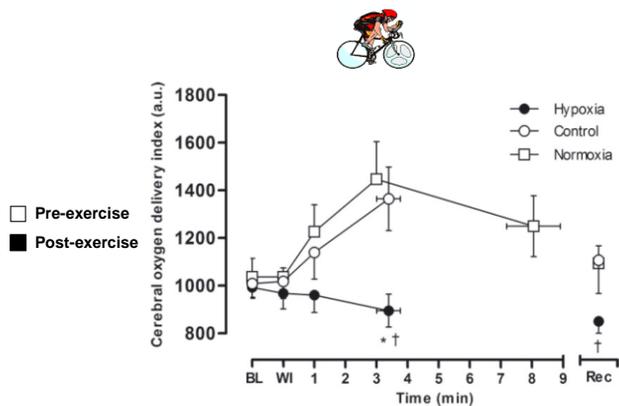


Perturbations cérébrales en hypoxie

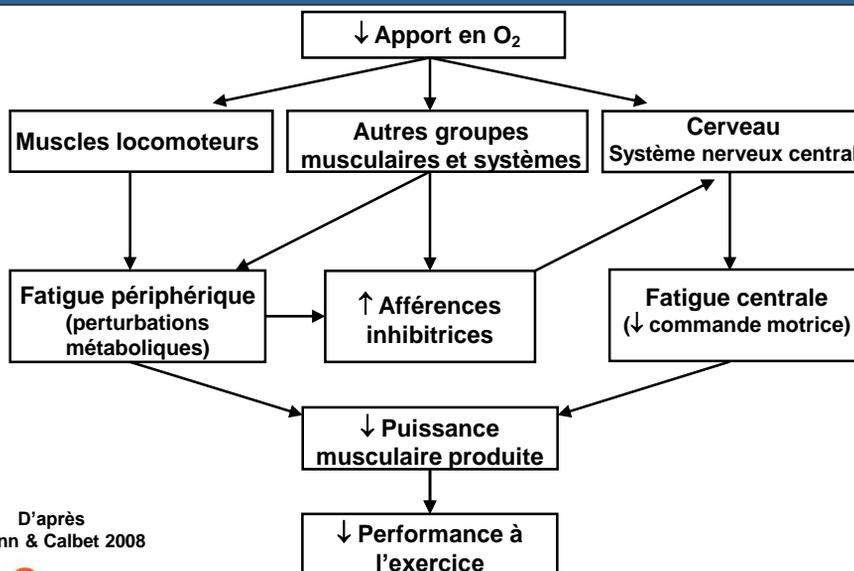
Pédalage à charge constant (80% W_{max}) jusqu'à épuisement
en normoxie (F_iO₂ = 21%) versus hypoxie (F_iO₂ = 13%)



Goodall et al. 2012



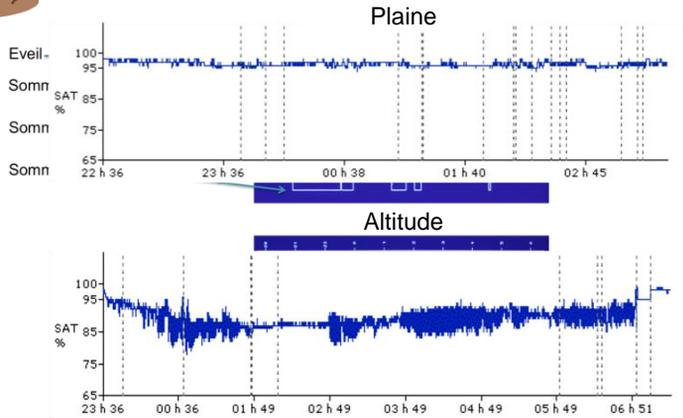
Performances à l'effort en hypoxie



D'après
Amann & Calbet 2008



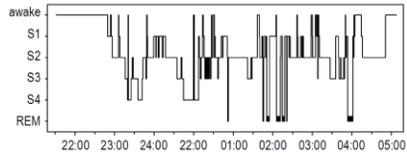
Sommeil et exposition hypoxique



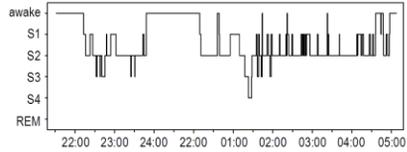
Sommeil et exposition hypoxique

Adaptation au cours d'un séjour prolongé en haute altitude

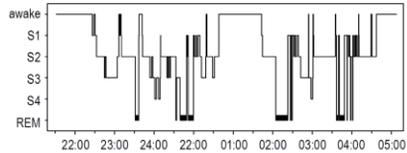
Plaine



4559m, 1^{ère} nuit



4559m, 3^{ème} nuit

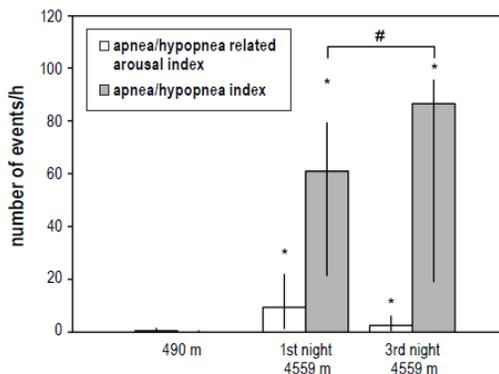


Nussbauer-Ochsner et al. J Sleep 2012



Sommeil et exposition hypoxique

Adaptation au cours d'un séjour prolongé en haute altitude



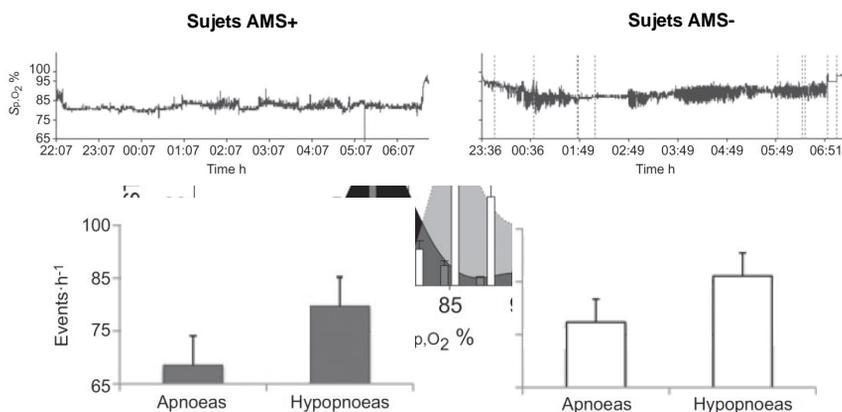
Score AMS (Lake Louise) 1 ± 0 6 ± 4 4 ± 3

Nussbauer-Ochsner et al. J Sleep 2012



Sommeil et exposition hypoxique

Différence entre sujets 'bons répondeurs' et 'mauvais répondeurs' (AMS)

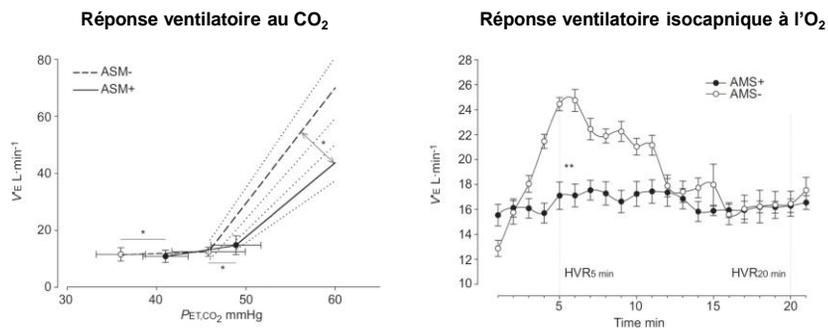


Nespoulet et al. Eur Respir J 2012



Sommeil et exposition hypoxique

Différence entre sujets 'bons répondeurs' et 'mauvais répondeurs' (AMS)



→ Puissance prédictive de la réponse ventilatoire isocapnique +++

Nespoulet et al. Eur Respir J 2012

