



# Hypoxie / Hypercapnie et cerveau: Aspects cognitifs en aigue

Samuel VERGÈS, PhD

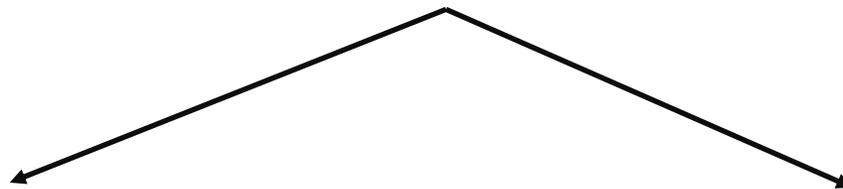
Laboratoire Hypoxie Physiopathologie (HP2), U1042  
Grenoble Alpes Université & INSERM, Grenoble, France



# Déclaration de liens

**mon intervention  
ne présente aucun conflit d'intérêt**

# Cerveau, Oxygène et CO<sub>2</sub>



Insuffisances respiratoires,  
pathologies cardiovasculaires...



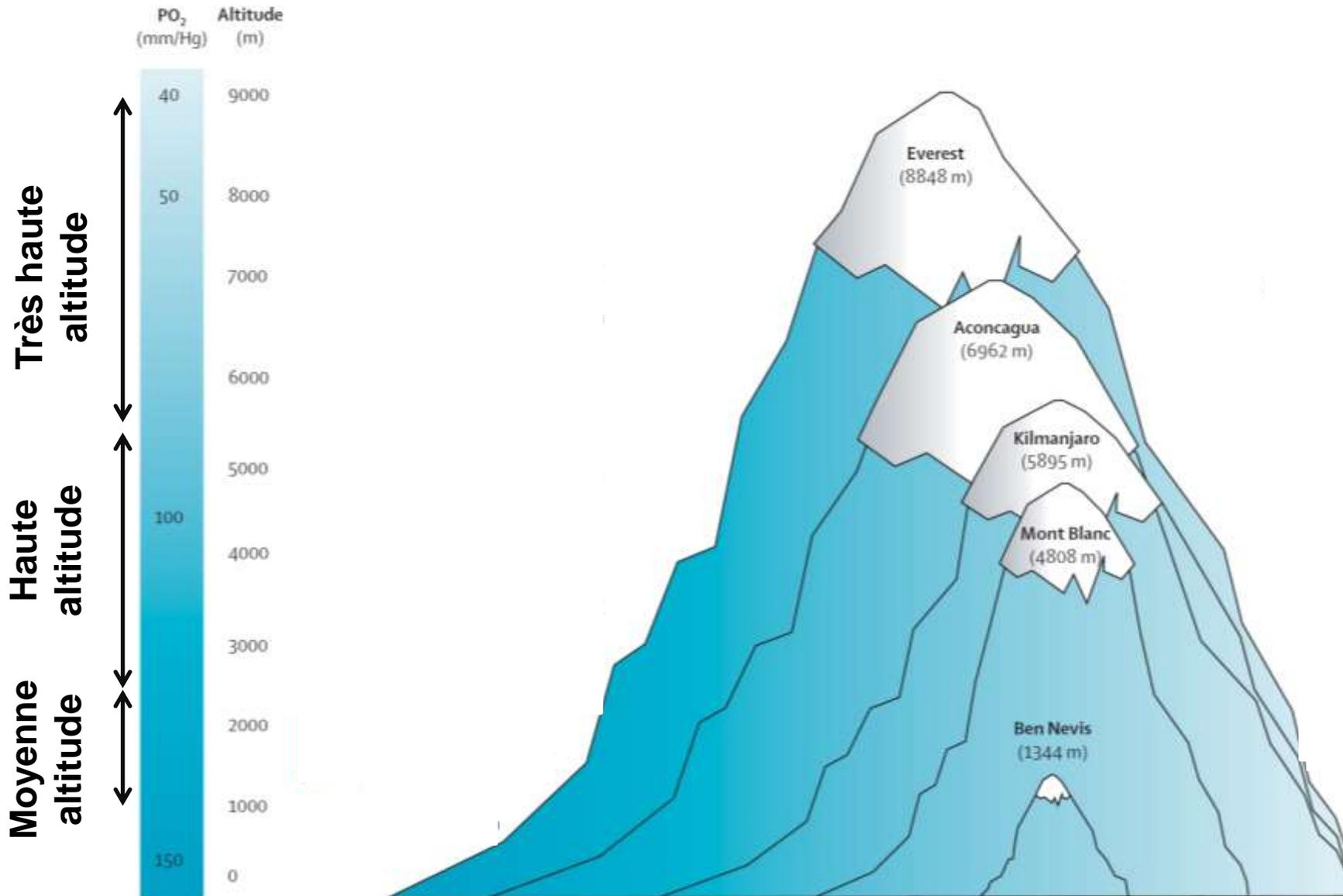
Sujets sains  
Haute altitude, apnée



# Physiologie du cerveau

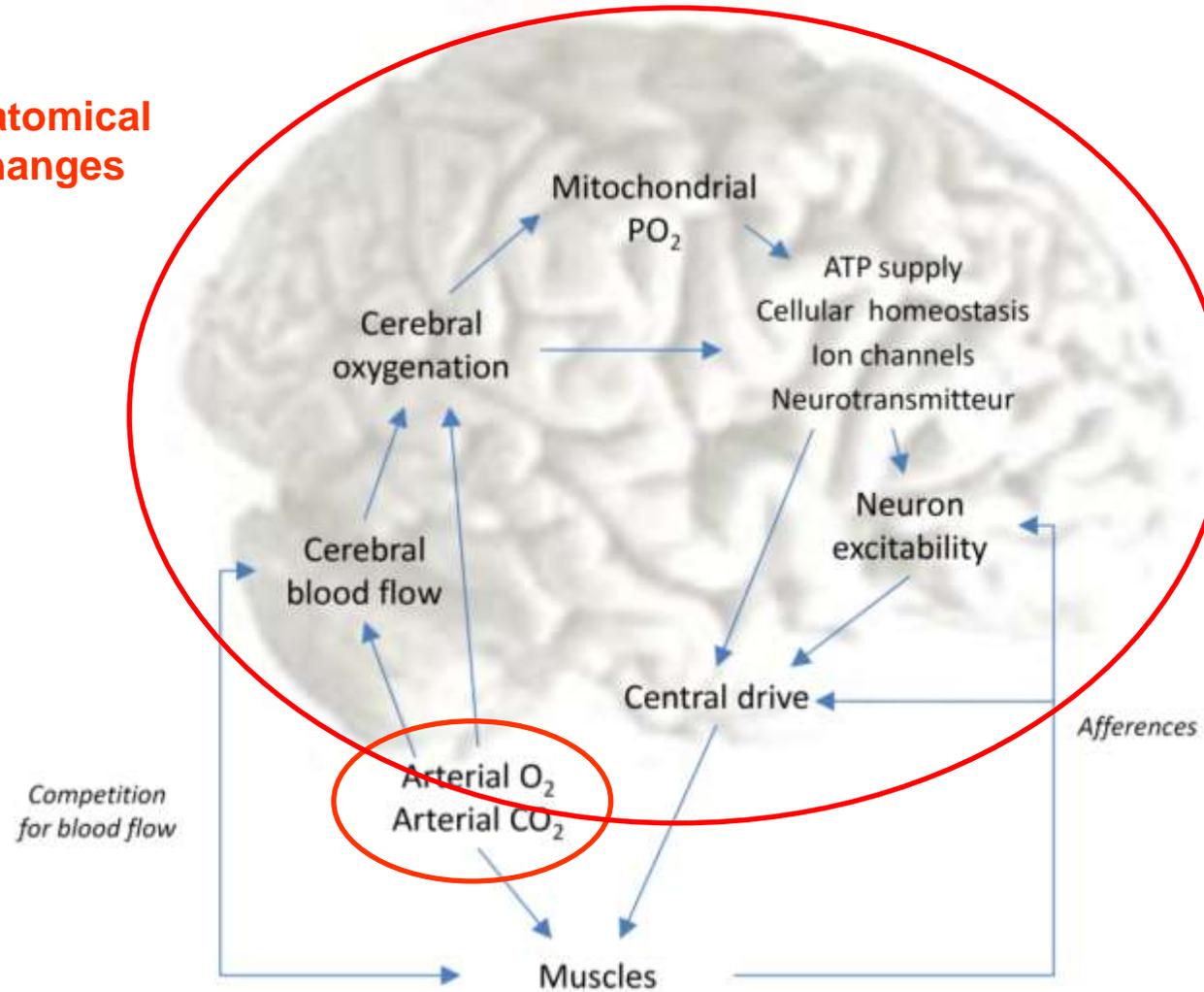
- Environ 1350 g, 2-3% du poids de l'adulte
  - Etat continuellement actif
  - Nécessite 12 à 15% du débit cardiaque et 20% de la consommation d'oxygène au repos
  - Métabolisme oxydatif glucidique essentiel
- ⇒ *Un des organes les plus vulnérables aux modifications des apports en oxygène et substrats énergétiques*

# Conséquences cérébrales de l'hypoxie d'altitude



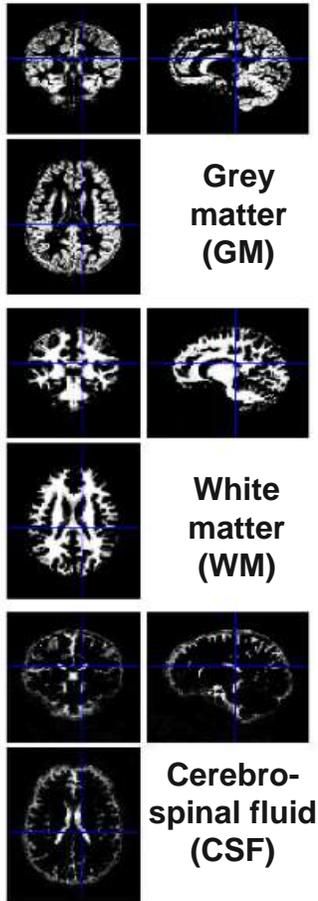
# Cerveau et hypoxie/hypercapnie

Anatomical changes



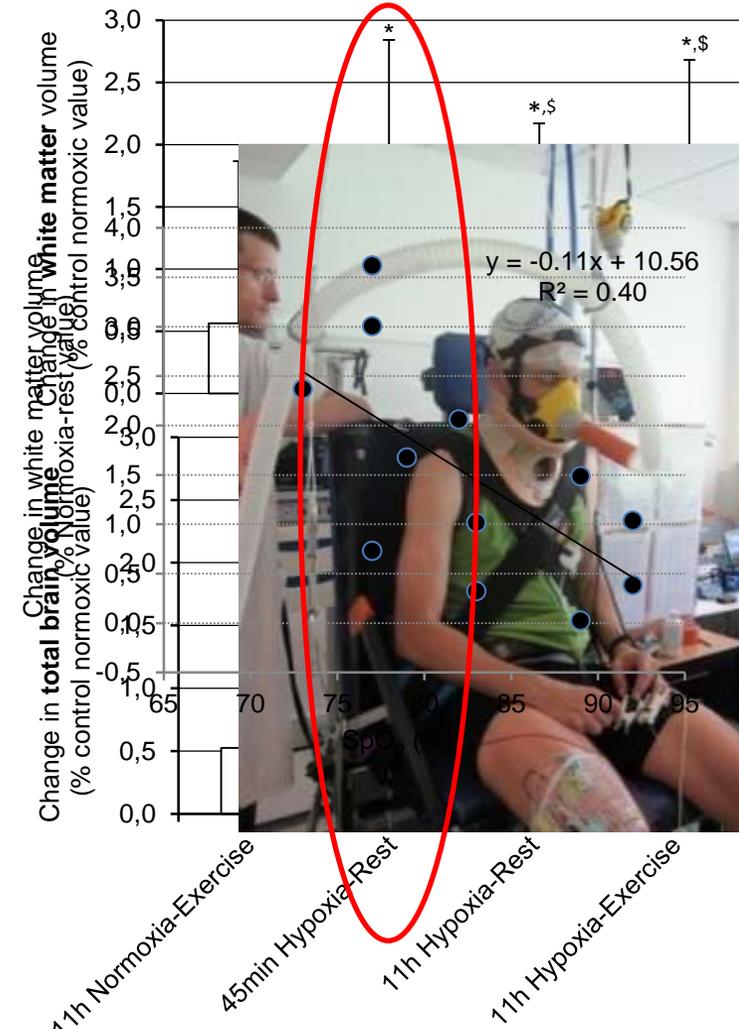
Verges et al. 2012

# Hypoxie et volume cérébrale



3T MRI

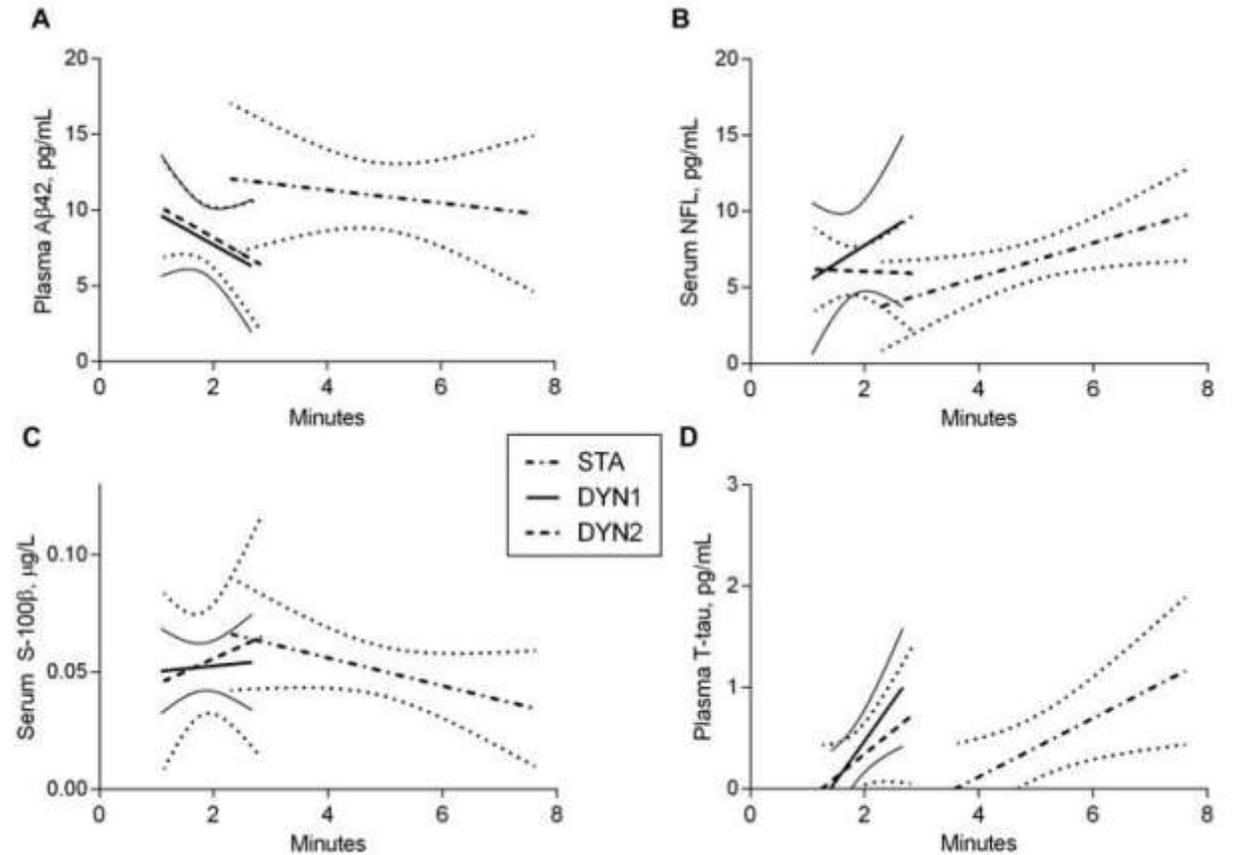
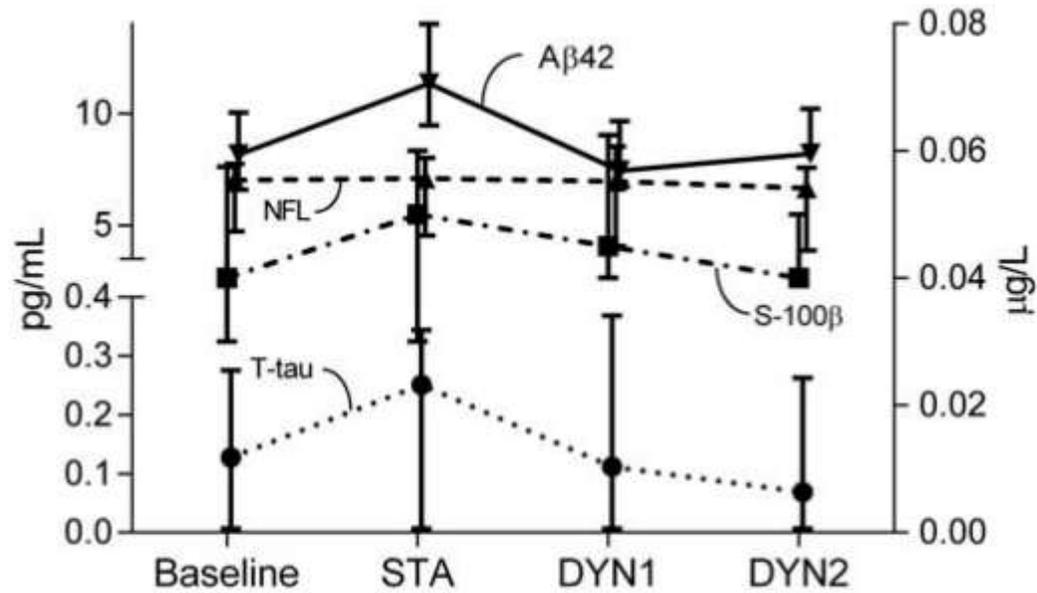
- 4 h Cycling + Normoxia 11 h
- ◻ Rest + Hypoxia (FiO<sub>2</sub>=12%) 45 min
- ◼ Rest + Hypoxia (FiO<sub>2</sub>=8-12%) 11 h
- 4 h Cycling + Hypoxia (FiO<sub>2</sub>=12%) 11 h



Rupp et al. 2014

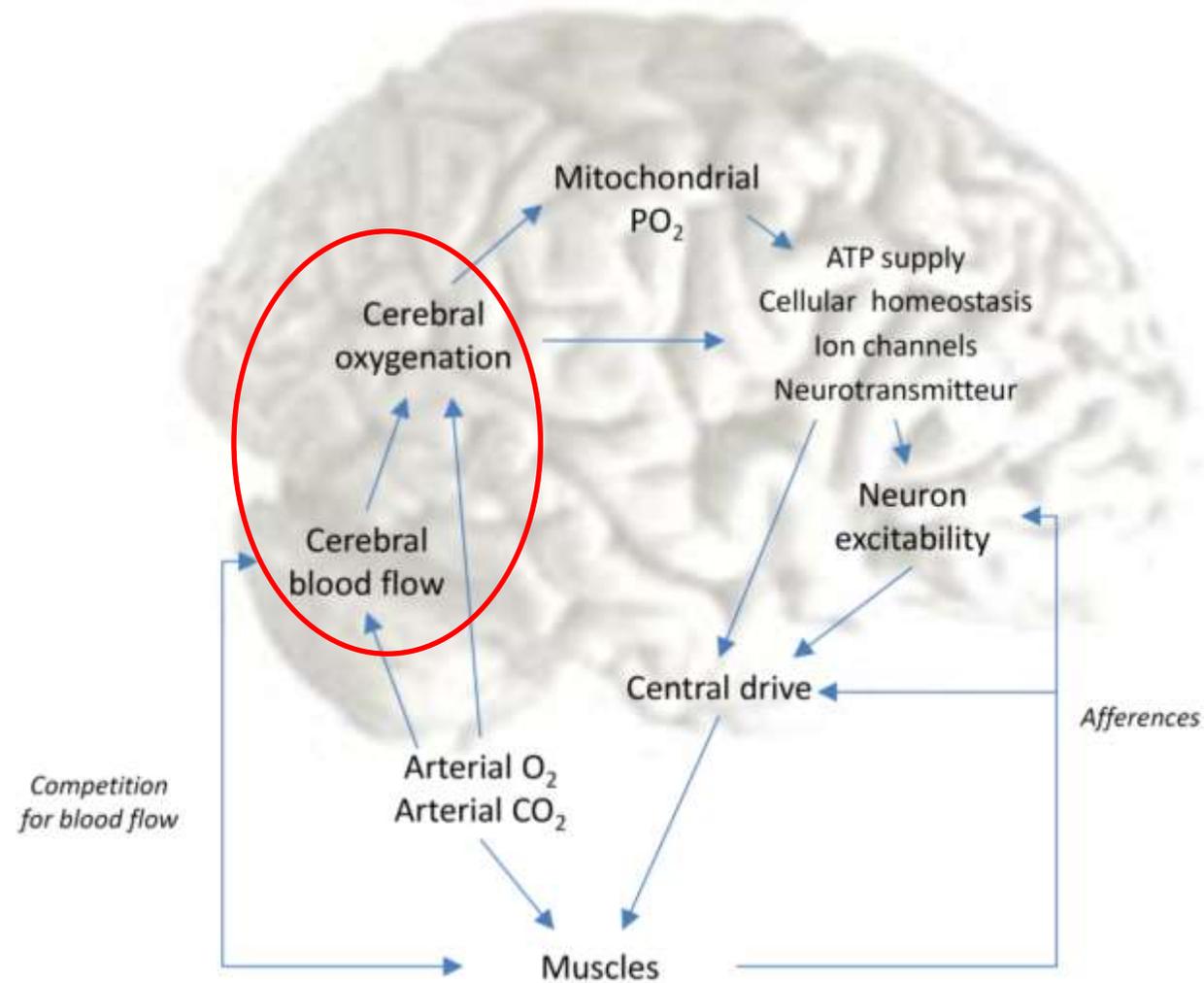
# Hypoxie, hypercapnie et intégrité cérébrale

## Marqueurs sanguins d'altérations cérébrales après une apnée statique (STA) ou dynamique (DYN)



Gren et al. 2016

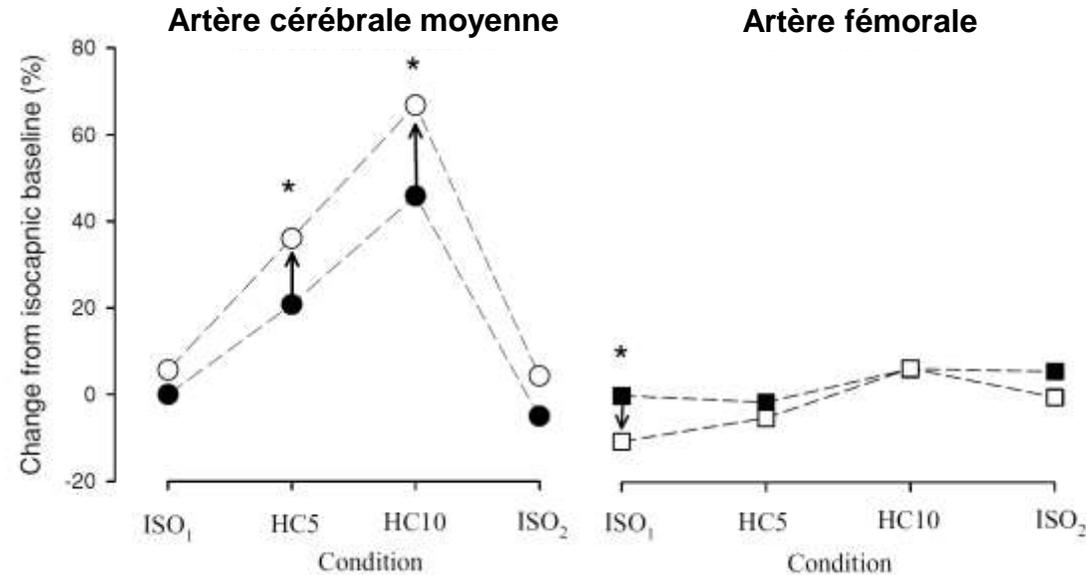
# Cerveau et hypoxie/hypercapnie



Verges et al. 2012

# Perfusion cérébrale et hypercapnie

Débit sanguin cérébral et fémoral en hypercapnie (+5-10 mmHg) chez le sujet sain



1–2 mL/100 g/min pour chaque 1 mmHg d'augmentation de PaCO<sub>2</sub>

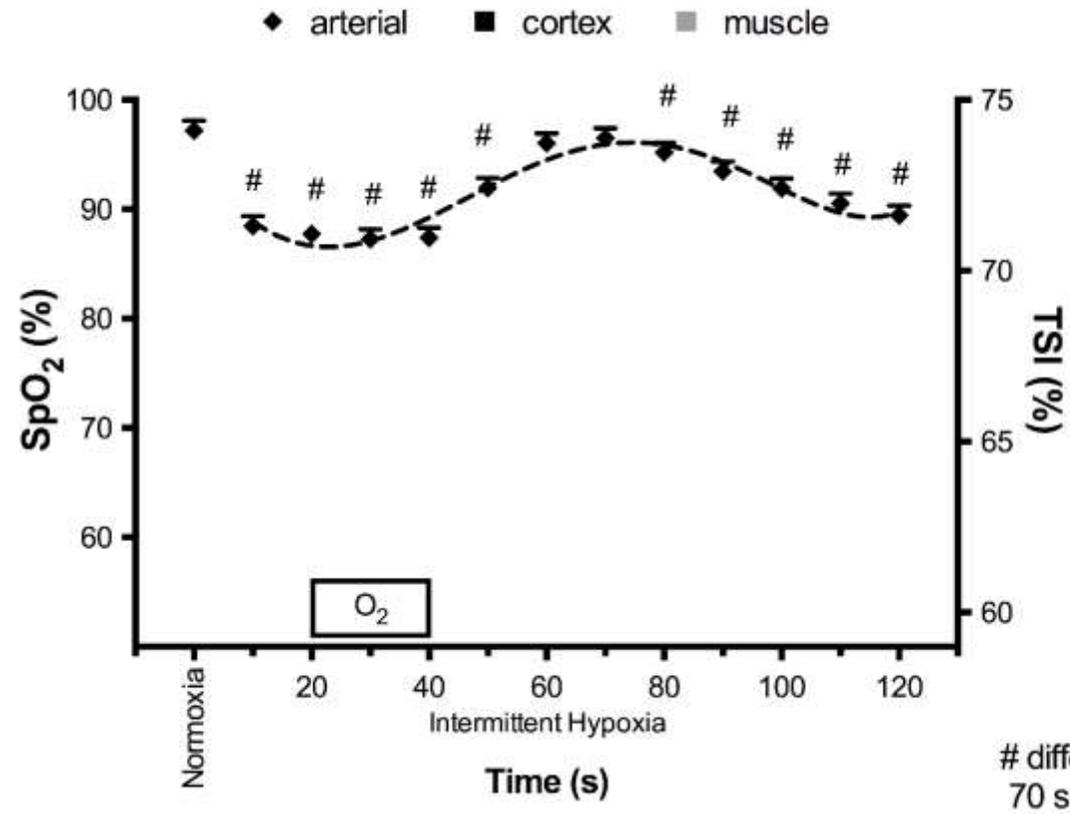
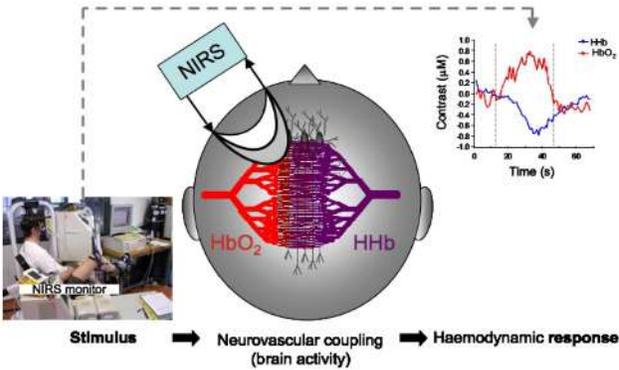
Effet lié aux modifications de pH induites par l'hypercapnie:



Ainslie et al. 2015

# Oxygénation cérébrale et hypoxémie

## Oxygénation cérébrale et musculaire en hypoxie intermittente chez le sujet sain



Rupp et al. 2016

# Consommation d'oxygène cérébrale et hypoxie/hypercapnie

## 14 plongeurs en apnée d'élite – Métabolisme cérébral pendant une apnée de 4-7 min

Table 1. Arterial (radial) and cerebral venous (internal jugular bulb) measurements of the  $P_{CO_2}$ ,  $S_{aO_2}$ , haematocrit (Hct), haemoglobin (tHb), Glu, Lac and pH at baseline and during 20% increments of the maximal apnoea

$P_{CO_2}$ (mmHg)	$S_{aO_2}$ (%)	Hct (%)	tHb (mmol L <sup>-1</sup> )	Glu (mmol L <sup>-1</sup> )	Lac (mmol L <sup>-1</sup> )	pH
-------------------	----------------	---------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	----

Table 3.  $CDO_2$ ,  $O_2$  Ext, Lac Ext, Glu Ext, OCI and  $CMRO_2$  at baseline and during 20% increments of the maximal apnoea

	$CDO_2$ (ml min <sup>-1</sup> )	$O_2$ Ext (%)	Lac Ext (%)	Glu Ext (%)	OCI (%)	$CMRO_2$ (ml min <sup>-1</sup> )
Baseline	122 ± 30	37 ± 6	-2 ± 11	12 ± 3	83 ± 13	45 ± 11
20%	92 ± 24*	47 ± 10*	-3 ± 17	12 ± 6	127 ± 75	43 ± 10
40%	120 ± 34	36 ± 7	-3 ± 20	9 ± 6	125 ± 61	41 ± 10
60%	152 ± 48*	28 ± 7*	0 ± 15	7 ± 4*	139 ± 94	41 ± 12
80%	163 ± 50*	26 ± 4*	-3 ± 17	7 ± 2*	92 ± 37	41 ± 11
100%	128 ± 36	25 ± 9*	-2 ± 13	5 ± 3*	92 ± 57	32 ± 12*

\*Significant difference from baseline.

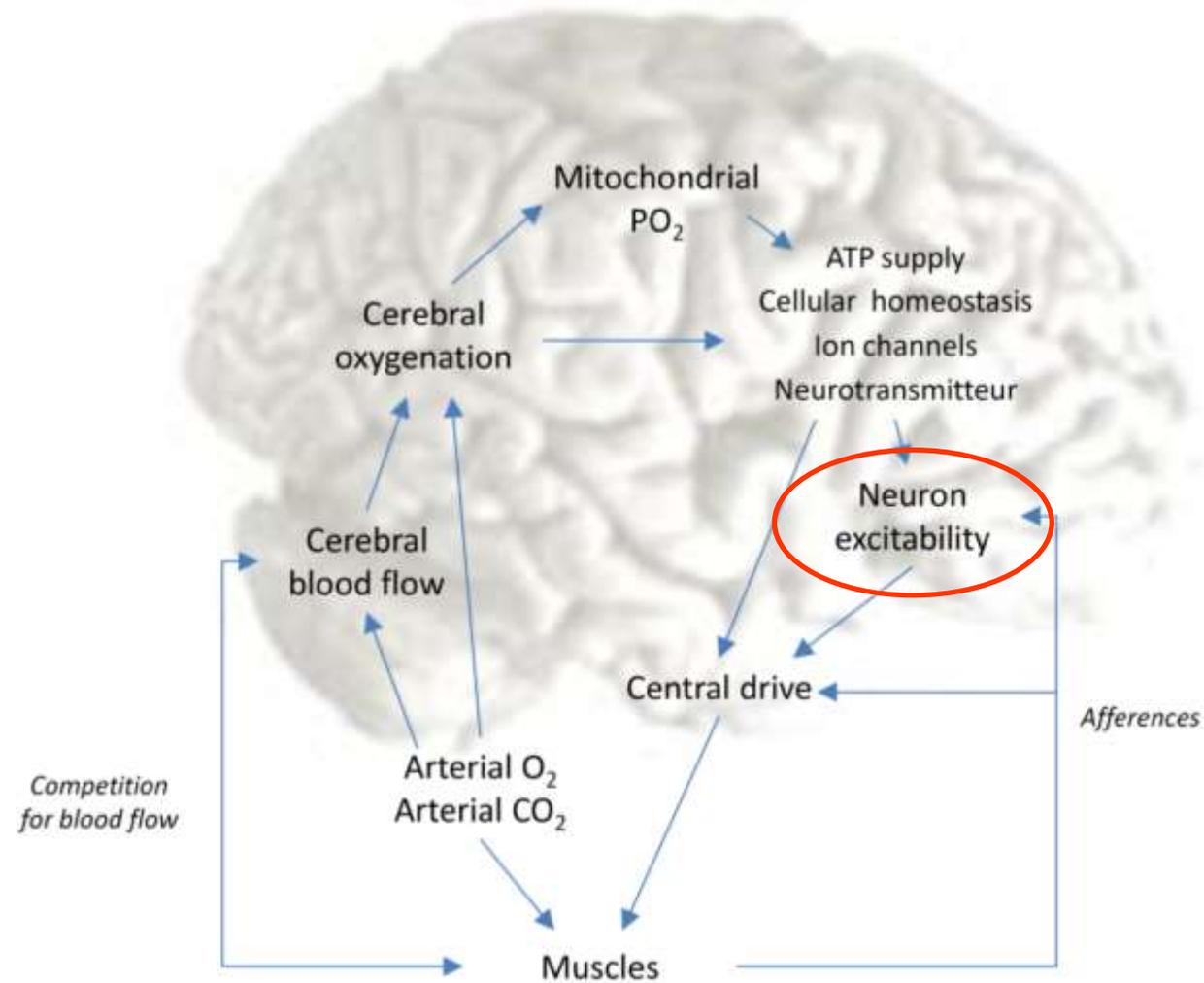
100%							
Arterial	53.4 ± 4.8*	60.9 ± 14.0*	45.8 ± 3.4*	14.9 ± 1.1*	5.4 ± 0.7	1.1 ± 0.3*	7.34 ± 0.02*
Venous	57.8 ± 4.7*	45.6 ± 13.0*	46.0 ± 3.7*	15.0 ± 1.2*	5.1 ± 0.6	1.2 ± 0.4*	7.32 ± 0.02*

\*Significant difference from baseline.

Temps passé en apnée

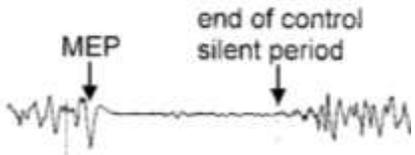
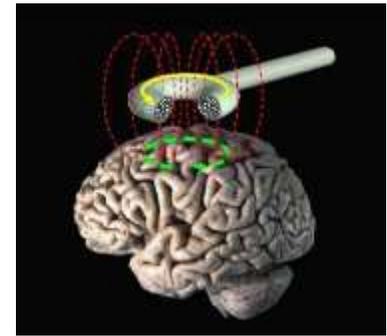
Bain et al. 2015

# Cerveau et hypoxie/hypercapnie

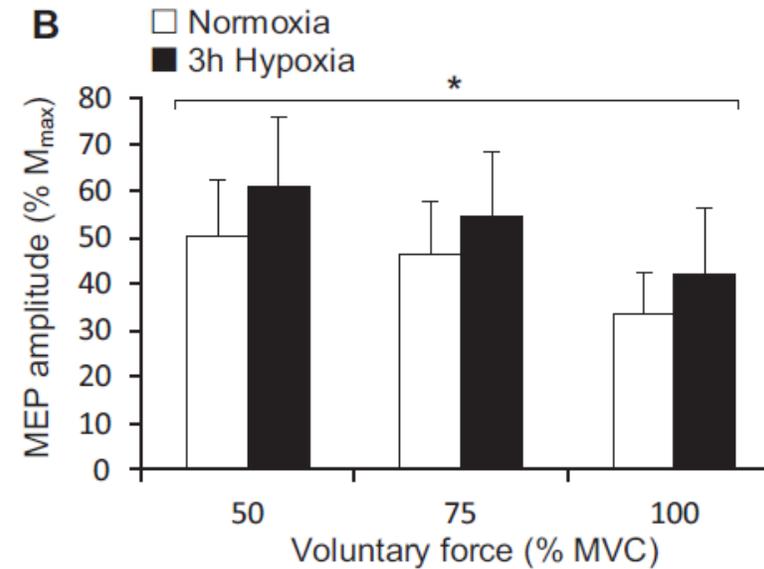
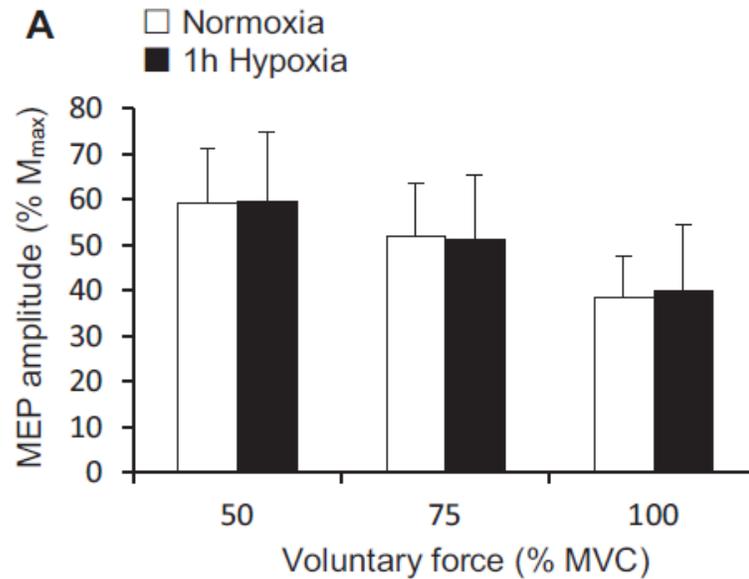


Verges et al. 2012

# Excitabilité corticale et hypoxie



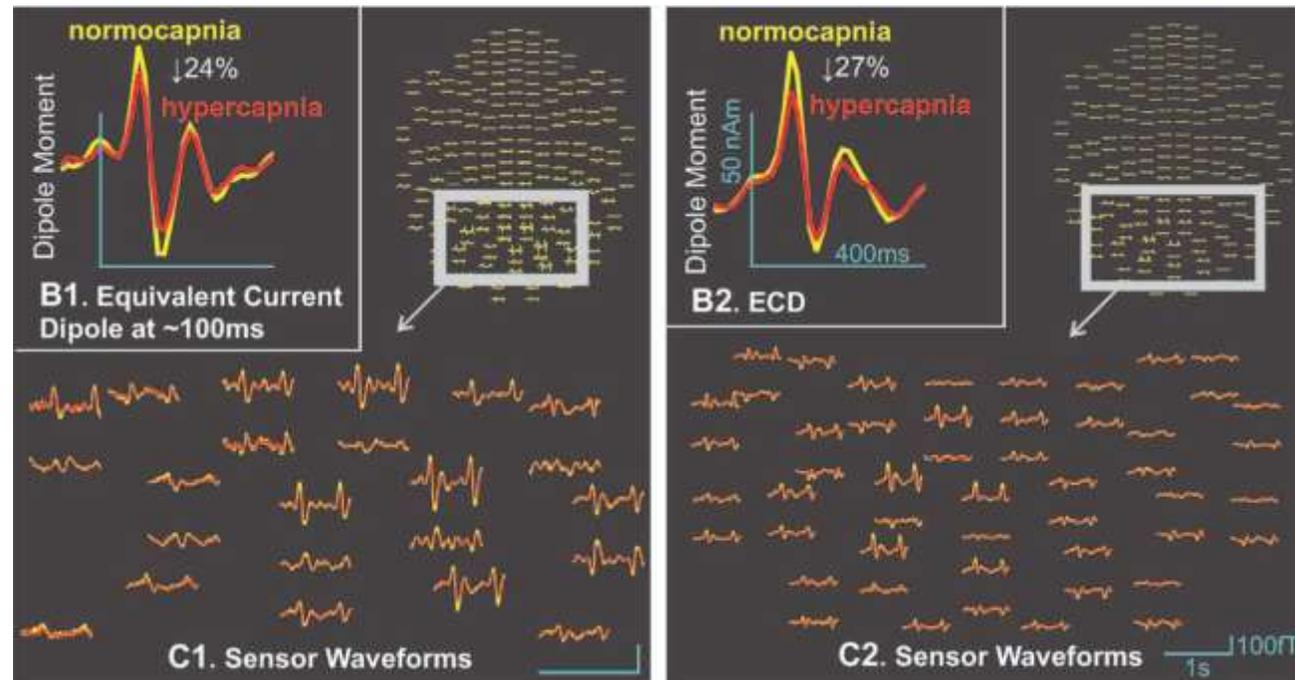
## Time-dependent effect of hypoxia ( $FiO_2=12\%$ ) on corticospinal excitability in healthy subjects



Rupp et al. 2012

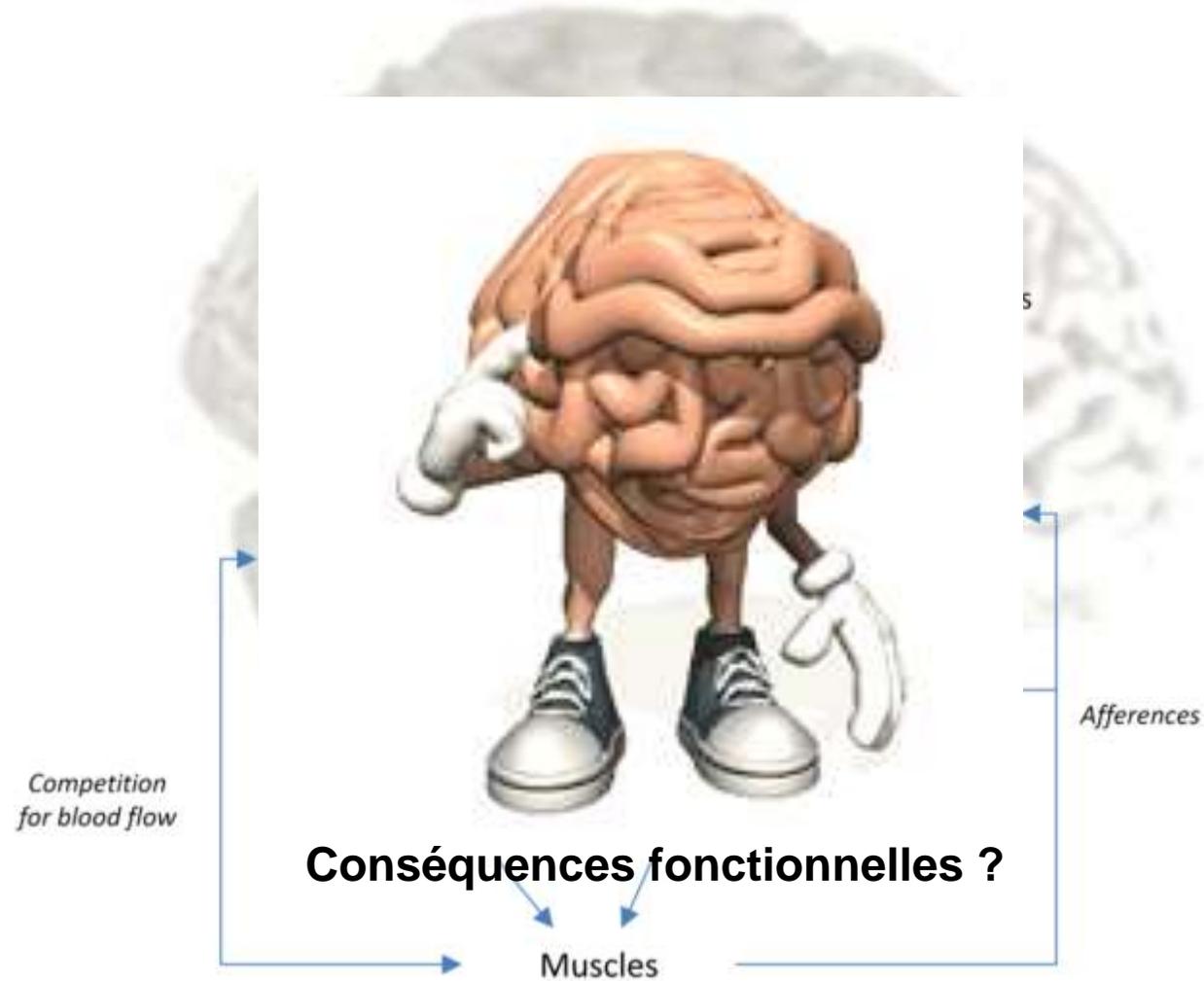
# Activité corticale et hypercapnie

Réponse magnétoencéphalographique à une stimulation visuelle en normocapnie et hypercapnie (+8 mmHg) chez le sujet sain



Thesen et al. 2012

# Cerveau et hypoxie/hypercapnie



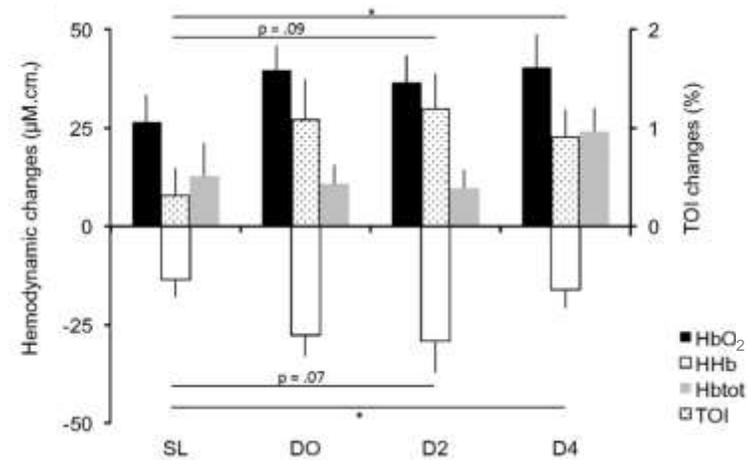
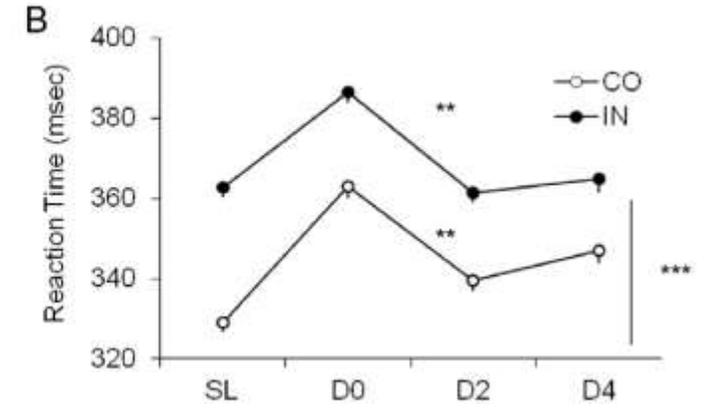
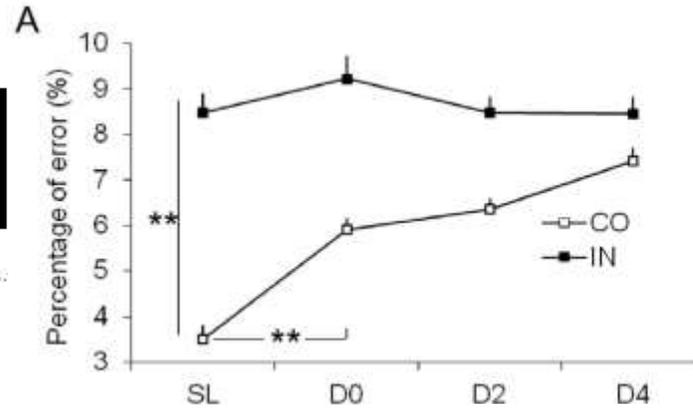
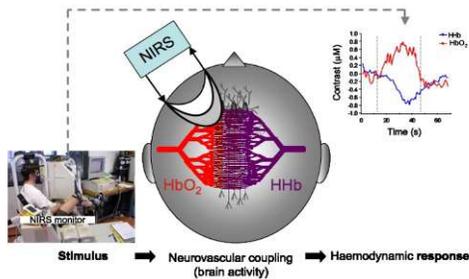
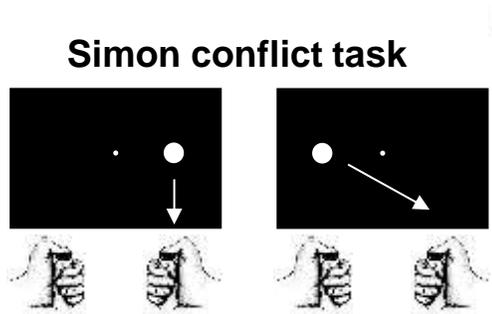
Verges et al. 2012

# Performances cognitives et hypoxie



**Observatoire VALLOT  
(Mont-Blanc)  
4350 m**

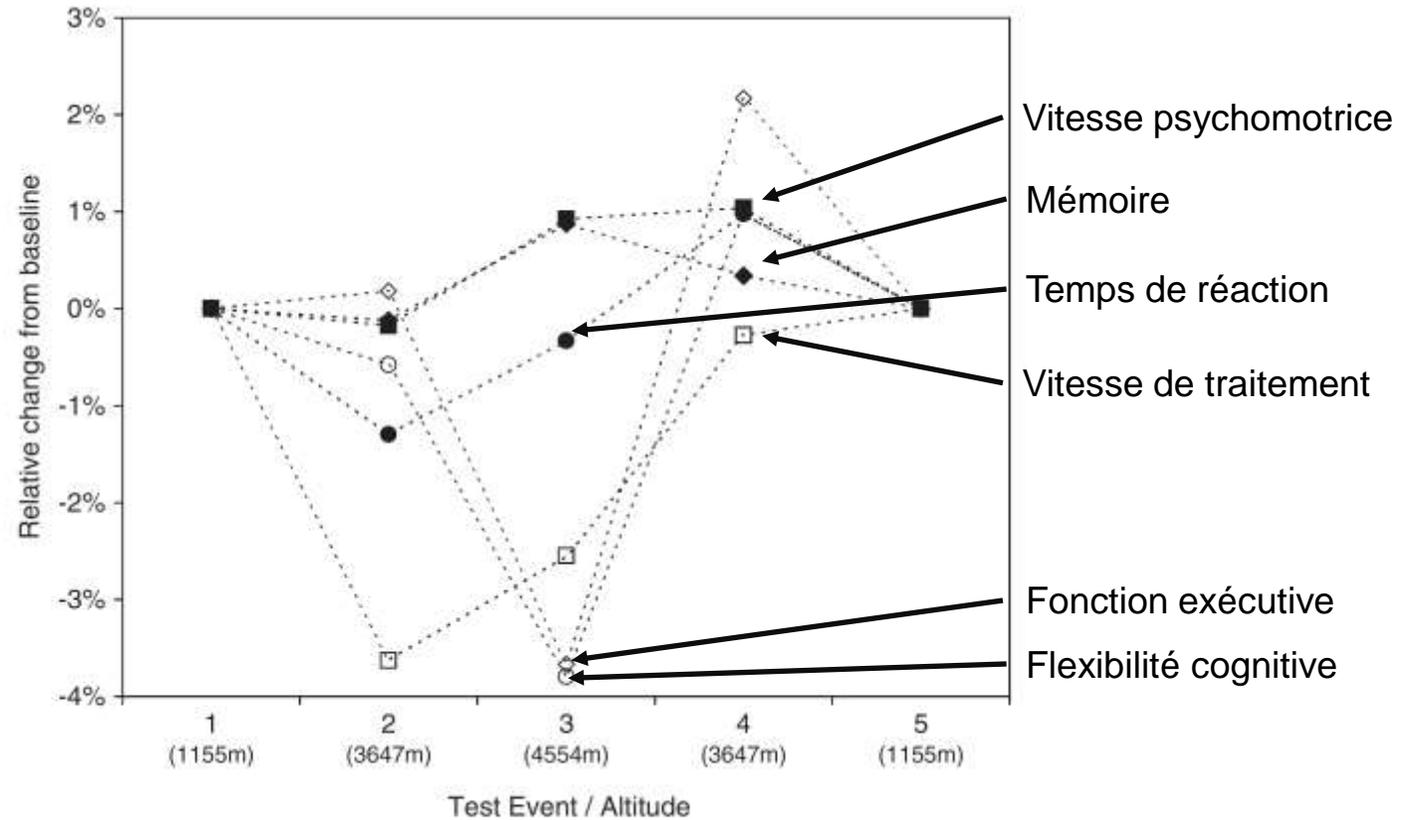
## Cognitive control and pre-frontal hemodynamic correlates during 4 days at 4350 m



Davranche et al. 2016

# Performances cognitives et hypoxie

## Fonction cognitive et barrière hématoencéphalique à 4554 m



=> Corrélation entre symptômes et S100B (marqueur de dommage hématoencéphalique)

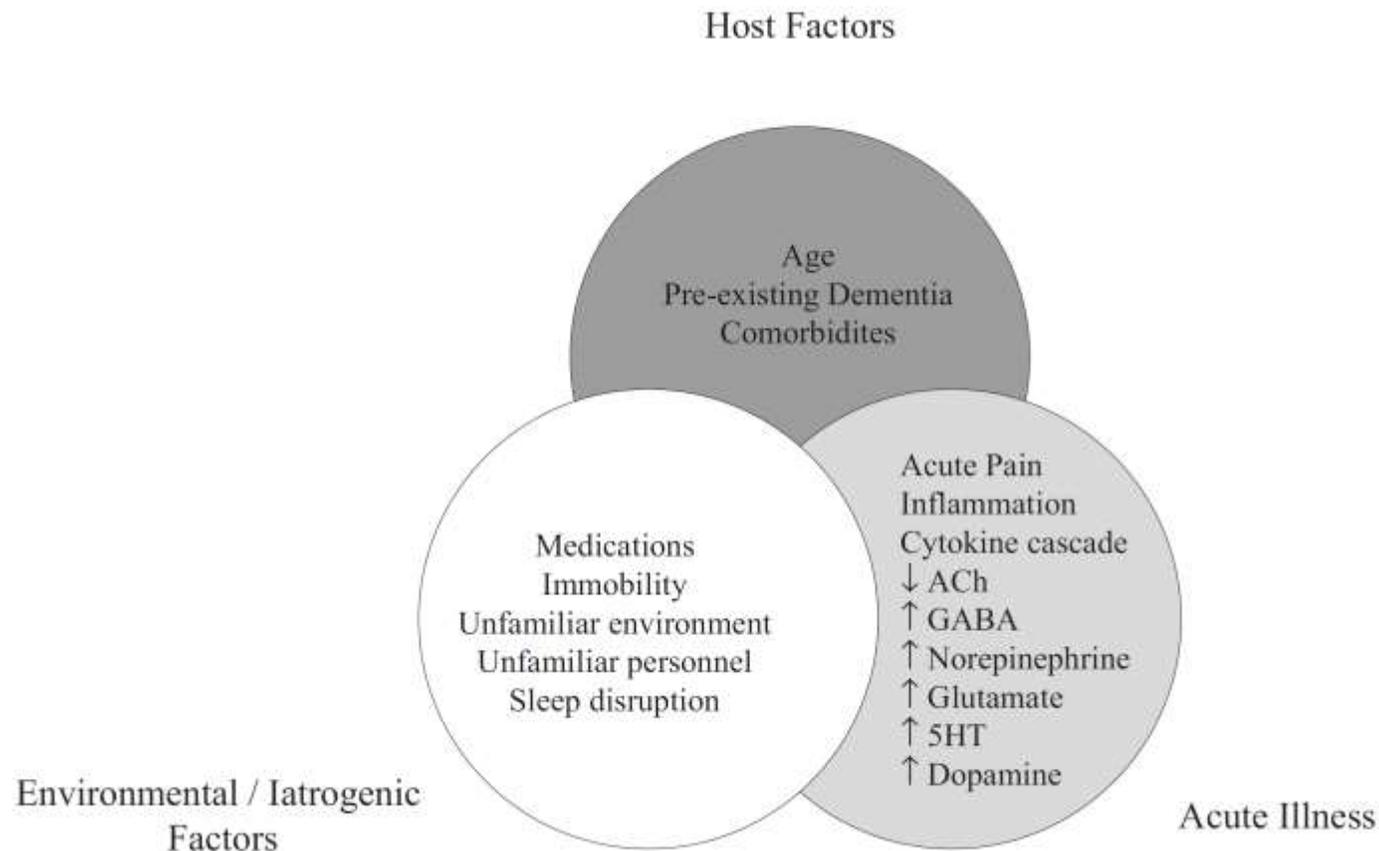
Bjurtens et al. 2009

# Hypoxie, hypercapnie et cognition en conditions aiguës

Syndrome de détresse respiratoire  
Exacerbations de BPCO  
Accident/Chirurgie cardiaques  
Choc septique

...

## Hypoxie, hypercapnie et autres facteurs contributeurs:



Meyer et al. 2006

# *Take home message*

**L'hypoxie et l'hypercapnie sont associées en aigue à des modifications cérébrales perfusionnelles, métaboliques et à une altération de l'activité neuronale.**

**Ces modifications cérébrales contribuent à certaines altérations des fonctions cognitives.**

**Chez le patient en phase aigue, des facteurs additionnelles sont à considérer pour prendre en compte l'aspect multidimensionnel des troubles cognitifs.**

**Un certain nombre de mécanismes physiologiques de protection existent pour préserver le métabolisme et l'intégrité cérébrale dans ces conditions. Certains niveaux d'hypoxie/hypercapnie peuvent s'avérer nécessaires/utiles en soins intensifs.**

**Impact à plus long terme de ces altérations cérébrales en aigue ?**

*Merci pour votre attention*

**Grenoble**

