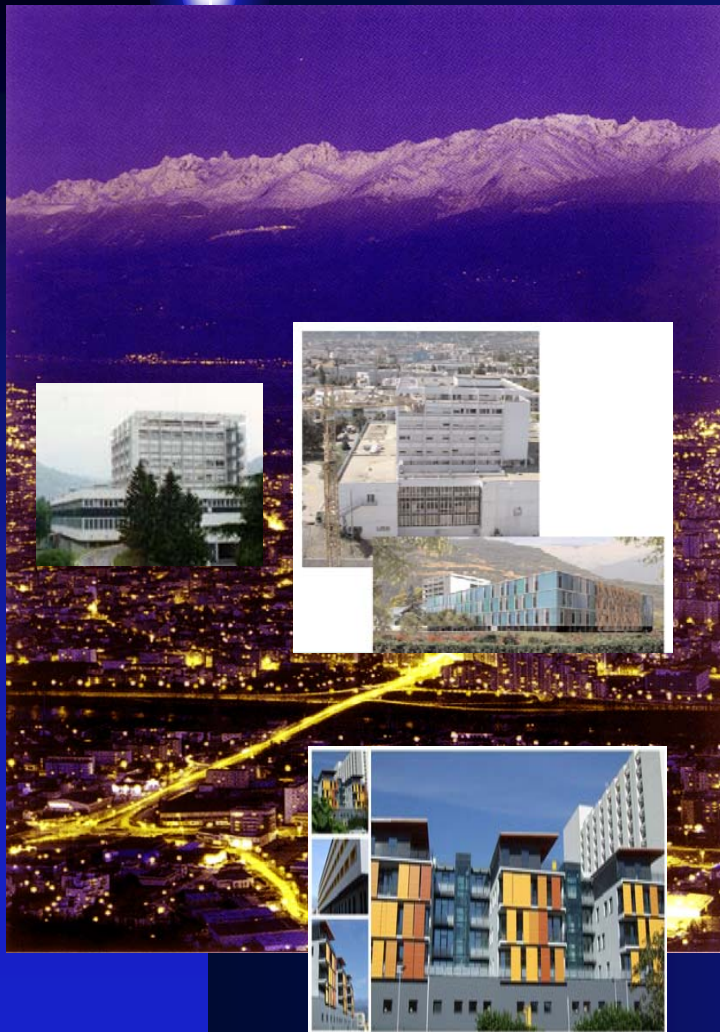




PROJET de CENTRE D'EXPERTISE SUR L'ALTITUDE

RHONE-ALPES

Plateformes physiologiques



- **Pôle Rééducation & Physiologie (Pr Patrick Lévy)**

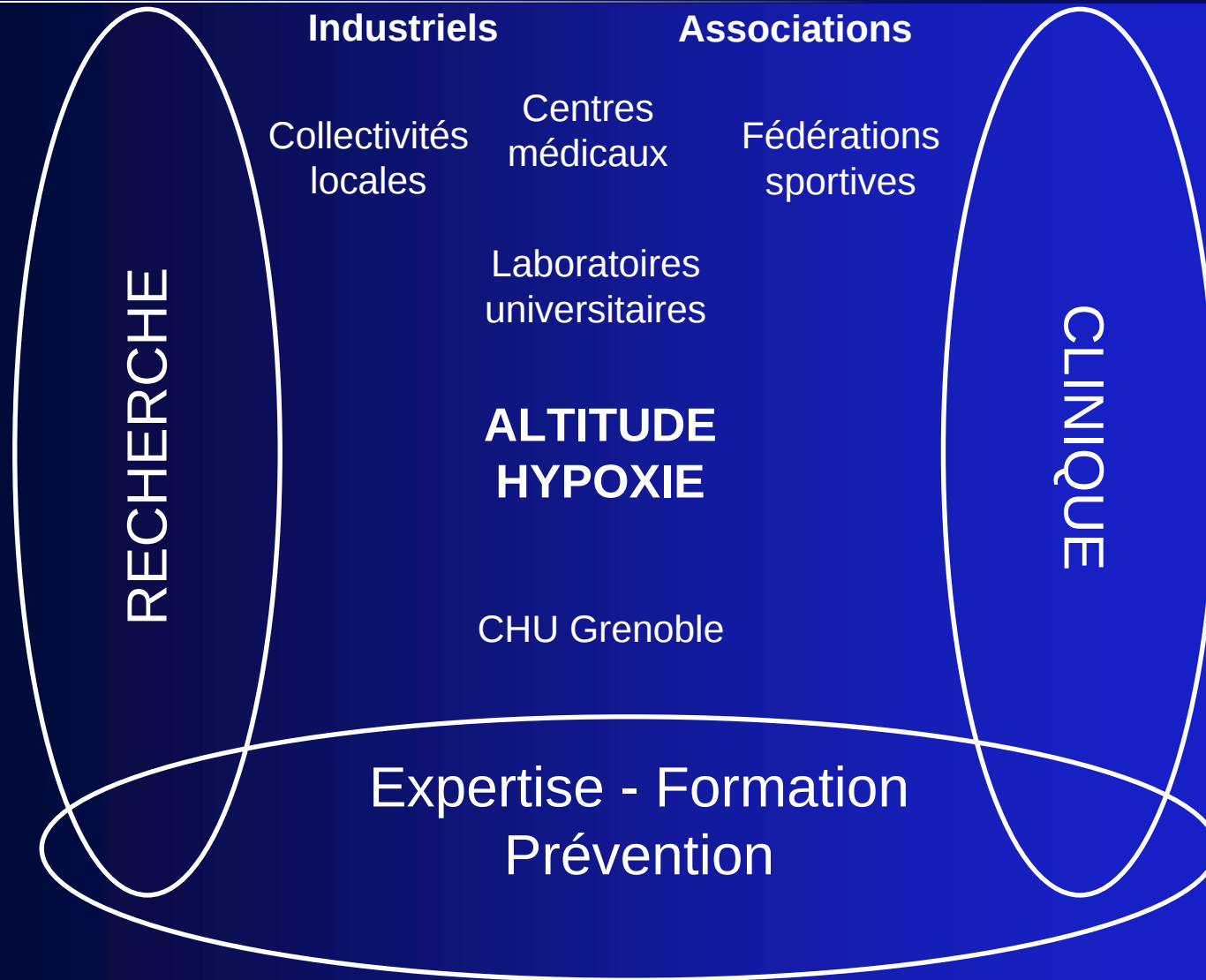
- Sports & Montagne,
- Recherche exercice & Réhabilitation
- Laboratoire du sommeil.

- **Pôle Locomoteur, Radiologie, & Institut de Rééducation.**

- **IFR « RMN biomédicale & Neurosciences ».**

- **Plateforme RMN du CHU**

Altitude : croisement des préoccupations



Clinique

Consultations 'Montagne'



Paris
Poissy
Caen
Strasbourg
Rennes
Nantes
Clermont Ferrand
Saint Etienne
Lyon
Grenoble
Chamonix
Briançon
Montpellier
Marseille
Toulouse

Plateaux techniques de médecine du sport réalisant une consultation montagne

- 15 PTMS en France:
 - 1 centre de référence à Paris: 300 Cs /an
 - 6 centres: 50 à 100 Cs /an soit 1 à 2 demi journées de Cs/semaine.
 - Les autres < 30/an
 - + 4 centres en cours de réalisation...
 - ⇒ Augmentation du nombre de centres
 - ⇒ Mais stabilité du nombre de Cs par centre
 - ⇒ Augmentation des demandes de conseils tel/mail...
- Limitrophes, 2 en Suisse, 2 en Italie, 1 en Belgique et 1 en Espagne sur les 10 centres existant en Europe

Consultations Montagne en Europe



Glasgow
Copenhague
Bruxelles
Heidelberg
Kaprun
Lausanne
Genève
Ferrara
Aoste
Barcelone

Type de populations concernées

- **Trekkers** (âge 55-65 ans) bonne forme physique.
- **Voyages** : exposition à des altitudes élevées sans effort particulier (avion, train, téléphérique, 4X4...) mais contexte pathologique.
- **Professionnels** de la montagne,
- **Alpinistes**, Expéditions,
- Demande médecine du travail...

Contenu de la consultation montagne

- Auto-questionnaire altitude
- Fiche spécifique de consultation
- Examen clinique orienté.
- Epreuve d'effort triangulaire : mesure VO₂ max
- Test en hypoxie

Consultation de Montagne

Résultats

- Conseils oraux et écrits,
- Avec prescriptions éventuelles,
- Adaptation du projet initial,
- Carnet de surveillance (altitude, durée et intensité effort, dénivelé, symptômes...) avec Cs au retour du projet.
- Jamais de certificat de non contre indication...
- Les demandes de pré acclimatation (avec par ex Altitrainer) sont rares et coûteuses... peu souvent réalisées...

Recherche clinique

A decorative graphic consisting of a blue sphere with a white highlight, positioned to the left of a vertical white line that extends from the top of the slide down to the bottom.

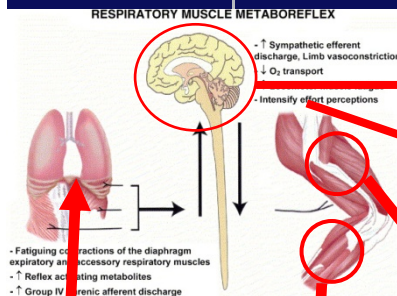
**Une diversification
des compétences...**

Plateforme Exposition altitude simulée

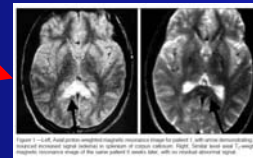
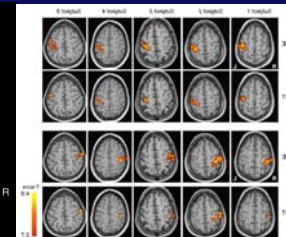
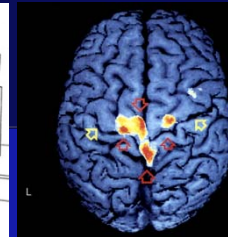
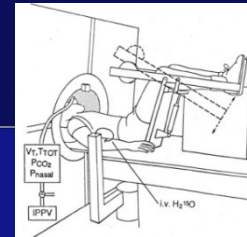
- Dispositifs altitude simulés (tests & entraînement)
- Méthodes *'isocapniques'*
- Altitude simulée au cours du sommeil



Plateforme Recherche.



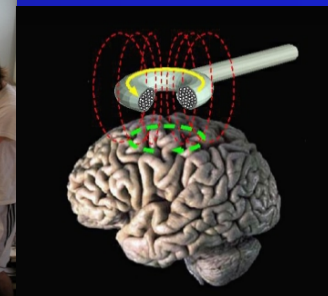
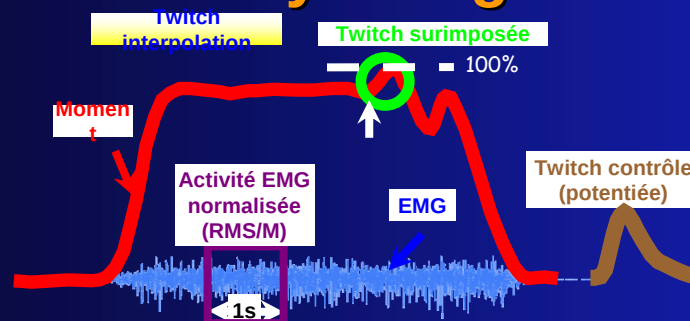
**IRM_f &
Vasoréactivité CO₂**



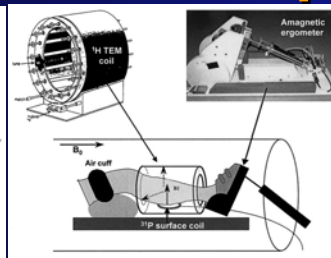
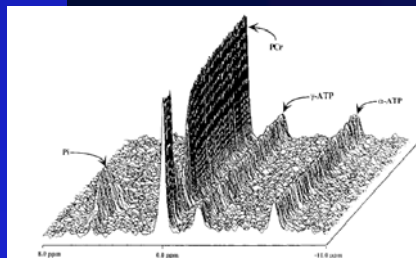
**Imagerie : Œdème
lésions**

**Hypoxie
CO₂**

Physiologie : exploration Neuro-Musculaire



CHU Sud : Métabolisme par RMN muscle



CENTRE D'EXPERTISE SUR L'ALTITUDE

Recherche clinique



Etude 'ALT'

Approche physiopathologique
De sujets intolérants à l'altitude

Etude ALT

- Tous publics
- Intolérance : MAM sévère, OPHA, OCHA.
- Etude **cas** (index) / **témoin** (apparié âge, condition physique, exposition).
- Effet aigu (pas d'acclimatation).

Oxygénation

Limitation Diffusion

$P_{A-a}O_2$: repos + effort,
 V_c : DLCO/NO, ...

Shunt D-G (FOP)

Circulation Pulmonaire & Cœur

VasoC hypoxique
Capacité recrutement
NO expiré

Contrôle Ventilation

Réponse V_E hypoxique

repos pHVR, iHVR, HVD

Test en Hypoxie

Richallet

SAS : Nuit Nx vs. Nuit Hyx

Niveau de SpO2 moyen
Oscillations

Altitude : Plateforme Exploration Exercice & Sommeil

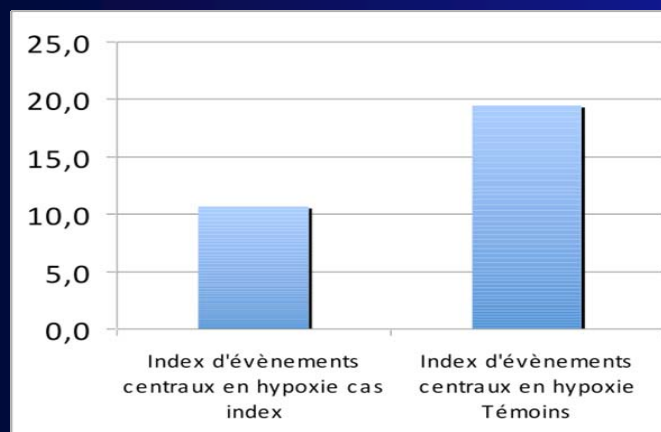
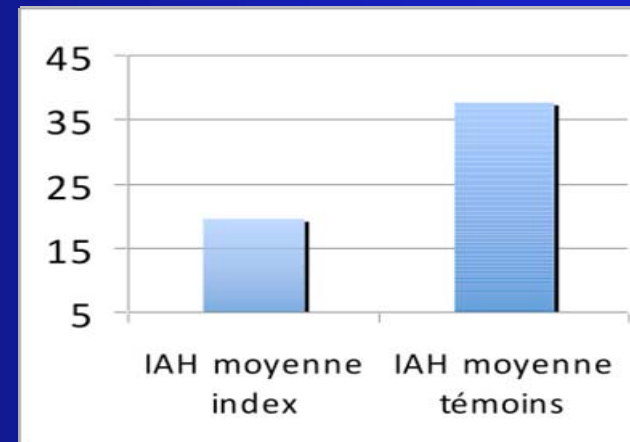
- Condition physique , tests en hypoxie
- **Echanges gazeux** (non invasifs) repos & effort
- **Contrôle de la ventilation** : pHVR, iHVR, HVD, ré-inspiration : Interaction Hypoxie et hypocapnie.
- **Circ. pulmonaire** (PAPs Nx vs. Hyx vs. Exercice) & Cardiologie (**FOP**)
- **Sommeil en altitude**: Respiration périodique, SAS central, SOAS obstructif, Seuil apnée.
- **Biologie**

Plateforme Exposition altitude simulée

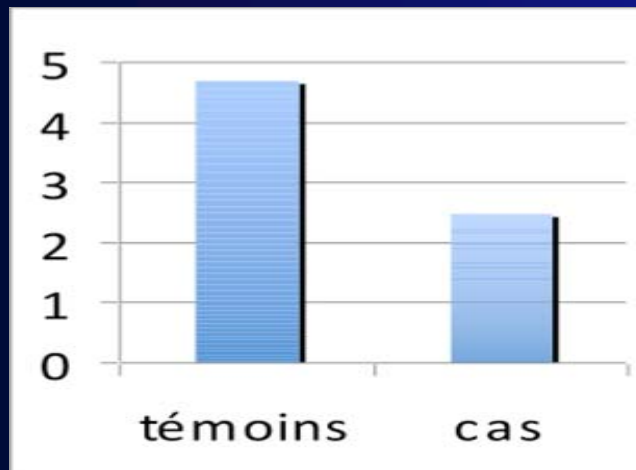
- Dispositifs altitude simulés (tests et entraînement)
- Méthodes 'isocapniques'
- Altitude simulée au cours du sommeil



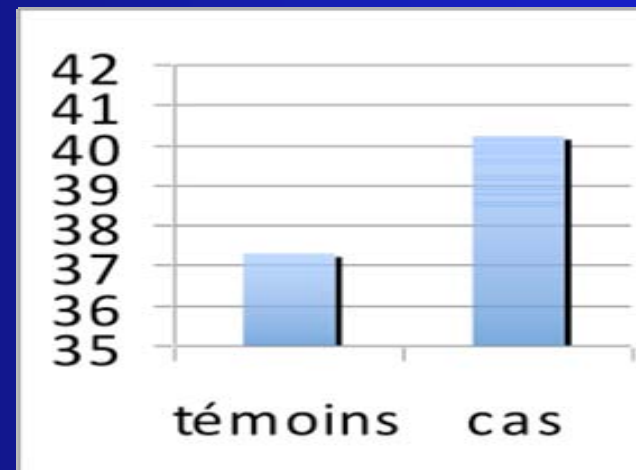
Sommeil & tolérance altitude : respiration périodique (SASc)



Sommeil & tolérance altitude : chémo-contrôle CO_2



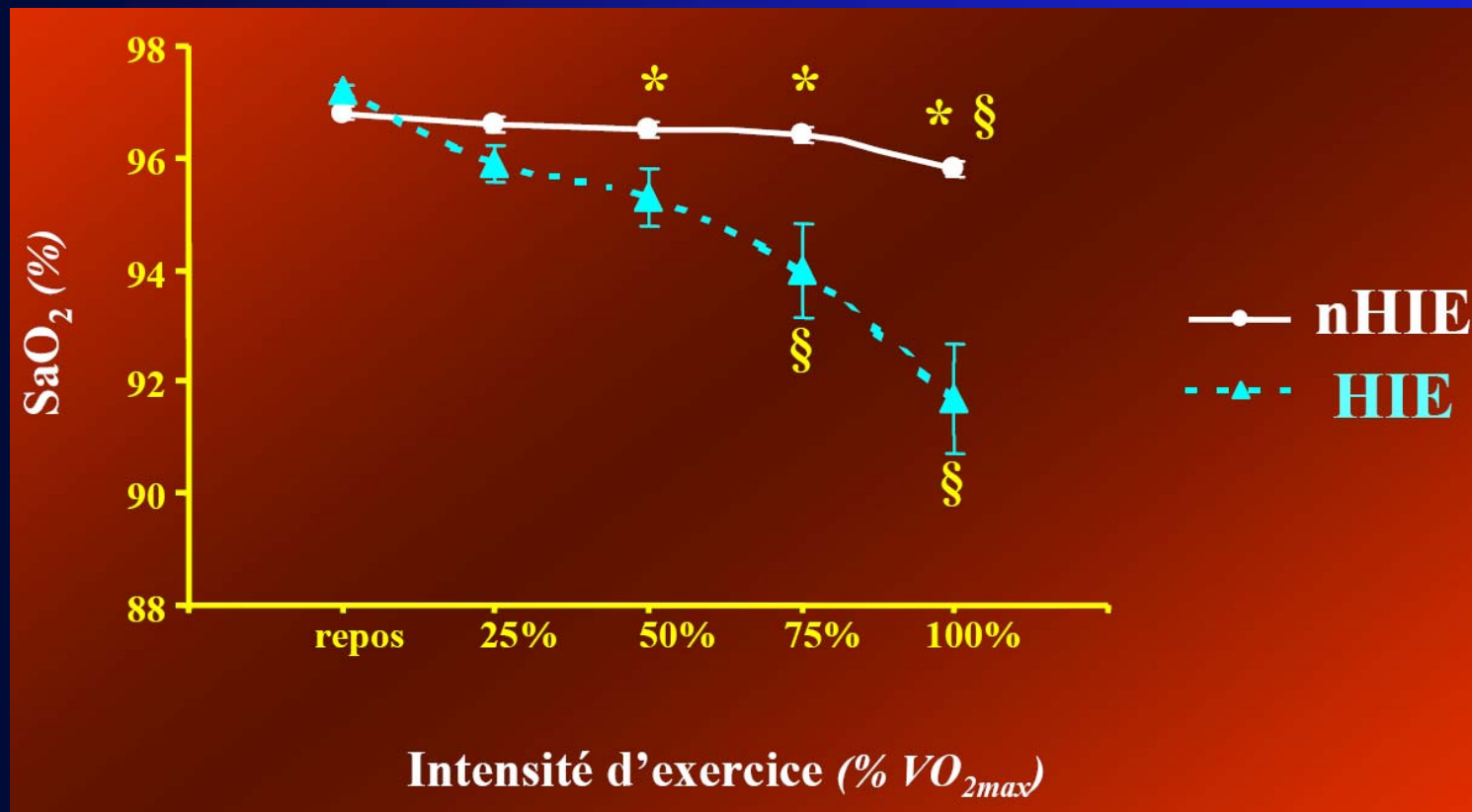
Chemosensibilité au CO_2



$P_{\text{ET}}\text{CO}_2$ spontanée

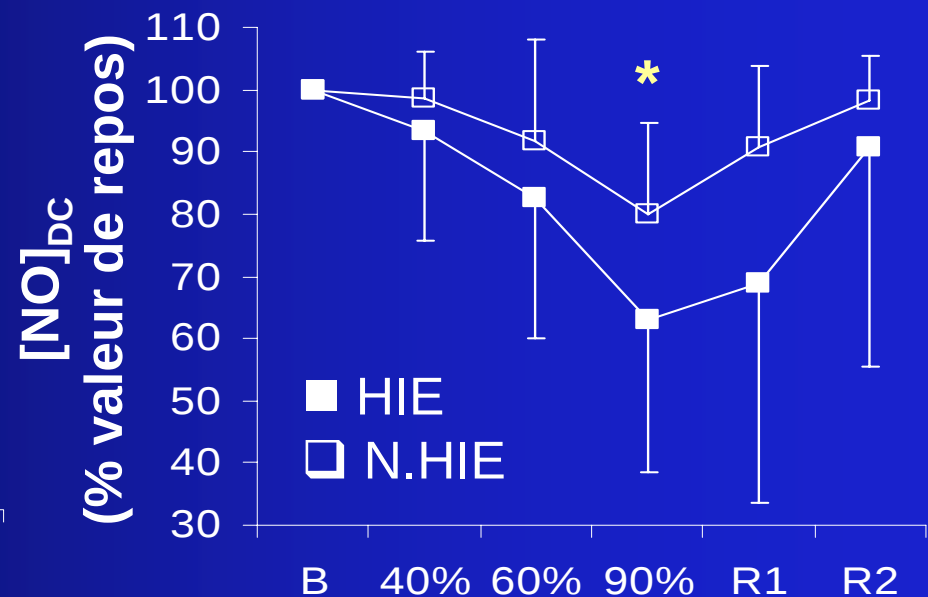
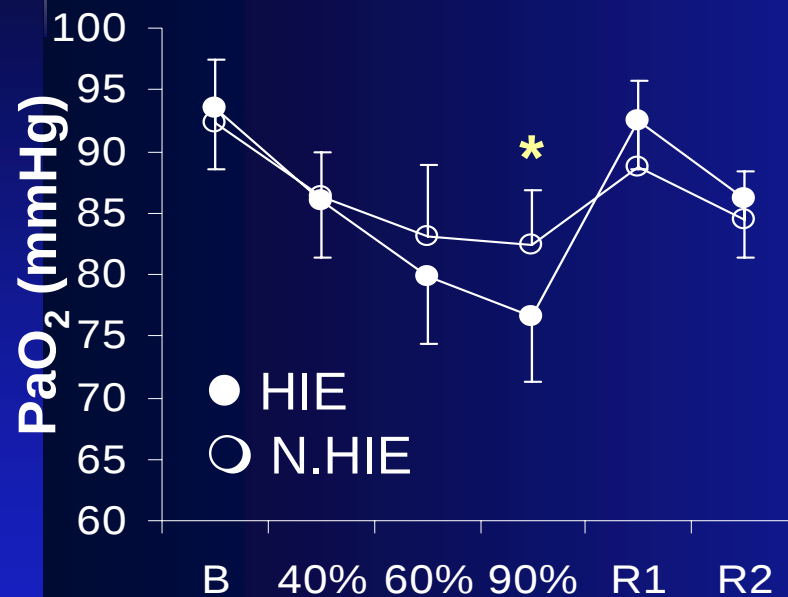
RECHERCHE: SYSTÈME RESPIRATOIRE ET HYPOXIE

Hypoxémie induite à l'exercice (HIE) de l'athlète



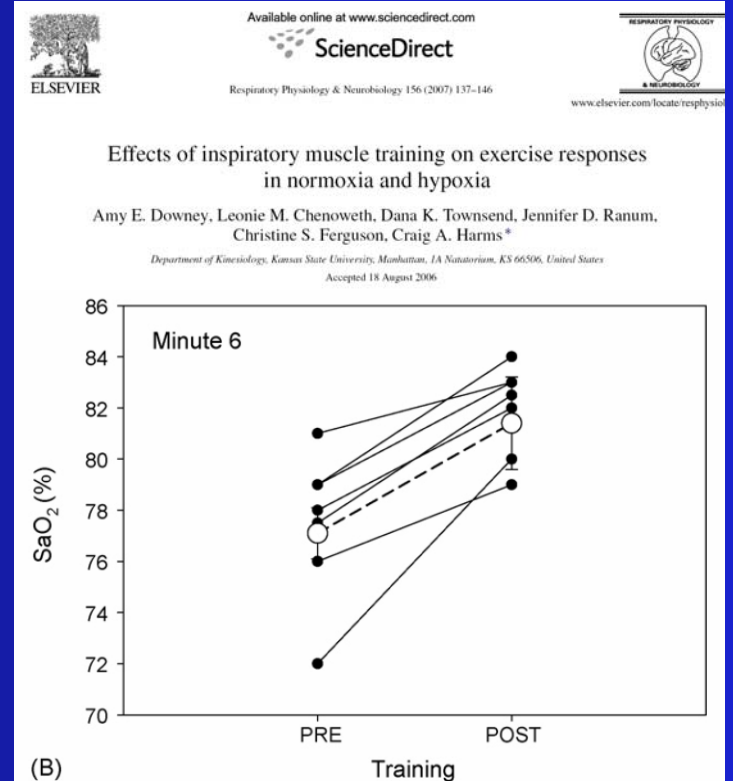
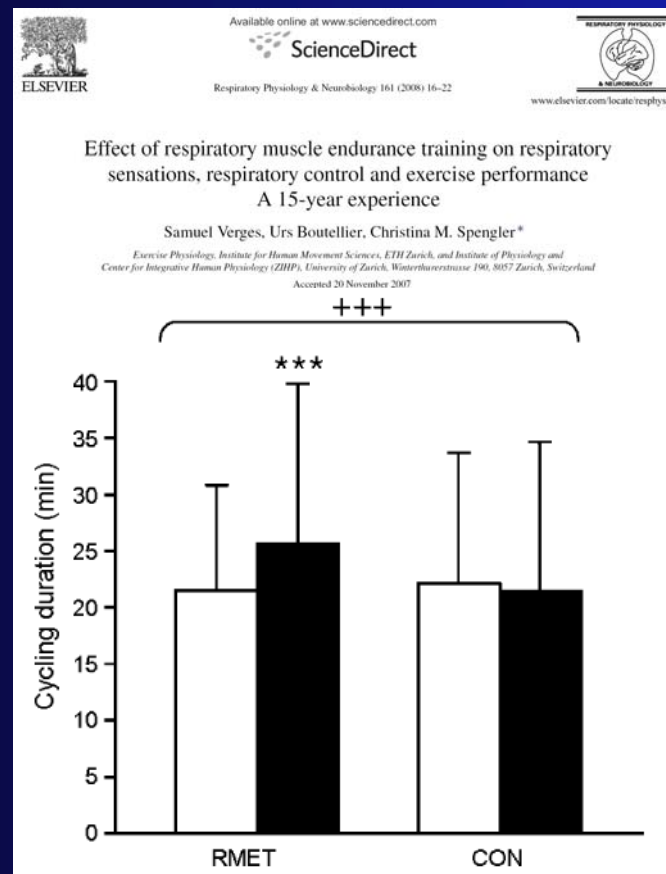
RECHERCHE: SYSTÈME RESPIRATOIRE ET HYPOXIE

Hypoxémie induite à l'exercice
et oxyde d'azote pulmonaire

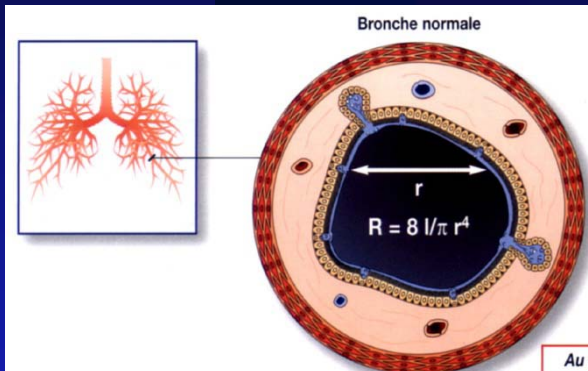


RECHERCHE: SYSTÈME RESPIRATOIRE ET HYPOXIE

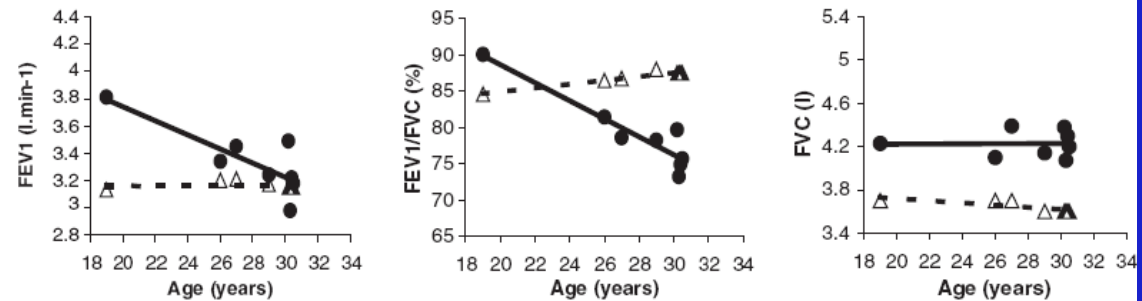
Entraînement des muscles respiratoires



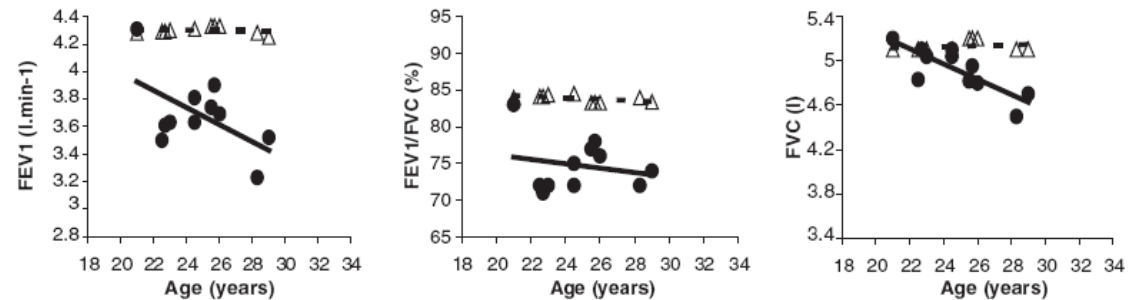
Systeme Respiratoire & hyperventilation



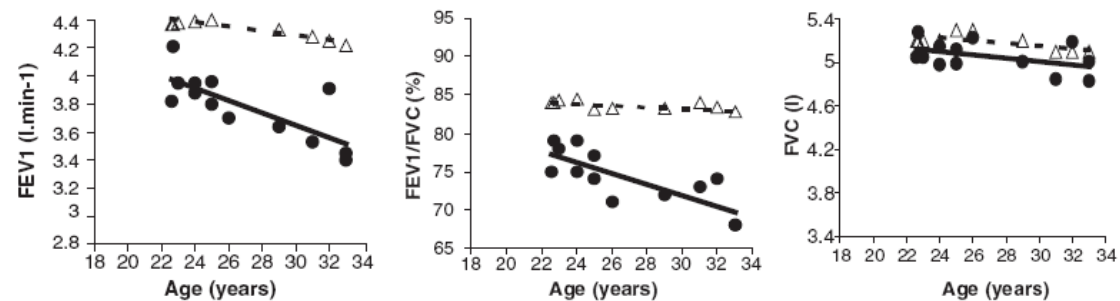
(a) Subject 1



(b) Subject 2



(c) Subject 3



Développement Plateformes physiologiques



- Rééducation & Physiologie

- Sports, Montagne, Réhabilitation

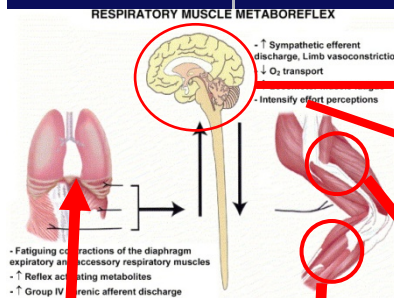
(CHU Sud avec Pôle Locomoteur)

- Labo du sommeil (Hôpital A Michallon)

- IFR « RMN biomédicale & Neurosciences »

Plateforme RMN du CHU

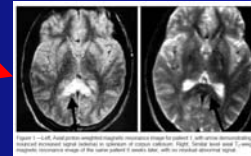
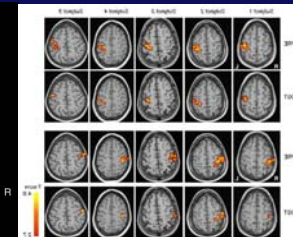
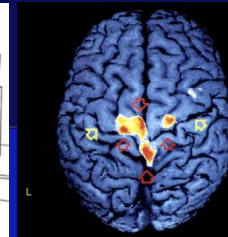
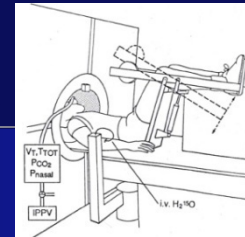
Plateforme Recherche.



IRMf

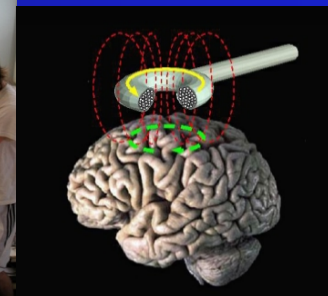
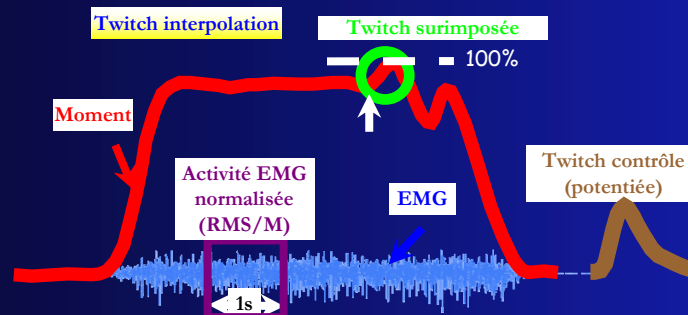
Vasoréactivité au CO₂

Imagerie : Œdème lésions

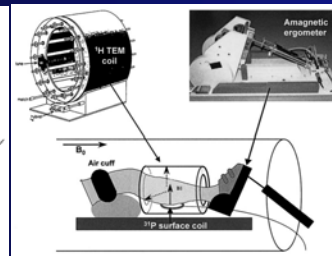
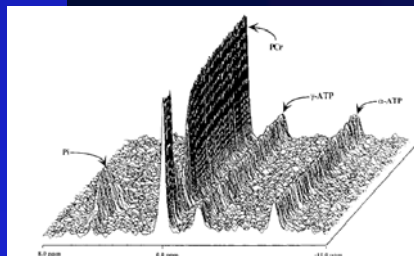


*Délivrance
Hypoxie
CO₂*

Physiologie exploration neuro-Musculaire



CHU Sud : Métabolisme par RMN muscle





Projet 'CERVOX'

Le cerveau à l'exercice:
effets de l'hypoxie

Projet 'CERVOX'

- La limitation de la performance en altitude est classiquement expliquée par des mécanismes d'origine métabolique.
- Certaines preuves d'une altération de la réponse cérébrale à l'exercice en conditions hypoxiques
- Evaluation de la réponse cérébrale à l'effort e conditions hypoxiques:
 - IRMf
 - Stimulation magnétique transcraniale
 - Oxygénation cérébrale: NIRS
 - EMG

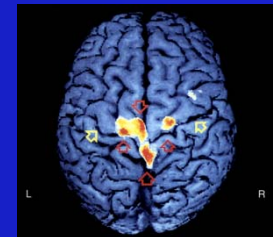
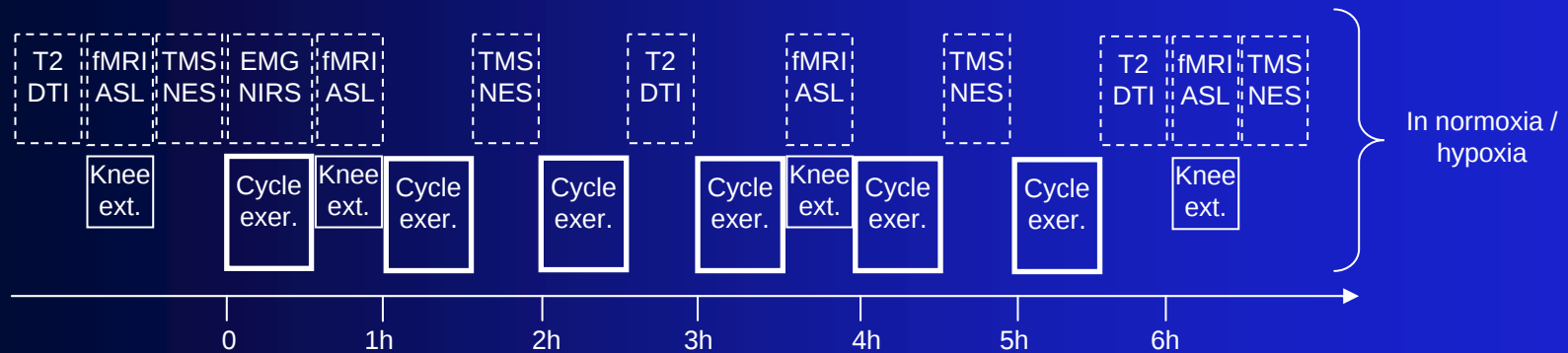
Projet 'CERVOX'

Partie 1: Exercice, hypoxie et fatigue centrale



In normoxia /
poikilocapnic hypoxia /
isocapnic hypoxia

Partie 2: Exercice, hypoxie et sub-oedeme cérébral:



Limites de tolérance altitude

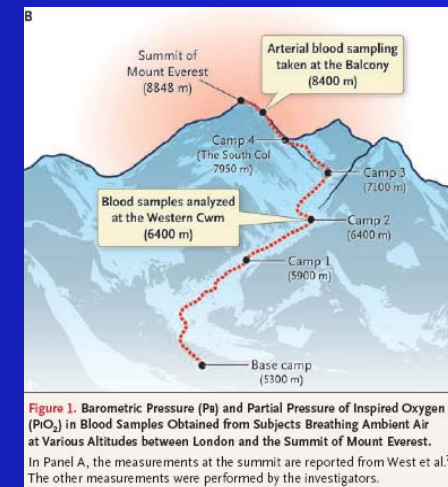
- **Caudwell Extreme Everest 2008** Limites de la Physiologie humaine...
- NEJM, **2009**.



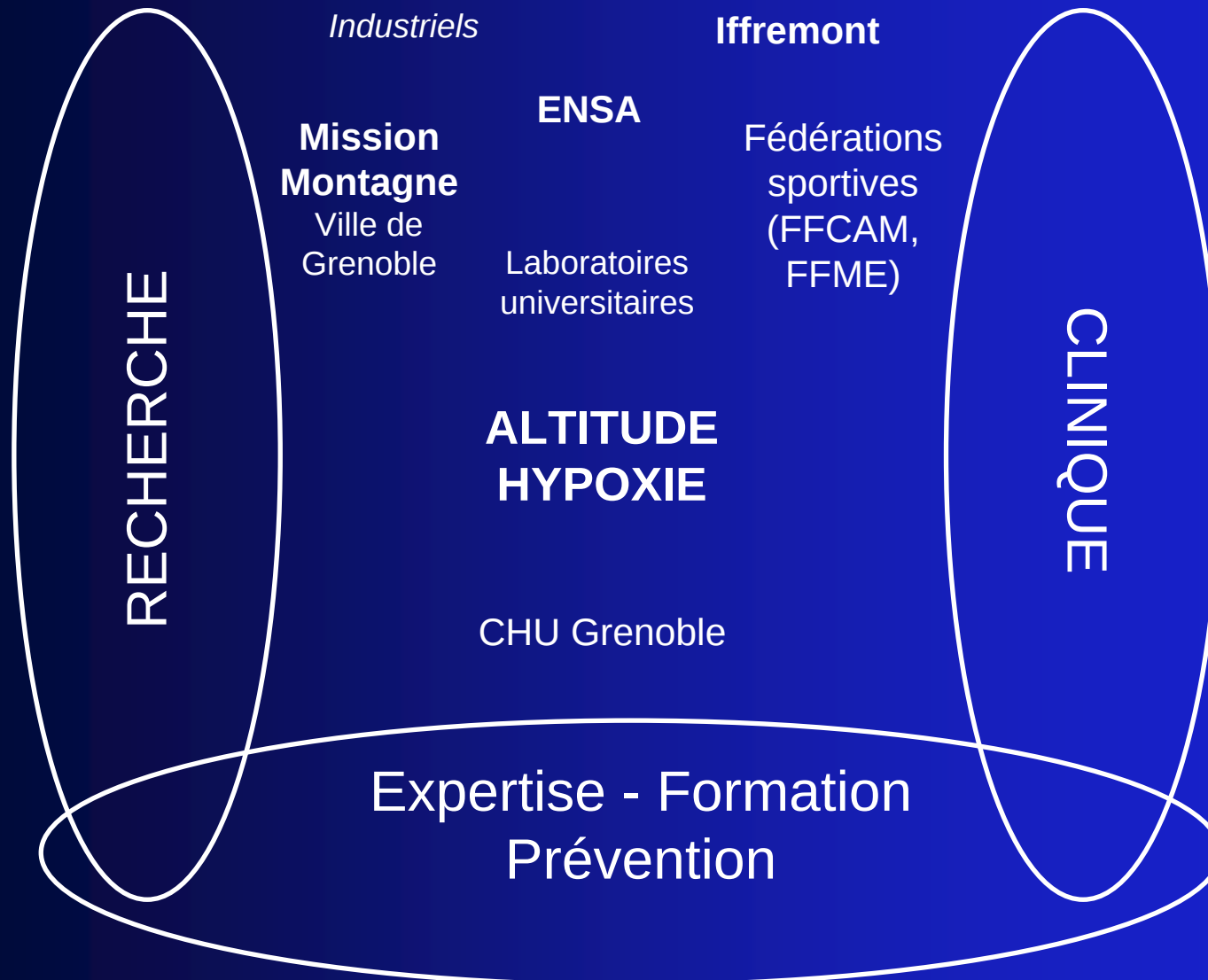
Table 2. Arterial Blood Gas Measurements and Calculated Values for Pulmonary Gas Exchange from Four Subjects at an Altitude of 8400 m, during Descent from the Summit of Mount Everest.*

Variable	Subject No.				Group Mean
	1	2	3	4	
pH	7.55	7.45	7.52	7.60	7.53
PaO ₂ (mm Hg)†	29.5	19.1	21.0	28.7	24.6
PaCO ₂ (mm Hg)†	12.3	15.7	15.0	10.3	13.3

impressionné ?



Centre d'Expertise sur l'altitude (EXALT)



PNomdefamille@chu-grenoble.fr

Mr Samuel VERGES, CR INSERM,

Pr Patrick Lévy, PU-PH, Laboratoire de Physiologie.

Dr Anne FAVRE-JUVIN, UM Médecine du Sport-Montagne

Dr Bruno TOLLENAËRE,

Dr Bernard WUYAM, Recherche exercice & Réhabilitation

Pr François ESTEVE, PU-PH de Biophysique

Dr Carole SAUNIER, Pôle Cardiologie

Dr Judith REMY, Réanimation Médicale.