

## LE PROJET HIPPOXIA

Alors que l'hypoxie accidentelle a des effets néfastes sur le système nerveux, les performances des plongeurs en apnée suggèrent que le cerveau dispose de mécanismes d'adaptation à un faible apport en oxygène. Les sports d'apnée constituent ainsi un modèle naturel pour étudier les mécanismes neuronaux d'adaptation à une exposition hypoxique répétée volontaire au cours d'une saison sportive, avec un entraînement régulier.

L'objectif du projet HippoXia\* qui se déroule à NeuroSpin-CEA-Saclay est de découvrir, au moyen de la neuroimagerie de pointe (IRM) et de mesures physiologiques, les biomarqueurs de l'adaptabilité du cerveau en apnée.

A ce jour, 10 apnéistes suivis pendant la saison sportive 2022-2023 participent à l'étude et sont comparés à des témoins sportifs non apnéistes. HippoXia prévoit le recrutement de 25 apnéistes au total, sur 3 ans.

A plus long terme, HippoXia ouvrira la voie à des stratégies thérapeutiques pour des affections neurologiques qui endommagent le cerveau, comme l'hypoxie néonatale.

\*HippoXia - Directeur scientifique : Marion Noulhiane PhD-HDR Neurosciences NeuroSpin-CEA, Doctorant(e)s : Julia Micaux (Neurosciences, Paris Cité) & Jérémie Allinger (STAPS, Rouen), Partenaire : Frédéric Lemaître, PhD-HDR Physiologie, Université de Rouen.



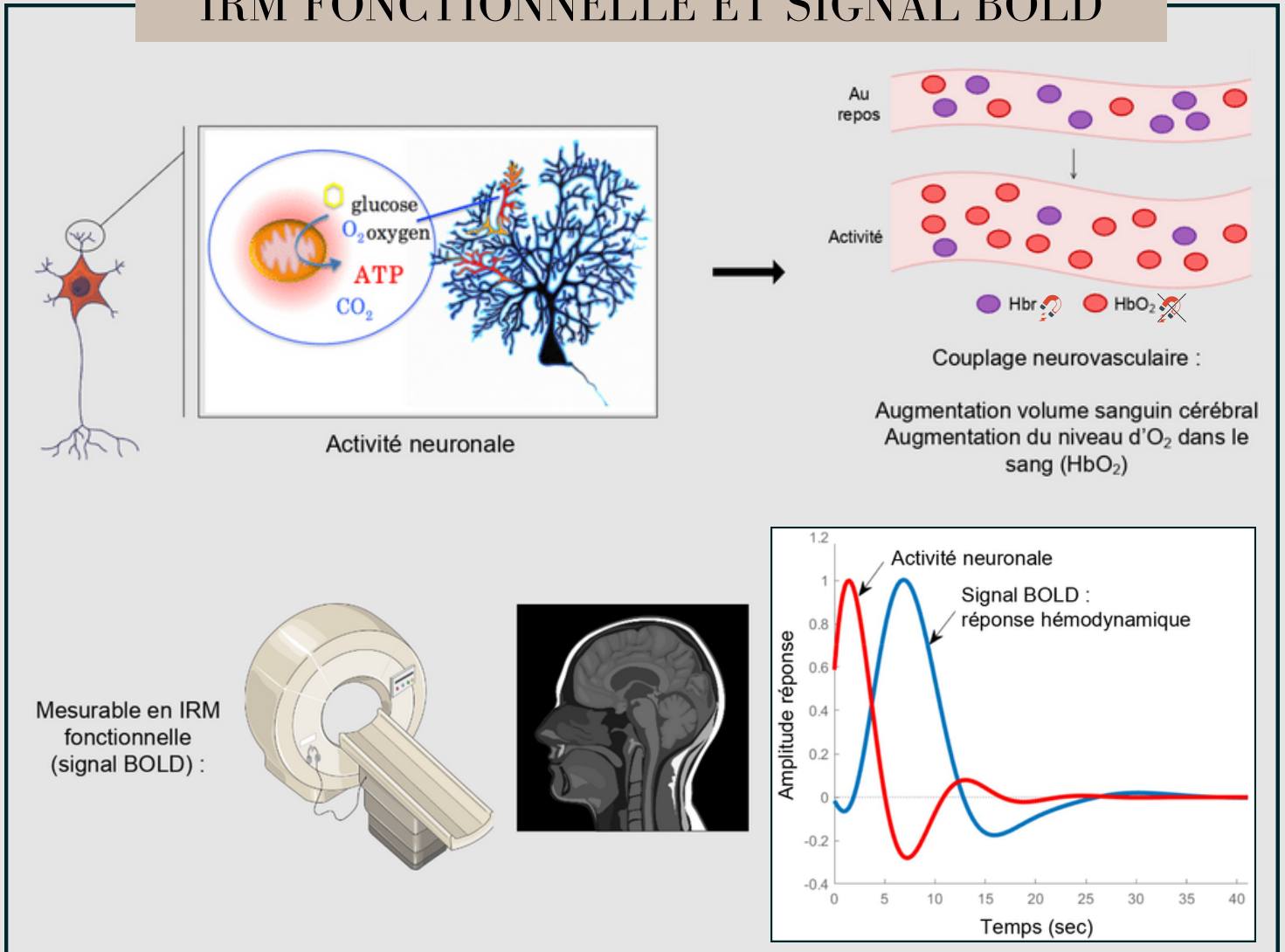
## APNÉE D'UN POINT DE VUE BIOLOGIQUE

Chez l'humain, la plongée en apnée déclenche un mécanisme d'adaptation complexe appelé "**réflexe d'immersion**". Il est le résultat de changements cérébraux (e.g. augmentation du volume sanguin cérébral, de fluctuations locales de la concentration d'hémoglobine - Hb-) et périphériques (e.g. vasoconstriction, bradycardie et baisse du débit cardiaque), dont l'objectif est de continuer à fournir au cerveau l'oxygène dont il a besoin. En neuroimagerie, on enregistre cette réponse dans l'IRM à NeuroSpin, afin d'obtenir une mesure de l'activité du cerveau.

Projet HippoXia (CEA - financement ANR)

Marion Noulhiane (directeur scientifique, PhD-HDR, Neurosciences)  
& Julia Micaux (Doctorante, Neurosciences)

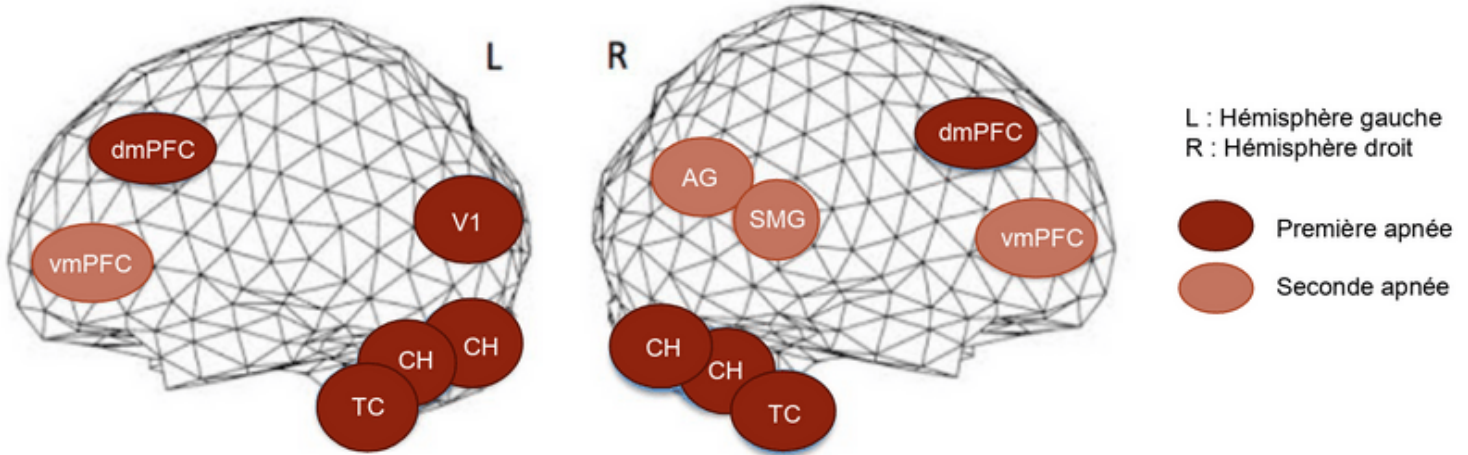
## IRM FONCTIONNELLE ET SIGNAL BOLD



Le signal BOLD (Blood Oxygen Level Dependent - « dépendant du niveau d'oxygène sanguin ») reflète les variations temporaires de la quantité d'oxygène transporté par l'hémoglobine en fonction de l'activité neuronale du cerveau, ce qui nous permet de déterminer quelles sont les régions activées en temps réel. Suite à une augmentation de l'activité neuronale dans une région cérébrale, le volume sanguin augmente pour un meilleur apport d'oxygène (et de glucose) nécessaire au fonctionnement des neurones. Cela se traduit par une augmentation du ratio oxyhémoglobine/désoxyhémoglobine ( $HbO_2/Hbr$ ). Ces deux molécules ayant des propriétés magnétiques différentes, le phénomène est visible à l'IRM grâce au signal BOLD.

Projet HippoXia (CEA - financement ANR)  
 Marion Noulhiane (directeur scientifique, PhD-HDR, Neurosciences)  
 & Julia Micau (Doctorante, Neurosciences)

## ACTIVATION CÉRÉBRALE ET APNÉE



L'étude de Jissendi-Tchofo et al. a permis de mettre en évidence les réseaux neuronaux qui seraient impliqués lors de deux apnées statiques consécutives d'environ 6 minutes :

### Première apnée :

#### Tronc cérébral (TC)

La régulation  
cardiaque et  
respiratoire

#### Cervelet (CH)

Préparation et  
exécution motrice :  
maintien de l'apnée

#### Cortex préfrontal (dmPFC)

Maintien de la  
conscience et prise de  
décision, notamment  
de continuer ou  
d'arrêter l'apnée

#### Cortex visuel primaire (V1)

Images mentales,  
imaginaire du sujet  
pendant l'apnée

### Deuxième apnée :

#### Cortex préfrontal (vmPFC)

Maintien de la  
conscience et prise de  
décision, notamment  
de continuer l'apnée

#### Gyrus angulaire (AG)

Visualisation de la représentation corporelle et de  
l'espace

#### Gyrus supramarginal (SMG)

Pendant l'apnée, les fonctions cérébrales sont maintenues grâce à un réseau complexe impliquant différentes régions du cortex, du cervelet, et du tronc cérébral. Ces régions sont activées en réponse à l'apnée volontaire, afin de préserver le cerveau du manque d'oxygène.

La différence entre la première et la seconde apnée pourrait être due à un effet de conditionnement, avec une adaptation neurovasculaire et neurochimique.

Projet HippoXia (CEA - financement ANR)

Marion Noulhiane (directeur scientifique, PhD-HDR, Neurosciences)  
 & Julia Micaux (Doctorante, Neurosciences)