



**HAL**  
open science

# Prévention des perturbations induites par l'exposition à l'altitude et la restriction de sommeil sur l'alimentation : étude des effets cumulés de l'hypoxie normobare et de la restriction de sommeil sur la prise énergétique et le comportement alimentaire

Paco Clave

## ► To cite this version:

Paco Clave. Prévention des perturbations induites par l'exposition à l'altitude et la restriction de sommeil sur l'alimentation : étude des effets cumulés de l'hypoxie normobare et de la restriction de sommeil sur la prise énergétique et le comportement alimentaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04760199

**HAL Id: dumas-04760199**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04760199v1>**

Submitted on 30 Oct 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Prévention des perturbations induites par l'exposition à l'altitude et la restriction de sommeil sur l'alimentation : Etude des effets cumulés de l'hypoxie normobare et de la restriction de sommeil sur la prise énergétique et le comportement alimentaire.**

## **T H E S E     A R T I C L E**

**Présentée et publiquement soutenue devant**

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES**

**DE MARSEILLE**

**Le 29 Octobre 2024**

**Par Monsieur Paco CLAVÉ**

**Né le 3 janvier 1998 à Mont-De-Marsan (40)**

**Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine**

**D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE**

**Membres du Jury de la Thèse :**

**Monsieur le Professeur GENTILE Gaëtan**

**Président**

**Monsieur le Docteur FABRIES Pierre**

**Co-Directeur**

**Monsieur le Docteur CHARLOT Keyne**

**Co-Directeur**

**Monsieur le Professeur agrégé du Val-de-Grâce  
THEFENNE Laurent**

**Assesseur**

**Monsieur le Docteur MEUSNIER Jean-Guillaume**

**Assesseur**



**Prévention des perturbations induites par l'exposition à l'altitude et la restriction de sommeil sur l'alimentation : Etude des effets cumulés de l'hypoxie normobare et de la restriction de sommeil sur la prise énergétique et le comportement alimentaire.**

## **T H E S E     A R T I C L E**

**Présentée et publiquement soutenue devant**

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES**

**DE MARSEILLE**

**Le 29 Octobre 2024**

**Par Monsieur Paco CLAVÉ**

**Né le 3 janvier 1998 à Mont-De-Marsan (40)**

**Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine**

**D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE**

**Membres du Jury de la Thèse :**

**Monsieur le Professeur GENTILE Gaëtan**

**Président**

**Monsieur le Docteur FABRIES Pierre**

**Co-Directeur**

**Monsieur le Docteur CHARLOT Keyne**

**Co-Directeur**

**Monsieur le Professeur agrégé du Val-de-Grâce  
THEFENNE Laurent**

**Assesseur**

**Monsieur le Docteur MEUSNIER Jean-Guillaume**

**Assesseur**



## FACULTÉ DES SCIENCES MÉDICALES & PARAMÉDICALES

<b>Doyen</b>	:	<b>Pr. Georges LEONETTI</b>
Vice-Doyen aux affaires générales	:	Pr. Patrick DESSI
Vice-Doyen aux professions paramédicales	:	Pr. Philippe BERBIS
Conseiller	:	Pr. Patrick VILLANI

### **Assesseurs :**

➤ aux études	:	Pr. Kathia CHAUMOITRE
➤ à la recherche	:	Pr. Jean-Louis MEGE
➤ à l'unité mixte de formation continue en santé	:	Pr. Justin MICHEL
➤ pour le secteur NORD	:	Pr. Stéphane BERDAH
➤ Groupements Hospitaliers de territoire	:	Pr. Jean-Noël ARGENSON
➤ aux masters	:	Pr. Pascal ADALIAN

### **Chargés de mission :**

➤ sciences humaines et sociales	:	Pr. Pierre LE COZ
➤ relations internationales	:	Pr. Stéphane RANQUE
➤ DU/DIU	:	Pr. Véronique VITTON
➤ DPC	:	Pr. Gabrielle SARLON
➤ Développement DPC	:	Pr. Frédéric CASTINETTI Pr. Thomas GRAILLON

## ÉCOLE DE MEDECINE

<b>Directeur</b>	:	<b>Pr. Jean-Michel VITON</b>
------------------	---	------------------------------

### **Chargés de mission**

▪ PASS - LAS	:	Pr. Régis GUIEU
▪ DFGSM	:	Pr. Anne-Laure PELISSIER
▪ DFASM	:	Pr. Marie-Aleth RICHARD
▪ DFASM	:	Pr. Marc BARTHET
▪ Préparation aux ECN	:	Pr Aurélie DAUMAS
▪ DES spécialités	:	Pr. Patrick DESSI
▪ DES stages hospitaliers	:	Pr. Benjamin BLONDEL
▪ DES MG	:	Pr. Christophe BARTOLI
▪ Démographie médicale	:	Dr. Noémie RESSEGUIER
▪ Etudiant	:	Lily BLANC-PACCHIONI

## ÉCOLE DE MEDECINE DENTAIRE

Directeur : Pr. Bruno FOTI

Directeurs adjoints : Pr. Michel RUQUET  
: Pr. Anne RASKIN

### *Chargés de mission*

- Formation initiale : Pr. Michel RUQUET
- Recherche : Pr. Anne RASKIN
- Formation continue : Pr. Frédéric BUKIET
- Relations internationales : Pr. Hervé TASSERY
- Internat et diplômes d'études spécialisées : Pr. Virginie MONNET-CORTI
- Affaires générales : Dr. Alain TOSELLO

## ÉCOLE DE MAIEUTIQUE

Directrice : Madame Carole ZAKARIAN

### *Chargés de mission*

- 1<sup>er</sup> cycle : Madame Estelle BOISSIER
- 2<sup>ème</sup> cycle : Madame Cécile NINA

## ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION

Directeur : Pr. Laurent BENSOUSSAN

Directrice Adjointe : Pr. Valérie AGHABABIAN

## ÉCOLE DES SCIENCES INFIRMIERES

Directeur : Pr. Sébastien COLSON

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	DEJOU Jacques
	ALBANESE Jacques		DELPERO Jean-Robert
	ALDIGHIERI René		DESSEIN Alain
	ALESSANDRINI Pierre		DELARQUE Alain
	ALLIEZ Bernard		DENIS Danièle
	AMBROSI Pierre		DESSI Patrick
	AQUARON Robert		DEVIN Robert
	ARGEME Maxime		DEVRED Philippe
	ASSADOURIAN Robert		DJIANE Pierre
	AUFFRAY Jean-Pierre		DONNET Vincent
	AUTILLO-TOUATI Amapola		DUCASSOU Jacques
	AZORIN Jean-Michel		DUFOUR Michel
	BAILLE Daniel		DUMON Henri
	BAILLE Yves		DURAND Jean-Marc
	BARROT Jacques		ENJALBERT Alain
	BARROT André		ERARD Jacques
	BERARD Pierre		FAUGERE Gérard
	BERGOIN Maurice		FAVRE Roger
	BERLAND Yvon		FIECHI Marius
	BERNARD Dominique		FARNARIER Georges
	BERNARD Jean-Louis		FIGARELLA Jacques
	BERNARD Pierre-Marie		FIGARELLA-BRANGER Dominique
	BERTRAND Edmond		FONTES Michel
	BISSET Jean-Pierre		FOUREL Jean
	BLANC Bernard		FRANCES Yves
	BLANC Jean-Louis		FRANCOIS Georges
	BOLLINI Gérard		FUENTES Pierre
	BONGRAND Pierre		GABRIEL Bernard
	BONNEAU Henri		GALINIER Louis
	BONNET Jean-Louis		GALLAIS Hervé
	BONNOIT Jean		GAMERRE Marc
	BORY Michel		GARCIN Michel
	BOTTA Alain		GARNIER Jean-Marc
	BOTTA-FRIDLUND Danielle		GAUTHIER André
	BOUBLI Léon		GERARD Raymond
	BOURGEADE Augustin		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BOUVENOT Gilles		GIUDICELLI Sébastien
	BOUYALA Jean-Marie		GOUDARD Alain
	BREMOND Georges		GOUIN François
	BRICOT René		GRILLO Jean-Marie
	BRUNET Christian		GRIMAUD Jean-Charles
	BUREAU Henri		GRISOLI François
	CAMBOULIVES Jean		GROB Jean-Jacques
	CARTOUZOU Guy		GROULIER Pierre
	CAU Pierre		GUYS Jean-Michel
	CHABOT Jean-Michel		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	CHAMLIAN Albert		HARLE Jean-Robert
	CHARPIN Denis		HASSOUN Jacques
	CHARREL Michel		HEIM Marc
	CHAUVEL Patrick		HOUEL Jean
	CHOUX Maurice		HUGUET Jean-François
	CIANFARANI François		JAQUET Philippe
	CLAVERIE Jean-Michel		JAMMES Yves
	CLEMENT Robert		JOUBE Paulette
	COMBALBERT André		JUHAN Claude
	CONTE-DEVOLX Bernard		JUIN Pierre
	CORRIOL Jacques		KAPHAN Gérard
	COULANGE Christian		KASBARIAN Michel
	CURVALE Georges		KLEISBAUER Jean-Pierre
	CRAVELLO Ludovic		LACHARD Jean
	DALMAS Henri		LAFFARGUE Pierre
	DE MICO Philippe		LAUGIER René

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM	LE TREUT Yves	MM	RAOULT Didier
	LEGRE Régis		REBOUL Maurice
	LECHEVALLIER Eric		RICHAUD Christian
	LEVY Samuel		RIDINGS Bernard
	LOUCHET Edmond		ROCHAT Hervé
	LOUIS René		ROHNER Jean-Jacques
	LUCIANI Jean-Marie		ROUDIER Jean
	MAGALON Guy		ROUX Hubert
	MAGNAN Jacques		ROUX Michel
	MALLAN- MANCINI Josette		RUFO Marcel
	MALMEJAC Claude		SAHEL José
	MARANINCHI Dominique		SALAMON Georges
	MARIANI Paul		SALDUCCI Jacques
	MARTIN Claude		SALVADORI André
	MARTINI Louis		SAMBUC Roland
	MATTEI Jean François		SAN MARCO Jean-Louis
	MERCIER Claude		SANKALE Marc
	MICHEL Jean		SARACCO Jacques
	MICHOTEY Georges		SARLES Jacques
	MIRANDA François		SARLES - PHILIP Nicole
	MONFORT Gérard		SASTRE Bernard
	MONGES André		SCHIANO Alain
	MONGIN Maurice		SEBAHOUN Gérard
	MOULIN Guy		SEITZ Jean-François
	MUNDLER Olivier		SERMENT Gérard
	NAZARIAN Serge		SIMEONI Horace
	NICOLI René		SIMON Jean
	NOIRCLERC Michel		SOULAYROL René
	OLIVE Daniel		TAMALET Jacques
	OLMER Michel		TARANGER-CHARPIN Colette
	OREHEK Jean		THIRION Xavier
	ORTHLIEB Jean-Daniel		THOMASSIN Jean-Marc
	PANUEL Michel		TRIGLIA Jean-Michel
	PAPY Jean-Jacques		UNAL Daniel
	PAULIN Raymond		VAGUE Philippe
	PELOUX Yves		VAGUE/JUHAN Irène
	PENAUD Antony		VANUXEM Paul
	PIANA Lucien		VERVLOET Daniel
	PICAUD Robert		VIALETTES Bernard
	PIGNOL Fernand		WEILLER Pierre-Jean
	POGGI Louis		ZATTARA Henri
	POITOUT Dominique		
	PONCET Michel		
	POUGET Jean		
	PRIVAT Yvan		
	QUILICHINI Francis		
	RANQUE Jacques		
	RANQUE Philippe		

## EMERITAT

### 2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

### 2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

### 2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

### 2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

### 2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

### 2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

### 2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

### 2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

## EMERITAT

### 2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETES Bernard	31/08/2019

### 2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBBAHOUN Gérard	31/08/2018

### 2018

M. le Professeur	MARANINCHI Dominique	31/08/2021
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2019
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2019
M. le Professeur	RIDINGS Bernard	31/08/2021

### 2019

M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2020
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2020
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2020
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2020
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2020
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2020
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2020

### 2020

M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2021
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2021
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2021
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2021

## EMERITAT

M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2021
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2021

### 2021

M. le Professeur	BOUBLI Léon	31/08/2024
M. le Professeur	LEGRE Régis	31/08/2024
M. le Professeur	RAOULT Didier	31/08/2024
M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2022
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2022
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2022
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2022
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2022
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2022
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2022

### 2022

Mme le Professeur	FIGARELLA-BRANGER Dominique	31/08/2025
M. le Professeur	HARLE Jean-Robert	31/08/2025
M. le Professeur	PANUEL Michel	31/08/2025
M. le Professeur	BOUBLI Léon	31/08/2024
M. le Professeur	LEGRE Régis	31/08/2024
M. le Professeur	RAOULT Didier	31/08/2024
M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2023
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2023
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2023
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2023
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2023
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2023
M. le Professeur	MARANINCHI Dominique	31/08/2023
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2023
M. le Professeur	DEJOU Jacques	31/08/2023
M. le Professeur	HUE Olivier	31/08/2023

### 2023

M. le Professeur	AMBROSI Pierre	31/08/2026
M. le Professeur	OLIVE Daniel	31/08/2026
M. le Professeur	ROUDIER Jean	31/08/2026
Mme le Professeur	FIGARELLA-BRANGER Dominique	31/08/2025
M. le Professeur	HARLE Jean-Robert	31/08/2025
M. le Professeur	PANUEL Michel	31/08/2025
M. le Professeur	BOUBLI Léon	31/08/2024
M. le Professeur	LEGRE Régis	31/08/2024
M. le Professeur	RAOULT Didier	31/08/2024
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2024
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2024
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2024
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2024
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2024
M. le Professeur	MARANINCHI Dominique	31/08/2024
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2024

## EMERITAT

2024

Mme le Professeur	DENIS Danièle	31/08/2027
M. le Professeur	DESSI Patrick	31/08/2027
M. le Professeur	AMBROSI Pierre	31/08/2026
M. le Professeur	OLIVE Daniel	31/08/2026
M. le Professeur	ROUDIER Jean	31/08/2026
Mme le Professeur	FIGARELLA-BRANGER Dominique	31/08/2025
M. le Professeur	HARLE Jean-Robert	31/08/2025
M. le Professeur	PANUEL Michel	31/08/2025
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2025
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2025
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2025
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2025
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2025

## PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	COLLART Frédéric	GUIS Sandrine
ALIMI Yves	COSTELLO Régis	GUYOT-CECCALDI Laurent
AMABILE Philippe	COUDERC Anne-Laure	GUYE Maxime
ANDRE Nicolas	COURBIERE Blandine	HABIB Gilbert
ARGENSON Jean-Noël	CUISSET Thomas	HARDWIGSEN Jean
ASTOUL Philippe	CUNY Thomas	HOUVENAEGHEL Gilles
ATTARIAN Shahram	DA FONSECA David	HRAIECH Sami
AUDOIN Bertrand	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	JACQUIER Alexis
AUQUIER Pascal	DANIEL Laurent	JOURDE-CHICHE Noémie
AVIERINOS Jean-François	DARMON Patrice	JOUVE Jean-Luc
AZULAY Jean-Philippe	DAUMAS Aurélie	KAPLANSKI Gilles
BARLIER-SETTI Anne	DAVID Thierry	KARSENTY Gilles
BARLOGIS Vincent	D'ERCOLE Claude	<i>KERBAUL François (détachement)</i>
BARTHET Marc	D'JOURNO Xavier	KRAHN Martin
BARTOLI Christophe	DEHARO Jean-Claude	LAFFORGUE Pierre
BARTOLI Jean-Michel	DELAPORTE Emmanuel	LAGIER David
BARTOLI Michel	DEVILLIER Raynier	LAGIER Jean-Christophe
BARTOLOMEI Fabrice	DISDIER Patrick	LAMBAUDIE Eric
BASTIDE Cyrille	DODDOLI Christophe	LANCON Christophe
BAT Flora	DRANCOURT Michel	LA SCOLA Bernard
BELIARD-LASSERRE Sophie	DUBOURG Grégory	LAUNAY Franck
BENSOUSSAN Laurent	DUBUS Jean-Christophe	LAVIEILLE Jean-Pierre
BERBIS Philippe	DUFFAUD Florence	LE CORROLLER Thomas
BERBIS Julie	DUFOUR Henry	LE GALL Michel
BERDAH Stéphane	DUSSOL Bertrand	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BEROUD Christophe	EBBO Mikaël	LEONE Marc
BERTRAND Baptiste	ESCLASSAN Rémi	LEONETTI Georges
BERTUCCI François	EUSEBIO Alexandre	LEPIDI Hubert
BEYER-BERJOT Laura	FABRE Alexandre	LOOSVELD Marie
BIRNBAUM David	FAKHRY Nicolas	MACE Loïc
BLAISE Didier	FAURE Alice	MAGNAN Pierre-Edouard
BLANC Julie	FELICIAN Olivier	MANCINI Julien
BLIN Olivier	FENOLLAR Florence	MEGE Jean-Louis
BLONDEL Benjamin	FLECHER Xavier	MERROT Thierry
BOISSIER Romain	FOUILLOUX Virginie	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FOTI Bruno	MEYER/DUTOUR Anne
BONELLO Laurent	FOURNIER Pierre-Edouard	MICCALEF/ROLL Joëlle
BOULATE David	FRANCESCHI Frédéric	MICHEL Fabrice
BOYER Laurent	FUENTES Stéphane	MICHEL Gérard
BREGEON Fabienne	GABERT Jean	MICHEL Justin
BRETELLE Florence	GABORIT Bénédicte	MICHELET Pierre
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc	MILH Mathieu
BRUDER Nicolas	<i>GARCIA Stéphane (disponibilité)</i>	MILLION Matthieu
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad	MOAL Valérie
BRUNET Philippe	GAUDART Jean	MONNET-CORTI Virginie
BUKIET Frédéric	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MORANGE Pierre-Emmanuel
BURTEY Stéphane	GENTILE Stéphanie	MOUTARDIER Vincent
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GERBEAUX Patrick	NAUDIN Jean
CASANOVA Dominique	GEROLAMI/SANTANDREA René	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CASTINETTI Frédéric	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	NICOLLAS Richard
CECCALDI Mathieu	GIORGI Roch	NGUYEN Karine
CERMOLACCE Michel	GIOVANNI Antoine	OLLIVIER Matthieu
CHAGNAUD Christophe	GIRARD Nadine	OUAFIK L'Houcine
CHAMBOST Hervé	GIRAUD/CHABROL Brigitte	OVAERT-REGGIO Caroline
CHAMPSAUR Pierre	GONCALVES Anthony	PADOVANI Laetitia
CHANEZ Pascal	GONZALEZ Jean- Michel	PAGANELLI Franck
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GRAILLON Thomas	PAPAZIAN Laurent
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte	PAROLA Philippe
CHAUMOITRE Kathia	GRANDVAL Philippe	PELISSIER-ALICOT Anne-Laure
CHIARONI Jacques	GREILLIER Laurent	PELLETIER Jean
CHINOT Olivier	GUEDJ Eric	PERRIN Jeanne
CHOSSEGROS Cyrille	GUIEU Régis	PESENTI Sébastien

## PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

PETIT Philippe	RUQUET Michel	TROPIANO Patrick
PHAM Thao	SALAS Sébastien	<i>TSIMARATOS Michel (détachement)</i>
PHILIP-ALLIEZ Camille	SARLON-BARTOLI Gabrielle	TURRINI Olivier
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique	SCAVARDA Didier	VALERO René
PIQUET Philippe	SCHLEINITZ Nicolas	VAROQUAUX Arthur Damien
PIRRO Nicolas	SEBAG Frédéric	VELLY Lionel
POINSO François	SIELEZNEFF Igor	VEY Norbert
RADULESCO Thomas	SIMON Nicolas	VIDAL Vincent
RANQUE Stéphane	STEIN Andréas	VIENS Patrice
RASKIN Anne	SUISSA Laurent	VILLA Antoine
REGIS Jean	TABOURET Emeline	VILLANI Patrick
REYNAUD/GAUBERT Martine	TAIEB David	VITON Jean-Michel
REYNAUD Rachel	TARDIEU Corinne	VITTON Véronique
RICHARD/LALLEMAND Marie-Alet	TARDIVO Delphine	<i>VIEHWEGER Heide Elke (détachement)</i>
<i>RICHERI Raphaëlle (disponibilité)</i>	TASSERY Hervé	<i>VIVIER Eric (disponibilité)</i>
ROCHE Pierre-Hugues	THOMAS Pascal	XERRI Luc
ROCH Antoine	THUNY Franck	ZIELESKIEWICZ Laurent
ROCHWERGER Richard	TOMASINI Pascale	
ROLL Patrice	TOSELLO Barthélémy	
ROSSI Dominique	TREBUCHON-DA FONSECA Agnès	



### PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ABOUT Imad  
ADALIAN Pascal  
AGHABABIAN Valérie  
BELIN Pascal  
CHABANNON Christian  
CHABRIERE Eric  
COLSON Sébastien  
FERON François  
LE COZ Pierre  
LEVASSEUR Anthony  
RANJEVA Jean-Philippe  
SOBOL Hagay

### PROFESSEUR CERTIFIE

FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne

### PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à MI-TEMPS

REVIS Joana

### PROFESSEUR DES UNIVERSITES MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

### PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES à MI-TEMPS MEDECINE GENERALE

BARGIER Jacques  
JANCZEWSKI Aurélie

### PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à TEMPS PLEIN DES DISCIPLINES MEDICALES

BOUSSUGES Alain

### PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE A MI-TEMPS DES DISCIPLINES MEDICALES

BOURVIS Nadège

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AHERFI Sarah ( <i>disponibilité</i> )	GAUBERT Jacques	NINOVE Laetitia
ANGELAKIS Emmanouil ( <i>disponibilité</i> )	GAUDRY Marine	NOIRRIT-ESCLASSAN Emmanuelle
ANTEZACK Angéline	GELSI/BOYER Véronique	NOUGAIREDE Antoine
APPAY Romain	GIRAUD Thomas	PAULMYER/LACROIX Odile
ARCANI Robin	GIRAUDEAU Anne	PEDINI Pascal
ATLAN Catherine ( <i>disponibilité</i> )	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	PIZZO Francesca
BALLESTER Benoit	GOROKHOVA Svetlana	POMMEL Ludovic
BARON Sophie	GOURIET Frédérique	PRECKEL Bernard-Eric
BEGE Thierry	GRIMALDI Stéphan	PROST Solène
BELLONI Didier	GUERIN Carole	RE Jean-Philippe
BENYAMINE Audrey	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	RESSEGUIER Noémie
BLANCHET Isabelle	GUIBVARC'H Maud	ROBERT Philippe
BOBOT Mickael	GUIVARCH Jokthan	ROBERT Thomas
BOHAR Jacques	HABERT Paul	ROCHE-POGGI Philippe
BONINI Francesca	HAK Jean-François	ROCHIGNEUX Philippe
BOUCRAUT Joseph	HAUTIER Aurélie	ROMANET Pauline
BOULAMERY Audrey	HEIM Xavier	SABATIER Renaud ( <i>disponibilité</i> )
BOULLU/CIOCCA Sandrine	IBRAHIM KOSTA Manal	SARI-MINODIER Irène ( <i>détachement</i> )
BOUSSEN Salah Michel ( <i>détachement</i> )	JACQUOT Bruno	SAULTIER Paul
BUFFAT Christophe	JALOUX Charlotte	SAVEANU Alexandru
CAMILLERI Serge	JARROT Pierre-André	SILVESTRI Frédéric
CAMOIN Ariane	KASPI-PEZZOLI Elise	STELLMANN Jan-Patrick
CAMPANA Fabrice	KORCHIA Théo	STEPHAN Grégory
CARRON Romain	L'OLLIVIER Coralie	SUCHON Pierre
CASAZZA Estelle	LABIT-BOUVIER Corinne	TOSELLO Alain
CASSAGNE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	TROUDE Lucas
CATHERINE Jean-Hugues	LAGARDE Stanislas	TROUSSE Delphine
CHAUDET Hervé	LAGIER Aude ( <i>disponibilité</i> )	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CHOPINET Sophie	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	VELY Frédéric
CHRETIEN Anne-Sophie	LAMBERT Isabelle	VENTON Geoffroy
COZE Carole	LAN Romain	ZATTARA/CANNONI Hélène
DADOUN Frédéric ( <i>disponibilité</i> )	LAURENT Michel	
DALES Jean-Philippe	LENOIR Marien	
DARIEL Anne	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DEHARO Pierre	LORENZO Diane	
DELLIAUX Stéphane	LUCIANI Léa	
DELTEIL Clémence	MAAROUF Adil	
DESPLAT/JEGO Sophie	MACAGNO Nicolas	
DUCONSEIL Pauline	MALISSEN Nausicaa	
DUFOUR Jean-Charles	MAUES DE PAULA André ( <i>disponibilité</i> )	
ELDIN Carole	MEGE Diane	
FOLETTI Jean- Marc	MENSE Chloé	
FRANKEL Diane	MENU Estelle	
FROMNOT Julien	MORAND-HUGUET Aurélie	
GARCIAZ Sylvain	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
GASTALDI Marguerite	NETTER Antoine	

---

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	LAVERNY Oskar	THOLLON Lionel
BARBACARU/PERLES T. A.	MARANINCHI Marie	THIRION Sylvie
BERLAND Caroline	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	VERNA Emeline
BOYER Sylvie	MEZOUAR Soraya	ZAKARIAN Carole
DEGIOANNI/SALLE Anna	POGGI Marjorie	
DESNUES Benoit	RUEL Jérôme	

**MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE**

CASANOVA Ludovic  
JEGO SABLIER Maëva

**MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS**

BERNAL Alexis  
FIERLING Thomas  
DE LAPEYRIERE Camille  
FORTE Jenny  
GUERCIA Olivier  
GUILLOT Laure  
MIGLIARDI Jonathan  
MITILIAN Eva  
THERY Didier

**MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS**

BOURRIQUEN Maryline  
LAZZAROTTO Sébastien  
LUCAS Guillaume  
MATHIEU Marion  
MAYENS-RODRIGUES Sandrine  
MELLINAS Marie  
MORIN-GALFOUT Sara  
ROMAN Christophe  
TRINQUET Laure  
VILLA Milène

**CDI LRU TEMPS PLEIN ECOLE DES SCIENCES ET DE LA READAPTION**

**FORMATION ERGOTHERAPIE**

BLANC Catheline  
DESPRES Géraldine  
GIRAUDIER Anaïs  
PAVE Julien

**FORMATION PODOLOGIE**

GRIFFON Patricia  
PETITJEAN Aurélie

**FORMATION ORTHOPTIE**

MONTICOLO Chloé

**FORMATION MASSO-KINESITHERAPIE**

AUTHIER Guillaume  
CAORS Béatrice  
CHAULLET Karine  
ERCOLANO Bruno  
HENRY Joannie  
HOUDANT Benjamin  
MIRAPEIX Sébastien  
MULLER Philippe  
ROSTAGNO Stéphane

**CDD LRU TEMPS PLEIN ECOLE DES SCIENCES INFIRMIERES**

CHAYS-AMANIA Audrey

**CDD LRU TEMPS PLEIN ANGLAIS**

GILSINN Amanda

**ATTACHE TEMPORAIRE D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE**

PARDOUX Eric  
SACHAU-CARCEL Géraldine

**CDI LRU ECOLE DE MAÏEUTIQUE**

CLADY Emilie  
FREMONDIERE Pierre  
MATTEO Caroline  
MONLEAU Sophie  
MUSSARD-HASSLER Pascale

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS  
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants**

**ANATOMIE 4201**

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)  
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)  
PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)  
*LAGIER Aude (MCU-PH) disponibilité*

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

**ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203**

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)  
DANIEL Laurent (PU-PH)  
*GARCIA Stéphane (PU-PH) disponibilité*  
XERRI Luc (PU-PH)

APPAY Romain (MCU-PH)  
DALES Jean-Philippe (MCU-PH)  
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)  
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)  
*MAUES DE PAULA André (MCU-PH) disponibilité*

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;  
MEDECINE URGENCE 4801**

BRUDER Nicolas (PU-PH)  
LAGIER David (PU-PH)  
LEONE Marc (PU-PH)  
MICHEL Fabrice (PU-PH)  
VELLY Lionel (PU-PH)  
ZIELESKIEWICZ Laurent (PU-PH)

*BOUSSEN Salah Michel (MCU-PH) détachement*

**ANGLAIS 11**

FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne (PRCE)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT  
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)  
PERRIN Jeanne (PU-PH)

**ANTHROPOLOGIE 20**

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)  
VERNA Emeline (MCF)

SACHAU-CARCEL Géraldine (ATER)

**BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501**

CHARREL Rémi (PU PH)  
DRANCOURT Michel (PU-PH)  
DUBOURG Grégory (PU-PH)  
FENOLLAR Florence (PU-PH)  
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)  
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)  
LA SCOLA Bernard (PU-PH)

*AHERFI Sarah (MCU-PH) disponibilité*  
*ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) disponibilité*  
BARON Sophie (MCU-PH)  
GOURIET Frédérique (MCU-PH)  
LUCIANI Léa (MCU-PH)  
NINOVE Laetitia (MCU-PH)  
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)

LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)  
DESNUES Benoit (MCF) ( 65ème section )  
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

**BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401**

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)  
GABERT Jean (PU-PH)  
GUIEU Régis (PU-PH)  
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)  
FROMNOT Julien (MCU-PH)  
MARLINGE Marion (MCU-PH)  
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)  
ROMANET Pauline (MCU-PH)  
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

**BIOLOGIE CELLULAIRE 4403**

ROLL Patrice (PU-PH)

FRANKEL Diane (MCU-PH)  
GASTALDI Marguerite (MCU-PH)  
KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)  
LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

GUEDJ Eric (PU-PH)  
 GUYE Maxime (PU-PH)  
 TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)  
 RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

**BIostatistiques, Informatique Médicale  
 ET Technologies de Communication 4604**

GAUDART Jean (PU-PH)  
 GIORGI Roch (PU-PH)  
 MANCINI Julien (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)  
 DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)  
 BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)  
 LAVERNY Oskar (MCF)

**CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002**

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)  
 BLONDEL Benjamin (PU-PH)  
 FLECHER Xavier (PU PH)  
 OLLIVIER Matthieu (PU-PH)  
 ROCHWERGER Richard (PU-PH)  
 TROPIANO Patrick (PU-PH)

PROST Solène (MCU-PH)

**CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702**

BERTUCCI François (PU-PH)  
 CHINOT Olivier (PU-PH)  
 DUFFAUD Florence (PU-PH)  
 GONCALVES Anthony (PU-PH)  
 HOUVENAEGHEL Gilles (PU-PH)  
 LAMBAUDIE Eric (PU-PH)  
 PADOVANI Laetitia (PH-PH)  
 SALAS Sébastien (PU-PH)  
 TABOURET Emeline (PU-PH)  
 VIENS Patrice (PU-PH)

ROCHIGNEUX Philippe (MCU-PH)  
 SABATIER Renaud (MCU-PH) disponibilité

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)  
 BONELLO Laurent (PU PH)  
 CUISSET Thomas (PU-PH)  
 DEHARO Jean-Claude (PU-PH)  
 FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)  
 HABIB Gilbert (PU-PH)  
 PAGANELLI Franck (PU-PH)  
 THUNY Franck (PU-PH)

DEHARO Pierre (MCU PH)

**CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE 5202**

BERDAH Stéphane (PU-PH)  
 BEYER-BERJOT Laura (PU-PH)  
 BIRNBAUM David (PU-PH)  
 HARDWIGSEN Jean (PU-PH)  
 MOUTARDIER Vincent (PU-PH)  
 SEBAG Frédéric (PU-PH)  
 SIELEZNEFF Igor (PU-PH)  
 TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)  
 CHOPINET Sophie (MCU-PH)  
 DUCONSEIL Pauline (MCU-PH)  
 GUERIN Carole (MCU PH)  
 MEGE Diane (MCU-PH)

**CHIRURGIE INFANTILE 5402**

FAURE Alice (PU PH)  
 JOUVE Jean-Luc (PU-PH)  
 LAUNAY Franck (PU-PH)  
 MERROT Thierry (PU-PH)  
 PESENTI Sébastien (PU-PH)  
 VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH) détachement

DARIEL Anne (MCU-PH)

**CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503**

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)  
 GUYOT-CECCALDI Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

**CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103**

BOULATE David (PU-PH)  
 COLLART Frédéric (PU-PH)  
 D'JOURNO Xavier (PU-PH)  
 DODDOLI Christophe (PU-PH)  
 FOUILLOUX Virginie (PU-PH)  
 GARIBOLDI Vlad (PU-PH)  
 MACE Loïc (PU-PH)  
 THOMAS Pascal (PU-PH)

LENOIR Marien (MCU-PH)  
 TROUSSE Delphine (MCU-PH)

**CHIRURGIE PLASTIQUE,  
RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOGIE 5004**

BERTRAND Baptiste (PU-PH)  
 CASANOVA Dominique (PU-PH)

HAUTIER Aurélie (MCU-PH)  
 JALOUX Charlotte (MCU PH)

**CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104**

ALIMI Yves (PU-PH)  
 AMABILE Philippe (PU-PH)  
 BARTOLI Michel (PU-PH)  
 MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)  
 PIQUET Philippe (PU-PH)  
 SARLON-BARTOLI Gabrielle (PU PH)

GAUDRY Marine (MCU PH)

**GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201**

BARTHET Marc (PU-PH)  
 DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)  
 GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)  
 GONZALEZ Jean-Michel ( PU-PH)  
 GRANDVAL Philippe (PU-PH)  
 VITTON Véronique (PU-PH)

**HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202**

LEPIDI Hubert (PU-PH)

MACAGNO Nicolas (MCU-PH)  
 PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

LORENZO Diane (MCU-PH)

**GENETIQUE 4704****DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003**

BERBIS Philippe (PU-PH)  
 DELAPORTE Emmanuel (PU-PH)  
 GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)  
 RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

MALISSEN Nausicaa (MCU-PH)

BEROUD Christophe (PU-PH)  
 KRAHN Martin (PU-PH)  
 NGYUEN Karine (PU-PH)  
 ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GOROKHOVA Svetlana (MCU-PH)

**GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403**

AGOSTINI Aubert (PU-PH)  
 BLANC Julie (PU-PH)  
 BRETTELLE Florence (PU-PH)  
 CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)  
 COURBIERE Blandine (PU-PH)  
 D'ERCOLE Claude (PU-PH)

**ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ;  
GYNECOLOGIE MEDICALE 5404**

BRUE Thierry (PU-PH)  
 CASTINETTI Frédéric (PU-PH)  
 CUNY Thomas (PU-PH)

NETTER Antoine (MCU-PH)

AUQUIER Pascal (PU-PH)  
 BERBIS Julie (PU-PH)  
 BOYER Laurent (PU-PH)  
 GENTILE Stéphanie (PU-PH)

LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)  
 RESSEGUIER Noémie (MCU-PH)

BLAISE Didier (PU-PH)  
 COSTELLO Régis (PU-PH)  
 CHIARONI Jacques (PU-PH)  
 DEVILLIER Raynier (PU PH)  
 GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)  
 LOOSVELD Marie (PU-PH)  
 MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)  
 VEY Norbert (PU-PH)

GARCIAZ Sylvain (MCU-PH)  
 GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)  
 IBRAHIM KOSTA Manal (MCU PH)  
 LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)  
 PEDINI Pascal (MCU-PH)  
 SUCHON Pierre (MCU-PH)  
 VENTON (MCU-PH)

### IMMUNOLOGIE 4703

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)  
 MEGE Jean-Louis (PU-PH)  
 VIVIER Eric (PU-PH) *disponibilité*

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)  
 CHRETIEN Anne-Sophie (MCU PH)  
 DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)  
 HEIM Xavier (MCU-PH)  
 JARROT Pierre-André (MCU PH)  
 ROBERT Philippe (MCU-PH)  
 VELY Frédéric (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

### MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

BARTOLI Christophe (PU-PH)  
 LEONETTI Georges (PU-PH)  
 PELISSIER-ALICOT Anne-Laure (PU-PH)  
 PIERCECCHI-MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

DELTEIL Clémence (MCU PH)  
 TUCHANT-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND Caroline (MCF) (1ère section)

### MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)  
 LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)  
 MILLION Matthieu (PU-PH)  
 PAROLA Philippe (PU-PH)  
 STEIN Andréas (PU-PH)

ELDIN Carole (MCU-PH)

### MEDECINE D'URGENCE 4805

GERBEAUX Patrick (PU PH)  
 KERBAUL François (PU-PH) *détachement*  
 MICHELET Pierre (PU-PH)

### MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)  
 VITON Jean-Michel (PU-PH)

### MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)  
 VILLA Antoine (PU-PH)

SARI/MINODIER Irène (MCU-PH) *détachement*

### MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; ADDICTOLOGIE 5301

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)  
 COUDERC Anne-Laure (PU-PH)  
 DISDIER Patrick (PU-PH) *Retraite 1/12/2024*  
 EBBO Mikael (PU-PH)  
 GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)  
 ROSSI Pascal (PU-PH)  
 SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

**MEDECINE GENERALE 5303**

GENTILE Gaëtan (PR Méd. Gén. Temps plein)

BARGIER Jacques (PR associé Méd. Gén. À mi-temps)  
JANCZEWSKI Aurélie (PR associé Méd. Gén. À mi-temps)

CASANOVA Ludovic (MCF Méd. Gén. Temps plein)  
JEGO SABLIER Maëva (MCF Méd. Gén. Temps plein)

BERNAL Alexis (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
DE LAPEYRIERE Camille (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
FIERLING Thomas (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
FORTE Jenny (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
GUERCIA Olivier (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
GUILLOT Laure (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
MIGLIARDI Jonathan (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
MITILIAN Eva (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)  
THERY Didier (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

**NUTRITION 4404**

BELIARD Sophie (PU-PH)  
DARMON Patrice (PU-PH)  
VALERO René (PU-PH)

*ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité*

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

**ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)**

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)  
SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

MEZOUAR Soraya (65ème section)

**OPHTALMOLOGIE 5502**

DAVID Thierry (PU-PH)

**OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501**

FAKHRY Nicolas (PU-PH)  
GIOVANNI Antoine (PU-PH)  
LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)  
MICHEL Julie (PU-PH)  
Direction Administrative - RH

**NEPHROLOGIE 5203**

BRUNET Philippe (PU-PH)  
BURTEY Stéphanne (PU-PH)  
DUSSOL Bertrand (PU-PH)  
JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)  
MOAL Valérie (PU-PH)

BOBOT Mickael (MCU-PH)  
ROBERT Thomas (MCU-PH)

**NEUROCHIRURGIE 4902**

DUFOUR Henry (PU-PH)  
FUENTES Stéphane (PU-PH)  
GAILLON Thomas (PU PH)  
REGIS Jean (PU-PH)  
ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)  
SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)  
TROUDE Lucas (MCU-PH)

**NEUROLOGIE 4901**

ATTARIAN Sharham (PU PH)  
AUDOIN Bertrand (PU-PH)  
AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)  
CECCALDI Mathieu (PU-PH)  
EUSEBIO Alexandre (PU-PH)  
FELICIAN Olivier (PU-PH)  
PELLETIER Jean (PU-PH)  
SUISSA Laurent (PU-PH)

GRIMALDI Stéphan (MCU-PH)  
MAAROUF Adil (MCU-PH)

**PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904**

BAT Flora (PU-PH)  
DA FONSECA David (PU-PH)  
POINSO François (PU-PH)

BOURVIS Nadège (PR associée)

GUIVARCH Jokthan (MCU-PH)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -  
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

NICOLLAS Richard (PU-PH)  
RADULESCO Thomas (PU-PH)

BLIN Olivier (PU-PH) disponibilité  
MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)  
SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)

**PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502**

**PHILOSOPHIE 17**

RANQUE Stéphane (PU-PH)

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

CASSAGNE Carole (MCU-PH)  
L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)  
MENU Estelle (MCU-PH)

PARDOUX Eric (ATER)

**PEDIATRIE 5401**

**PHYSIOLOGIE 4402**

ANDRE Nicolas (PU-PH)  
BARLOGIS Vincent (PU-PH)  
CHAMBOST Hervé (PU-PH)  
DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)  
FABRE Alexandre (PU-PH)  
GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)  
MICHEL Gérard (PU-PH)  
MILH Mathieu (PU-PH)  
OVAERT-REGGIO Caroline (PU-PH)  
REYNAUD Rachel (PU-PH)  
TOSELLO Barthélémy (PU-PH)  
TSIMARATOS Michel (PU-PH) détachement

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)  
BREGEON Fabienne (PU-PH)  
GABORIT Bénédicte (PU-PH)  
MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)  
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BOUSSUGES Alain (PR associé à temps plein)

COZE Carole (MCU-PH)  
MORAND-HUGUET Aurélie (MCU-PH)  
SAULTIER Paul (MCU-PH)

BONINI Francesca (MCU-PH)  
BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)  
DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)  
DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)  
LAGARDE Stanislas (MCU-PH)  
LAMBERT Isabelle (MCU-PH)  
PIZZO Francesca (MCU-PH)

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)  
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

**PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903**

**PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101**

CERMOLACCE Michel (PU-PH)  
LANCON Christophe (PU-PH)  
NAUDIN Jean (PU-PH)  
RICHIERI Raphaëlle (PU-PH) disponibilité  
KORCHIA Théo (MCU-PH)

ASTOUL Philippe (PU-PH)  
CHANEZ Pascal (PU-PH)  
GREILLIER Laurent (PU PH)  
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)  
TOMASINI Pascale (PU-PH)

**PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16**

AGHABABIAN Valérie (PR)

**RHUMATOLOGIE 5001**

**RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302**

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)  
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)  
CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)  
GIRARD Nadine (PU-PH)  
JACQUIER Alexis (PU-PH)  
PETIT Philippe (PU-PH)  
VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)  
VIDAL Vincent (PU-PH)

GUIS Sandrine (PU-PH)  
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)  
PHAM Thao (PU-PH)

**THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804**

HABERT Paul (MCU PH)  
HAK Jean-François (MCU PH)  
STELLMAN Jean-Benoît (MCU-PH)

DAUMAS Aurélie (PU-PH)  
VILLANI Patrick (PU-PH)

ARCANI Robin (MCU-PH)

MAJ 01.09.2024

**REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802**

GAINNIER Marc (PU-PH)  
 HRAIECH Sami (PU-PH)  
 PAPAZIAN Laurent (PU-PH)  
 ROCH Antoine (PU-PH)

**UROLOGIE 5204**

BASTIDE Cyrille (PU-PH)  
 BOISSIER Romain (PU-PH)  
 KARSENTY Gilles (PU-PH)  
 ROSSI Dominique (PU-PH)

**SCIENCES DE LA REEDUCATION ET READAPTATION 91**

REVIS Joana (PAST)

AUTHIER Guillaume  
 BLANC Catheline  
 CAORS Béatrice  
 CHAULLET Karine  
 ERCOLANO Bruno  
 GRIFFON Patricia  
 GIRAUDIER Anaïs  
 GRIFFON Patricia  
 HENRY Joannie  
 HOUDANT Benjamin  
 MIRAPEIX Sébastien  
 MONTICOLO Chloé  
 MULLER Philippe  
 PAVE Julien  
 PETITJEAN Aurélie  
 ROSTAGNO Stéphane

LAZZAROTTO Sébastien (MAST)  
 TRINQUET Laure (MAST)

**MAÏEUTIQUE 90**

CLADY Emilie  
 FREMONDIERE Pierre  
 MATTEO Caroline  
 MONLEAU Sophie  
 MUSSARD-HASSLER Pascale  
 REPELLIN David

ZAKARIAN Carole (MCF)

**SCIENCES INFIRMIERES 92**

COLSON Sébastien (PR)

BOURRIQUEN Maryline (MAST)  
 LUCAS Guillaume (MAST)  
 MAYEN-RODRIGUES Sandrine (MAST)  
 MELLINAS Marie (MAST)  
 ROMAN Christophe (MAST)  
 VILLA Milène (MAST)  
 AMANIA Audrey (LRU)  
 SCHWINGROUBERT Jocelyn (LRU)

**ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE ET ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE 56-01**

LE GALL Michel (PU-PH)  
 PHILIP-ALLIEZ Camille (PU-PH)  
 TARDIEU Corinne (PU-PH)

BLANCHET Isabelle (MCU-PH)  
 BOHAR Jacques (MCU-PH)  
 CAMOIN Ariane (MCU-PH)  
 GAUBERT Jacques (MCU-PH)  
 NOIRRIT-ESCLASSAN Emmanuelle (MCU-PH)

**CHIRURGIE ORALE; PARODONTOLOGIE; BIOLOGIE ORALE 57-01**

MONNET-CORTI Virginie (PU-PH)  
 ANTEZACK Angéline (MCU-PH)  
 BELLONI Didier (MCU-PH)  
 CAMPANA Fabrice (MCU-PH)  
 CATHERINE Jean-Hugues (MCU-PH)  
 ROCHE-POGGI Philippe (MCU-PH)

**PREVENTION, EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE, ODONTOLOGIE LEGALE 56-02**

FOTI Bruno (PU-PH)  
 TARDIVO Delphine (PU-PH)

LAN Romain (MCU-PH)

**BIOLOGIE CELLULAIRE 65**

ABOUT Imad (PR)

**DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTION-DYSFONTION, IMAGERIE, BIOMATERIAUX 58-01**

BUKIET Frédéric (PU-PH)  
 ESCLASSAN Rémi (PU-PH)  
 RASKIN Adrien (PU-PH)  
 Directeur Administrative - RH

RUQUET Michel (PU-PH)  
TASSERY Hervé (PU-PH)  
TERRER Elodie (PU-PH)

BALLESTER Benoît (MCU-PH)  
CASAZZA Estelle (MCU-PH)  
GIRAUD Thomas (MCU-PH)  
GIRAUDEAU Anne (MCU-PH)  
GUIVARC'H Maud (MCU-PH)  
JACQUOT Bruno (MCU-PH)  
LAURENT Michel (MCU-PH)  
MENSE Chloé (MCU-PH)  
POMMEL Ludovic (MCU-PH)  
PRECKEL Bernard-Eric (MCU-PH)  
RE Jean-Philippe (MCU-PH)  
SILVESTRI Frédéric (MCU-PH)  
STEPHAN Grégory (MCU-PH)  
TOSELLO Alain (MCU-PH)





---

## **ÉCOLE DU VAL-DE-GRÂCE – Paris**

**A Monsieur le Médecin général inspecteur Guillaume PELÉE de SAINT MAURICE**

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Directeur de l'Académie de santé des armées

Directeur de l'École du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Officier dans l'Ordre National du Mérite

Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

**A Monsieur le Pharmacien général François CAIRE-MAURISIER**

Professeur agrégé du Val-de-Grâce

Directeur-adjoint de l'Académie de santé des armées

Directeur-adjoint de l'École du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Chevalier dans l'Ordre National du Mérite

Officier dans l'Ordre des Palmes Académiques

# HÔPITAL D'INSTRUCTION DES ARMÉES SAINTE-ANNE



## **A Madame la Médecin générale Marie-Dominique COLAS**

Médecin-chef de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne  
Professeur agrégé du Val-de-Grâce  
Chevalier de la Légion d'Honneur  
Officier de l'Ordre National du Mérite  
Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

## **A Madame la Médecin en chef Virginie VAUTIER**

Médecin-chef adjointe de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne  
Spécialiste des hôpitaux  
Chevalier de l'Ordre National du Mérite

## **A Monsieur le Médecin chef des services de classe normale Gilles DEFUENTES**

Coordinateur pédagogique de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-  
Anne  
Chef du service de médecine interne  
Professeur agrégé du Val-de-Grâce  
Chevalier de l'Ordre National du Mérite

## **A NOTRE PRÉSIDENT DE JURY**

**Monsieur le Professeur Gaëtan GENTILE**

Docteur en Médecine  
Professeur des Universités de Médecine Générale  
Coordonnateur du D.E.S de Médecine Générale  
Directeur du Département Universitaire de Médecine Générale

*Vous nous faites l'honneur d'assurer la présidence de notre jury.  
Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez accordé à notre travail.  
Soyez assuré de notre profond respect.*

## **A NOS DIRECTEURS DE THÈSE**

### **Monsieur le Médecin en chef Pierre FABRIES**

Docteur en médecine, docteur en sciences  
Praticien certifié en recherche  
*United States Army Research Institute of Environmental Medicine, USA*  
Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

### **Monsieur le Docteur Keyne CHARLOT**

Docteur en sciences  
Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA)  
Unité Physiologie de l'Exercice et des Activités en Conditions Extrêmes

*Je vous remercie de m'avoir accordé votre confiance pour ce travail.  
Je vous remercie pour votre disponibilité, votre bienveillance et de m'avoir  
accompagné tout au long de ce travail.  
Je vous témoigne par ce travail de ma plus sincère reconnaissance.*

## **A NOTRE JURY**

### **Monsieur le Médecin-chef des services Laurent THEFENNE**

Professeur agrégé du Val-de-Grâce  
Spécialiste des Hôpitaux des Armées  
Chef du service de Médecine Physique et Réadaptation de l'Hôpital  
d'Instruction des Armées Laveran

*Vous nous faites l'honneur de siéger dans le jury de notre thèse.  
Nous vous remercions pour l'attention que vous portez à notre travail.  
Soyez assuré de l'expression de notre respectueuse considération et de notre  
profond respect.*

### **Monsieur le Médecin principal Jean-Guillaume MEUSNIER**

Docteur en médecine générale  
Médecin Adjoint  
141<sup>e</sup> Antenne Médicale de Gap  
4<sup>e</sup> Régiment de Chasseurs

*Vous nous faites l'honneur de siéger dans le jury de notre thèse.  
Votre intérêt pour notre travail nous honore.  
Veuillez recevoir l'expression de nos très sincères remerciements.*

## REMERCIEMENTS

Mon petit chou, merci d'être à mes côtés tous les jours, merci de supporter tous mes petits caprices et mes éternels « non de principe ». Merci aussi d'essayer de me suivre dans toutes mes activités et de ne jamais râler même quand ça tourne mal (#glaçon). Merci pour tout je t'aime fort !

Ma p'tite sœurette que j'aime. Des gros bisous à toi. A tous les shifumi que tu as perdu pendant toutes ces années. Ton grand frère qui t'aime !

Papa et maman, merci pour votre soutien sans faille depuis toutes ces années. Merci de m'avoir fait autant confiance et de m'avoir laissé (et même de nous avoir laissé) autant de liberté depuis tous petits. Tout ce beau parcours c'est surtout grâce à vous. Merci maman pour toutes tes petites attentions et la montagne de chocolat (ou de bière) avec laquelle je repars à chaque fois.

Papa, merci pour tous les conseils bricolos, cuisine, bateau, voiture, et j'en passe à n'importe quel moment de la journée.

Merci aussi à toutes les autres personnes cette famille (mamie, les Pech, les Goupillat, les Clavé et les Merly), vous êtes une famille en or. Des gros bisous à papy et grand-mère qui auraient sans doute aimés être ici.

Christine et Pierre, merci infiniment pour tout, pour votre soutien, vos conseils, votre aide permanente et vos millions de cadeaux.

Cadillon, mon cher parrain, Merci de m'avoir autant bichonné pendant toutes ces années à l'école. Désolé de ne pas avoir été une fille. J'espère quand même que tu es content de la princesse que tu as eue <3

Merci Jean-Guillaume pour ce fabuleux premier semestre, pour avoir accepté ce premier jury de thèse et peut-être merci pour les prochains sommets à venir ? Merci aussi à Amel la pro d'excellence, sans qui cette thèse n'aurait sans doute jamais abouti, ou en tout avec des résultats bien farfelus.

Les « freestyleurs » (ou les touristes du ski de rando) : pas merci mais surtout merci pour toutes les sorties, plans foireux, topos pourris et j'en passe ; pas merci mais surtout merci pour tous ceux encore à venir.

Milles mercis aux péruviens : guigui (pire sportif ever, pire acolyte de soirée mais super colloc), le U (skieur hors pair, surfeur presque correct et pro de l'orga) et brubru (pilier du ti-punch, alpiniste en carton et colloc par intermittence). D'ailleurs, on repart quand ?

Des bisous à tous les pirates sans exceptions.

Des bisous à tous les copains du gangourou.

Des bisous à tous les co-internes NOUAT du fabuleux HIA Sainte-Anne.

Des bisous à Basou, Gillou, Tom, Tim, Tanguy, Léa, la Tige, Mathou, Mathias et Slal. Merci d'être toujours présents après toutes ces années, merci que rien ou presque n'ai changé et surtout merci pour toutes ces nuquettes sauvages mémorables.

Lagra,

Enfin c'est un peu too much mais j'ai craqué pour la petite dédicace ...

D'autres n'auraient pas osé mais je suis sûr que toi tu comprendras,

Peut-être même que tu apprécieras ... ou pas, qui sait ?

[Les autres copains soyez pas jaloux svp]

Et surtout merci à tous les autres copains et copines que je n'ai pas cités. Je ne suis pas un pro des remerciements mais je vous promets que je pense fort à vous.

Enfin, merci à Pierre et Keyne, mes directeurs de thèse qui m'ont fait confiance pour ce beau travail et qui m'ont accompagné tout du long. Le résultat de tout ce travail c'est surtout grâce à vous.

Merci au Pr Laurent Thefenne et au Pr Gaëtan Gentile d'avoir accepté de participer à ce jury de thèse. Nous vous en sommes très reconnaissants.

Merci les Landes <3

Merci Musica <3

Pas merci Raiatea ni l'île Maurice.



# SOMMAIRE

<b>Liste des abréviations</b> .....	3
<b>Résumé</b> .....	6
<b>Abstract</b> .....	7
<b>1. Introduction</b> .....	8
<b>2. Matériels et méthodes</b> .....	10
2.1 Protocole.....	10
2.2 Participants.....	12
2.3 Critères d'évaluation.....	13
2.3.1 Apports énergétiques.....	13
2.3.2 Scores de faim.....	14
2.3.3 <i>Food reward</i> .....	15
2.4 Analyses statistiques.....	16
<b>3. Résultats</b> .....	16
3.1 Sommeil.....	16
3.2 Apports énergétiques (AE) et prise alimentaire.....	17
3.3 Scores de faim.....	19
3.4 Préférences alimentaires ou <i>food reward</i> .....	20
3.5 Évaluation du Mal Aigu des Montagne avec l'échelle de Lake Louise et saturation en oxygène.....	21
<b>4. Discussion</b> .....	22
<b>5. Conclusions</b> .....	28
<b>6. Propositions de recommandations nutritionnelle</b> .....	29
6.1 Etat des connaissances.....	29
6.2 Apports de la présente étude.....	30
6.3 Propositions de recommandations nutritionnelles et règles hygiéno-diététiques	
6.3.1 Alimentation.....	31
6.3.2 Hydratation.....	32
6.3.3 Prévention du Mal Aigu des Montagnes.....	33
<b>7. Références</b> .....	35
<b>Serment d'Hippocrate</b> .....	42
<b>Plaque du Baron Percy</b> .....	43



## LISTE DES ABRÉVIATIONS

AE : apports énergétiques

CPP : comité de protection des personnes

EL : *explicit liking*

EVA : échelle visuelle analogique

F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> : fraction inspirée d'oxygène

HY : hypoxie

IES : indice d'efficacité du sommeil

IRBA : Institut de Recherche Biomédicale des Armées

IW : *implicit wanting*

LFPQ : *leeds food preference questionnaire*

MAM : mal aigu des montagnes

NO : normoxie

PSQI : *Pittsburgh sleep quality index*

RS : restriction de sommeil

SCA : score composite de l'appétit

SN : sommeil normal

TST : temps de sommeil total



***Prévention des perturbations induites par l'exposition à l'altitude et la restriction de sommeil sur l'alimentation : Étude des effets cumulés de l'hypoxie normobare et de la restriction de sommeil sur la prise énergétique et le comportement alimentaire.***

Paco Clavé<sup>1,2,3</sup>, Pierre Fabries<sup>3,4,5</sup>, Vincent Beauchamps<sup>3,4,6</sup>, Anaïs Pontiggia<sup>4,6</sup>, Louis David<sup>3,7</sup>, Pascal Van Beers<sup>4,6</sup>, Mathias Guillard<sup>4,6</sup>, Blandine Tavard<sup>8</sup>, Alexandra Malgoyre<sup>3,5,9</sup>, Nathalie Koulmann<sup>3</sup>, Danielle Gomez-Merino<sup>4,6</sup>, Fabien Sauvet<sup>3,4,6</sup>, Mounir Chennaoui<sup>6</sup> and Keyne Charlot<sup>5,9,\*</sup>, au nom du groupe d'investigateurs HYPSON†.

<sup>1</sup> Aix-Marseille Univ, Département universitaire de Médecine Générale, Marseille, France ;

<sup>2</sup> Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne, 2 Boulevard Sainte Anne, BP 600, 83000, Toulon, France ;

<sup>3</sup> École du Val-de-Grâce (EVDG), Place Alphonse Laveran, Paris, France ;

<sup>4</sup> Département de Recherche, Expertise et Formation Aéromédicales, Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA), 1 place Général Valérie André, 91223 Brétigny Cedex, France ;

<sup>5</sup> LBEPs, Univ Evry, IRBA, Université Paris Saclay, 91025 Evry, France ;

<sup>6</sup> URP 7330 VIFASOM, Université Paris Cité, Hôpital Hôtel-Dieu, 75004 Paris, France ;

<sup>7</sup> Hôpital d'Instruction des Armées Clermont-Tonnerre, Rue Colonel Fonferrier, 29240 Brest, France ;

<sup>8</sup> Centre Interarmées du Soutien « Équipements Commissariats », Service du commissariat des armées, 78120 Rambouillet, France ;

<sup>9</sup> Unité de Physiologie de l'Exercices et des Activités en Conditions Extrêmes, Département Environnements Opérationnels, IRBA, 1 place Général Valérie André, 91223 Brétigny Cedex, France.

† Les collaborateurs du groupe d'investigateurs HYPSON sont cités dans les remerciements.

**Titre abrégé :** Effets de l'hypoxie et de la restriction de sommeil sur la prise énergétique et les préférences alimentaires

**Mots clés :** hypoxie, altitude, prise énergétique, préférences alimentaires, LFPQ, *Food reward*, restriction de sommeil

## Résumé

La privation de sommeil et l'hypoxie ont des effets opposés sur l'appétit. Comme l'hypoxie peut altérer le sommeil, il peut être intéressant d'évaluer les effets cumulés de ces deux facteurs de stress sur le comportement alimentaire (faim subjective, apport énergétique (AE) et préférences alimentaires ou *food reward*). Dix-sept jeunes hommes actifs et en bonne santé ont réalisé quatre sessions de 5 heures en normoxie (NO) ou en hypoxie normobare (HY,  $F_{I}O_2 = 13,6\%$ ,  $\sim 3500$  m d'altitude simulée), après une nuit de sommeil normale (SN, Temps de sommeil total (TST)  $> 6$  h) ou une nuit de restriction de sommeil (RS, TST  $< 3$  h). Les scores de faim ont été évalués régulièrement à l'aide d'échelles visuelles analogiques et l'apport énergétique (AE) au décours d'un déjeuner *ad libitum* après 3,5 heures d'exposition. Le *food reward* a été évalué à l'aide du questionnaire de Leeds sur les préférences alimentaires juste avant le déjeuner. Comme prévu, l'AE était réduit dans les sessions HY-SN ( $4,32 \pm 0,71$  MJ ;  $p = 0,048$ ) et HY-RS ( $4,16 \pm 0,68$  MJ,  $p = 0,013$ ) en comparaison à la session NO-SN ( $4,90 \pm 0,84$  MJ) sans que ce ne soit associé à des symptômes gastro-intestinaux liés au mal des montagnes. Aucun effet de la restriction de sommeil seule n'a été observé (NO-RS :  $4,40 \pm 0,68$  MJ). La faim n'a pas été modifiée non plus. Concernant le *food reward*, l'*explicit liking* pour les aliments riches en graisses a augmenté avec la RS ( $p = 0,002$ ) et l'*implicit wanting* pour les aliments riches en graisses était plus élevée dans les sessions de NO-RS, d'HY-SN et d'HY-RS que dans la session de NO-RS ( $p < 0,006$ ). Ainsi, la RS d'une seule nuit n'a pas modifié l'appétit ou l'AE, et ce malgré une augmentation du *food reward* pour les aliments riches en graisses. La RS aiguë n'a pas non plus modifié les changements alimentaires induits par l'hypoxie.

## Abstract

Hypoxia and sleep deprivation have opposite effects on appetite. As hypoxia may alter sleep, it may be informative to assess the accumulative effects of these two stressors on hunger, energy intake (EI), and food reward. Seventeen young active, healthy males completed four 5-h sessions in normoxia (NO) or normobaric hypoxia (HY, FIO<sub>2</sub> = 13.6%, ~3500 m) after a night of habitual sleep (HS, Total sleep time (TST) > 6 h) or sleep restriction (SR, TST < 3 h). Hunger scores were assessed regularly using visual analogic scales and EI during an *ad libitum* lunch after 3.5 h of exposure. The food reward was assessed using the Leeds Food Preference Questionnaire just before the lunch. As expected, EI was lower for the HY-HS (4.32 ± 0.71 MJ;  $p = 0.048$ ) and HY-SR (4.16 ± 0.68 MJ,  $p = 0.013$ ) sessions than the NO-HS (4.90 ± 0.84 MJ) session without acute mountain sickness-related gastrointestinal symptoms. No significant effect of SR alone was observed (NO-SR: 4.40 ± 0.68 MJ). Subjective appetite was not affected. Explicit liking for high-fat foods increased with SR (main effect:  $p = 0.002$ ) and implicit wanting for high-fat foods was higher for the NO-SR, HY-HS, and HY-SR sessions than the NO-SR session ( $p < 0.006$ ). Thus, acute SR did not modify subjective appetite or EI despite the increasing food reward for high-fat foods and did not alter the hypoxia-induced changes of appetite or food reward.

## 1. Introduction

Du fait d'une démocratisation récente du trekking et de l'alpinisme ainsi que de la facilitation d'accès aux ascensions en haute montagne, des milliers de personnes sont exposées chaque année à la haute altitude (Beedie et Hudson, 2005, Fuehrer et al., 2023). Ces personnes exposées sont le plus souvent peu acclimatées car exposées dans le cadre de leur profession (militaires (Sikri et al., 2019)) ou de leurs pratiques sportives (athlètes (Girard et al., 2023)).

Il est bien établi que lors d'efforts physiques en haute altitude, l'alimentation et plus particulièrement la prise énergétique jouent un rôle primordial dans la performance du sportif de haut niveau. Les différentes études sur l'alimentation et l'hypoxie, qu'elles soient de terrain ou en laboratoire, indiquent presque systématiquement que les expositions à l'hypoxie aiguë diminuent l'appétit et l'apport énergétique (AE), évalués lors de repas servis *ad libitum* (à volonté) (Matu et al., 2018) conduisant même, lorsqu'elles sont prolongées plusieurs jours, à une perte inquiétante de masse corporelle (Dunnwald et al., 2019). La diminution des taux plasmatiques de ghréline (hormone orexigène) et l'augmentation des hormones anorexigènes sont très probablement impliquées dans ce processus (Bailey et al., 2000, Karl et al., 2018, Wasse et al., 2011). Par ailleurs, si le mal aigu des montagnes (MAM) peut aggraver l'anorexie (Aeberli et al., 2013, Barclay et al., 2023), il n'en n'est pas la seule cause (Tschop et Morrison, 2001, Wasse et al., 2011).

L'altitude, qu'elle soit simulée ou réelle, peut également provoquer des troubles du sommeil (réduction du temps de sommeil total, de l'efficacité du sommeil, de la durée des éveils après le début du sommeil (WASO, *wake after sleep onset*)) (Fabries et al., 2022, Heinzer et al., 2016), et ce même dans des conditions de sommeil confortables (de Aquino Lemos et al., 2012) et à altitude modérée (Beaumont et al., 2007). Ces troubles du sommeil peuvent être potentiellement aggravés par les conditions environnementales difficiles (sommeil sous tente ou en refuge, départ de nuit ou très tôt le matin, froid ...) (Fabries et al., 2022). La combinaison de l'hypoxie et de la perte de sommeil est donc une situation fréquemment rencontrée dans la pratique sportive de l'alpinisme ou dans certaines conditions d'exercice militaires.

Il est intéressant de noter que la restriction du sommeil est connue pour augmenter l'AE (Gonzalez-Ortiz et al., 2020), et ce même après une réduction de 2 heures de la durée du sommeil (Maloney et al., 2023). Il est probable que ces modifications s'expliquent en partie par des modifications hormonales inverses à celles observées en hypoxie (Van Egmond et al., 2023). Cependant, les augmentations de l'AE en conditions de restriction de sommeil ne sont pas toujours observées (McNeil et al., 2017) et sont sujettes à une grande variabilité interindividuelle (Brunet et al., 2022). Ainsi, l'exposition à l'hypoxie et la restriction ou la perte de sommeil ont des effets opposés sur l'AE et nous ignorons quel serait l'effet cumulé de ces deux contraintes dans des conditions contrôlées. En effet, il n'existe à ce jour que peu de données dans la littérature étudiant de façon précise et en conditions contrôlées l'effet combiné de l'hypoxie et de la restriction de sommeil sur la prise énergétique et le comportement alimentaire.

Par ailleurs, la prise énergétique est directement en lien avec le comportement alimentaire, lui-même influencé par les préférences alimentaires, la faim et/ou l'appétit. Le *food reward*, qui n'a pas de traduction française clairement définie (on pourra toutefois considérer que cela correspond au niveau de récompense attribué à un certain type d'aliments ou à une certaine caractéristique sensorielle), se définit comme un processus biophysique ancré dans le cerveau qui interagit avec l'environnement alimentaire (propriétés des aliments, palatabilité, habitudes alimentaires) et le milieu interne (cognition, métabolisme) (Oustric et al., 2020). Il s'agit d'un paramètre utile à quantifier lors de l'évaluation des modifications de la prise alimentaire induites par le stress. En effet, nous savons par exemple que l'exposition à des températures environnementales extrêmes modifie le *food reward* et donc potentiellement l'AE en modulant l'attrait pour la teneur en graisses des aliments et la température à laquelle ils sont servis (Coca et al., 2024 ; Li et al., 2024). Bien que la RS soit généralement considérée comme augmentant la préférence alimentaire pour les aliments riches en graisses (Greer et al., 2013 ; McNeil et al., 2017 ; Tajiri et al., 2023), augmentant ainsi l'AE, les modifications de la récompense alimentaire pendant les expositions à l'hypoxie sont moins cohérentes (Aeberli et al., 2013 ; Gatterer et al., 2023 ; Karl et al., 2018). Cette étude peut donc aider à identifier les effets de l'hypoxie et de la restriction de sommeil sur le *food reward* et à comprendre au mieux les modifications possibles de l'AE dans ces conditions.

L'objectif de cette étude était donc d'évaluer l'effet isolé et combiné de l'hypoxie normobare aiguë (3,5 h, ~3500 m) et de la restriction de sommeil (3 h de temps passé au lit) sur l'AE et le *food reward* (*explicit liking* et *implicit liking*). Comme il est suggéré que ces deux contraintes modifient l'appétit et les préférences alimentaires (Aeberli et al., 2013, Karl et al., 2018, McNeil et al., 2017, Rihm et al., 2019, Tajiri et al., 2023), ils ont été évalués pour mieux comprendre cette interaction.

In fine, les résultats de l'étude des effets de la restriction de sommeil et de l'hypoxie (en conditions isolée ou combinée) sur la prise énergétique et sur les préférences alimentaires pourraient nous permettre de proposer, au cours des consultations de médecine générale et de médecine montagne, des règles hygiéno-diététiques (recommandations nutritionnelles par exemple) pour les patients devant se rendre en altitude dans le cadre de leur pratique sportive ou professionnelle.

## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1 Protocole

L'étude a été réalisée à l'IRBA (Institut de Recherche Biomédicale des Armées) entre octobre 2022 et janvier 2023. Les participants ont été soumis à 4 conditions expérimentales différentes avec un design en *cross-over* et avec une période de *wash-out* (intervalle entre deux sessions jugé suffisant pour éliminer la rémanence des effets de la session précédente) d'au moins 7 jours après les séances d'hypoxie ou de restriction de sommeil :

- Normoxie, (NO,  $F_{iO_2}$  à 21%) après une nuit de sommeil normale (SN, > 6h TST) (NO-SN) ;
- Normoxie, (NO,  $F_{iO_2}$  à 21%) après une nuit de restriction de sommeil (RS, 3 h TST) (NO-RS) ;
- Hypoxie normobare (HY,  $F_{iO_2}$  à 13,6%) après une nuit de sommeil normale (SN, > 6h TST) (HY-SN) ;
- Hypoxie normobare (HY,  $F_{iO_2}$  à 13,6 %) après une nuit de restriction du sommeil (RS, 3 h TST) (HY-RS).

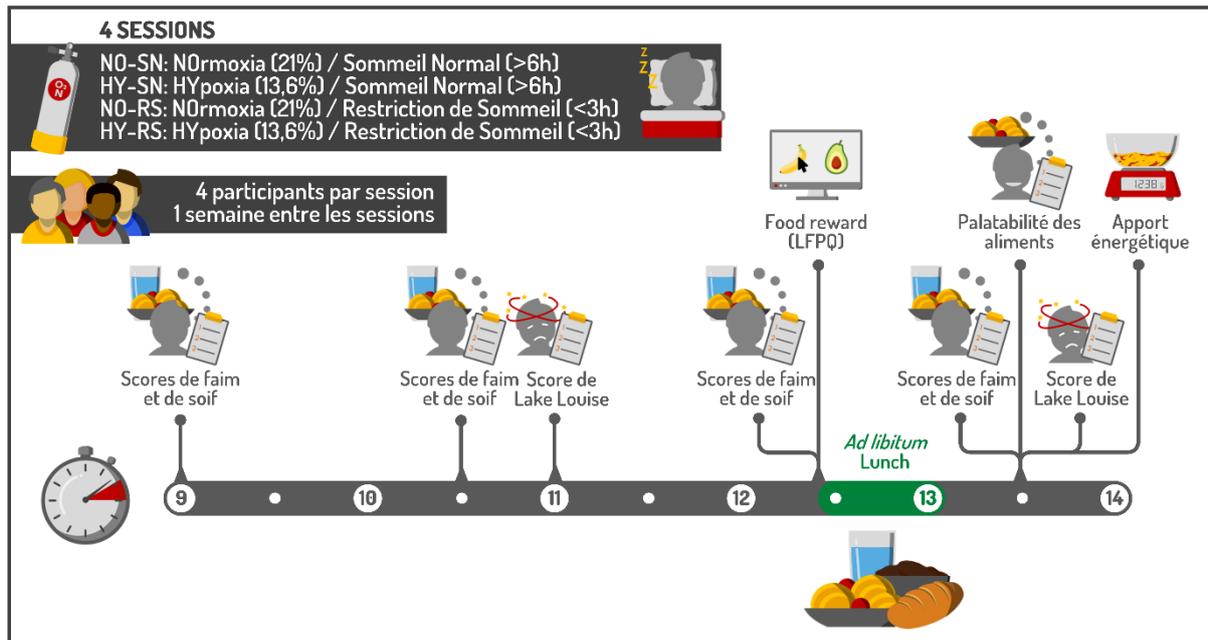
Les participants ont été répartis dans un groupe de quatre participants. Chaque groupe a ensuite été réparti aléatoirement dans l'un des ordres de passage possibles. Bien que les

quatre participants soient restés au même endroit (à l'intérieur d'une tente hypoxique) pendant toute la durée de l'expérience, ils étaient isolés les uns des autres par des cloisons afin d'éviter toute communication et tout contact visuel.

Pour les jours de « sommeil normal », les sujets avaient pour consignes de maintenir des conditions de sommeil normales pendant la semaine précédant chaque session (durée de sommeil de 7 à 8 heures, être au lit de 22h00 à 6h00 environ, éviction des couchers tardifs). Les activités physiques étaient interdites la veille de chaque session. Pour les jours de restriction du sommeil, les participants étaient accueillis au laboratoire la veille (à 19h00) et prenaient un diner standardisé et similaire avant chaque nuit de restriction de sommeil (composé d'un plat principal chaud, de pain et d'un yaourt). Ils n'étaient autorisés à dormir que 3 heures (entre 3h00 et 6h00 du matin). Avant 3 h du matin, les participants étaient maintenus éveillés par diverses activités. Les nuits de restriction de sommeil se sont déroulées dans le même appartement et un expérimentateur était présent en permanence pour surveiller l'état d'éveil des participants. La durée totale du sommeil a été évaluée à l'aide d'un accéléromètre fixé au poignet non dominant (MotionWatch 8, CamNTEch, Papworth Everard, Royaume-Uni). Ces appareils ont été réglés pour enregistrer en mode 1 avec une période de 30s. Le temps de sommeil total (TST) a ensuite été déterminé à l'aide du logiciel de l'accéléromètre (MotionWare 1.0.27, CamNTEch, Papworth Everard, UK).

Après un petit-déjeuner standardisé (~7h30), les participants ont été placés dans une tente hypoxique normobare (Sporting Edge, Basingstoke, UK) pendant 5 heures (de 9h00 à 14h00). L'appétit et la soif subjectifs ont été évalués tout au long des sessions à l'aide d'une échelle visuelle analogique (EVA). Le MAM a été évalué à l'aide du *Lake Louise Score* à 11h00 et 13h45. La saturation pulsée en oxygène (SpO<sub>2</sub>) des participants a été évaluée en continu à l'aide d'un oxymètre de pouls (Radical-7, Masimo, Neuchâtel, Suisse). Les préférences alimentaires ont été évaluées juste avant le déjeuner à l'aide du questionnaire sur les préférences alimentaires de Leeds (LFPQ, *Leeds Food Preference Questionnaire*). Le déjeuner test *ad libitum* était composé de raviolis au bœuf, de pain et d'une crème dessert au chocolat, tous servis en grande quantité. La quantité de nourriture ingérée a été évaluée en pesant les plats avant et après chaque repas. L'apport en énergie et en macronutriments a ensuite été calculé selon les compositions propres à chaque aliment.

Le protocole de l'étude est représenté à l'aide de la figure 1.



**Figure 1. Protocole de l'étude.** Déroulement de l'expérimentation avec horaires des différents tests, questionnaires et repas.

## 2.2 Participants

Une analyse de puissance a priori pour l'AE basée sur une étude antérieure récente (Wasse et al., 2012) sélectionnant les niveaux conventionnels  $\alpha$  (0,05) et  $1-\beta$  (0,80) et une taille d'effet ( $d$ ) de 1,24 a permis d'observer qu'au moins neuf participants étaient nécessaires pour observer une différence entre les conditions d'hypoxie et de normoxie (G\*Power v3.1.9.4, Kiel, Allemagne). Dix-huit participants ont été recrutés pour cette étude, mais l'un d'entre eux a été exclu (abandon de l'étude) et dix-sept participants ont finalement été inclus (âge :  $30,9 \pm 7,4$  ans ; taille :  $1,80 \pm 0,11$  cm ; poids :  $77,1 \pm 8,5$  kg ; IMC :  $23,8 \pm 1,7$  kg/m<sup>2</sup>). Les participants étaient des volontaires de sexe masculin en bonne santé (sans pathologie médicale évolutive, sans traitement, sans antécédent médical notable et sans contre-indication à une exposition à l'altitude), âgés de 18 à 45 ans et qui devaient pratiquer une activité physique régulière (entre 1 et 4 heures par semaine). Nous avons inclus des sujets sans troubles du sommeil, vérifiés par l'indice de qualité du sommeil de Pittsburgh (PSQI, *Pittsburgh Sleep Quality Index*)  $< 5$ , avec un TST habituel  $\geq 6$  heures (Buysse et al., 1989). Les critères d'exclusion comprenaient le fait d'être du sexe féminin (en raison des différences de réponse ventilatoire à l'hypoxie en fonction de la phase du cycle menstruel (Richalet et al., 2020)), le fait d'avoir une

pathologie médicale active ou une anomalie clinique significative lors de la visite d'inclusion. L'exposition à une altitude  $\geq 3500$  m au cours des trois mois précédents était également un critère d'exclusion, du fait du risque de pré-acclimatation.

Cette étude fait partie d'une Recherche impliquant la personne humaine de type 2 appelée HYPSON, enregistrée sur le site web *clinicaltrials.gov* sous le numéro NCT05563688. L'objectif principal de l'étude HYPSON concernait les effets combinés de l'hypoxie modérée et de la RS sur les performances cognitives (Fabries et al., 2024 ; Pontiggia et al., 2024). Le protocole a été approuvé par le Comité de Protection des Personnes (CPP) Île-de-France VIII le 3 août 2022 (IDRCB no. : 2022-A00464-39, n° interne : 2021PBMD09). Toutes les procédures ont été menées conformément à la Déclaration d'Helsinki et aux protocoles institutionnels. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé par écrit avant de participer.

## 2.3 Critères d'évaluation

### 2.3.1 Apports énergétiques

Un petit-déjeuner standardisé était proposé aux participants à 7h30 (jus de fruits, yaourt et biscuits ; apport énergétique de 1891 kJ avec 62% de glucides, 31% de lipides et 7% de protéines de l'AE). Les volontaires mangeaient ce qu'ils voulaient lors de la première séance mais devaient consommer le même petit-déjeuner (en quantité et en composition) lors des trois autres séances. A 12h30, un déjeuner ad libitum était servi. Il était composé d'un plat principal (raviolis de bœuf, Maison Larzul, ~900 g, calories : 511 kJ.100 g<sup>-1</sup>, glucides : 16.0 g.100 g<sup>-1</sup> ; lipides : 4.7 g.100 g<sup>-1</sup>, Protéines : 4.0 g.100 g<sup>-1</sup>), d'un dessert (crème dessert au chocolat, Mont Blanc, ~400 g ; calories : 512 kJ.100 g<sup>-1</sup>, glucides : 19.0 g.100 g<sup>-1</sup> ; lipides : 3.6 g.100 g<sup>-1</sup>, protéines : 3.5 g.100 g<sup>-1</sup>), et de pain (La Boulangère, ~150 g ; calories : 511 kJ.100 g<sup>-1</sup>, glucides : 51.0 g.100 g<sup>-1</sup> ; lipides : 6.5 g.100 g<sup>-1</sup>, protéines : 9.5 g.100 g<sup>-1</sup>). Les aliments ont été préparés dans une pièce adjacente (évitant ainsi les odeurs pendant la préparation) et présentés dans des récipients neutres et de grande taille. Les participants ont été invités à goûter chaque aliment, même s'ils n'en voulaient pas, afin d'évaluer la palatabilité de chaque aliment. Les participants ont mangé dans un espace délimité avec un casque insonorisé afin d'éviter les interactions sociales avec les autres participants qui peuvent moduler la prise énergétique. Les divertissements étaient

également interdits pendant le repas pour les mêmes raisons (ordinateurs, livres, téléphones, etc.). Trente minutes après le début du repas, les assiettes ont été débarrassées et pesées. Les quantités consommées correspondaient aux différences de poids entre avant et après le repas. Ces quantités ont ensuite été utilisées pour calculer l'AE et l'apport en macronutriments sur la base de la composition énergétique et de la valeur nutritionnelle de chaque aliment.

### 2.3.2 Scores de faim

L'appétit et la soif ont été évalués à quatre reprises par session. L'évaluation de l'appétit a été subdivisée selon quatre perceptions différentes : la faim, le désir de manger, la plénitude et la consommation prospective. L'appétit a été mesuré à l'aide d'une EVA de 100 mm présentée sur ordinateur et précédée des questions suivantes : "Avez-vous faim ? " ; " À quel point avez-vous envie de manger ? " ; " À quel point vous sentez-vous rassasié ? " et " Quelle quantité de nourriture seriez-vous capable de manger ? ". Ces échelles ont été bornées avec "pas du tout" et "extrêmement" aux extrémités gauche et droite respectivement. La distance entre l'extrémité gauche et le trait vertical du participant représentait le score exprimé en mm (0 à 100). Le score composite de l'appétit (SCA), qui reflète les réponses aux quatre questions de l'EVA, a été inclus dans l'étude en tant que mesure sommaire de l'appétit. Le SCA a été calculé à l'aide de la formule suivante :  $SCA = [faim + désir\ de\ manger + (100 - plénitude) + consommation\ prospective] / 4$ . Nous avons également pris en compte la palatabilité des aliments, qui a été évaluée à l'aide de l'EVA : "Avez-vous aimé cet aliment ? ".

Les symptômes du Mal Aigu des Montagnes (MAM) ont été évalués à deux reprises à l'aide de l'échelle de Lake Louise (*Lake Louise Score*), comprenant notamment l'évaluation des symptômes gastro-intestinaux (Roach et al., 2018).

### 2.3.3 Food reward

Le *food reward* a été évalué à l'aide du LFPQ (*Leeds Food Preference Questionnaire*) (Finlayson et al., 2008, Finlayson et al., 2007, Oustric et al., 2020). Le LFPQ est un outil informatisé fonctionnant en deux phases successives. La première phase consiste à répondre à la question " Quel plaisir auriez-vous à goûter cet aliment maintenant ? " à l'aide d'une EVA de 100 points. Des images d'aliments (n = 16), validées pour un contexte français (Thivel et al., 2023), sont apparues individuellement sur l'écran dans un ordre aléatoire. Chaque image d'aliment avait été montrée aux participants au préalable afin de s'assurer de la bonne compréhension entre l'image et son interprétation. Le score moyen pour chaque groupe d'aliments (pauvre en graisses, riche en graisses, salé et sucré) correspondait au score d'*explicit liking* (EL) que l'on peut librement traduire par le *plaisir explicite*. Cette dimension fait référence au plaisir sensoriel que procurerait le fait de manger un aliment. L'autre score correspond quant à lui à l'*implicit wanting* (IW), que l'on peut librement traduire par *envie implicite*, c'est-à-dire au désir et à l'envie que ressent la personne pour consommer cet aliment. Il a été évalué au cours de la seconde phase à l'aide d'une procédure de choix forcé. Chaque image de chacune des quatre catégories d'aliments a été comparée à toutes les images des trois autres catégories (96 paires au total). Les participants devaient répondre le plus rapidement possible pour indiquer l'aliment qu'ils avaient le plus envie de manger à ce moment-là. Le score d'IW est donc une combinaison du temps de réaction et de la fréquence de sélection (Oustric et al., 2020). Le caractère explicite et implicite des scores s'explique par la méthodologie directe ou indirecte employée pour chacun des scores. Chaque questionnaire nécessitait 5 à 10 minutes afin d'être complété. Les scores d'EL et d'IW sont présentés sous forme de biais afin de montrer la préférence relative pour une catégorie (par exemple, faible teneur en matières grasses) par rapport à une catégorie opposée (par exemple, forte teneur en matières grasses).

## 2.4 Analyses statistiques

La distribution normale de toutes les variables a été vérifiée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk. Si la distribution gaussienne n'était pas respectée, des tests non paramétriques ont été utilisés. Dans le cas de mesures répétées, des ANOVA à modèle mixte ont été utilisées. Ainsi, les SCA (échelles d'appétit) ont été comparés à l'aide d'une ANOVA 2x2x4 (effet de l'hypoxie : 21 vs. 13.6% de  $F_iO_2$ , effet du sommeil : >6 vs. <3 h de TST, et effet temps : 4 mesures). Les résultats ont été analysés à l'aide d'une ANOVA 2x2 (effet de l'hypoxie : 21 vs. 13,6% de  $F_iO_2$ , effet du sommeil : >6 vs. <3 h de TST) pour comparer les effets de l'hypoxie et du sommeil (food reward, caractéristiques du sommeil, symptômes du MAM et saturation en oxygène). Lorsque l'hypothèse de sphéricité n'était pas respectée (test de Mauchly), une correction de Greenhouse-Geisser a été utilisée. L'analyse de variance à mesures répétées à sens unique de Friedman par rangs a été réalisée pour l'AE et l'apport en macronutriments. Des analyses post hoc ont été effectuées à l'aide des tests de Conover. Les différences ont également été examinées à l'aide de la taille d'effet de Cohen :  $d > 0,2$  (faible),  $d > 0,5$  (modéré) et  $d > 0,8$  (important). Les données sont présentées sous forme de moyennes  $\pm$  écart-type. Le seuil de significativité a été fixé à l'aide d'une *p-value*  $< 0,050$ . Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel JASP (version 0.16.4.0, Amsterdam, Pays-Bas).

## 3. Résultats

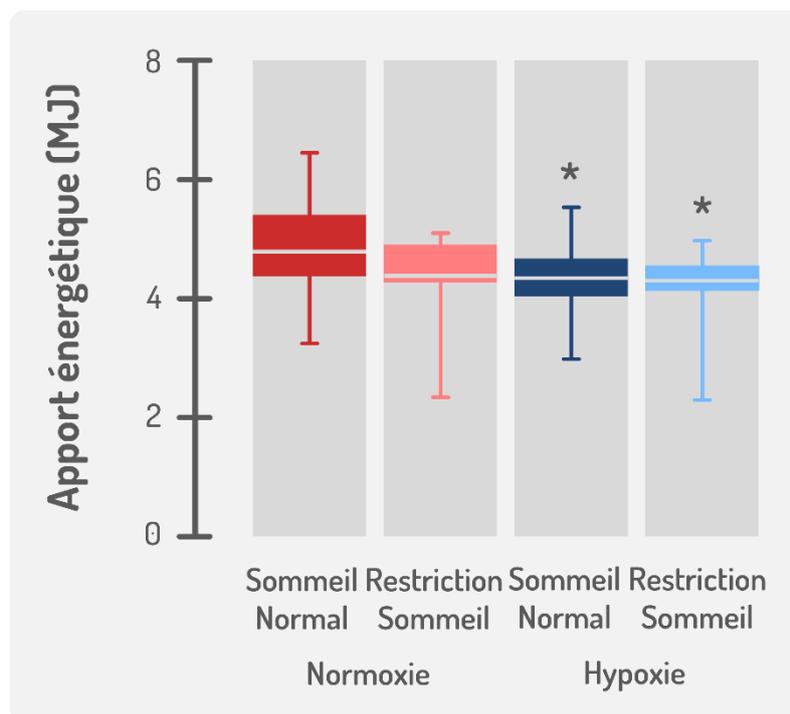
### 3.1. Sommeil

La durée totale du sommeil était de  $6,4 \pm 0,3$ ,  $6,5 \pm 0,4$ ,  $2,4 \pm 0,2$  et  $2,4 \pm 0,2$  heures dans les conditions NO-SN, HY-SN, NO-RS et HY-RS, respectivement. Les durées totales de sommeil pour les conditions de sommeil normal (SN) n'étaient significativement pas différentes de leur durée de sommeil habituelle (une semaine avant chaque session). L'indice d'efficacité du sommeil (IES = TST/temps passé au lit) moyen était égal à  $84,2 \pm 32,1$  %, sans différence entre les différentes conditions.

### 3.2. Apports énergétiques (AE) et prise alimentaire

L'AE était modérément plus faible dans les conditions HY-SN ( $p = 0,048$ ,  $d = 0,647$ ) et HY-RS ( $p = 0,013$ ,  $d = 0,960$ ) que dans la condition NO-SN (Figure 2 et Table 1). L'AE dans la condition NO-RS seule était de  $4.40 \pm 0.68$  MJ. La prise glucidique était largement plus faible dans la session HY-RS que dans la session NO-SN ( $p = 0,009$  ;  $d = 0,973$ , Table 1). L'apport en lipides était modérément plus faible dans les conditions HY-SN ( $p = 0,018$ ,  $d = 0,662$  ; Table 1) et largement plus faible en HY-RS ( $p = 0,018$ ,  $d = 0,897$ ) que dans la condition NO-SN. La prise protéinique était donc modérément plus faible en conditions HY-SN ( $p = 0,026$ ,  $d = 0,796$ ) and largement plus faible en conditions combinées HY-RS ( $p = 0,009$ ,  $d = 0,960$ ) que dans la condition NO-SN (Table 1).

Il n'a pas été retrouvé de différence significative sur la répartition en macronutriments entre les différentes conditions expérimentales (Table 1).



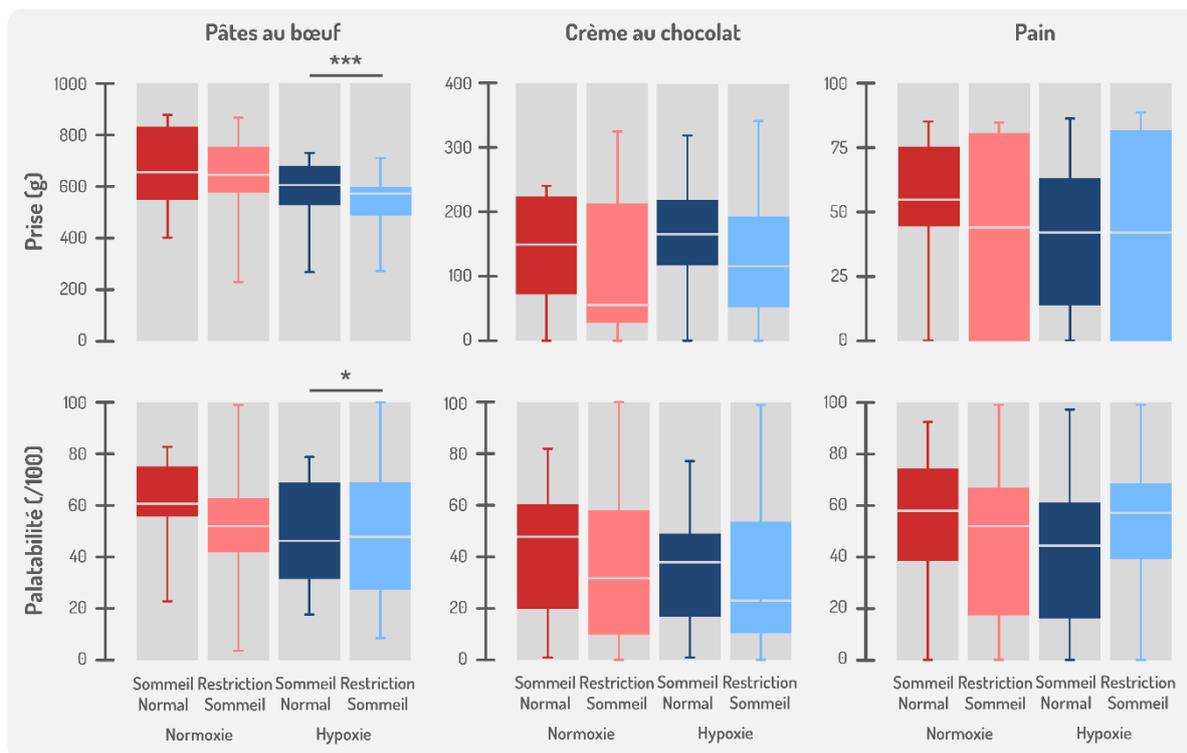
**Figure 2. Diagrammes en boîtes de l'apport énergétique au déjeuner servi *ad libitum*.** Les boîtes comprennent les quartiles de 25 à 75% et la médiane est représentée par la ligne horizontale dans la boîte. Les moustaches s'étendent jusqu'aux valeurs les plus élevées et les plus basses. \*différent de la condition NO-SN sur la base du test de rang de Wilcoxon ( $p < 0.05$ )

**Table 1** – Apport énergétique, apports en macronutriments et appétit subjectif

	NO-HS	NO-RS	HY-HS	HY-RS
Apport énergétique (MJ)	4,90 ± 0.84	4,40 ± 0.68	4,32 ± 0.71*	4,16 ± 0.68*
Glucides (g)	164 ± 28	146 ± 21	145 ± 24	139 ± 23**
Glucides (%)	56,0 ± 1.1	55,5 ± 1.6	55,8 ± 1.6	56,0 ± 5.4
Lipides (g)	41 ± 8	37 ± 7	36 ± 6*	37 ± 6*
Lipides (%)	31,1 ± 1.0	31,8 ± 1.5	31,5 ± 1.5	31,3 ± 1.3
Protéines (g)	37 ± 6	34 ± 5*	33 ± 6	32 ± 5**
Protéines (%)	12,8 ± 0.1	12,8 ± 0.2	12,7 ± 0,2	12,7 ± 0,2
Consommation de pâtes (g)	677 ± 151	650 ± 165	590 ± 146 <sup>ααα</sup>	563 ± 131 <sup>ααα</sup>
Consommation de dessert (g)	143 ± 80	124 ± 108	170 ± 99	158 ± 103
Consommation de pain (g)	54 ± 28	36 ± 33	35 ± 31	37 ± 35
Palatabilité - pâtes (/100)	61 ± 14	52 ± 23	48 ± 20	50 ± 27
Palatabilité - dessert (/100)	43 ± 23	36 ± 32	35 ± 23	36 ± 32
Palatabilité - pain (/100)	45 ± 31	42 ± 30	42 ± 30	51 ± 31
Faim (/100) <sup>1</sup>	66 ± 21	72 ± 17	68 ± 20	67 ± 22
Désir de manger (/100) <sup>1</sup>	73 ± 18	75 ± 15	70 ± 21	72 ± 18
Plénitude gastrique (/100) <sup>1</sup>	21 ± 16	17 ± 13	22 ± 15	17 ± 12
Consommation prospective (/100) <sup>1</sup>	73 ± 16	75 ± 14	66 ± 15	71 ± 15
Score composite de l'appétit (/100) <sup>1</sup>	70 ± 18	76 ± 13	71 ± 16	73 ± 14

Moyennes ± SD. <sup>1</sup> Mesurées juste avant le repas. \* Différent de NO-HS (\* p < 0,05 ; \*\* p < 0,01). <sup>ααα</sup> Différent des sessions en normoxie (p < 0,001).

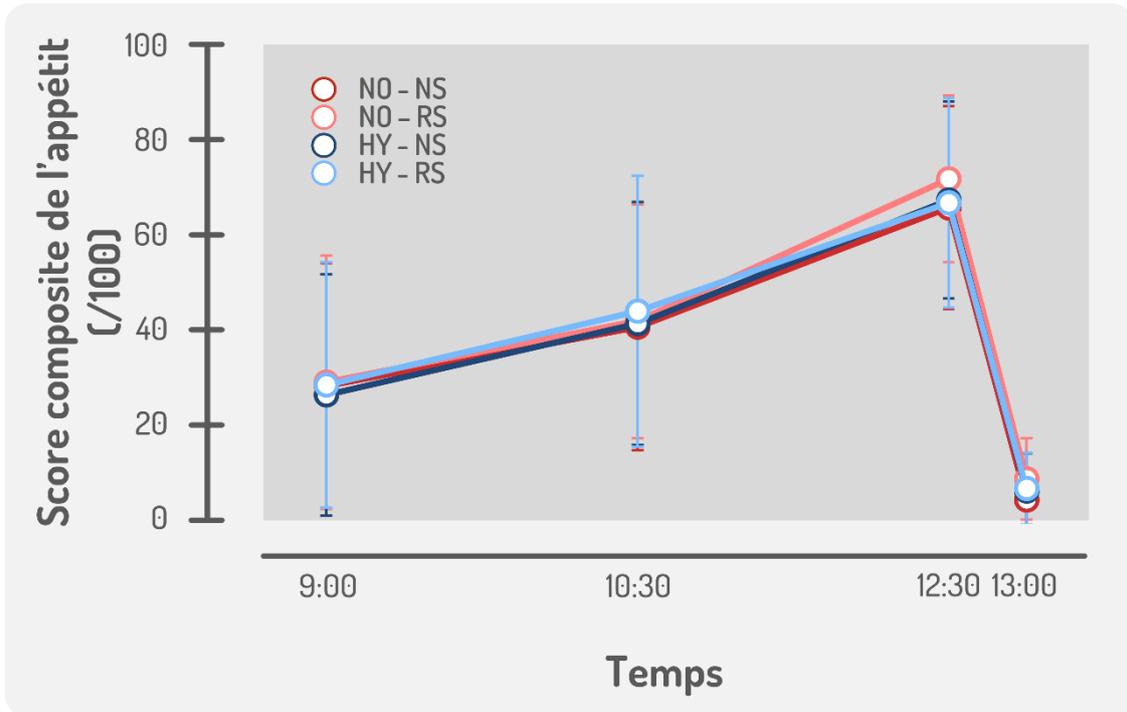
Un effet de l'hypoxie n'a été constaté que pour la consommation de pâtes et la palatabilité des pâtes (p < 0,001 et p = 0,016, respectivement ; Figure 3 et Table 1). La consommation de pâtes était modérément plus faible dans les conditions d'hypoxie que dans les conditions de normoxie (p < 0,001, d = 0,506).



**Figure 3. Diagrammes en boîte pour la prise alimentaire et la palatabilité.** La boîte englobe les quartiles de 25 à 75% et la médiane est représentée par la ligne horizontale à l'intérieur de la boîte. Les moustaches s'étendent des valeurs les plus basses aux valeurs les plus élevées. \*différence statistiquement significative de la condition en normoxie selon l'ANOVA à mesures répétées 2x2 (\* $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ).

### 3.3. Scores de faim

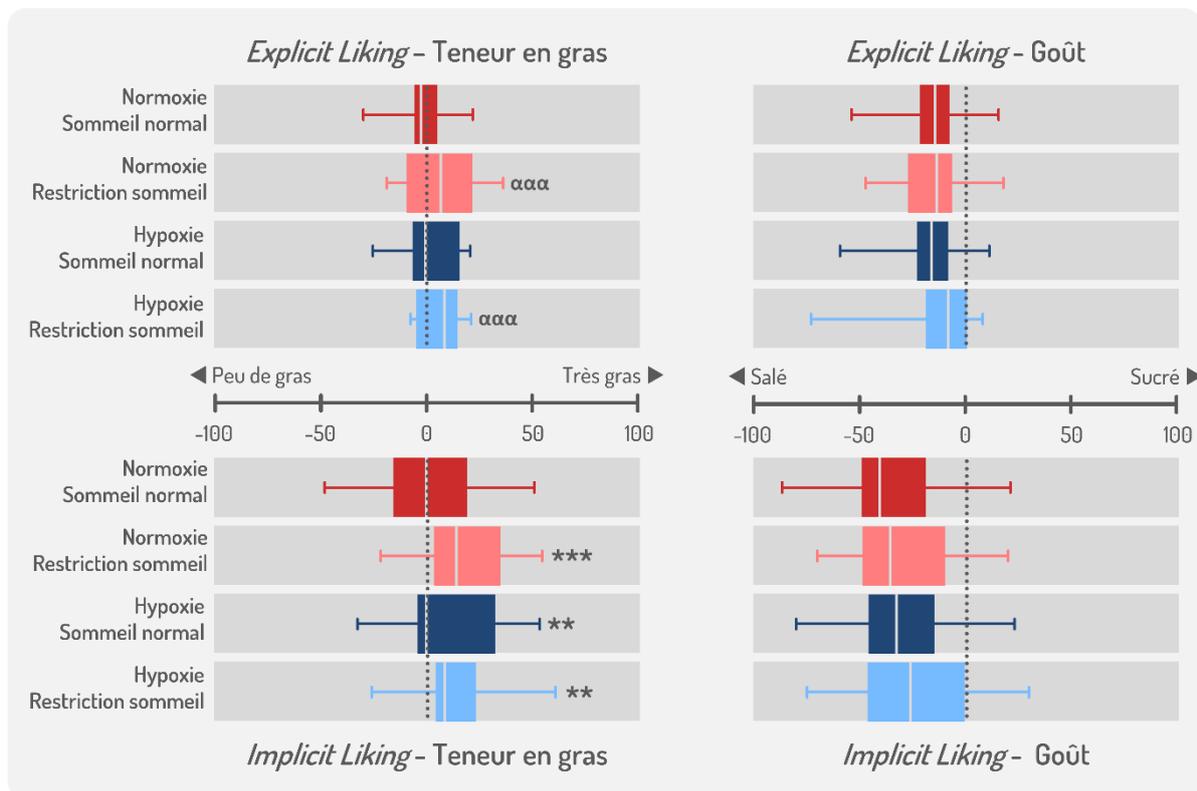
À l'exception d'un minime effet du sommeil sur le score composite de l'appétit (SCA) ( $p = 0,075$ ,  $d = 0,172$ ), aucun autre effet n'a été constaté sur le SCA (Figure 4 et Table 1). Il n'y a pas eu d'effet sur les quatre perceptions différentes de l'appétit (faim, envie de manger, satiété et consommation prospective).



**Figure 4. Scores composites de l'appétit dans les quatre conditions expérimentales.** Moyenne  $\pm$  écarts types. NO : Normoxie, HY : Hypoxie, NS : Sommeil Normal, RS : Restriction de Sommeil. Une ANOVA à mesures répétées 2x2x4 a été réalisée.

### 3.4. Préférences alimentaires ou *food reward*

Un effet du sommeil ( $p = 0,002$ ) et une interaction hypoxie - sommeil ( $p = 0,007$ ) ont été retrouvés pour l'*IW* pour les aliments gras (Figure 5). Il était modérément plus élevé dans les conditions NO-RS ( $p < 0,001$ ,  $d = 0,725$ ), HY-SN ( $p = 0,006$ ,  $d = 0,523$ ), et HY-RS ( $p = 0,002$ ,  $d = 0,618$ ) que dans la condition NO-SN. Un effet du sommeil a été retrouvé pour l'*EL* pour les aliments gras ( $p < 0,001$ ) avec un score plus élevé dans les conditions de SR que dans les conditions de SN ( $d = 0,491$ ) (figure 5). Aucun effet du *food reward* pour le goût (salé ou sucré) n'a été constaté.

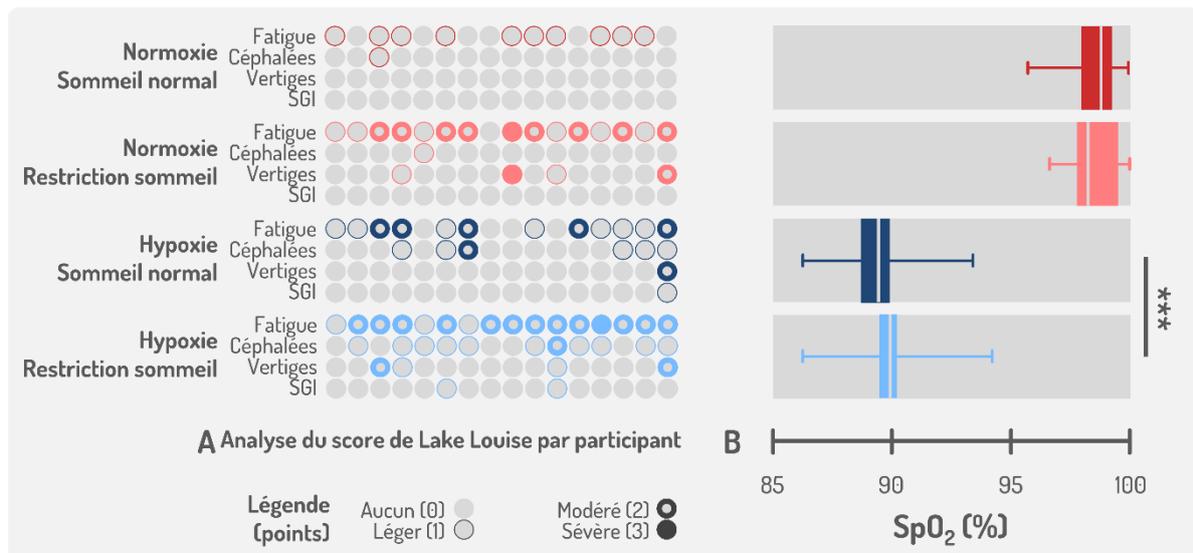


**Figure 5. Diagrammes en boîte pour les scores de préférences alimentaires (*Explicit Liking* et *Implicit Liking*).** La boîte englobe les quartiles de 25 à 75% et la médiane est représentée par ligne horizontale à l'intérieur des boîtes. Les moustaches s'étendent aux valeurs les plus élevées et les plus basses. \*différent de la condition Sommeil Normal – Normoxie (\*\* $p < 0.01$  ; \*\*\*  $p < 0.001$ ). αααdifférent des conditions de Sommeil Normal selon l'ANOVA à mesures répétées 2x2 ( $p < 0,001$ ).

### 3.5. Évaluation du Mal Aigu des Montagne avec l'échelle de Lake Louise et saturation en oxygène

La répartition des symptômes indique que les symptômes gastro intestinaux sont quasi inexistantes, que ce soit en condition d'hypoxie, de restriction de sommeil ou en conditions de restriction de sommeil et d'hypoxie cumulées. La grande majorité des symptômes était liée à la fatigue (figure 5).

Enfin, la saturation en oxygène ( $98,4 \pm 1,2$ ,  $98,4 \pm 1,15$ ,  $89,4 \pm 1,8$ , et  $89,8 \pm 1,7$  % dans les conditions de NO-SN, NO-RS, HY-SN, et HY-RS respectivement) était logiquement plus faible dans des conditions d'hypoxie que de normoxie ( $p < 0,001$ ,  $d = 5,939$ ) (figure 6).



**Figure 6. Analyse du score de Lake Louise par participant (A) et diagrammes en boîte pour l'analyse de la saturation pulsée en oxygène (SpO<sub>2</sub> ; B).** La boîte englobe les quartiles de 25 à 75% et la médiane est représentée par ligne horizontale à l'intérieur des boîtes. Les moustaches s'étendent aux valeurs les plus élevées et les plus basses. \*\*\*différent de la condition en Normoxie selon l'ANOVA à mesures répétées 2x2 (\*\*p < 0.001).

#### 4. Discussion

Comme nous pouvions l'attendre, l'exposition à une hypoxie normobare aiguë (F<sub>i</sub>O<sub>2</sub> = 13,6 % ; ~3500 m) a diminué l'AE au cours d'un déjeuner test *ad libitum* sans modification des niveaux de faim et sans apparition de symptômes gastrointestinaux en lien avec le MAM chez les participants (volontaires de sexe masculin, jeunes et actifs). Il était toutefois moins attendu de ne pas retrouver de modifications significatives de l'AE près une nuit de restriction de sommeil, la RS étant habituellement connue pour augmenter les AE. Dans ces conditions, la restriction de sommeil n'a pas aggravé l'effet anorexigène de l'exposition à l'hypoxie aiguë normobare. Enfin, l'exposition à l'hypoxie et la restriction de sommeil ont eu tendance à augmenter les préférences alimentaires pour les aliments riches en graisses.

L'altitude, qu'elle soit simulée ou réelle, entraîne une diminution de la masse corporelle. Il est reconnu que l'altitude est inversement proportionnelle aux pertes pondérales

(Dunnwald et al., 2019). L'explication principale est l'insuffisance des AE spontanés (Matu et al., 2018) qui sont rapportés lors des randonnées sur le terrain (Aeberli et al., 2013, Matu et al., 2017b), mais aussi en laboratoire dans des conditions confortables, c'est à dire sans limitation logistique pour fournir, proposer et préparer les aliments (Matu et al., 2017a, Wasse et al., 2012). L'altitude minimale qui impacte l'appétit semble se situer entre 2150 et 3500 m (Gatterer et al., 2023, Matu et al., 2017a). Bien que la gravité des symptômes gastro-intestinaux du MAM puisse être associée à de faibles AE (Aeberli et al., 2013), la baisse des concentrations de ghréline acylée et l'élévation des concentrations d'insuline sont considérées comme le mécanisme le plus important en cause (Debevec, 2017, Matu et al., 2018). Les présents résultats ont confirmé que même en l'absence de symptômes gastro-intestinaux, une exposition courte (3,5 h) et modérée (~3500 m) à l'hypoxie normobare a diminué l'AE de  $9,9 \pm 12,6 \%$  ( $-536 \pm 647$  kJ) dans notre étude. Ces résultats concordent avec ceux d'études antérieures en laboratoire qui font état de diminutions de 27% (Wasse et al., 2012) et de 49% (Matu et al., 2017a) à des altitudes simulées plus élevées (4000 et 4300 m, respectivement). Ces résultats sont importants pour aider à identifier le seuil à partir duquel l'AE est impacté par l'altitude. Compte tenu de l'apparente relation inversement proportionnelle entre l'AE et l'altitude et du fait que l'AE n'était pas modifié à 2150 m (Matu et al., 2017a), nous pourrions positionner ce seuil à proximité de 3000 m. Il est intéressant d'observer que les apports énergétiques ont diminués, sans modification de la faim. Ce résultat est assez surprenant étant donné que les scores de faim sont généralement corrélés avec la prise énergétique ultérieure. (Sadoul et al., 2014). Cependant, des études antérieures ont montré qu'en comparaison du niveau de la mer, les scores de faim étaient significativement plus bas au début des repas tests seulement à 4300 m (Matu, Deighton et al 2017) mais pas à 4000 m (Wasse et al 2012) ni à 2150 m (Matu, Deighton et al 2017). Nos résultats sont donc concordants avec ces observations.

Étant donné les symptômes gastro-intestinaux du MAM sont plus rares en hypoxie normobare qu'en hypoxie hypobare, même à 4400 m (DiPasquale et al., 2016), et qu'aucun symptôme gastro-intestinal n'a été rapporté pendant 4 jours d'hypoxie hypobare à 3500 m (chez les femmes) (Gatterer et al., 2023), il n'est pas surprenant de ne pas avoir observé de symptôme gastro-intestinal dans la condition d'hypoxie - sommeil habituel (à l'exception d'un participant). Même si la ghréline acylée n'a pas été mesurée

pendant notre étude, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'une diminution du taux de cette hormone pourrait expliquer la baisse de l'AE. Cependant, la faim (ou le score composite d'appétit) n'a pas été modifiée par l'hypoxie normobare, ce qui affaiblit cette hypothèse. Un autre mécanisme possible est la modification de la récompense et/ou des préférences alimentaires. À ce jour, ces modifications ont été étudiées à plusieurs reprises, principalement sur le terrain (Aeberli et al., 2013, Karl et al., 2018) mais aussi en laboratoire (Gatterer et al., 2023), et il semble difficile de parvenir à un consensus. Il a été démontré que la fréquence de choix des aliments riches en matières grasses (évaluée par le LFPQ) augmentait après 2 jours à une altitude réelle de 4559 m (Aeberli et al., 2013), tandis que la préférence alimentaire pour les aliments sucrés (également évaluée par le LFPQ) augmentait après un jour à une altitude réelle de 4300 m (Karl et al., 2018). Après 22 jours, une préférence accrue pour les aliments riches en graisses a été observée (Karl et al., 2018). Au cours d'une exposition de 4 jours à 3500 m dans une chambre hypobare avec contrôle de l'AE, l'envie d'aliments sucrés (évaluée par l'EVA) a été maintenue alors qu'elle a diminuée dans la condition de contrôle au niveau de la mer (Gatterer et al., 2023). Ainsi, l'augmentation de la consommation d'aliments riches en graisses induite par l'hypoxie observée dans notre étude est à la fois soutenue et contredite par la littérature existante. Étant donné les effets positifs de l'apport en glucides sur la saturation artérielle en oxygène via une stimulation de la ventilation (Charlot et al., 2013, Golja et al., 2008), nous pourrions intuitivement nous attendre à une augmentation des préférences pour les aliments sucrés ou à forte teneur en glucides, ce qui avait été signalé dans les rapports d'ascension datant des années 1950 (Askew, 2004). Cependant, des études plus récentes réalisées lors d'expéditions au mont Everest ont précisé que ces envies existaient mais restaient marginales et dépassées par d'autres envies (fromage, *fast-food*, fruits et légumes, alcool...) (Reynolds, 2005). Ainsi, les effets de l'hypoxie sur les préférences alimentaires restent à préciser car les protocoles sont très différents et difficilement superposables.

Contrairement à l'hypoxie, la RS n'a qu'à peine modifiée l'AE, ce qui n'était pas attendu car la plupart des publications et méta-analyses récentes ont démontré une augmentation de l'AE en conditions de restriction de sommeil (Al Khatib et al., 2017, Soltanieh et al., 2021, St-Onge, 2013). Cependant, certaines études n'ont parfois observé aucune modification (Brunet et al., 2022, McNeil et al., 2017) voir même une diminution (Radcliffe et al., 2021)

de l'AE. Certaines subtilités dans la conception des protocoles peuvent aider à comprendre ces différences. En effet, la durée de la RS, le moment de la restriction de sommeil (précoce ou tardive) et le nombre de nuits consécutives de RS varient d'un protocole à l'autre (Soltanieh et al., 2021). Les études portant sur 3 à 4 jours consécutifs de restriction modérée du sommeil (5 heures de sommeil ou 2 heures de sommeil de moins que d'habitude) ont fait état d'une augmentation de l'AE (Maloney et al., 2023, Tajiri et al., 2020, Tajiri et al., 2023), l'impact étant plus marqué en cas de sommeil tardif qu'en cas de réveil précoce (Maloney et al., 2023). Cependant, dans les études n'étudiant la RS que sur une seule nuit (avec une durée de sommeil d'environ 4h), c'est à dire dans des conditions proches de nos conditions d'étude, aucune modification de l'AE n'a été signalée (Brunet et al., 2022, McNeil et al., 2017, Meyhofer et al., 2023). Cela indique qu'un seul épisode de RS semble insuffisant pour déclencher une réponse orexigène. Il est toutefois intéressant de noter qu'une grande variabilité a été observée dans certaines études (Brunet et al., 2022, McNeil et al., 2017). Il a été démontré que les personnes ayant un *IW* plus important pour les aliments gras et une faible attitude de recherche de sensations (*attention seeking*) étaient plus susceptibles d'augmenter leur AE après une restriction de sommeil (Brunet et al., 2022).

Une autre étude (Radcliffe et al., 2021) a montré qu'une RS plus sévère (2 h de sommeil) pendant trois nuits consécutives a réduit l'AE lors d'un seul déjeuner *ad libitum*. Alors que les modifications des niveaux de ghréline et/ou d'hormones anorexigènes sont parfois suspectées d'avoir un rôle direct sur les augmentations de l'AE après plusieurs jours de RS (Broussard et al., 2016, Meyhofer et al., 2023, Tajiri et al., 2020), les auteurs de cette dernière étude n'ont trouvé aucune relation entre les modifications hormonales et la diminution de l'appétit. Les auteurs ont émis l'hypothèse que les participants étaient peut-être trop fatigués pour manger, comme c'est parfois le cas lors d'un entraînement militaire intense (Huang et al., 2014). Dans notre étude, nous avons trouvé une corrélation négative entre les différences dans les scores d'AE et de fatigue entre NO-RS et NO-SN a été trouvée ( $\rho = -0,475$ ,  $p = 0,054$ ) soutenant modestement cette possibilité. Les auteurs de la précédente étude (Meyhofer et al., 2023, Tajiri et al., 2020), indiquaient également que l'AE après le RS pouvait augmenter en raison d'une consommation plus importante de collations (Tajiri et al., 2020, Tajiri et al., 2023). L'augmentation de la préférence alimentaire pour les aliments riches en graisses observée dans la présente étude et traditionnellement observée à l'aide de l'imagerie cérébrale (Greer et al., 2013 ; Jensen et

al., 2019 ; St-Onge et al., 2014), du LFPQ (McNeil et al., 2017) ou d'autres évaluations subjectives (Duraccio et al., 2019 ; Greer et al., 2013 ; Tajiri et al., 2023) n'a pas entraîné d'augmentation de l'AE. Il est possible que si nous avions évalué l'AE au cours d'autres repas (petit-déjeuner ou collation) en utilisant d'autres méthodes qui permettent d'exprimer la modification des préférences alimentaires (buffet avec possibilité de choisir des aliments riches en matières grasses) cela aurait probablement donné lieu à une IE plus élevée. De plus, la prise d'un petit-déjeuner standardisé peut avoir influencé les modifications de l'appétit induites par la restriction de sommeil et l'hypoxie au cours du déjeuner. Cet aspect devrait être pris en compte dans des études ultérieures.

Nous avons émis l'hypothèse que la restriction de sommeil et l'hypoxie exerceraient des effets opposés sur l'AE et qu'il n'en résulterait donc aucun changement sur l'AE lorsqu'ils seraient cumulés. Cependant, la restriction de sommeil n'a pas augmenté l'appétit ni l'AE. De manière logique, les modifications de prise énergétique et de préférences alimentaires observées dans la condition HY-RS étaient très similaires à celles observées en HY-SN. Si l'effet orexigène de la RS avait été observé, nous aurions pu déterminer si la RS pouvait contre balancer les modifications de l'appétit induites par l'hypoxie, entraînant possiblement un effet neutre sur l'AE. L'analyse de nos résultats indique que les conditions pour observer cet effet n'étaient pas réunies. Cependant, la RS a exercé un effet important sur la fatigue, influençant fortement le score de Lake Louise. Ainsi, dans les limites de ce protocole (3,5h à 3500m d'altitude simulée), une nuit de sommeil limitée ne semble pas majorer la diminution de la prise alimentaire habituellement observée en altitude. Il est impossible de dire si cette conclusion s'appliquerait encore à des altitudes plus élevées et/ou à des expositions plus longues.

Il est intéressant de noter que la condition HY-RS n'a pas cumulé les effets isolés de l'HY et de la RS. L'AE et les préférences alimentaires dans la condition HY-RS étaient similaires à celles de la condition HY-SN. Même si l'on s'attendait à un effet orexigène de la RS, les effets observés dans cette étude auraient pu théoriquement renforcer l'effet anorexigène de l'HY. Ce n'était pas le cas, même si le score de Lake Louise et le score de fatigue augmentaient avec l'ajout de RS. Dans les limites de ce protocole, il est suggéré qu'une nuit de sommeil limitée n'aggrave pas la diminution de la prise alimentaire généralement observée en altitude. Il serait toutefois intéressant d'utiliser des modèles

de RS connus pour stimuler l'appétit et la récompense alimentaire (en maintenant une réduction modérée de sommeil de 2 à 3 h mais sur des durées > 3 nuits) lors d'expositions simulées ou réelles en altitude afin de mieux explorer d'éventuels effets contradictoires sur la prise énergétique. Des protocoles plus ambitieux pourraient être envisagés pour répondre à cette question.

La principale limite de notre étude réside dans le fait que les nuits de restriction de sommeil ont pu être trop courtes pour induire les effets attendus. Proposer un protocole de recherche parfait est parfois complexe en raison d'un manque de recul mais aussi de problèmes de faisabilité pratique. Nous n'avons donc pas été en mesure de remplir parfaitement l'objectif de cette étude. Les modalités de la restriction de sommeil sont donc cruciales et à considérer dès de la conception du protocole. En fonction de l'objectif et de la volonté de reproduire une situation réaliste, un protocole légèrement inapproprié peut donner lieu à des interprétations erronées et à des conclusions biaisées. Cependant, les effets de l'hypoxie et de la restriction de sommeil ont apporté de nouvelles informations intéressantes sur l'appétit et les préférences alimentaires. Enfin, l'absence de mesure des niveaux d'hormones orexigènes et anorexigènes limite l'interprétation des résultats. Leur inclusion devrait être prévue dans de futurs protocoles.

## 5. Conclusion

Une exposition courte de 3,5 heures à une hypoxie normobare ( $FIO_2 = 13,6 \%$ ,  $\sim 3500$  m) a suffi à réduire l'apport énergétique (AE) lors d'un déjeuner ad libitum, sans affecter la sensation de faim, mais avec une préférence accrue pour les aliments riches en graisses. De façon surprenante, une nuit de restriction de sommeil (RS) ( $< 3$  heures de sommeil) n'a pas modifié l'AE. La combinaison de l'hypoxie et de la RS n'a pas exacerbé les effets induits par l'altitude, suggérant qu'une nuit de sommeil altéré en altitude n'aggraverait pas l'effet anorexigène bien connu de l'hypoxie.

Ainsi, nos résultats indiquent qu'un randonneur ou un alpiniste dont le sommeil est altéré (moins de 3 heures de sommeil) durant sa première nuit en altitude (entre 3000 et 4000 m) devrait s'attendre à une diminution de l'appétit similaire à celle provoquée par l'hypoxie seule. Des études supplémentaires sur l'impact d'une restriction de sommeil prolongée permettraient de déterminer si cet effet persiste ou si une RS prolongée atténue les effets de l'hypoxie sur l'appétit.

## **6. Propositions de recommandations nutritionnelles**

### **6.1 Etat des connaissances**

Il est bien établi que lors d'efforts physiques, et notamment en haute altitude, la prise énergétique (et donc l'alimentation) joue un rôle primordial dans la performance sportive.

Il est également bien établi que l'exposition à l'hypoxie aiguë diminue l'appétit et l'apport énergétique (Matu et al., 2018), pouvant conduire à une perte de poids importante lorsque celle-ci est prolongée (Dunnwald et al., 2019). Un des mécanismes principaux de cette diminution d'appétit et de perte de poids est une modification hormonale de la balance orexigène / anorexigène (Karl et al., 2018).

La restriction de sommeil entraîne elle aussi des perturbations de la prise énergétique (habituellement augmentation de l'apport énergétique spontanée). (Gonzalez-Ortiz et al., 2020 ; Maloney et al., 2023). Ces perturbations sont cependant non systématiques et soumises à une grande variabilité individuelle.

Il n'existe que peu de données étudiant de façon combinée et contrôlée la restriction de sommeil et l'hypoxie alors que ces deux conditions sont souvent rencontrées ensemble lors de la pratique de l'alpinisme.

Sur le plan nutritionnel, des recommandations actuelles préconisent essentiellement une majoration des apports glucidiques car ils constituent un substrat énergétique de choix, permettent d'améliorer l'intolérance physique à l'hypoxie et participent à lutter contre le mal aigu des montagnes. Cependant, les études sur le comportement alimentaire en hypoxie ne rapportent pas de modifications concordantes de préférences alimentaires. En effet, un changement d'appétence en faveur des aliments gras et au détriment des aliments sucrés est souvent retrouvé. Les individus exposés à l'altitude ne se tourneraient donc pas spontanément vers des aliments glucidiques et il n'est donc pas certain qu'augmenter le contenu glucidique dans les aliments emportés soit suffisamment efficace pour répondre à la baisse d'appétit et à la baisse de prise énergétique.

Nous avons souhaité étudier de manière plus précise la prise énergétique et le comportement alimentaire en condition d'hypoxie et/ou restriction de sommeil afin d'essayer d'éclaircir les effets isolés et cumulés de ces deux contraintes.

## 6.2 Apports de la présente étude

Dans notre étude, nous avons pu mettre en évidence un apport énergétique plus faible en condition d'hypoxie (avec ou sans restriction de sommeil), Cependant, ceux-ci n'ont pas été augmentés après une restriction de sommeil en normoxie contrairement à ce que l'on s'attendait.

Nous n'avons pas mis en évidence de modification de la perception de faim, que ce soit en hypoxie ou en restriction de sommeil. Cependant, l'étude du comportement alimentaire à l'aide du LFPQ nous a permis de mettre en évidence des changements d'appétences alimentaires avec :

- Un *implicit wanting* majoré pour les aliments riches en graisse en conditions d'hypoxie et de restriction de sommeil ;
- Un *explicit liking* majoré pour les aliments gras en condition de restriction de sommeil.

Nous n'avons pas observé de modification d'appétence pour le goût sucré (quelle que soit la composante étudiée). Ces résultats sont concordants avec les données de la littérature et viennent renforcer les changements de préférences alimentaires en condition d'hypoxie notamment.

Notre étude permet également d'aider à documenter la littérature actuelle sur l'altitude minimale ayant des retentissements sur l'alimentation. Avec une altitude simulée de 3500m dans notre étude, nous obtenons des résultats concordants avec les études précédentes. Nous pouvons considérer que la zone de début de modification du comportement alimentaire se situe aux alentours de 3000m.

### 6.3 Propositions de recommandations nutritionnelles et règles hygiéno-diététiques

La littérature propose des recommandations nutritionnelles essentiellement basées sur la majoration des apports glucidiques (60% des apports totaux) compte tenu du fait qu'ils permettent de lutter contre la désaturation à l'hypoxie et qu'ils constituent un substrat énergétique de choix lors de l'activité physique

Notre étude, en plus d'études antérieures, met en évidence des changements de comportements alimentaires avec une appétence plus marquée pour les aliments riches en matières grasses.

#### 6.3.1 Alimentation

Ainsi, en condition d'exercice à haute altitude de **durée prolongée** (plusieurs jours, expéditions...), il conviendra pour lutter contre la perte excessive de poids de privilégier les aliments riches en matières grasses et protéines car ils semblent plus spontanément appréciés en altitude et ils permettent de mieux lutter contre la perte de poids grâce à leur plus forte densité calorique (1g lipides = 9 kcal vs 1g de glucides ou protéines = 4 kcal). Des aliments tels que des oléagineux (amandes, noisettes, noix pécan/cajou, graines de lin/courge), des barres riches en lipides/protéines, produits carnés (saucisson) ou laitiers (fromage) pour des collations ou des plats à réchauffer riches en lipides (conserves ou lyophilisés) pour des repas pourraient être adaptés. Compte-tenu du manque de recul scientifique, ces recommandations sont, à ce jour, théoriques et leur efficacité mérite d'être évaluée.

L'impact d'un éventuel manque de sommeil chronique lié aux altérations directes induites par l'exposition à l'hypoxie ou indirectes liées aux conditions dégradées de sommeil (dormir sous tente) sont incertaines. Bien que cette étude n'ait pas permis de mettre en lumière d'impact additionnel de la restriction de sommeil d'une nuit sur l'appétit, on peut s'attendre à ce qu'un sommeil perturbé sur plusieurs nuits finisse par augmenter l'appétit et vienne contrer les effets négatifs de l'altitude sur l'appétit. L'absence de données ne permet cependant pas de proposer des consignes particulières sur les effets possibles de la restriction de sommeil dans ces conditions particulières.

En conditions d'exercice à haute altitude de **durée brève** (un jour ou deux), une perte d'appétit est également à anticiper. Cependant, la durée d'exposition est insuffisante pour atteindre une perte pondérale préoccupante pour les performances. Le risque encouru se trouve plutôt dans la perte d'efficacité liée aux difficultés à renouveler les substrats énergétiques utilisés pendant l'effort, principalement les réserves en glycogène musculaire. Il faudra donc veiller à assurer des apports glucidiques suffisants pendant les périodes d'effort malgré une appétence potentiellement diminuée pour ce type d'aliments en recourant à des produits à forte composante glucidiques (boissons de l'effort, barres énergétiques, gels, compote...). Les participants doivent donc anticiper cela en sélectionnant des aliments qu'ils apprécient beaucoup, denses en énergie, faciles à utiliser et en préparant une planification nutritionnelle (pause toutes les heures pour consommer un aliment par exemple) décorrélée des sensations de faim. Ils pourront alterner avec des aliments riches en matières grasses (recettes lyophilisées salées) pendant les périodes de repas. Quoiqu'il en soit, si le sommeil est altéré pendant une à deux nuits, il est peu probable que le manque d'appétit général soit amélioré ou aggravé par cette restriction de sommeil.

### 6.3.2 Hydratation

Concernant l'hydratation, nous n'avons volontairement pas étudié l'impact de l'hypoxie et/ou de la restriction de sommeil sur la soif ou la prise hydrique compte-tenu de l'absence d'activité physique pendant l'exposition. Il est cependant évident qu'une hydratation adaptée en quantité est nécessaire lors de tout effort physique et ce d'autant plus en altitude du fait d'une majoration des pertes hydriques (hyperventilation, inhalation d'air sec, faiblesse des apports). En fonction du type d'effort (court et intense ou endurance), l'ajout de complément minéraux et en oligoéléments s'avèrera nécessaire.

### 6.3.3 Prévention du Mal Aigu des Montagnes

Enfin, toute exposition aiguë ou prolongée en altitude doit, en plus des mesures de nutritionnelles suscitées, tenir compte du mal aigu des montagnes. En effet, le mal aigu des montagnes est une cause fréquente d'échec ou de baisse des capacités physiques en alpinisme. Ainsi, il faudra prendre en compte une durée d'acclimatation suffisante selon l'objectif fixé (respect des gains d'altitude maximums journaliers et des altitudes de sommeil successives). Dans certains cas, une consultation médicale pré-expédition peut s'avérer nécessaire afin de dispenser des informations de prévention et parfois réaliser des examens médicaux complémentaires comme des tests d'efforts en hypoxie par exemple (dans le cas de personnes peu entraînées ou en cas de contraintes opérationnelles empêchant le bon respect de la période d'acclimatation).

## **Remerciements**

Les auteurs remercient le groupe d'investigateurs HYPSON : Haïk Ayounts, Ulysse Comte, Catherine Drogou, Marie-Claire Erkel, Françoise Gignoux-Huon, Clémentine Jacques, Romaric Jérôme, Émilie Louis-Delaunier, Carine Malle, Olivier Nespoulous, Michaël Quiquempoix, Théo Pinalie, Aurélie Servonnet, Julianne Touron, et Aurélie Trignol, pour leur contribution à ce travail.

## **Financement**

Le soutien financier a été apporté par le Service de Santé des Armées (SSA) et la Direction Générale de l'Armement par le biais des projets BIOMEDEF N° MRH1-0725 et MRH1-0727.

## **Conflits d'intérêts**

Aucun.

## **Droits d'auteurs**

PF, FS, MC et KC ont conçu l'étude. PC, PF, VB, AP, LD, VB, PVB, MG, FS et KC ont réalisé l'étude et collecté les données. PC et KC ont traité les données et effectué les analyses statistiques. Le laboratoire graphique (KC) a conçu les figures. PC et KC ont rédigé le manuscrit initial. Tous les auteurs ont relu et corrigé le manuscrit, puis approuvé le manuscrit final tel qu'il a été soumis.

## 7. References

- Aeberli I, Erb A, Spliethoff K, et al. Disturbed eating at high altitude: influence of food preferences, acute mountain sickness and satiation hormones. *European journal of nutrition* 2013;52(2):625-635; doi: 10.1007/s00394-012-0366-9.
- Al Khatib HK, Harding SV, Darzi J, et al. The effects of partial sleep deprivation on energy balance: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr* 2017;71(5):614-624; doi: 10.1038/ejcn.2016.201.
- Richalet JP, Lhuissier F, Jean D. Ventilatory Response to Hypoxia and Tolerance to High Altitude in Women: Influence of Menstrual Cycle, Oral Contraception, and Menopause. *High Alt Med Biol.* 2020 Mar;21(1):12-19. doi: 10.1089/ham.2019.0063. Epub 2019 Dec 19. PMID: 31855465.
- Amrhein V, Greenland S, McShane B. Scientists rise up against statistical significance. *Nature* 2019;567(7748):305-307; doi: 10.1038/d41586-019-00857-9.
- Askew EW. Food for high-altitude expeditions: Pugh got it right in 1954--a commentary on the report by L.G.C.E. Pugh: "Himalayan rations with special reference to the 1953 expedition to Mount Everest". *Wilderness & environmental medicine* 2004;15(2):121-124; doi: 10.1580/1080-6032(2004)015[0121:ffhepg]2.0.co;2.
- Bailey DM, Davies B, Milledge JS, et al. Elevated plasma cholecystokinin at high altitude: metabolic implications for the anorexia of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol* 2000;1(1):9-23; doi: 10.1089/152702900320649.
- Barclay H, Mukerji S, Kayser B, et al. Appetite, Hypoxia, and Acute Mountain Sickness: A 10-Hour Normobaric Hypoxic Chamber Study. *High Alt Med Biol* 2023; doi: 10.1089/ham.2023.0009.
- Beaumont M, Batejat D, Pierard C, et al. Zaleplon and zolpidem objectively alleviate sleep disturbances in mountaineers at a 3,613 meter altitude. *Sleep* 2007;30(11):1527-1533; doi: 10.1093/sleep/30.11.1527.
- Beedie P, Hudson S. Emergence of mountain-based adventure tourism. *Ann Tour Res* 2005;30:635-643; doi: 10.1016/S0160-7383(03)00043-4.
- Broussard JL, Kilkus JM, Delebecque F, et al. Elevated ghrelin predicts food intake during experimental sleep restriction. *Obesity* 2016;24(1):132-138; doi: 10.1002/oby.21321.
- Brunet JF, McNeil J, Jaeger Hintze L, et al. Interindividual differences in energy intake after sleep restriction: The role of personality and implicit attitudes toward food. *Appetite* 2022;169:105844; doi: 10.1016/j.appet.2021.105844.
- Charlot K, Pichon A, Richalet JP, et al. Effects of a high-carbohydrate versus high-protein meal on acute responses to hypoxia at rest and exercise. *Eur J Appl Physiol* 2013;113(3):691-702; doi: 10.1007/s00421-012-2472-z.

Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates 1988:567 p-567 p.

de Aquino Lemos V, Antunes HK, dos Santos RV, et al. High altitude exposure impairs sleep patterns, mood, and cognitive functions. *Psychophysiology* 2012;49(9):1298-1306; doi: 10.1111/j.1469-8986.2012.01411.x.

Debevec T. Hypoxia-Related Hormonal Appetite Modulation in Humans during Rest and Exercise: Mini Review. *Front Physiol* 2017;8:366; doi: 10.3389/fphys.2017.00366.

DiPasquale DM, Strangman GE, Harris NS, et al. Acute Mountain Sickness Symptoms Depend on Normobaric versus Hypobaric Hypoxia. *Biomed Res Int* 2016;2016:6245609; doi: 10.1155/2016/6245609.

Dunnwald T, Gatterer H, Faulhaber M, et al. Body Composition and Body Weight Changes at Different Altitude Levels: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol* 2019;10:430; doi: 10.3389/fphys.2019.00430.

Duraccio KM, Zaugg K, Jensen CD. Effects of Sleep Restriction on Food-Related Inhibitory Control and Reward in Adolescents. *Journal of pediatric psychology* 2019;44(6):692-702; doi: 10.1093/jpepsy/jsz008.

Fabries P, Gomez-Merino D, Sauvet F, et al. Sleep loss effects on physiological and cognitive responses to systemic environmental hypoxia. *Front Physiol* 2022;13:1046166; doi: 10.3389/fphys.2022.1046166.

Finlayson G, King N, Blundell J. The role of implicit wanting in relation to explicit liking and wanting for food: implications for appetite control. *Appetite* 2008;50(1):120-127; doi: 10.1016/j.appet.2007.06.007.

Finlayson G, King N, Blundell JE. Is it possible to dissociate 'liking' and 'wanting' for foods in humans? A novel experimental procedure. *Physiol Behav* 2007;90(1):36-42; doi: 10.1016/j.physbeh.2006.08.020.

Fuehrer J, McGowan J, Huecker MR. High Altitude Cardiopulmonary Diseases. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Jennifer McGowan declares no relevant financial relationships with ineligible companies. Disclosure: Martin Huecker declares no relevant financial relationships with ineligible companies., 2023.

Gatterer H, Roche J, Turner R, et al. Changes in body mass, appetite-related hormones, and appetite sensation in women during 4 days of hypobaric hypoxic exposure equivalent to 3,500-m altitude. *J Appl Physiol* (1985) 2023;134(1):133-141; doi: 10.1152/jappphysiol.00369.2022.

Girard O, Levine BD, Chapman RF, et al. "Living High-Training Low" for Olympic Medal Performance: What Have We Learned 25 Years After Implementation? *Int J Sports Physiol Perform* 2023;18(6):563-572; doi: 10.1123/ijsp.2022-0501.

Golja P, Flander P, Klemenc M, et al. Carbohydrate ingestion improves oxygen delivery in acute hypoxia. *High Alt Med Biol* 2008;9(1):53-62; doi: 10.1089/ham.2008.1021.

Gonzalez-Ortiz A, Lopez-Bautista F, Valencia-Flores M, et al. Partial sleep deprivation on dietary energy intake in healthy population: a systematic review and meta-analysis. *Nutricion hospitalaria* 2020;37(5):1052-1060; doi: 10.20960/nh.03108.

Greer SM, Goldstein AN, Walker MP. The impact of sleep deprivation on food desire in the human brain. *Nature communications* 2013;4:2259; doi: 10.1038/ncomms3259.

Heinzer R, Saugy JJ, Rupp T, et al. Comparison of Sleep Disorders between Real and Simulated 3,450-m Altitude. *Sleep* 2016;39(8):1517-1523; doi: 10.5665/sleep.6010.

Huang L, Gan LS, Law LY. Evaluation of a prototype ration aimed at increasing caloric intake in a field environment. *Mil Med* 2014;179(2):190-196; doi: 10.7205/MILMED-D-13-00210.

Jensen CD, Duraccio KM, Barnett KA, et al. Sleep duration differentially affects brain activation in response to food images in adolescents with overweight/obesity compared to adolescents with normal weight. *Sleep* 2019;42(4); doi: 10.1093/sleep/zsz001.

Karl JP, Cole RE, Berryman CE, et al. Appetite Suppression and Altered Food Preferences Coincide with Changes in Appetite-Mediating Hormones During Energy Deficit at High Altitude, But Are Not Affected by Protein Intake. *High Alt Med Biol* 2018;19(2):156-169; doi: 10.1089/ham.2017.0155.

Maloney A, Mengesteab S, Kallas N, et al. Sleep restriction by sleep timing late night or early wake: The impact on physical activity and dietary intake in adults. *Appetite* 2023;189:106996; doi: 10.1016/j.appet.2023.106996.

Matu J, Deighton K, Ispoglou T, et al. The effect of moderate versus severe simulated altitude on appetite, gut hormones, energy intake and substrate oxidation in men. *Appetite* 2017a;113:284-292; doi: 10.1016/j.appet.2017.02.041.

Matu J, Gonzalez JT, Ispoglou T, et al. The effects of hypoxia on hunger perceptions, appetite-related hormone concentrations and energy intake: A systematic review and meta-analysis. *Appetite* 2018;125:98-108; doi: 10.1016/j.appet.2018.01.015.

Matu J, O'Hara J, Hill N, et al. Changes in appetite, energy intake, body composition, and circulating ghrelin constituents during an incremental trekking ascent to high altitude. *Eur J Appl Physiol* 2017b;117(9):1917-1928; doi: 10.1007/s00421-017-3683-0.

McNeil J, Forest G, Hintze LJ, et al. The effects of partial sleep restriction and altered sleep timing on appetite and food reward. *Appetite* 2017;109:48-56; doi: 10.1016/j.appet.2016.11.020.

Meyhofer S, Chamorro R, Hallschmid M, et al. Late, but Not Early, Night Sleep Loss Compromises Neuroendocrine Appetite Regulation and the Desire for Food. *Nutrients* 2023;15(9); doi: 10.3390/nu15092035.

Oustric P, Thivel D, Dalton M, et al. Measuring food preference and reward: Application and cross-cultural adaptation of the Leeds Food Preference Questionnaire in human experimental research. *Food Quality & Preference* 2020;80; doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103824>.

Radcliffe PN, Whitney CC, Fagnant HS, et al. Severe sleep restriction suppresses appetite independent of effects on appetite regulating hormones in healthy young men without obesity. *Physiol Behav* 2021;237:113438; doi: 10.1016/j.physbeh.2021.113438.

Reynolds RD. Fat desire and fat intake at extreme altitude: observations from the "On Top Everest '89" Nutrition Research Expedition. *Wilderness & environmental medicine* 2005;16(4):232-233; doi: 10.1580/1080-6032(2005)16[232:fdafia]2.0.co;2.

Rihm JS, Menz MM, Schultz H, et al. Sleep Deprivation Selectively Upregulates an Amygdala-Hypothalamic Circuit Involved in Food Reward. *J Neurosci* 2019;39(5):888-899; doi: 10.1523/JNEUROSCI.0250-18.2018.

Roach RC, Hackett PH, Oelz O, et al. The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. *High Alt Med Biol* 2018;19(1):4-6; doi: 10.1089/ham.2017.0164.

Sikri G, Kotwal A, Singh SP, et al. Is it time to revise the acclimatization schedule at high altitude? Evidence from a field trial in Western Himalayas. *Medical journal, Armed Forces India* 2019;75(3):251-258; doi: 10.1016/j.mjafi.2018.01.001.

Simon SL, Field J, Miller LE, et al. Sweet/dessert foods are more appealing to adolescents after sleep restriction. *PLoS One* 2015;10(2):e0115434; doi: 10.1371/journal.pone.0115434.

Soltanieh S, Solgi S, Ansari M, et al. Effect of sleep duration on dietary intake, desire to eat, measures of food intake and metabolic hormones: A systematic review of clinical trials. *Clinical nutrition ESPEN* 2021;45:55-65; doi: 10.1016/j.clnesp.2021.07.029.

St-Onge MP. The role of sleep duration in the regulation of energy balance: effects on energy intakes and expenditure. *J Clin Sleep Med* 2013;9(1):73-80; doi: 10.5664/jcsm.2348.

St-Onge MP, Wolfe S, Sy M, et al. Sleep restriction increases the neuronal response to unhealthy food in normal-weight individuals. *Int J Obes (Lond)* 2014;38(3):411-416; doi: 10.1038/ijo.2013.114.

Tajiri E, Yoshimura E, Hatamoto Y, et al. Acute Sleep Curtailment Increases Sweet Taste Preference, Appetite and Food Intake in Healthy Young Adults: A Randomized Crossover Trial. *Behavioral sciences* 2020;10(2); doi: 10.3390/bs10020047.

Tajiri E, Yoshimura E, Tobina T, et al. Effects of sleep restriction on food intake and appetite under free-living conditions: A randomized crossover trial. *Appetite* 2023;189:106998; doi: 10.1016/j.appet.2023.106998.

Thivel D, Oustric P, Beaulieu K, et al. Development, sensitivity and reliability of a French version of the Leeds food preference questionnaire (LFPQ-fr) for the evaluation of food preferences and reward. *Physiol Behav* 2023;267:114187; doi: 10.1016/j.physbeh.2023.114187.

Tschop M, Morrison KM. Weight loss at high altitude. *Adv Exp Med Biol* 2001;502:237-247; doi: 10.1007/978-1-4757-3401-0\_16.

Van Egmond LT, Meth EMS, Engstrom J, et al. Effects of acute sleep loss on leptin, ghrelin, and adiponectin in adults with healthy weight and obesity: A laboratory study. *Obesity* 2023;31(3):635-641; doi: 10.1002/oby.23616.

Wasse LK, Sunderland C, King JA, et al. Influence of rest and exercise at a simulated altitude of 4,000 m on appetite, energy intake, and plasma concentrations of acylated ghrelin and peptide YY. *J Appl Physiol* 2011;112(4):552-559; doi: 10.1152/jappphysiol.00090.2011.

Wasse LK, Sunderland C, King JA, et al. Influence of rest and exercise at a simulated altitude of 4,000 m on appetite, energy intake, and plasma concentrations of acylated ghrelin and peptide YY. *J Appl Physiol* (1985) 2012;112(4):552-559; doi: 10.1152/jappphysiol.00090.2011.

## Légendes des figures

**Figure 1. Protocole de l'étude.** Déroulement de l'expérimentation avec horaires des tests, questionnaires et repas.

**Figure 2. Diagrammes en boîtes de l'apport énergétique au déjeuner servi *ad libitum*.** Les boîtes comprennent les quartiles de 25 à 75% et la médiane est représentée par la ligne horizontale dans la boîte. Les moustaches s'étendent jusqu'aux valeurs les plus élevées et les plus basses. \*différent de la condition NO-SN ( $p < 0.05$ )

**Figure 3. Diagrammes en boîte pour la prise alimentaire et la palatabilité.** La boîte englobe les quartiles de 25 à 27% et la médiane est représentée par la ligne horizontale à l'intérieur de la boîte. Les moustaches s'étendent des valeurs les plus basses aux valeurs les plus élevées. \*différence statistiquement significatives de la condition en normoxie (\* $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ).

**Figure 4. Scores composites de l'appétit dans les quatre conditions expérimentales.** Moyenne  $\pm$  écarts types. NO : Normoxie, HY : Hypoxie, NS : Sommeil Normal, RS : Restriction de Sommeil

**Figure 5. Diagrammes en boîte pour les scores de préférences alimentaires (*Explicit Liking et Implicit Liking*).** La boîte englobe les quartiles de 25 à 75% et la médiane est représentée par ligne horizontale à l'intérieur des boîtes. Les moustaches s'étendent aux valeurs les plus élevées et les plus basses. \*différent de la condition Sommeil Normal – Normoxie (\*\* $p < 0.01$  ; \*\*\*  $p < 0.001$ ). <sup>ααα</sup>différent des conditions de Sommeil Normal ( $p < 0,001$ ).

**Figure 6. Analyse du score de Lake Louise par participant (A) et diagrammes en boîte pour l'analyse de la saturation pulsée en oxygène (SpO<sub>2</sub> ; B).** La boîte englobe les quartiles de 25 à 75% et la médiane est représentée par ligne horizontale à l'intérieur des boîtes. Les moustaches s'étendent aux valeurs les plus élevées et les plus basses. \*\*\*différent de la condition en Normoxie (\*\* $p < 0.001$ ).



## SERMENT HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

## PLAQUE DU BARON PERCY

○...ALLEZ OU LA PATRIE ET L'HUMANITE ○  
VOUS APPELLENT SOYEZ Y TOUJOURS  
PRETS A SERVIR L'UNE ET L'AUTRE ET S'IL  
LE FAUT SACHEZ IMITER CEUX DE VOS  
GENEREUX COMPAGNONS QUI AU MEME POSTE  
SONT MORTS MARTYRS DE CE DEVOUEMENT  
INTREPIDE ET MAGNANIME  
QUI EST LE VERITABLE ACTE DE FOI  
DES HOMMES DE NOTRE ETAT.

---

**BARON PERCY**

CHIRURGIEN EN CHEF DE LA GRANDE ARMÉE  
○ AUX CHIRURGIENS SOUS-AIDES. 1811 ○





## Résumé

La privation de sommeil et l'hypoxie ont des effets opposés sur l'appétit. Comme l'hypoxie peut altérer le sommeil, il peut être intéressant d'évaluer les effets cumulés de ces deux facteurs de stress sur le comportement alimentaire (faim subjective, apport énergétique (AE) et préférences alimentaires ou *food reward*). Dix-sept jeunes hommes actifs et en bonne santé ont réalisé quatre sessions de 5 heures en normoxie (NO) ou en hypoxie normobare (HY,  $F_{I}O_2 = 13,6\%$ ,  $\sim 3500$  m d'altitude simulée), après une nuit de sommeil normale (SN, Temps de sommeil total (TST) > 6 h) ou une nuit de restriction de sommeil (RS, TST < 3 h). Les scores de faim ont été évalués régulièrement à l'aide d'échelles visuelles analogiques et l'apport énergétique (AE) au décours d'un déjeuner *ad libitum* après 3,5 heures d'exposition. Le *food reward* été évalué à l'aide du questionnaire de Leeds sur les préférences alimentaires juste avant le déjeuner. Comme prévu, l'AE était réduit dans les sessions HY-SN ( $4,32 \pm 0,71$  MJ ;  $p = 0,048$ ) et HY-RS ( $4,16 \pm 0,68$  MJ,  $p = 0,013$ ) en comparaison à la session NO-SN ( $4,90 \pm 0,84$  MJ) sans que ce ne soit associé à des symptômes gastro-intestinaux liés au mal des montagnes. Aucun effet de la restriction de sommeil seule n'a été observé (NO-RS :  $4,40 \pm 0,68$  MJ). La faim n'a pas été modifiée non plus. Concernant le *food reward*, l'*explicit liking* pour les aliments riches en graisses a augmenté avec la RS ( $p = 0,002$ ) et l'*implicit wanting* pour les aliments riches en graisses était plus élevée dans les sessions de NO-RS, d'HY-SN et d'HY-RS que dans la session de NO-RS ( $p < 0,006$ ). Ainsi, la RS d'une seule nuit n'a pas modifié l'appétit ou l'AE, et ce malgré une augmentation du *food reward* pour les aliments riches en graisses. La RS aiguë n'a pas non plus modifié les changements alimentaires induits par l'hypoxie.

**Mots clés :** hypoxie, altitude, prise énergétique, préférences alimentaires, LFPQ, *Food reward*, restriction de sommeil