

ANNEE 2020 - N° 20 – ...

LES BOISSONS D'EFFORT CHEZ LE COUREUR D'ULTRA-TRAIL

Étude quantitative observationnelle par auto-questionnaire

auprès des coureurs de l'Ultra-Trail du Mont Blanc ®

THÈSE

présentée et soutenue publiquement

le **26 octobre 2021** à 9h

pour obtenir le Diplôme d'Etat de

DOCTEUR EN MEDECINE

PAR

Margaux - VALLA

Né(e) le 09 mars 1992 à BESANÇON (Doubs)

La composition du jury est la suivante :

Président :	. Pr MICHEL Fabrice	Professeur
Directeur de la thèse :	. Dr MARAFFI Samuel	Docteur en Médecine
Juges :	. Dr LEPETZ Thierry	Maître de conférences
	. Pr DUMOULIN Gilles	Professeur

UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ
U.F.R. SCIENCES DE LA SANTE DE BESANÇON

DIRECTEUR	PROFESSEUR THIERRY MOULIN	
DIRECTEURS ADJOINTS	PROFESSEUR XAVIER BERTRAND	DOYEN PHARMACIE
	PROFESSEUR GILLES CAPELLIER	DIRECTEUR DES ETUDES
RESPONSABLE ADMINISTRATIVE	MME CAROLE COINTEAU	

DEPARTEMENT MEDECINE

PROFESSEUR Gilles CAPELLIER	DIRECTEUR DES ÉTUDES
PROFESSEUR JEAN-PAUL FEUGEAS	ASSESEUR 1ER CYCLE
PROFESSEUR MARIE-FRANCE SERONDE	ASSESEURS 2EME CYCLE
PROFESSEUR CATHERINE CHIROUZE	ASSESEURS 3EME CYCLE
PROFESSEUR SEBASTIEN AUBRY	COORDINATEUR MEDECINE
PROFESSEUR PATRICK GARBUIO	COORDINATEUR CHIRURGIE
PROFESSEUR JEAN-MICHEL PERROT	COORDINATEUR MEDECINE GENERALE

DEPARTEMENT PHARMACIE

PROFESSEUR XAVIER BERTRAND	DOYEN PHARMACIE
DOCTEUR LHASSANE ISMAILI (MCF)	DIRECTEUR DES ETUDES
PROFESSEUR SAMUEL LIMAT	COORDINATEURS 3E CYCLE
PROFESSEUR FRANCINE GARNACHE	

DEPARTEMENT MAÏEUTIQUE

BEATRICE LIEGEON VAN EIS (SAGE-FEMME)	COORDINATEURS PEDAGOGIQUES
DOCTEUR NICOLAS MOTTET (MCU-PH)	

DEPARTEMENT ODONTOLOGIE (PROVISOIRE)

PROFESSEUR CHRISTOPHE MEYER	COORDINATEUR PEDAGOGIQUE
-----------------------------	--------------------------

DEPARTEMENT SCIENCES DE LA REEDUCATION : ORTHOPHONIE

ALAIN DEVEVEY (MCF)	COORDINATEURS PEDAGOGIQUES
DOCTEUR ELOI MAGNIN (MCU-PH)	

DEPARTEMENT SCIENCES DE LA REEDUCATION : KINESITHERAPIE

DOCTEUR PIERRE DECAVEL (MCU-PH)	COORDINATEURS PEDAGOGIQUES
CHRISTOPHE DINET (KINESITHERAPIE - BESANÇON)	
ALEXANDRE KUBICKI (KINESITHERAPIE - BELFORT)	

DEPARTEMENT SCIENCES EN SOINS INFIRMIERS

CHRISTINE MEYER (SOINS INFIRMIERS)	COORDINATEURS PEDAGOGIQUES
DOCTEUR ANTOINE THIERY-VUILLEMIN (MCU-PH)	
PROFESSEUR FABRICE VUILLIER	

RELATIONS HUMAINES DE L'UFR

PROFESSEUR SYLVIE NEZELOF	ASSESEUR
---------------------------	----------

COMMISSION SCIENTIFIQUE DE L'UFR

PROFESSEUR DANIEL WENDLING (PRESIDENT)	ASSESEUR RECHERCHE
PROFESSEUR EMMANUEL HAFFEN	CONSEILLERS
PROFESSEUR FREDERIC MAUNY	
PROFESSEUR FRANCINE GARNACHE	

CHARGES DE MISSIONS

*COMUE/ FORMATIONS
PARAMEDICALES /RELATIONS
UFC*

PROFESSEUR BERNARD PARRATTE	CONSEILLER
-----------------------------	------------

FORMATION CONTINUE

PROFESSEUR REGIS AUBRY	COORDINATEURS
MME SYLVIE DEVAUX (MCF)	

HISTOIRE DE LA MEDECINE

PROFESSEUR LAURENT TATU	COORDINATEURS
DOCTEUR PHILIPPE MERCET	

RELATIONS INTERNATIONALES

PROFESSEUR KATY JEANNOT	COORDINATEURS
DOCTEUR SOPHIE BOROT (MCU-PH)	
DOCTEUR OLEG BLAGOSKLONOV (MCU-PH)	

MÉDECINE

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

M.	Olivier	ADOTEVI	IMMUNOLOGIE
M.	Frédéric	AUBER	CHIRURGIE INFANTILE
M.	François	AUBIN	DERMATO-VÉNÉRÉOLOGIE
M.	Sébastien	AUBRY	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MÉDICALE
M.	Jamal	BAMOULID	IMMUNOLOGIE
Mme	Alessandra	BIONDI	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MÉDICALE
M.	Christophe	BORG	CANCÉROLOGIE
M.	Hatem	BOULAHDOUR	BIOPHYSIQUE ET MÉDECINE NUCLÉAIRE
M	Gilles	CAPELLIER	RÉANIMATION
Mme	Catherine	CHIROUZE	MALADIES INFECTIEUSES
M	Sidney	CHOCRON	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
Mme	Cécile	COURIVAUD	NÉPHROLOGIE
M.	Siamak	DAVANI	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
M.	Benoît	DE BILLY	CHIRURGIE INFANTILE
M.	Eric	DECONINCK	HÉMATOLOGIE
M	Eric	DELABROUSSE	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MÉDICALE
M.	Bernard	DELBOSC	OPHTALMOLOGIE
M.	Thibaut	DESMETTRE	MÉDECINE D'URGENCE
M.	Vincent	DI MARTINO	HÉPATOLOGIE
M.	Didier	DUCLoux	NÉPHROLOGIE
M.	Jean-Paul	FEUGEAS	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
M	Patrick	GARBUIO	CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
M.	Emmanuel	HAFFEN	PSYCHIATRIE D'ADULTES
M.	Georges	HERBEIN	VIROLOGIE
M.	Bruno	HEYD	CHIRURGIE GÉNÉRALE
M.	Didier	HOCQUET	HYGIÈNE HOSPITALIÈRE
Mme	Katy	JEANNOT	BACTÉRIOLOGIE - VIROLOGIE
M	François	KLEINCLAUSS	UROLOGIE
M.	Daniel	LEPAGE	ANATOMIE
M.	Eloi	MAGNIN	NEUROLOGIE
Mme	Nadine	MAGY-BERTRAND	MEDECINE INTERNE
M.	Frédéric	MAUNY	BIostatistiques, INFORMATIQUE MÉDICALE ET TECHNOLOGIE DE COMMUNICATION
M.	Nicolas	MENEVEAU	CARDIOLOGIE
M.	Christophe	MEYER	CHIRURGIE MAXILLO FACIALE ET STOMATOLOGIE
M.	Fabrice	MICHEL	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
Mme	Laurence	MILLON	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE
Mme	Elisabeth	MONNET	EPIDÉMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTÉ ET PRÉVENTION
M.	Thierry	MOULIN	NEUROLOGIE
Mme	Sylvie	NEZELOF	PÉDOPSYCHIATRIE
M	Laurent	OBERT	CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
M.	Sébastien	PILI-FLOURY	ANESTHÉSIOLOGIE RÉANIMATION
M.	Gaël	PITON	RÉANIMATION MEDIALE
M.	Patrick	PLESIAT	BACTÉRIOLOGIE - VIROLOGIE
M.	Clément	PRATI	RHUMATOLOGIE
M	Jean-Luc	PRETET	BIOLOGIE CELLULAIRE
M.	Rajeev	RAMANAH	GYNÉCOLOGIE - OBSTÉTRIQUE

M.	Simon	RINCKENBACH	CHIRURGIE VASCULAIRE
M.	Christophe	ROUX	BIOLOGIE ET MÉDECINE DU DÉVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION
M	Emmanuel	SAMAIN	ANESTHÉSIOLOGIE RÉANIMATION
M.	François	SCHIELE	CARDIOLOGIE
Mme	Marie-France	SERONDE	CARDIOLOGIE
M	Laurent	TATU	ANATOMIE
M.	Laurent	TAVERNIER	OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE
M.	Thierry	THEVENOT	HÉPATOLOGIE
M.	Laurent	THINES	NEUROCHIRURGIE
M.	Gérard	THIRIEZ	PÉDIATRIE
M.	Pierre	TIBERGHIE	IMMUNOLOGIE
M.	Eric	TOUSSIROT	THÉRAPEUTIQUE
M.	Pierre	VANDEL	PSYCHIATRIE D'ADULTES
M.	Lionel	VAN MALDERGEM	GÉNÉTIQUE
M.	Fabrice	VUILLIER	ANATOMIE
Mme	Lucine	VUITTON	GASTRO-ENTEROLOGIE
M.	Daniel	WENDLING	RHUMATOLOGIE
Mme	Virginie	WESTEEL-KAULEK	PNEUMOLOGIE

PROFESSEURS EMÉRITES

M.	Jean-Luc	BRESSON	BIOLOGIE ET MÉDECINE DU DÉVELOPPEMENT ET DE LA REPRODUCTION
M.	Jean-Luc	CHOPARD	MEDECINE LEGALE
M.	Alain	CZORNY	NEUROCHIRURGIE
M.	Gilles	DUMOULIN	PHYSIOLOGIE
M.	Dominique	FELLMANN	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE
M.	Georges	MANTION	CHIRURGIE GÉNÉRALE
Mme	Christiane	MOUGIN	BIOLOGIE CELLULAIRE
M.	Bernard	PARRATTE	ANATOMIE
M.	Daniel	SECHTER	PSYCHIATRIE D'ADULTES
Mme	Dominique	VUITTON	IMMUNOLOGIE

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	Cindy	BARNIG	PNEUMOLOGIE
Mme	Anne-Pauline	BELLANGER	PARASITOLOGIE
Mme	Djamila	BENNABI	PSYCHIATRIE D'ADULTES
M.	Matthieu	BEREAU	THERAPEUTIQUE NEUROLOGIE
M.	Guillaume	BESCH	ANESTHESIE REANIMATION
Mme	Sophie	BOROT	ENDOCRINOLOGIE, DIABÈTE ET MALADIES MÉTABOLIQUES
Mme	Malika	BOUHADDI	PHYSIOLOGIE
M.	Kévin	BOUILLER	MALADIES INFECTIEUSES
M.	Yann	CHAUSSY	CHIRURGIE INFANTILE
M.	Alain	COAQUETTE	VIROLOGIE
Mme	Elsa	CURTIT	CANCÉROLOGIE
M.	Etienne	DAGUINDAU	HEMATOLOGIE
M.	Maxime	DESMARETS	ÉPIDEMIOLOGIE, ECONOMISE DE LA SANTE ET PREVENTION

M.	Paul	KUENTZ	GENETIQUE
M.	Zaher	LAKKIS	CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE
M.	Quentin	LEPILLER	BACTERIOLOGIE VIROLOGIE, HYGIENE HOSPITALIERE
Mme	Elisabeth	MEDEIROS	NEUROLOGIE
M.	Nicolas	MOTTET	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
M	Patrice	MURET	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
M.	Fabien	PELLETIER	DERMATO-VÉNÉRÉOLOGIE
Mme	Isabelle	PLUVY	CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE
Mme	Anaïs	POTRON	BACTÉRIOLOGIE - VIROLOGIE
Mme	Lucie	SALOMON DU MONT	CHIRURGIE VASCULAIRE
M.	Antoine	THIERY-VUILLEMIN	CANCÉROLOGIE
M.	Frank	VERHOEVEN	RHUMATOLOGIE
Mme	Lauriane	VULLIEZ COADY	PEDO-PSYCHIATRIE

ENSEIGNANTS ASSOCIÉS

M.	Régis	AUBRY	PR associé THÉRAPEUTIQUE
M.	Rémi	BARDET	PR associé MÉDECINE GÉNÉRALE
M.	Pascal	JORDAN	PR associé MÉDECINE GÉNÉRALE
M.	Chong Hun Stephano	KIM	PR associé ONCOLOGIE
M.	José-Philippe	MORENO	PR associé MÉDECINE GÉNÉRALE
M.	Jean-Michel	PERROT	PR associé MÉDECINE GÉNÉRALE
Mme	Anne-Lise	BOLOT	MCF associé MÉDECINE GÉNÉRALE
M.	Benoit	DINET	MCF associé MÉDECINE GÉNÉRALE
M.	Thierry	LEPETZ	MCF associé MÉDECINE GÉNÉRALE
M.	Thomas	RODRIGUEZ	MCF associé MÉDECINE GÉNÉRALE
Mme	Esther	SZWARC	MCF associé SANTE AU TRAVAIL
Mme	Anne-Lise	TREMEAU	MCF associé MÉDECINE GÉNÉRALE

PHARMACIE

PROFESSEURS

M.	Xavier	BERTRAND	MICROBIOLOGIE - INFECTIOLOGIE
Mme	Céline	DEMOUGEOT	PHARMACOLOGIE
Mme	Francine	GARNACHE-OTTOU	HÉMATOLOGIE
Mme	Corine	GIRARD	PHARMACOGNOSIE
M.	Yann	GODET	IMMUNOLOGIE
M.	Frédéric	GRENOUILLET	PARASITOLOGIE-MYCOLOGIE
M.	Yves	GUILLAUME	CHIMIE ANALYTIQUE
M.	Lhassane	ISMAILI	CHIMIE ORGANIQUE
M.	Samuel	LIMAT	PHARMACIE CLINIQUE
M.	Dominique	MEILLET	PARASITOLOGIE – MYCOLOGIE
Mme	Virginie	NERICH	PHARMACIE CLINIQUE
M.	Bernard	REFOUVELET	CHIMIE ORGANIQUE ET THERAPEUTIQUE
M.	Philippe	SAAS	IMMUNOLOGIE
Mme	Marie-Christine	WORONOFF-LEMSI	PHARMACIE CLINIQUE

PROFESSEUR EMÉRITE

Mme Françoise **BEVALOT** PHARMACOGNOSIE

MAITRES DE CONFÉRENCES

Mme	Claire	ANDRE	CHIMIE ANALYTIQUE
Mme	Aurélie	BAGUET	BIOCHIMIE
M.	Arnaud	BEDUNEAU	PHARMACIE GALÉNIQUE
M.	Laurent	BERMONT	BIOCHIMIE
M.	Oleg	BLAGOSKLONOV	BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE
Mme	Oxana	BLAGOSKLONOV	GÉNÉTIQUE
M.	Eric	CAVALLI	CHIMIE PHYSIQUE ET MINÉRALE
M.	Jean-Patrick	DASPET	BIOPHYSIQUE
Mme	Sylvie	DEVAUX	PHYSIOLOGIE
Mme	Jeanne	GALAINÉ	SCIENCES BIOLOGIQUES, FONDAMENTALES ET CLINIQUES
Mme	Isabelle	LASCOMBE	BIOCHIMIE / ISIFC
Mme	Carole	MIGUET ALFONSI	TOXICOLOGIE
M.	Johnny	MORETTO	PHYSIOLOGIE
M.	Frédéric	MUYARD	PHARMACOGNOSIE
M.	Yann	PELLEQUER	PHARMACIE GALÉNIQUE
M.	Marc	PUDLO	CHIMIE THÉRAPEUTIQUE
Mme	Nathalie	RUDE	BIOMATHÉMATIQUES ET BIostatISTIQUES
Mme	Perle	TOTOSON	PHARMACOLOGIE

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Alain	DEVEVEY	MAITRE DE CONFÉRENCES EN ORTHOPHONIE
Mme	Geneviève	MERELLE	ENSEIGNANTE CONTRACTUELLE EN ORTHOPHONIE
Mme	Sophie	SALTARELLI	ENSEIGNANTE CONTRACTUELLE EN ORTHOPHONIE
Mme	Florence	VAN LANDUYT	PAST PHARMACIE CLINIQUE – OFFICINE

REMERCIEMENTS AUX MEMBRES DU JURY

Au Président de ce jury,

Monsieur le Professeur Fabrice MICHEL, Professeur de Médecine Physique et de Réadaptation

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et de juger mon travail de thèse. Je vous remercie de l'intérêt que vous y portez.

Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et de mes sentiments les plus respectueux.

A mon directeur de thèse et membre du jury,

Monsieur de Docteur Samuel Maraffi, Docteur en Médecine

Merci de m'avoir accompagné dans ce projet.

Je te remercie également de ta disponibilité et de tes précieux conseils qui ont rendu cette rédaction de thèse beaucoup plus agréable.

Merci du temps que tu as consacré à notre travail

Au membre de ce jury,

Monsieur de Docteur Thierry Lepetz, Maître de conférence associé de Médecine Générale

Je vous remercie d'avoir accepté d'être membre de ce jury, et d'avoir jugé mon travail.

Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et de mes sentiments les plus respectueux.

Au membre de ce jury,

Monsieur le Professeur Gilles Dumoulin, Professeur de Physiologie

Merci d'avoir accepté d'être membre de ce jury et d'avoir jugé mon travail de thèse.

Merci pour vos précieux conseils et du temps consacré à mon travail

Soyez assuré de ma sincère reconnaissance et de mes sentiments les plus respectueux.

REMERCIEMENTS PERSONNELS

To my mom, I wish you could have been by my side. I can't thank you enough for supporting and encouraging me. You will always be the best mom. I love you.

À mon papa, je ne sais pas ce que je serais devenue sans toi. Merci pour ta patience, ta bienveillance et la générosité. Tu es le meilleur papa. Je t'aime

À mes tatas Françoise et Cathy, merci d'être là à chaque étape de ma vie.

À mon papy et ma mamie.

À mamie Blue, merci d'être ma mamie d'adoption.

To my lolo, my lola, my tita Erika, my tita Emma, my tita Devy and my tito Rommel

To kuya Christian, thank you for helping me translate my survey. I'm waiting for you in France

À Steve, merci de ton soutien et de ton amour. Je suis si heureuse de partager ta vie. Je t'aime.

À ma belle-famille, Christine, René et Kévin.

À Dalila, tu es comme une sœur pour moi. Merci d'être ma meilleure amie depuis nos deux ans, dans les meilleurs comme dans les pires moments. Merci à Mohamed, Saida, Tilila, Maryame de m'avoir acceptée comme la 4^{ème} fille Assoul.

À Amandine, Manon et Audrey, plus de dix ans d'amitié à notre actif. J'aime notre petite bande (qui s'agrandit !) et je vous remercie infiniment de faire partie de ma vie. Je vous aime les filles. Sans oublier JB, notre acolyte de toujours !

À Pierre, mon binôme. Merci de m'avoir accompagné dans ses dures années de labeur. Les heures passées à la BU auraient été beaucoup moins drôle sans toi !

À Aurore, merci pour tous ces merveilleux repas en ta compagnie !

À mes anciennes colocs, Léa et Lucie. Merci pour ces belles années au Faubourg Tarragnoz. À MC La Laude, Manon, Clémence. À quoi aurait ressemblé mon externat sans les « Cornichons » ?

À mes précieuses copines rencontrées à l'internat : Magali, Marianne, Cécile, Laure, Alix, Béré. Merci d'avoir rendu mon internat si joyeux et plein de rires. Et mille merci Laure de ton soutien et de ta formation express sur Word !

À ma super chef Anne, je ne regrette absolument pas d'avoir choisi ce stage de rhumato qui m'a permis de te rencontrer !

À tous mes chefs et collègues avec qui j'ai pu travailler, merci pour votre pédagogie.

À ma bibi et mama

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette École, de mes chers condisciples, je promets et je jure, au nom de l'Être Suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité, dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me sont confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

SOMMAIRE

ABRÉVIATIONS

INTRODUCTION :

1. Le Trail-running
2. Le « traileur » et le recours médical
3. Les boissons de l'effort en trail-running
4. L'objet de ce travail

PARTIE 1 : ÉTAT DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES BOISSONS DE L'EFFORT EN ULTRA-TRAIL

1. L'hydratation au cours de l'effort
2. Apports en minéraux et oligo-éléments
3. Apports en macronutriments
4. Physiopathologie du système gastro-intestinal en ultra-trail
5. Conclusion

PARTIE 2 : TRAVAUX PERSONNELS : L'UTILISATION ET LA CONNAISSANCE DES BOISSONS DE L'EFFORT CHEZ LES COUREURS D'ULTRA-TRAIL

1. Matériel et méthode
2. Résultats
3. Discussion
4. Conclusion

ANNEXES

BIBLIOGRAPHIE

PLAN DÉTAILLÉ

ABRÉVIATIONS

AA : Acides Aminés

ACSM: *American College of Sports Medicine*

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AINS : Anti-Inflammatoire Non Stéroïdien

AJR : Apports Journaliers Recommandés

AMM : Association Médicale Mondiale

ATP : Adénosine TriPhosphate

BCAA : *Branched Chain Amino Acid*

CCC® : Courmayeur- Champex-Chamonix

EAH : *Exercise-Associated Hyponatremia*

FFA : Fédération Française d'Athlétisme

HAS : Haute Autorité de Santé

GLUT : Transporteur du Glucose

IG: Index glycémique

ITRA: *International Trail Running Association*

K+ : Potassium

Mg : Magnésium

MCC® : De Martigny-Combe à Chamonix

Na+ : Sodium

OCC ® : Orsières-Champex-Chamonix

PTL® : La Petite Trotte à Léon

SGLT1: Co transporteur Sodium-Glucose 1

SIADH : Sécrétion Inappropriée d'Hormone Anti-Diurétique

SNC : Système Nerveux Central

SUDOC : Système Universitaire de Documentation

TCM : Triglycérides à Chaine Moyenne

TDS® : Sur les Traces des Ducs de Savoie

TG : Triglycérides

UTMB® : Ultra-Trail du Mont-Blanc

VES : Volume d'Éjection Systolique

INTRODUCTION

1. Le trail-running

Souvent vulgarisé comme « de la course à pied en montagne », le trail-running est une discipline à part entière, avec ses spécificités et particularités.

Le trail-running, de l'anglais signifiant « chemin » ou « sentier », se définit par la pratique de la course à pied en pleine nature. Il regroupe de nombreux formats dont le point commun est de se pratiquer dans un environnement naturel avec le minimum possible de routes cimentées ou goudronnées (20% au maximum de la distance totale) selon la définition officielle de l'International Trail Running Association (ITRA) (22).

Les premières courses de trail-running ont été organisées aux États-Unis en Californie avec la Dipsea Trail Race (1905). Le Western States 100-Mile Endurance Run (1974) et le Leadville Trail 100 (1983) font également parti des premières courses de la discipline, suivis de près par le Marathon des Sables au Maroc (1986) et du Grand Raid de La Réunion (1989). Le trail a connu un essor en Europe dans les années 2000 avec la première édition de l'Ultra Trail du Mont-Blanc ® (UTMB ®) en 2003. Toutefois, il faudra attendre 2015 pour que cette pratique devienne une discipline officielle de l'athlétisme international (World Athletics).

Le trail est donc un sport d'endurance se pratiquant sur des terrains naturellement irréguliers (montagne, forêt, campagne, désert) et comprenant souvent une partie de dénivelé. La Fédération Française d'Athlétisme (FFA) a classé ces épreuves en fonction des distances à parcourir :

- Course nature, comprenant les distances de moins de 21 km.
- Trail court, comprenant les distances entre 21 et 42 km.
- Trail long, comprenant les distances entre 42 et 80 km.
- Ultra-trail, comprenant les distances de plus de 80 km.

L'ITRA utilise un autre classement basé sur la notion de « km-effort » (22). Les « km-effort » d'une course sont calculés en prenant en compte la distance mais aussi le dénivelé de la course :

- En distance : 1 km = 1 km-effort
- En vertical : 100 m de dénivelé = 1 km-effort

Sur cette base, chaque course est ensuite répertoriée selon son niveau de difficulté avec des « points ITRA »

Le trail-running se distingue donc par un ensemble de caractéristiques (particularité du terrain, conditions climatiques et environnementales, altitude, distances et durée, autosuffisance alimentaire partielle ou complète) qui contribuent à faire de lui une discipline très spécifique.

Malgré ces conditions, les coureurs de trails sont de plus en plus nombreux. De 2013 à 2019, l'ITRA a enregistré 25 700 courses dans 195 pays pour plus de 1,77 million de pratiquants (22). De même, les demandes d'inscription pour l'UTMB ® en 2021 ont augmenté de 25 % avec près de 32 000 demandes pour les différents formats de course. L'ultra-trail est un sport de « maturité » avec une moyenne d'âge estimée à 45 ans (32). Cette population comprend plusieurs « profils » : ceux dont

l'objectif est le classement, ceux qui recherchent une performance et, ceux qui veulent simplement se lancer le défi de terminer la course.

Classification ITRA

Catégorie	Points ITRA	Distance « à plat » en km
XXS	0	0-24
XS	1	24-44
S	2	45-74
M	3	75-114
L	4	115-154
XL	5	155-209
XXL	6	> 210

2. Le « traileur » et le recours médical

En consultation médicale, il est de plus en plus courant d'avoir à prendre en charge des sportifs pratiquant cette discipline :

- Demande de certificats médicaux de non contre-indication à la pratique
- Problèmes médicaux induites par cette pratique: traumatologiques (lésions musculaires, myotendineuses, ligamentaires, osseuses, articulaires, qu'elles soient aiguës ou chroniques), dermatologiques (phlyctènes, dermabrasions, plaies), gastro-intestinaux (douleurs abdominales, nausées, vomissements, diarrhées), métaboliques (déshydratation, hypoglycémie), cardiovasculaires (dyspnée, douleurs thoraciques, malaises), fatigue (aiguë, surentrainement) ou en lien avec l'environnement (hypothermie, hyperthermie, mal aigu ou chronique des montagnes), etc.

De plus, au-delà de la simple pathologie musculo-squelettique, les troubles gastro-intestinaux et métaboliques sont très fréquents, nous amenant régulièrement à aborder la thématique de « l'alimentation et l'hydratation durant l'effort ».

Pour illustration, en compétition, les abandons sont nombreux et de causes multiples : problèmes médicaux, traumatismes, dépassement de la barrière horaire, conditions climatiques difficiles, fatigue. Néanmoins, les problèmes médicaux en restent le motif principal. Dans une étude récente s'intéressant à l'épidémiologie des maladies et blessures rencontrées en ultra-trail, *C.T. Viljoen* a observé que (9) :

- Les lésions cutanées sont les blessures les plus souvent retrouvées.
- Les symptômes les plus fréquents sont les troubles gastro-intestinaux, comprenant les nausées et/ou vomissements, douleurs abdominales et diarrhées.

Cette dernière entité et son lien avec les boissons utilisées pendant l'effort en ultra-trail sont au cœur de notre travail.

3. Les boissons de l'effort en trail-running

Pendant un exercice, environ 75% de l'énergie produite par l'organisme se dissipe sous forme de chaleur. Les 25% d'énergie restant sont utilisés pour l'effort mécanique. Pour évacuer cette chaleur, l'organisme dispose de mécanismes dit de thermorégulation. Le but est de maintenir une température corporelle à 37°C pour favoriser son bon fonctionnement.

Le vecteur principal de la thermorégulation au cours de l'effort est la sudation, sécrétée par les glandes sudoripares, permettant les échanges avec le milieu extérieur. La sueur est principalement composée d'eau et de sodium, mais également de potassium, calcium et magnésium en plus petites quantités. La quantité de sueur produite au cours de l'exercice varie entre 0.5 et 3 L/h. Il existe donc certains facteurs influençant le débit sudoral, et donc la perte en eau et minéraux au cours de l'effort physique (9) :

- Facteurs intrinsèques : Sexe, âge, alimentation, poids corporel, prédisposition génétique, capacité de système cardio-vasculaire et métabolique, pathologies sous-jacentes
- Facteurs extrinsèques : Type d'activité (intensité et durée), conditions environnementales (température, taux d'humidité, ensoleillement, altitude), vêtements.

En ultra-trail, les sportifs peuvent réaliser plus de cinquante heures d'effort en continu, ce qui implique une bonne condition physique et un entraînement spécifique. Pour compenser d'une part les dépenses énergétiques et, d'autre part, les pertes hydriques et électrolytiques, les coureurs doivent adopter une alimentation et une hydratation adaptée, répondant à leurs besoins.

Avec l'essor de la course à pied, le commerce de la nutrition dédiée aux sportifs s'est développé et diversifié. Le marché mondial de la nutrition sportive était de 12 milliards de dollars en 2020 et devrait atteindre 22 milliards de dollars en 2028 (37).

Les boissons sportives représentent une part considérable de ce marché : il existe des boissons spécifiques avant, pendant et, après l'activité. Notre travail s'intéressera uniquement aux boissons utilisées au cours de l'effort (boissons de l'effort). Elles permettent d'optimiser l'hydratation et de couvrir les besoins en glucides et, électrolytes principalement. Son utilisation est généralement recommandée pendant des efforts d'endurance long (>90 minutes). Ces boissons sont dites « énergétiques » et ne sont pas à confondre avec les boissons dites « énergisantes » inadaptées à la pratique sportive.

La composition des boissons de l'effort peut être différente en fonction des fabricants. De manière générale, on y trouve, à des concentrations variables :

- Des glucides, permettant un apport énergétique.
- Des minéraux, comme le sodium et le potassium
- Parfois, des vitamines et des antioxydants.

Aspect législatifs et réglementaires : L'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a évalué, en 2006, la validité des arguments avancé par les industriels et la recevabilité de leurs

allégations concernant les boissons de l'effort (3). L'expertise de l'AFSSA a été sollicitée pour les points suivants :

- Teneur minimale en glucides.
- L'intérêt d'une complémentation en vitamines et minéraux et la spécification de limites maximales pour les sportifs.
- L'intérêt des boissons riches en protéines.

Aussi, depuis 2012, les boissons d'effort font l'objet d'une réglementation (la norme qualité NF V94-001) garantissant l'absence de substances dopantes (36). Cependant, cette norme n'a pas été rendue obligatoire.

4. L'objet de ce travail

Devant l'augmentation du nombre de pratiquants, la démocratisation de l'ultra-trail, la fréquence des problèmes médicaux liés directement ou indirectement à l'utilisation des boissons de l'effort durant ces épreuves, leur diversité sur le marché, nous nous sommes interrogés sur : **quelles sont les habitudes des sportifs d'ultra-trail en termes de boissons d'effort au regard des connaissances actuelles de la science dans ce domaine ?**

C'est pour répondre à cette question que nous avons réalisé ce travail qui comprend deux parties :

- Premièrement, nous avons essayé de sélectionner la littérature la plus pertinente afin de faire le point sur les principaux paramètres d'une boisson de l'effort en ultra-trail.
- Dans nos travaux personnels, nous avons recueilli, via un auto-questionnaire, des données de terrain dans une population de coureurs d'ultra-trail pour évaluer l'utilisation personnelle de leur boisson d'effort.

L'intérêt de ce travail est de comparer nos résultats avec la littérature actuelle afin de faire un état des lieux et d'adapter nos conseils médicaux.

PARTIE 1 : ÉTAT DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES BOISSONS DE L'EFFORT EN ULTRA-TRAIL

1. L'hydratation au cours de l'effort

En pratique médicale, il est souvent conseillé à un sportif de « s'hydrater correctement », surtout par environnement chaud. Cette notion « d'hydratation correcte » reste très subjective et variable.

Les complications liées au métabolisme hydrique en ultra-trail sont de plusieurs ordres : d'une part éviter la déshydratation mais d'autre part d'éviter la situation inverse, et de prévenir l'hyponatrémie de dilution engendrée par l'hyperhydratation.

Certains auteurs affirment que la déshydratation est un des éléments les plus important, expliquant la contre-performance mais aussi les problèmes digestifs et métaboliques durant l'effort. L'American College of Sports Medicine (ACSM) et l'Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians, of Canada recommandent aux sportifs de boire suffisamment et de façon régulière pendant l'effort afin de maintenir une déshydratation inférieure à 2 % de la masse corporelle totale (33). De même, d'autres attestent qu'une perte de poids supérieur à 2% lors d'un exercice physique de plus de 90 minutes diminuerait la performance sportive (35). En découle le conseil de s'hydrater par petites gorgées toutes les 15 à 20 minutes, sans attendre la sensation de soif.

Certains soutiennent qu'il est préférable de boire selon la sensation de soif, sans insister et sans notion de prises régulières dans le but de prévenir l'hyponatrémie de dilution et de limiter les troubles gastro-intestinaux. *T. Noakes* a été un des premiers scientifiques à mettre en garde contre l'hyperhydratation au cours de l'effort. En 1990, il avait identifié, dans une cohorte de 315 coureurs ayant fait un malaise après une épreuve de course à pied de 90 km, 27 coureurs (9%) souffrant d'hyponatrémie symptomatique (45). Dans une autre étude menée lors de cinq épreuves d'ultra-trails de 161 km, la prévalence d'hyponatrémie était de 15% (10).

a. La déshydratation

La déshydratation est la conséquence d'une perte hydrique induite par la thermorégulation, qui est important lors d'un exercice physique, surtout s'il est intense et prolongé. Il peut induire, à différents degrés (29) :

- Une diminution de la performance physique avec un risque de fatigue, maux de tête, lourdeur dans les jambes, essoufflement, etc.
- Une modification de la fonction cardio-vasculaire : l'hypovolémie entraîne une tachycardie réactionnelle haute par rapport à l'intensité de l'effort. Cette tachycardie est due à la diminution du volume d'éjection systolique (VES). Il se produit aussi une baisse de la pression artérielle.
- Une altération des capacités mentales et cognitives avec une perte de vigilance.

- Une perte de la capacité de thermorégulation survenant pour un état de déshydratation avancé. Elle engendre une augmentation de la chaleur interne, provoquant une dysfonction des organes, des muscles et du système nerveux central (SNC) : c'est ce qu'on appelle l'hyperthermie maligne, pouvant être fatale.

C'est un cercle vicieux : la déshydratation, limitant la volémie, abouti à une thermolyse inadaptée, et donc indirectement à une défaillance de l'homéostasie thermique, et une dérive vers l'hyperthermie, aggravant la déshydratation...

La littérature rapporte fréquemment la survenue de déshydratation corrélée à la perte de poids due à l'effort physique : une perte de plus de 2% de la masse corporelle risquerait d'engendrer certaines complications précédemment citées (30). Néanmoins, d'autres facteurs doivent être inclus (17) :

- Lors de l'oxydation des substrats énergétiques au cours de l'effort, il existe une production « d'eau métabolique », pouvant alimenter les différents compartiments hydriques et pouvant participer à la thermorégulation.
- Le glycogène est stocké en association avec des molécules d'eau qui peuvent être libérées lors du catabolisme du glycogène.

En prenant en compte l'existence de cette « eau endogène », la perte de poids ne serait pas un indicateur fiable d'hydratation. Une perte de poids de plus de 2% n'engendre pas nécessairement une baisse de la performance. Lors d'efforts de longue durée comme les ultra-trails, la perte de poids peut même atteindre 5 à 6% du poids corporel (7). Les indicateurs « poids » et « variation pondérale » ne sont pas très spécifiques, et ne permettent pas de juger de l'état optimal d'hydratation durant l'effort long. De plus, la prise alimentaire biaise souvent le calcul de perte pondérale liée à la perte hydrique pure.

De même, la couleur des urines est souvent utilisée comme marqueur d'hydratation (19). Cependant pendant l'effort, la concentration urinaire (couleur et osmolarité) augmente considérablement et devient moins fiable avec la durée de l'effort (30). Au cours d'un ultra-marathon de 225 km divisé en cinq étapes, *R. Costa* a observé que la couleur et l'osmolarité urinaire seraient des indicateurs inappropriés pour surveiller l'état d'hydratation des coureurs pendant l'exercice physique de longue durée (43).

b. L'hyperhydratation et l'hyponatrémie liée à l'exercice

Le discours souvent répété « n'oublier pas de boire », la peur de la déshydratation, la pratique en environnement chaud, l'accumulation des points de ravitaillements entraînent souvent les coureurs à « se forcer » à boire.

Un excès d'eau (ou de boisson hypotonique, hypo-osmolaire) au cours de l'effort entraîne une dilution plasmatique provoquant une hyponatrémie de dilution liée à l'exercice (Exercise Associated Hyponatremia EAH)-(7, 29, 30).

Les premiers cas ont été décrits par *T. Noakes* en 1985 (44). L'EAH peut être retrouvée chez 7 à 15 % des coureurs d'ultra-endurance (7). Sa prévalence serait cependant sous-estimée car elle

engendre habituellement peu de symptômes : on parle alors d'hyponatrémie asymptomatique. Lors de la Western States Endurance Run (161 km) en 2009, 30% des participants avaient souffert d'hyponatrémie (18). L'EAH est donc un évènement courant en ultra-endurance.

Si l'hyponatrémie reste souvent asymptomatique, elle peut participer à une baisse de la performance et provoquer certains symptômes : maux de tête, nausées et/ou vomissements, œdème des extrémités, agitation, confusion ou une fatigue excessive. Pour une natrémie inférieure à 120 mmol/L, il existe des conséquences graves avec l'apparition d'un œdème cérébral et pulmonaire, pouvant entraîner une crise d'épilepsie, un coma ou un arrêt cardio-respiratoire. (7, 12, 30)

Les facteurs de risque d'EAH chez les athlètes d'endurance sont variés (12, 29) :

- La surhydratation au cours de l'effort provoque une hémodilution, conduisant à une hyponatrémie. La capacité d'excrétion urinaire est comprise entre 750 et 1400 ml/h et le débit sudoral est d'environ 500 ml/h. Théoriquement, un athlète a donc la possibilité de boire 1,5 L/h sans risque. Cependant l'EAH peut survenir pour une consommation de boissons inférieure. Un excès d'apport n'est donc pas le seul facteur mis en jeu.
- Chez certains athlètes, il existe une sécrétion inappropriée d'hormone Anti-Diurétique (SIADH) au cours de l'effort. Cette inadaptation hormonale diminue l'excrétion urinaire et donc sa capacité à éliminer l'excédent d'eau. Un environnement chaud, un stress induit, des vomissements, une hypoglycémie ou l'utilisation de certains médicaments comme les anti-inflammatoires non stéroïdien (AINS) peuvent en être la cause (11, 42).
- L'EAH peut aussi être expliqué par une incapacité à mobiliser les stocks sodiques inactifs. En effet, il existe des réserves sodiques au niveau osseux, cutané et cartilagineux qui ne sont pas osmotiquement actifs mais potentiellement recrutables. Ce sodium « de réserve » peut être mobilisé pour compenser les pertes sodiques pendant l'effort. Les mécanismes qui contrôlent l'échange de sodium entre ces compartiments sont inconnus et ce mécanisme reste spéculatif (42).

La perte de sodium dans la sueur est un facteur controversé d'hyponatrémie. En effet, la sueur étant hypotonique au plasma, la transpiration favorise une hypovolémie hyper osmotique, et donc une hypernatrémie. Les pertes sudorales jouent donc un rôle minime dans la genèse de l'EAH (17).

La surhydratation représente le facteur de risque principal de développer une EAH et devrait être évitée. De plus, l'hyperhydratation peut indirectement diminuer les performances en augmentant le port de charges lourdes pendant l'effort et en allongeant le temps et la fréquence des pauses pour boire, remplir les gourdes et uriner (7).

c. Apports hydriques recommandés

La sensation de soif serait suffisante pour maintenir une hydratation optimale au cours d'effort d'ultra-endurance (7, 29, 30). Boire à sa soif permettrait à la fois d'éviter la déshydratation mais permettrait aussi de diminuer le risque d'hyponatrémie (7). De même, cette méthode n'impacterait pas les performances comparé à une consommation hydrique plus importante (7). « Boire à sa soif » est

également opportun quelles que soient les conditions climatiques, même lorsqu'il fait chaud (1, 29, 30).

« L'hydratation programmée », couramment utilisée par les coureurs, implique de boire de manière régulière dans le but de compenser les pertes sudorales (7). Néanmoins, il est difficile d'estimer quantitativement ces pertes au cours de l'activité, surtout lors d'efforts prolongés. Selon certains auteurs, cette approche conduirait à des risques trop importants d'EAH (7).

En termes de quantité, la littérature recommande de ne pas dépasser 300 à 600 ml/h d'effort. Des apports plus importants pourraient conduire à un inconfort digestif et à un risque de surhydratation (29).

d. L'osmolarité d'une boisson de l'effort

Un paramètre important à prendre en compte dans le choix de la boisson de l'effort est son osmolarité. L'osmose est un phénomène passif de l'organisme permettant de réguler les mouvements d'eau à travers les membranes cellulaires semi-perméables. Ces mouvements dépendent de l'osmolarité des milieux intracellulaire, extracellulaire et plasmatique. L'eau a un passage libre à travers ces membranes et se déplace du milieu hypotonique (le moins concentré) au milieu hypertonique (le plus concentré) pour permettre une égalisation des deux milieux en concentration du soluté. Si les deux milieux sont isotoniques, le mouvement d'eau est donc nul. (30)

On définit les particules osmotiquement actives comme des particules qui provoquent des mouvements d'eau entre deux compartiments. Les particules osmotiquement actives sont les ions comme le sodium, le magnésium, le potassium, le calcium ainsi que les protéines. Le glucose et l'urée interviennent peu dans le phénomène osmotique. (30)

La majorité de l'eau bue est absorbée au niveau de l'intestin grêle par un phénomène de diffusion osmotique. Cette diffusion dictée par l'osmolarité plasmatique, comprise entre 275 et 300 mOsmol/L. Par définition, l'osmolarité du milieu intracellulaire est donc identique.

On peut donc classer les boissons d'effort en différentes catégories selon leur osmolarité :

- Les boissons isotoniques ayant la même pression osmotique que celle du plasma (entre 275 et 300 mOsmol/kg). Elles n'induisent pas de mouvement d'eau à l'intérieur de la cellule. Elles compensent les pertes en eau et rétablissent les carences électrolytiques à la suite d'un effort physique prolongé et/ ou en cas de température climatique élevée.
- Les boissons hypotoniques sont moins concentrées que le plasma (<275 mOsmol/kg). Elles sont rapidement absorbées par l'organisme du fait de leur faible concentration osmotique. Comparées aux autres boissons, elles contiennent moins de glucides. Cependant, elles ne peuvent pas améliorer rapidement l'équilibre électrolytique du corps.

Les boissons hypertoniques contiennent des molécules osmotiquement actives à une concentration supérieure à 295 mOsmol/kg. Elles contiennent des quantités variables de sucres, de vitamines et de minéraux et sont donc absorbées plus lentement par l'organisme. Leur but principal est de fournir rapidement de l'énergie. Elles ne sont pas conseillées au cours de l'effort car elles peuvent provoquer

des troubles gastriques (diarrhées, douleurs abdominales) en raison d'une forte concentration en glucides. Elle risque aussi d'aggraver la déshydratation en inhibant l'absorption de l'eau. Toutefois, elles peuvent être consommées après un exercice physique pour renouveler les réserves en glycogène.

Concernant l'hydratation en ultra-trail : les données actuelles ne permettent de pas de conclusions strictes étant donné la diversité des études, la complexité de la discipline (conditions, durée d'effort, environnement), et la variété de coureurs. De plus, très peu d'études se sont intéressées à la pratique de l'ultra-trail.

Cependant, nous pouvons mettre en avant certaines notions :

- Il est important au cours de l'effort de maintenir une osmolarité et un volume extracellulaire stable. Les boissons isotoniques semblent être idéales. Les boissons hypotoniques seraient à privilégier au cours d'un effort long et par des conditions chaudes car elles permettent une meilleure absorption intestinale et évitent les inconforts digestifs, tout en gardant à l'esprit le risque d'EAH. L'utilisation d'une boisson d'effort semble donc être plus adéquate que de l'eau simple dont la composition et la tonicité ne peuvent être contrôlées.
- Concernant la quantité : le marqueur de « soif » semble être pertinent, et ferait actuellement consensus parmi les experts. Annoncer une quantité précise (ex : 500mL/h) ne serait pas adapté pour chaque coureur.
- Les variations pondérales et la coloration urinaire ne sont pas des marqueurs très spécifiques pour le monitoring du statut hydrique du coureur.
- Enfin, le risque d'hyponatrémie (EAH) semble aussi fréquent que celui de la déshydratation. La question de la quantité de boisson bue durant l'effort doit être systématiquement posée à tout sportif d'ultra-trail présentant des symptômes neurologiques, digestifs, ou une fatigue anormale.

2. Apports en minéraux et oligo-éléments

Les minéraux et oligo-éléments ne jouent pas de rôle énergétique direct mais sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme :

- Ils permettent les échanges intra et extracellulaires
- Ils possèdent un rôle dans le métabolisme musculo-squelettique
- Ils participent au métabolisme des glucides, lipides et des protéines
- Ils permettent la régulation de l'osmolarité plasmatique
- Ils participent à bon nombre de réactions enzymatiques (en tant que cofacteurs ou catalyseurs) dans les voies énergétiques
- Ils permettent d'assurer des fonctions utiles chez le sportif : immunitaires, neuro-hormonales, équilibre oxydatif, physiologie de la paroi intestinale, protection cellulaire.

Par soucis de clarté et classification, sont considérés comme :

- Antioxydants : vitamines A et C, vitamine E, bêta-carotène, sélénium, zinc, cuivre, polyphénols...
- Oligo-éléments et minéraux : sodium, potassium, magnésium, bicarbonate, calcium...

a. Le sodium (Na⁺)

Le sodium (Na⁺) est l'ion le plus important du compartiment extracellulaire et sa concentration plasmatique est comprise entre 135 et 150 mmol/L.

Pendant des épreuves d'ultra-trail, il est fréquent de voir des coureurs ajouter du sodium en utilisant des capsules, des sachets ou des boissons, dans le but de compenser les pertes sudorales. La supplémentation en sodium permettrait de diminuer les risques d'hyponatrémie, de déshydratation et de crampes musculaires liée à l'effort. Dans son étude, *D. Hoffman* avait interrogé des participants d'ultra-marathons (> 50km) concernant la supplémentation sodique pendant l'effort : 65% pensaient qu'un apport en sodium était nécessaire pour prévenir l'EAH et 59% en utilisaient pour éviter les crampes (13).

En effet, certaines recommandations vont dans ce sens : pour exemple, l'ACSM préconise un apport de Na⁺ dans la boisson de l'effort, avec une concentration comprise entre 0.7 et 1 g/L, surtout lors d'un exercice d'endurance long (33).

Cependant, les données récentes ont montré qu'une supplémentation en sodium n'est pas nécessaire pour la prévention de la déshydratation et des crampes musculaires, même lorsqu'il fait chaud (4,7, 32). De plus, un apport excessif risquerait d'augmenter la soif et ainsi augmenter le risque de surhydratation (4, 7, 29). Les comprimés ou les sachets de sel ne sont pas recommandés en raison du risque de mauvaise tolérance digestive : l'hypertonie provoquée pourrait attirer l'eau dans la lumière intestinale et provoquer des troubles digestifs importants (13).

En réalité, une alimentation solide salée consommée au cours des épreuves d'ultra-trail est suffisante pour compenser les pertes sudorales (4, 7). La supplémentation sodique n'est donc pas

recommandée dans la prévention de l'EAH car la baisse de la natrémie est en réalité le témoin d'une surcharge hydrique plutôt qu'une baisse de sodium directement (7).

b. Le potassium (K⁺)

Le potassium est l'ion le plus important du compartiment intracellulaire et sa concentration plasmatique est comprise entre 3.5 et 5 mmol/L. Pendant l'effort, le potassium est éliminé principalement au niveau rénal et, dans une moindre mesure, au niveau sudoral.

Une hypokaliémie modérée peut engendrer des symptômes peu spécifiques, tel qu'une faiblesse musculaire, des myalgies ou une sensation de fatigue. Le potassium est donc souvent retrouvé dans les boissons d'effort, dans le but de compenser les pertes sudorales.

Cependant, on retrouve peu de données dans la littérature sur d'éventuels troubles du métabolisme du potassium, et sur l'intérêt d'une supplémentation de K⁺ en ultra-trails. Il semblerait que l'ajout de potassium dans la boisson d'effort n'a pas montré de bénéfice à l'hydratation et à l'amélioration des performances au cours d'un effort long (27). Une alimentation variée et équilibrée suffit pour couvrir les besoins journaliers et l'alimentation solide au cours de l'épreuve permettrait de compenser les pertes.

c. Le magnésium (Mg)

Les athlètes d'ultra-endurance sont plus à risque de carence en magnésium du fait de la perte sudorale induite par des activités intenses prolongées (30). Ainsi, ces derniers ont des besoins plus importants en Mg comparés à la population générale. Les apports journaliers recommandés (AJR) vont de 310 mg (pour la population générale) à 420 mg/j (pour les sportifs d'endurance) (28, 30).

Du fait d'AJR élevés chez les coureurs, certains scientifiques préconisent le dosage de la magnésémie sanguine pour dépister une carence (30). Cependant, le magnésium étant majoritairement présent dans le compartiment intracellulaire, le dosage de sa concentration plasmatique est donc peu fiable ni représentatif du magnésium métaboliquement actif. De plus, certains cas d'hypomagnésémie ont été décrits lors d'effort d'endurance (natation, vélo, marathon) mais reviennent généralement dans les normes 24 heures après l'exercice. Ceci pourrait être expliqué par une redistribution du magnésium dans le compartiment intracellulaire et par les pertes urinaires et sudorales induites (28). Il s'agit plutôt d'une hypomagnésémie relative.

La supplémentation en magnésium au cours de l'effort est discutée : les données actuelles ont montré peu de bénéfices dans la prévention des crampes musculaires pendant l'effort (24). De plus, un excès de magnésium, au-delà des AJR (420 mg/j) se manifeste par des douleurs digestives et des diarrhées qui peuvent gêner la performance (30).

Une alimentation variée et équilibrée (riche en oléagineux, fruits et légumes) est donc nécessaire et suffisante pour permettre aux sportifs de couvrir leurs besoins (30). À ce jour, aucune

recommandation n'existe quant à la présence de magnésium dans une boisson de l'effort car l'alimentation permet de pallier aux pertes engendrées par l'activité physique (23, 41).

d. Les antioxydants

Au cours d'un ultra-trail, les filières dites aérobies sont principalement utilisées pour renouveler le stock d'Adénosine TriPhosphate (ATP), dont l'hydrolyse est la principale source de production d'énergie.

Lors de cette réaction, l'utilisation d'oxygène produit des radicaux libres. Ces derniers, surtout s'ils sont présents en excès, peuvent altérer les structures lipidiques, protéiques et glucidiques, provoquant des dommages tissulaires et un état inflammatoire (30, 38). C'est ce qu'on appelle le « stress oxydatif » (30).

Afin de limiter les effets délétères du stress oxydatif, l'organisme a développé des systèmes de défense très efficaces. Les molécules contrôlant la production de radicaux libres sont appelées « antioxydants » (38). Il existe des antioxydants endogènes, produits par l'organisme en réponse à un stress oxydatif, et des antioxydants exogènes apportés par l'alimentation, tels que la vitamine A (ou bêta-carotène), C et E, les oligo-éléments (sélénium, le cuivre, le zinc, les polyphénols etc.). Ces nutriments jouent différents rôles : certains vont éliminer les radicaux libres et d'autres vont limiter le stress oxydatif (30).

Néanmoins, le stress oxydatif peut permettre une adaptation de l'organisme à l'effort : les radicaux libres produits agissent comme un signal, permettant l'apparition de phénomènes adaptatifs comme la vasodilatation et la signalisation à l'insuline (2). Aussi, l'activité physique régulière permet d'augmenter la capacité de résistance à une production accrue de radicaux libres sans pour autant modifier l'activité des enzymes anti-oxydantes (38). De ce fait, la fonction des antioxydants n'est pas d'éliminer complètement le processus du stress oxydatif mais de le maintenir à un niveau homéostatique. C'est ce que l'on appelle « l'équilibre oxydatif ».

La recherche sur les athlètes d'ultra-endurance a montré que leurs besoins en antioxydants étaient plus élevés comparés à la population générale, compte tenu du volume important d'exercice (30). Ainsi, ils doivent privilégier une alimentation quotidienne à forte densité micronutritionnelle comme les fruits, les légumes, les oléagineux ou les fruits de mers.

Ces dernières années, la supplémentation d'antioxydants au cours de l'effort a reçu beaucoup d'attention dans le but de réduire le stress oxydatif et d'améliorer les performances. Même si plus de recherches sont nécessaires, il semblerait que l'apport d'antioxydants pendant l'activité ne montrerait pas de différence significative sur la performance en ultra-endurance (19, 29, 30, 33). De plus, un apport excessif au-delà des doses journalières recommandées peut être néfaste et agir comme un mécanisme « pro-oxydant » en diminuant les performances et la récupération (30, 33).

De ce fait, la supplémentation en antioxydants n'a pas montré de bénéfice pendant un exercice d'endurance (19). Une alimentation variée et équilibrée reste la meilleure approche pour maintenir

un statut oxydatif optimal et lutter contre les effets néfastes du stress oxydatif chez le sportif d'ultra-trail (19, 30, 33).

3. Apports en macronutriments

Les macronutriments sont composés des glucides, des protéines et des lipides. Ils agissent principalement comme substrats énergétiques en permettant le bon fonctionnement des organes et des muscles. On leur attribue aussi d'autres rôles (structurels, fonctionnels, etc.)

Par la durée de l'effort et des sollicitations musculo-squelettiques importantes, l'ultra-trail est une discipline qui nécessite des besoins énergétiques et structurels importants.

a. Les glucides

o Le glycogène, une réserve énergétique essentielle mais épuisable :

Le glucose (monosaccharide) est la molécule initiale entrant dans le processus de glycolyse pour fournir de l'énergie à l'organisme.

Le glycogène et les triglycérides, sont les formes complexes du glucose et constituent les réserves énergétiques de l'organisme. Le glycogène est stocké principalement dans le foie et dans les muscles. L'organisme contient approximativement 300 à 500 g de glycogène musculaire et 50 à 150 g de glycogène hépatique (25). L'importance de ce stock est influencé par le niveau d'entraînement, une alimentation riche en glucides et une bonne hydratation.

Au sein des cellules musculaires, le glycogène est converti en glucose au cours de l'effort. En l'absence de renouvellement, l'épuisement du glycogène musculaire survient à 90 min d'effort environ (25).

Le glycogène hépatique favorise une glycémie constante et l'approvisionnement du cerveau en glucose (25). Au niveau du foie, la libération de glucose hépatique augmente progressivement au cours de l'effort via deux mécanismes :

- La glycogénolyse, permettant la synthèse du glucose à partir des réserves de glycogène. Cette voie est prépondérante en début d'exercice.
- La néoglucogenèse, permettant de produire le glucose à partir de précurseurs non glucidiques, les acides aminés néoglucogènes tel que le lactate, le glycérol et le pyruvate. Cette voie devient majeure lors d'un exercice prolongé.

Lors d'un exercice physique, surtout prolongé, la capacité de production du glucose hépatique est augmentée mais reste insuffisante pour assurer les besoins musculaires (« fatigue périphérique »). De plus, le cerveau détecte l'hypoglycémie réactionnelle et commande l'arrêt de l'exercice intense : il s'agit de la « fatigue centrale ». Ainsi, la biodisponibilité en glucides constitue un facteur limitant majeur au maintien de l'exercice (25).

o L'apport de glucides au cours de l'effort d'ultra-trail :

Les données actuelles recommandent l'utilisation de glucides dans les boissons de l'effort : Dans une méta-analyse récente, 82% des publications montrent un bénéfice certain à l'apport de glucides pendant l'exercice d'endurance (6). En l'ultra-endurance, il existe une corrélation significative entre l'amélioration des performances et la quantité de glucides ingérée pendant l'effort (6, 30).

L'utilisation des glucides au cours d'un effort long présente plusieurs intérêts :

- Il diminue l'apparition de la fatigue centrale et périphérique lors de l'effort (6, 30)
- Il possède un meilleur rendement énergétique comparé aux protéines et aux lipides (35)
- Il permet de limiter la déplétion des stocks de glycogène musculaire et hépatique (30, 34).
- Il maintient la glycémie et l'oxydation en substrat énergétique (30, 34)
- Il limite l'hyperperméabilité intestinale induite par l'effort (16)
- Il limite l'immunodépression classique après un effort (16)
- Il permet d'améliorer la récupération (16, 29)

Les apports de glucides recommandés au cours d'un ultra-trail sont de l'ordre de 60 à 90 g/h (6, 30, 34) et peuvent être assurés par des boissons d'effort ou des aliments solides. Cependant, cet objectif est rarement atteint. Pour exemple, lors d'une course de trail de 100km en montagne, l'apport moyen des glucides était estimé entre 28 g/h et 43 g/h (30). Ainsi, les coureurs devraient s'efforcer à maximiser leur consommation de glucides pour maintenir leurs performances (30).

o Les types de glucides disponibles :

Il existe différentes catégories de glucides (25, 35) :

- Les monosaccharides qui sont composés d'une seule molécule comprenant 5 à 6 atomes de carbones. Les principaux monosaccharides sont le glucose, le fructose et le galactose.
- Les oligosaccharides qui comprennent :
 - Les disaccharides, formés par l'association de deux monosaccharides. On retrouve le maltose (deux molécules de glucose), le saccharose (glucose+ fructose) et le lactose (glucose + galactose).
 - Les polysaccharides qui sont composés d'un assemblage de nombreux monosaccharides comme la maltodextrine ou l'amidon.

Cependant, la disponibilité des glucides exogènes n'est pas la même en fonction du type de glucide choisi. Elle dépend de plusieurs paramètres comme le taux de digestion des glucides, de leur absorption intestinale et de leur métabolisme hépatique (35).

Une fois arrivés dans la lumière intestinale, les glucides sont absorbés sous forme de monosaccharides. Les oligosaccharides sont hydrolysés par des enzymes pancréatiques et salivaires pour pouvoir être assimilés, rendant leur processus de digestion plus lent (25).

L'absorption des glucides fait ensuite intervenir plusieurs transporteurs :

- Le Co-transporteur sodium-glucose (SGLT1) est un transporteur actif exclusif du glucose, Na⁺ dépendant. Son taux d'absorption est limité à 1.2 g/min. (35)

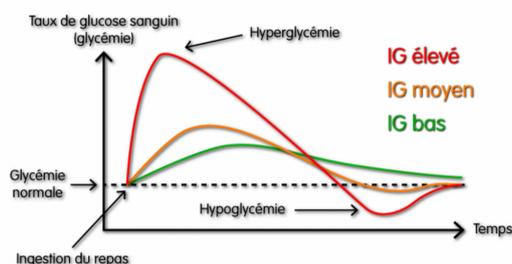
- Les transporteurs de glucose GLUT (GLUT 1 à 5) sont des transporteurs passifs intestinaux. Ils permettent l'absorption du glucose mais également d'autres monosaccharides. Par exemple, le GLUT 2 transporte le glucose, le fructose et le galactose et le GLUT 5 transporte uniquement le fructose (5).

Ces transporteurs sont saturables : le taux d'absorption des glucides ne peut pas dépasser 1,2 g/min si seul le glucose est apporté au cours d'un exercice physique (35). Cependant, si le glucose est associé au fructose au cours de l'effort, le taux d'absorption des glucides augmente de 1,2 à 1,7 g/min grâce à l'utilisation des transporteurs GLUT 2 et GLUT 5 (35, 40). L'association du glucose et du fructose permet donc l'oxydation d'une plus grande quantité de glucides au cours de l'effort, pouvant être immédiatement utilisée comme substrat énergétique (35). Les combinaisons de glucose-saccharose ou de maltodextrine-fructose favorisent eux aussi l'oxydation de glucides (21). De plus, ces associations permettent une meilleure tolérance digestive (35).

o L'intérêt des boissons de l'effort riche en glucides :

Le moyen le plus efficace d'apporter de façon régulière et continue des glucides est d'utiliser l'eau comme vecteur d'apport. La boisson d'effort présente donc une stratégie efficace lors des d'ultra-trails. Il faut cependant prendre en compte certains paramètres pour optimiser la disponibilité des glucides :

- La vidange gastrique est dépendante de l'osmolarité d'une boisson. Pour obtenir une boisson isotonique, la concentration en glucides doit être comprise entre 6 à 8% d'un litre de boisson d'effort (soit 6 à 8 g pour 100 ml) (21). Pour une concentration plus élevée sans augmenter l'osmolarité, il est possible d'utiliser des polymères de glucose à faible osmolarité comme le saccharose, le maltose ou la maltodextrine (6).
- L'index glycémique (IG) est un indice mesurant la capacité d'un aliment à élever la glycémie, comparativement au glucose ou au pain blanc (5). Au cours de l'effort, l'utilisation des glucides à IG moyen ou élevé permet une disponibilité plus rapide. Néanmoins, la consommation de glucides à IG élevé doit être évitée au début de l'activité car elle induit une hausse rapide de la glycémie provoquant une forte sécrétion d'insuline. En conséquence, il se produit une chute rapide de cette glycémie quelques minutes après : c'est le phénomène d'hypoglycémie réactionnelle. Il est donc préférable d'utiliser des glucides à IG bas ou moyen en début d'effort.



Évolution de la glycémie en fonction de l'IG

L'apport de différents types de glucides permet de maximiser leur oxydation en raison de l'implication des différents transporteurs intestinaux (5,14, 33, 35).

En conclusion, l'utilisation de glucides pendant un ultra-trail est recommandée, idéalement entre 60 et 90g/h, dans une boisson isotonique, sous forme de polymères de glucose ou de glucose + fructose. L'utilisation de glucides à IG modéré ou faible en début de course permettant d'éviter les fluctuations de glycémies (hypoglycémies réactionnelles). Le tout s'adaptant aux tolérances digestives individuelles.

b. Les protéines

Les protéines jouent un rôle structural et énergétique : elles permettent la construction des tissus de l'organisme et aident à la fabrication des enzymes, des hormones, des neurotransmetteurs et des anticorps. Elles peuvent également servir de substrat énergétique au cours de l'exercice physique (30). Les protéines sont composées d'un enchaînement de différents acides aminés (AA), classé en trois catégories :

- Les AA « essentiels ». Ils sont uniquement apportés par l'alimentation et ne peuvent pas être produits par l'organisme : l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine.
- Les AA « semi essentiels » : l'arginine et l'histidine.
- Les AA « non essentiels ». Ils sont synthétisés par l'organisme : l'alanine, l'asparagine, la cystéine, la glutamine, les acides glutamiques, la glycine, la proline, la serine et la tyrosine.

Parmi les AA « essentiels », la leucine, la valine et l'isoleucine font partie des « Acides Aminés Ramifiés » ou « Branched Chain Amino Acid » (BCAA). Ils représentent 35% des AA essentiels des protéines musculaires et sont dégradés en premier lors de l'exercice physique. Ils ont l'avantage d'être rapidement absorbés par l'organisme et métabolisés directement au niveau musculaire.

Les compléments alimentaires riches protéines, notamment en BCAA, sont régulièrement utilisés par les coureurs pendant et après l'effort pour favoriser la récupération musculaire.

Toutefois, l'utilisation des protéines dans la boisson de l'effort n'a pas montré de bénéfice sur l'amélioration des performances (20, 29, 30) ni sur la synthèse des protéines musculaires (20, 30) pendant un exercice d'endurance long.

L'ajout de protéines pendant ou après un effort d'endurance permettrait cependant d'améliorer les douleurs musculaires et diminuerait la concentration plasmatique de créatine kinase, marqueur de lésions musculaires, 12 à 24 h après l'effort (29). Ce dernier paramètre est cependant débattu par d'autres auteurs (30). Un apport de protéines de 0,25g/kg/h d'effort permettrait ainsi de diminuer la survenue de gêne musculaire et améliorerait la récupération (29).

Au cours d'un effort d'endurance long, l'organisme peut utiliser des AA comme substrats énergétiques lorsque les réserves de glycogène s'épuisent. Associé aux dommages musculaires induits par l'exercice, ceci aboutit à une perte de la masse musculaire squelettique (29). En ultra-trail,

le meilleur moyen d'épargner le stock de protéines endogènes est d'optimiser les réserves de glycogène et d'apporter suffisamment de glucides pendant l'effort (20, 29, 30).

c. Les lipides

Les lipides constituent une réserve importante d'énergie pour l'organisme. Ils permettent également le transport de vitamines liposolubles (vitamines A, D, E et K), aident à la synthèse des hormones et possèdent un rôle structural au niveau des membranes cellulaires et du système nerveux. Les réserves de lipides, plus importantes que celles des glucides, représentent 10 à 25% du poids corporel et sont stockées sous forme de triglycérides (TG) dans le tissu adipeux et dans les muscles (29).

Lors de sports d'ultra-endurance, l'organisme utilise les TG comme substrats énergétiques via la bêta-oxydation des acides gras (29). Ces réserves représentent une source d'énergie majeure, permettant le maintien de l'exercice physique, de faible à moyenne intensité, pendant plusieurs heures.

La bêta-oxydation des lipides pendant l'effort long est intéressant car leur « rendement » est bien meilleur que celle des glucides : un gramme de lipides permet de fournir 9 kcal. Cependant, leur absorption est plus lente et ils ont besoin de glucose et d'oxygène pour être dégradés. Si le glucose disponible vient à diminuer, alors l'oxydation des lipides sera ralentie.

Certains acides gras possèdent également une action immunitaire : ils favorisent l'intégrité de la barrière intestinale et possèdent un rôle anti-inflammatoire pouvant être intéressant lors de l'exercice d'endurance (30).

Plusieurs études se sont intéressées à la consommation de Triglycérides à Chaine Moyenne (TCM) au cours d'efforts d'endurance. Ils ont l'avantage d'être rapidement hydrolysés et absorbés pour permettre une disponibilité rapide d'énergie (30, 39). Cependant, son rôle dans l'amélioration de la performance est débattu car des études montrent que l'utilisation de TCM ne permet pas d'épargner les stocks de glycogène pendant un effort long (30, 39). De plus, une consommation supérieure à 30 grammes risque d'engendrer des troubles digestifs (19). À ce jour, les auteurs ne recommandent pas l'utilisation de TCM au cours d'activité d'ultra-endurance (30, 39).

Il est recommandé aux coureurs d'ultra-trail de consommer en priorité des glucides pour fournir rapidement de l'énergie. Les apports en lipides, par une alimentation solide, sont intéressants lors d'un effort long pour augmenter l'apport calorique et améliorer l'intégrité de la barrière intestinale. Cependant, la consommation de lipides doit être modérée et dépend de la tolérance gastro-intestinale. (30).

4. Physiopathologie du système gastro-intestinal en ultra-trail

Les problèmes digestifs (nausées/vomissements, douleurs abdominales, diarrhées, reflux gastro-œsophagien) sont récurrents lors d'effort d'ultra-endurance : pour exemple, lors d'un ultra-trail de 161 km, 35% des abandons étaient liés à des problèmes digestifs (15). Il existe de nombreux facteurs pouvant expliquer ces symptômes lors d'un effort d'endurance long :

- Facteur vasculaire : La vascularisation du système digestif représente 25 % du débit cardiaque au repos. Cependant au cours de l'effort, elle est réduite au profit des muscles, du système cardiaque et de la peau, induisant une hypoperfusion intestinale, responsable de nombreuses réactions (16) :
 - Une hyperperméabilité intestinale qui favorise le passage d'endotoxines dans le système sanguin avec augmentation d'un syndrome inflammatoire.
 - Une nécrose cellulaire des villosités intestinales conduisant à des érosions épithéliales et parfois même des hémorragies locales.
 - De plus, une activité physique intense et/ou prolongée (comme l'ultra-trail), une déshydratation ou une augmentation de la température corporelle peuvent aggraver ces phénomènes (16).

- Facteur hormonal : Au repos, la digestion des aliments induit une cascade hormonale aboutissant à la sécrétion de d'incrétines, permettant de diminuer la vidange gastrique et la motricité intestinale. Lors d'un exercice physique prolongé, il existe une augmentation paradoxale de sécrétion d'incrétines, secondaire à :
 - L'activation du système nerveux central
 - L'augmentation du syndrome inflammatoire
 - Le bêta-oxydation des lipides

Ces facteurs induisent donc une diminution de la motricité intestinale et de la vidange gastrique, pouvant expliquer certains symptômes digestifs au cours de l'effort (16).

- Facteur mécanique : Les vibrations et les chocs liés à la course à pied, surtout si elles durent longtemps, créent des microtraumatismes fragilisant la barrière intestinale et pouvant provoquer des ballonnements et des diarrhées (16).

- Facteur nutritionnel : Une consommation élevée de glucides au cours de l'effort (> 90 g/h), apportée par une boisson hyperosmolaire semble être un facteur de risque important d'inconfort digestif (16, 19). L'apport de graisse saturée, difficilement digérable, ainsi que certains médicaments (AINS) aggravent également ce phénomène (19).

Un moyen efficace de prévention réside dans une stratégie nutritionnelle optimale et adaptée aux tolérances du coureur :

- L'apport combiné de différents types de glucides (glucose, fructose, maltodextrine) permet d'augmenter leur absorption et évite que les glucides s'accumulent dans la lumière intestinale (15, 16, 19)
- La consommation d'une boisson isotonique ou hypotonique permet d'améliorer la vidange gastrique (16, 19).

- Maintenir une bonne hydratation à l'effort, surtout lorsqu'il fait chaud, évite l'aggravation de l'hypoperfusion splanchnique.
- - La consommation répétée des glucides pendant l'entraînement favorise une meilleure tolérance digestive (16, 19). Il est primordial que le coureur teste sa boisson d'effort avant l'épreuve pour éviter des mauvaises surprises : c'est « l'entraînement digestif ».

Aussi, un plan d'entraînement adapté aux distances d'ultra-trail (en termes de temps et kilomètres cumulés) permet d'adapter les processus de défenses physiologiques en augmentant l'efficacité du microbiote intestinal (16).

5. Conclusion

Les boissons de l'effort représentent un moyen efficace d'assurer un apport hydrique et calorique suffisant. Elles ont également l'avantage d'être facilement transportables lors d'épreuves d'ultra-trail.

En conclusion de notre travail de recherche, il s'avère qu'aucun consensus ne ressort clairement de la science concernant les boissons de l'effort en ultra-trail. Néanmoins, quelques grandes notions et tendances apparaissent comme intéressantes (cf. tableau suivant).

Sans oublier le concept d'individualisation stipulant que chaque coureur doit adapter sa composition en fonction de sa tolérance gustative, digestive, des conditions de course ou d'entraînement, de l'accessibilité à un ravitaillement ou non, et de son plan de course. Il est fortement recommandé aux athlètes de tester leurs boissons d'effort avant de les utiliser en conditions de compétition.

Principales notions à retenir concernant les apports en ultra-trail

Apports hydriques:	
<i>Fréquence et quantité</i>	Boire en fonction de sa soif Éviter les prises régulières: risque d'EAH
<i>Osmolarité</i>	Privilégier une boisson isotonique +/- boisson hypotonique s'il fait chaud
<i>Marqueurs d'hydratation</i>	Ne pas se fier aux variations pondérales et à la couleur des urines
Minéraux et oligo-éléments:	
<i>Sodium</i>	Ne prévient pas l'EAH Les apports alimentaires sont suffisants pour compenser les pertes sudorales Si difficultés à s'alimenter: ajouter 0,7 à 1 g de Na+ par litre de boisson
<i>Potassium</i>	Pas de consensus actuel- peu de bénéfices démontrés Les apports alimentaires sont suffisants pour compenser les pertes sudorales
<i>Magnésium</i>	Pas de consensus actuel- peu de bénéfices démontrés Attention à ne pas dépasser les AJR : risques de troubles gastro-intestinaux
<i>Antioxydants</i>	Pas de consensus actuel- peu de bénéfices démontrés Attention à ne pas dépasser les AJR : risque d'effet « pro-oxydatif »
Macronutriments:	
<i>Glucides</i>	Apports recommandés: 60 à 90 g/h Types: privilégier oligo/polysaccharides ou mélange glucose+fructose IG moyen ou élevé pendant l'effort Éviter les IG élevé en début d'activité (risque d'hypoglycémie réactionnelle)
<i>Protéines</i>	Pas de consensus actuel Bénéfices discutés pour la diminution des douleurs musculaires et la récupération
<i>Lipides</i>	Apports recommandés au cours d'un effort long Quantités à adapter en fonction de la tolérance digestive Permet un apport calorique et améliore l'intégrité de la barrière intestinale

PARTIE 2 : TRAVAUX PERSONNELS - L'UTILISATION ET LA CONNAISSANCE DES BOISSONS DE L'EFFORT CHEZ LES COUREURS D'ULTRA-TRAIL.

Cette seconde partie a pour objectif d'évaluer les connaissances et d'étudier les pratiques des coureurs d'ultra-trail concernant les boissons de l'effort.

1. Matériel et Méthode

a. Recherche bibliographique :

Nous avons commencé notre travail bibliographique fin d'année 2019, en consultant dans le système universitaire de documentation (SUDOC) les thèses en rapport avec l'hydratation et la nutrition dans le domaine de l'ultra-trail. En l'absence de consensus récents sur ce sujet et de l'intérêt grandissant des sportifs pour cette discipline, nous avons décidé de poursuivre et de compléter nos recherches bibliographiques afin d'être au fait des connaissances actuelles.

Pour ce faire, nous avons interrogé différentes bases de données tels que PubMed, Google Scholar, SUDOC et Elsevier Masson. Les études sélectionnées nous ont permis de faire le point sur les différents paramètres scientifiquement intéressants des boissons de l'effort en ultra-trail.

b. Type d'étude :

Nous avons réalisé une étude observationnelle descriptive transversale à partir de données collectées auprès des coureurs de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc (UTMB®). Il s'agit d'un événement international majeur de la discipline, rassemblant près de 10 000 coureurs de 100 nationalités différentes. L'évènement est composé de cinq épreuves individuelles et une épreuve par équipe, ayant lieu tous les ans à Chamonix (France, Haute-Savoie) :

- Ultra-trail du Mont-Blanc (UTMB®) : ultra-trail de 171 km
- Courmayeur Champex Chamonix (CCC®) : ultra-trail de 101 km
- Sur les Traces des Ducs de Savoie (TDS®) : ultra-trail de 145 km
- Orsières Champex Chamonix (OCC®) : trail long de 56 km
- De Martigny-Combe à Chamonix (MCC®) : trail court de 40 km
- La Petite Trotte à Léon (PTL®) : ultra-trail par équipe de 302 km

c. Réalisation et envoi du questionnaire :

Nous avons construit notre questionnaire grâce à notre travail de recherche initial (première partie). En effet, cette analyse bibliographique nous a permis d'identifier différentes thématiques à aborder dans notre questionnaire :

- Les caractéristiques de la population (âge, sexe, catégorie socio-professionnelle) et leur pratique sportive habituelle (licenciés ou non, expérience dans la discipline)
- L'évaluation de la consommation des boissons de l'effort et leur place dans la stratégie nutritionnelle de nos coureurs
- L'apport hydrique au cours de l'effort : les habitudes d'hydratation (quantité et fréquence, sensation de soif)
- Les apports en oligo-éléments et minéraux (sodium, potassium, magnésium, antioxydants)
- Les apports en macronutriments (glucides, lipides et protéines),
- Enfin, les différents problèmes médicaux rencontrés au cours d'épreuves d'ultra-trails ayant potentiellement un lien direct ou indirect avec l'utilisation de boissons d'effort (hyperthermie, hypoglycémie, hyponatrémie, déshydratation, troubles digestifs)

Afin de centrer notre étude, et par soucis de précision, nous avons fait le choix de ne pas aborder la consommation de compléments alimentaires, ni celle d'aliments solides pendant les ultra-trails.

Nous avons réalisé un auto-questionnaire, rédigé en anglais et en français via Google Forms. Le questionnaire a été validé par le comité médical de l'UTMB® et envoyé par courriel aux personnes inscrites sur la liste de diffusion de l'UTMB® (Annexe 1).

d. Population source :

Au total, 42 214 questionnaires ont été envoyés, dont 15 388 en version française et 26 826 en version anglaise.

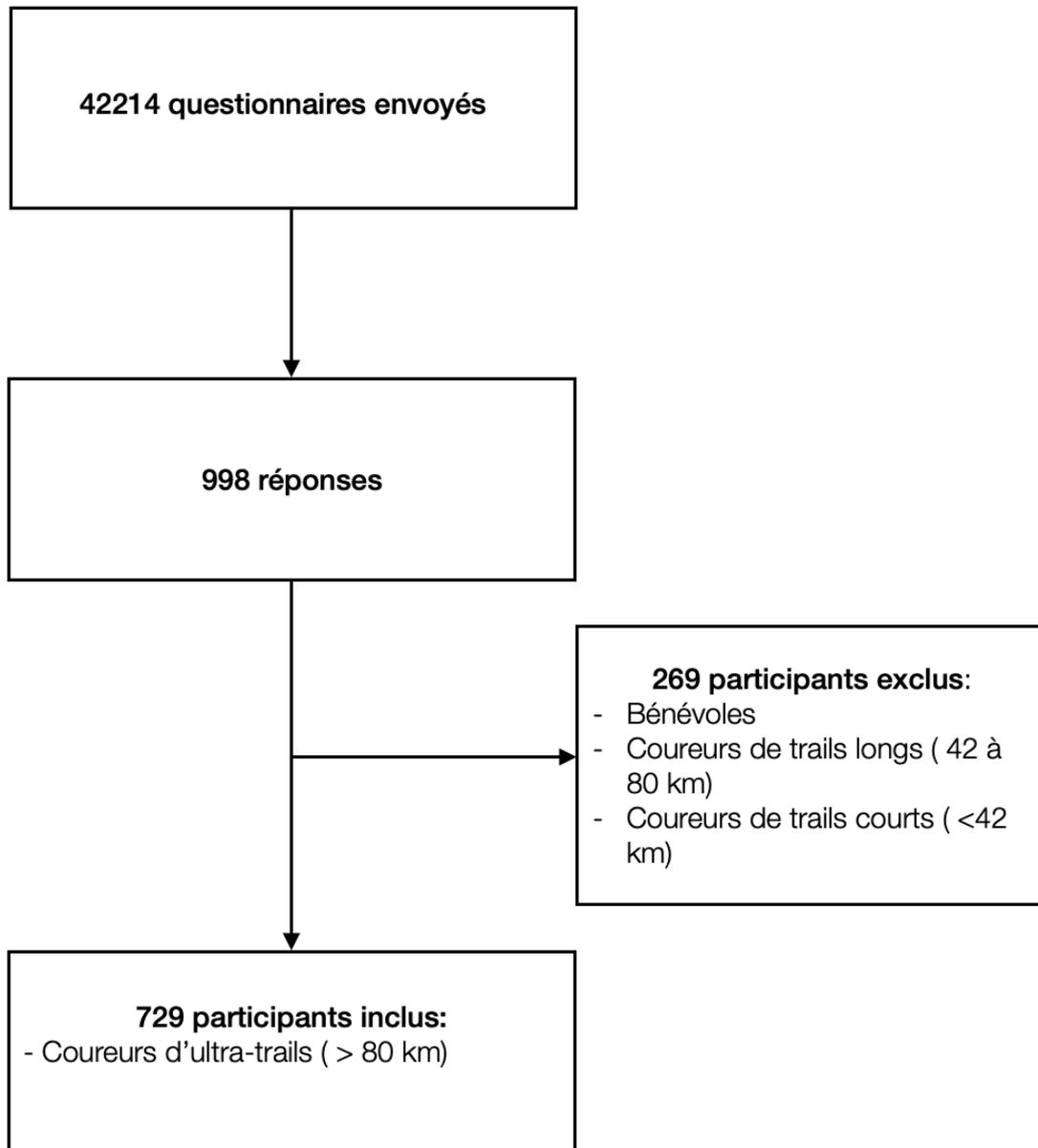
La liste de diffusion initiale du questionnaire comportait :

- L'équipe bénévole de l'évènement
- Les coureurs ayant participé à une des épreuves de l'UTMB®, toutes éditions confondues

Parmi les 998 réponses reçues, nous avons sélectionné 729 participants (Figure 1) :

- Le critère d'inclusion était les sportifs qui avaient participé à une course d'ultra-trail (> 80 km).
- Les critères d'exclusions comportaient le fait d'être bénévole et les coureurs qui n'avaient pas participé à une course de plus de 80 km.

Figure 1: Diagramme de flux



2. Résultats

a. Caractéristiques de la population :

Les caractéristiques de la population sont résumées dans le Tableau 1. La population étudiée était composée de 90% d'hommes et plus de la moitié (61,7%) était âgée de 46 ans ou plus.

Tableau 1: Caractéristiques de la population étudiée

	Effectifs	%
Sexe		
Homme	656	90
Femme	73	10
Âge		
Entre 1946 et 1950	3	0,4
Entre 1951 et 1955	8	1,1
Entre 1956 et 1960	38	5,3
Entre 1961 et 1965	75	10,3
Entre 1966 et 1970	131	18
Entre 1971 et 1975	195	26,7
Entre 1976 et 1980	117	16
Entre 1981 et 1985	90	12,3
Entre 1986 et 1997	71	9,8
Entre 1998 et 2000	1	0,1
Catégorie socio-professionnelle		
Cadre supérieur ou intermédiaire (hors profession de santé)	310	42,5
Profession de santé: médecin, kinésithérapeute, infirmière, ostéopathe, podologue, maïeuticien(ne), orthophonique, aide-soignant(e), dentiste, ergothérapeute, psychologue, nutritionniste	84	11,5
Employé(e) administratif ou commercial	79	10,8
Artisan commerçant et chef d'entreprise	74	10,2
Fonctionnaire (hors profession de santé)	66	9,1
Ouvrier (ouvrière)	55	7,5
Profession en lien avec le sport: professeur de sport, coach sportif, sportif (sportive) professionnel(le)	28	3,8
Retraité(e)	21	2,9
Sans emploi	5	0,7
Agriculteur (Agricultrice) exploitant	3	0,4
Étudiant(e)	2	0,3
Non renseigné	2	0,3

La majorité des sujets pratiquaient la course à pied depuis plus de 10 ans (61,3%). 22,5% étaient licenciés à une fédération nationale d'athlétisme et 48,3% faisaient parti d'une association ou d'un groupe de course à pied ou de trail (voir Tableau 2).

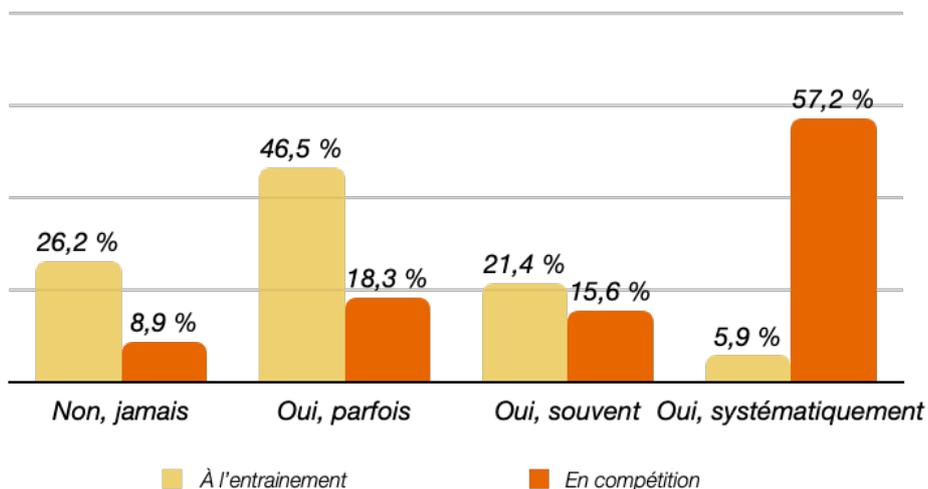
Tableau 2: Caractéristiques de la pratique sportive

	Effectifs	%
Durée de pratique de la course à pied		
< 5 ans	55	7,5
5 à 10 ans	227	31,1
> 10 ans	447	61,3
Licencié à une fédération nationale d'athlétisme		
Oui	164	22,5
Non	565	77,5
Membre d'une association/groupe de course à pied/trail		
Oui	352	48,3
Non	377	51,7

b. Consommation des boissons d'effort :

26,2% des participants ne consommaient jamais de boisson d'effort pendant l'entraînement et 8,9% n'en consommaient pas en compétition. 5,9% en prenaient à titre systématique au cours de l'entraînement et ce pourcentage augmente à 57,2% lors de courses officielles (Figure 2).

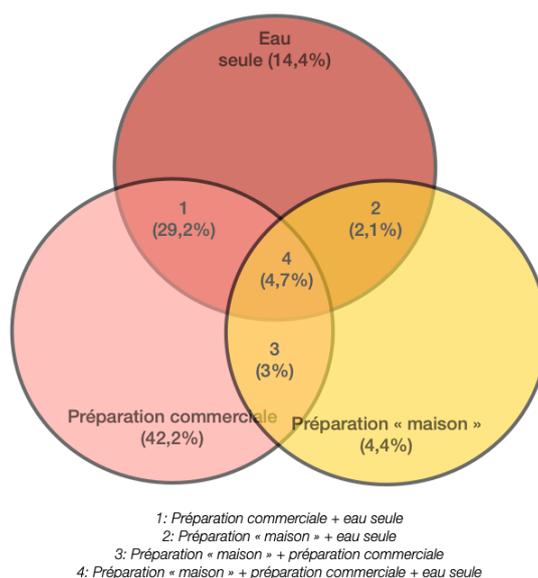
Figure 2: Pourcentage de coureurs consommant des boissons de l'effort



« Consommez-vous une boisson d'effort lors de vos entraînements/compétition? »

Le type de boisson utilisé pendant l'effort est présenté dans la Figure 3. À noter que la majorité des coureurs (79,1%) consommaient régulièrement des préparations commerciales lors de l'activité (associée ou non à de l'eau ou des préparations « maisons »).

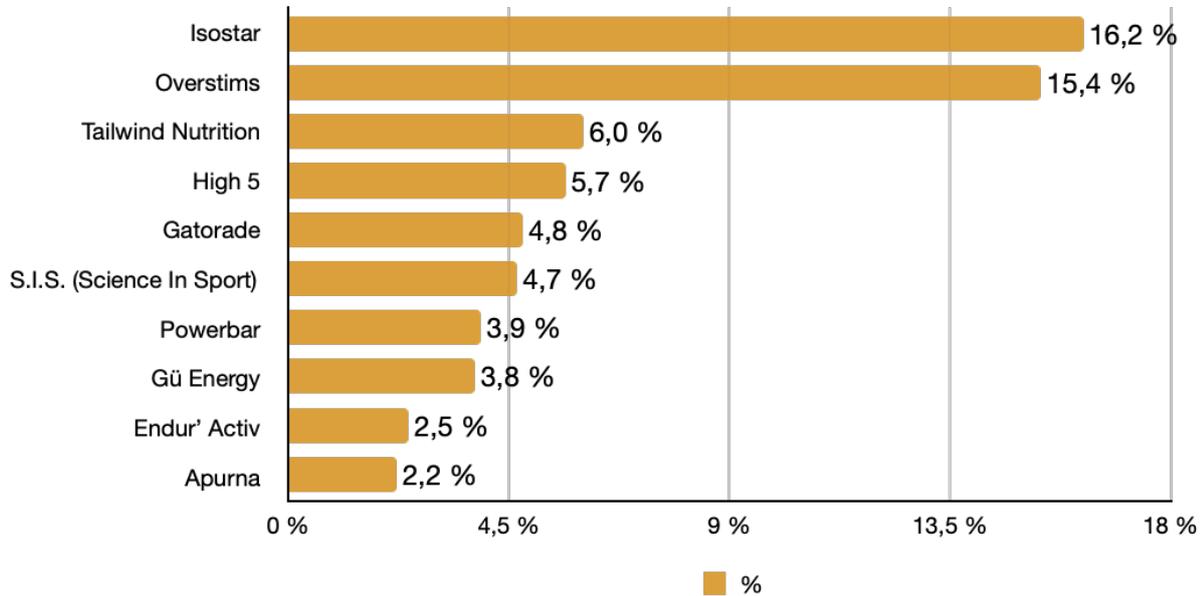
Figure 3: Type(s) de boisson(s) consommé(s) le plus régulièrement par les coureurs pendant l'effort



« Quel(s) type(s) de boisson(s) d'effort consommez-vous le plus régulièrement? »

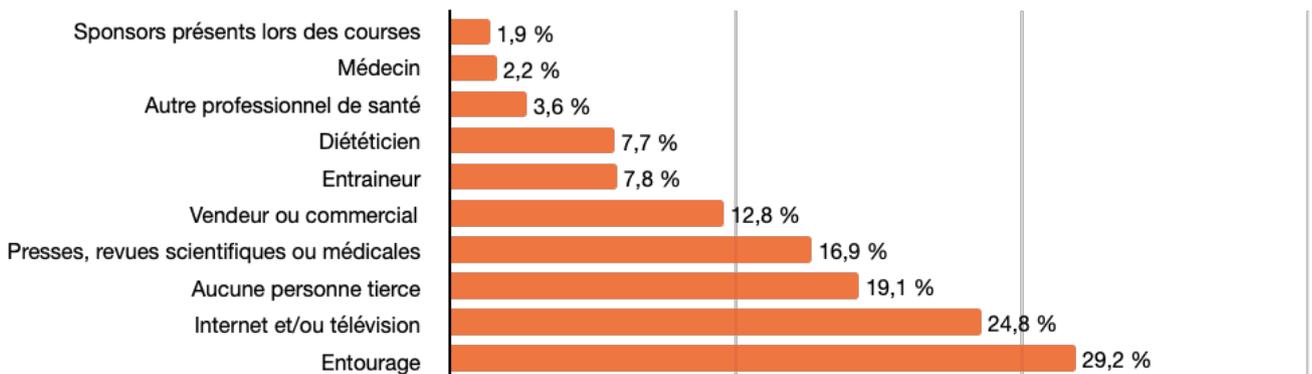
Au total, 98 marques commerciales avaient été citées. Les dix marques les plus populaires sont affichées dans la Figure 4.

Figure 3: Les 10 boissons industrielles les plus consommées par nos coureurs (parmi 98 marques proposées)



29,2% des interrogés avaient été conseillés par leur entourage dans le choix de leur boisson d'effort. Internet et/ou la télévision avaient influencé 24,8% de nos sujets. À l'inverse, 19,1% n'avaient pas été conseillé par une personne tierce. Les autres intervenants sont présentés dans la Figure 5.

Figure 5: Source(s) du conseil aux coureurs concernant leur boisson d'effort



« Qui vous a conseillé sur l'achat ou la préparation de votre boisson d'effort ? »

Nos sujets avaient choisi leurs boissons sur différents critères, résumé dans le Tableau 3. Les principales catégories mises en avant étaient « Électrolytes, oligo-éléments, minéraux et leurs répartitions » (27%), « Goût, saveur » (17,8%) et « Isotonicité en concentration » (13,7%).

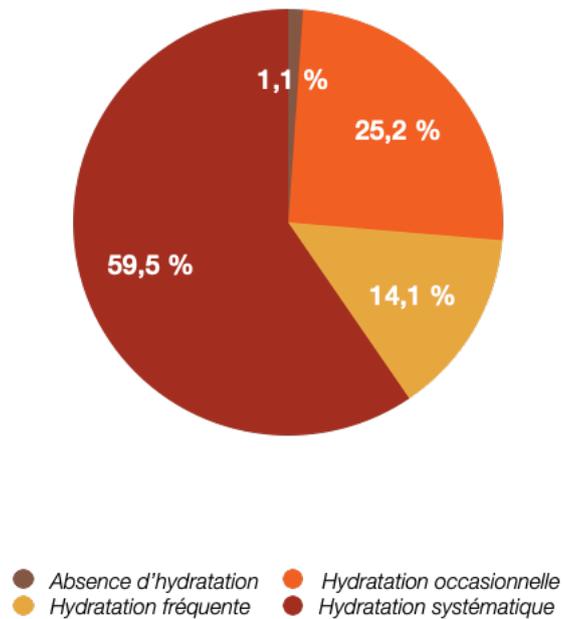
Tableau 3: Critère de choix d'une boisson d'effort jugé le plus important selon les coureurs

	Effectifs	%
Électrolytes, oligo-éléments, minéraux et leurs répartitions	197	27
Goût, saveur	130	17,8
Isotonicité et concentration	100	13,7
Type de glucides et index glycémique	94	12,9
Facilité d'utilisation	46	6,3
Présence d'antioxydants	40	5,5
Non renseigné	36	4,9
Production biologique	30	4,1
Allégations commerciales	20	2,7
Tolérance digestive	13	1,8
Prix	9	1,3
Production ou marque locale	7	1
Présence de protéines	7	1

c. Apports hydriques pendant l'effort :

En pratique, plus de la moitié de nos participants (59,5%) buvaient de façon systématique lors de leurs entraînements et compétitions. Les réponses sont résumées dans la Figure 6.

Figure 6: Hydratation des coureurs au cours de l'effort (entraînement ou compétition)



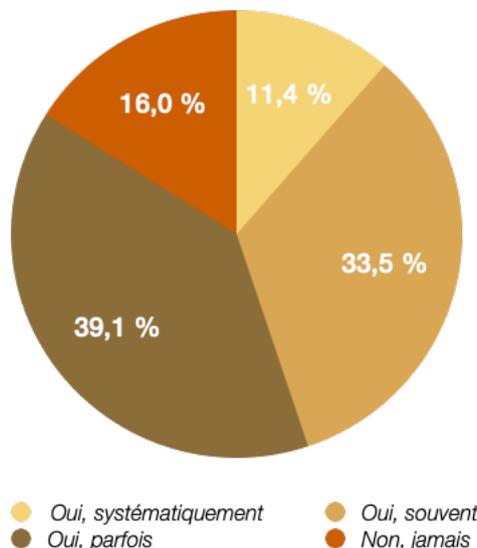
« Sans tenir compte ni de la distance ni de la température: buvez-vous à l'entraînement ou lors d'une compétition? »

41,2% des participants buvaient de façon régulière par petites gorgées toutes les 10 à 15 minutes, 33,6% toutes les 20 à 30 minutes, 8,9% toutes les 30 à 45 minutes et 2,7% toutes les 45 à 60 minutes. 11,4% de notre effectif attendaient d'avoir soif pour boire et 1,5% patientaient jusqu'aux ravitaillements.

À propos de la quantité bue par heure d'effort, la majorité de la population (53,4%) estimaient boire entre 0,5 et 1 L/h. 41,8% buvaient moins de 0,5 L/h et 1,9% entre 1 et 2 L/h. Toutefois, 2,9% ne se prononçaient pas.

En tout, 84% des sportifs se forçaient à boire au cours de l'effort (39,1% de façon occasionnelle, 33,5 % de façon régulière et 11,4 % de façon systématique). Le détail de ces résultats est synthétisé dans la Figure 7.

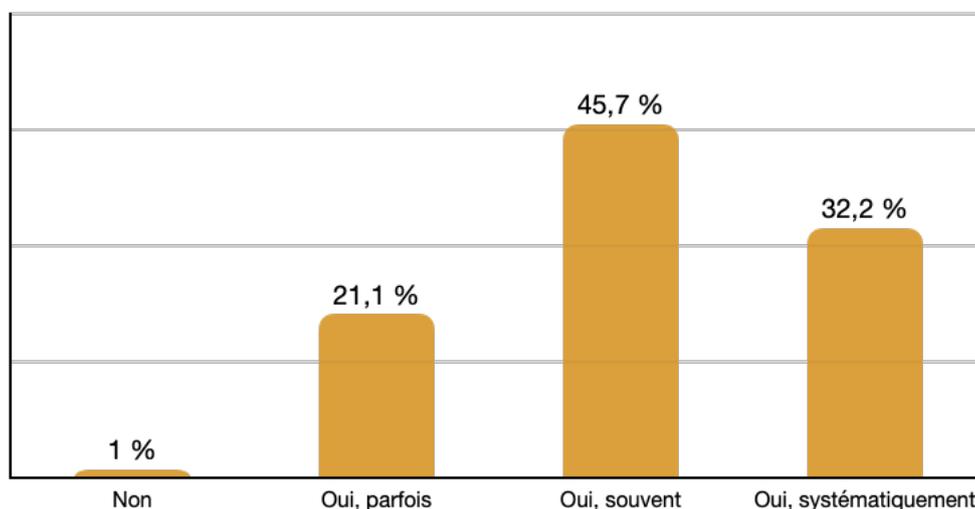
Figure 7: Pourcentage de coureurs se forçant à boire au cours de l'effort



« Vous arrive-t'il de vous forcer à boire sans avoir soif en l'entraînement ou lors d'une compétition ? »

Alors que 1% des sujets consommaient uniquement des boissons de l'effort, la quasi-totalité (99%) déclarait aussi boire de l'eau (sans glucides ni électrolytes) au cours de l'exercice physique (Figure 8).

Figure 8: Pourcentage de coureurs buvant de l'eau au cours de l'effort

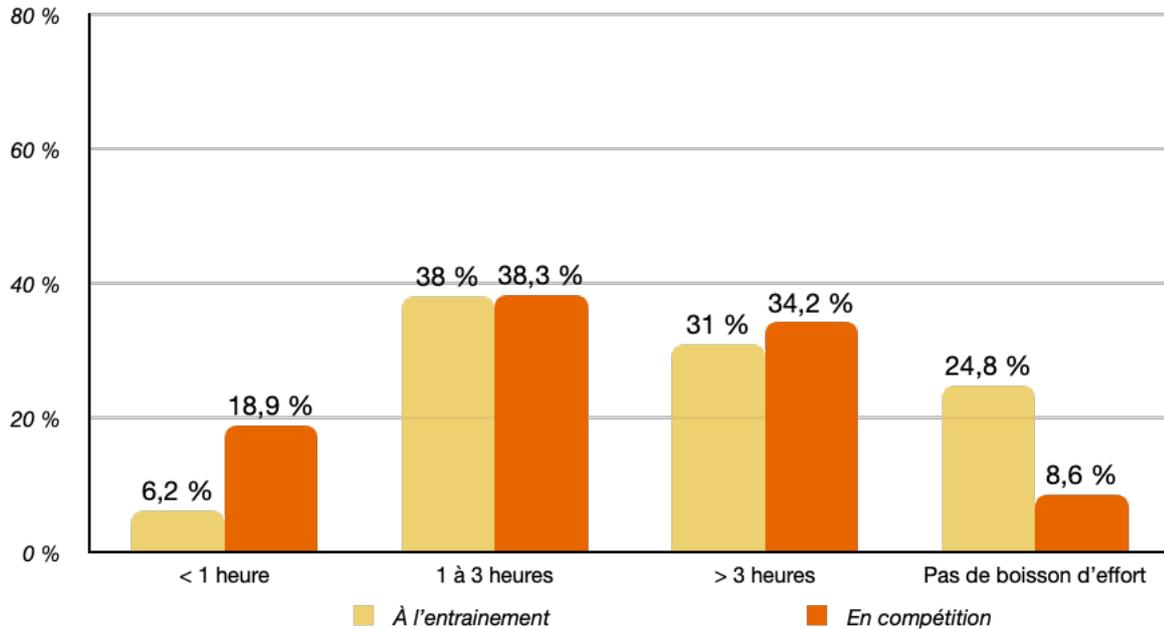


« Vous arrive-t'il de boire de l'eau (sans glucides ni électrolytes ajoutés) pendant l'effort? »

Pour ces derniers, 37,3% le faisaient sans tenir compte de la durée de l'effort. 15,5% en buvaient dès la première heure, 33,2% après une heure et 13,2% après trois heures d'effort.

Lors des entraînements et des compétitions, plus d'un tiers des participants (38% et 38,3% respectivement) prenaient une boisson d'effort à partir d'une heure d'activité. D'autres attendaient trois heures d'effort (31% en entraînement et 34,2% en compétition). L'ensemble des résultats est détaillé dans la Figure 9.

Figure 9: Durée d'effort à partir de laquelle les coureurs consomment une boisson de l'effort



« À partir de quelle durée consommez-vous une boisson d'effort à l'entraînement/compétition? »

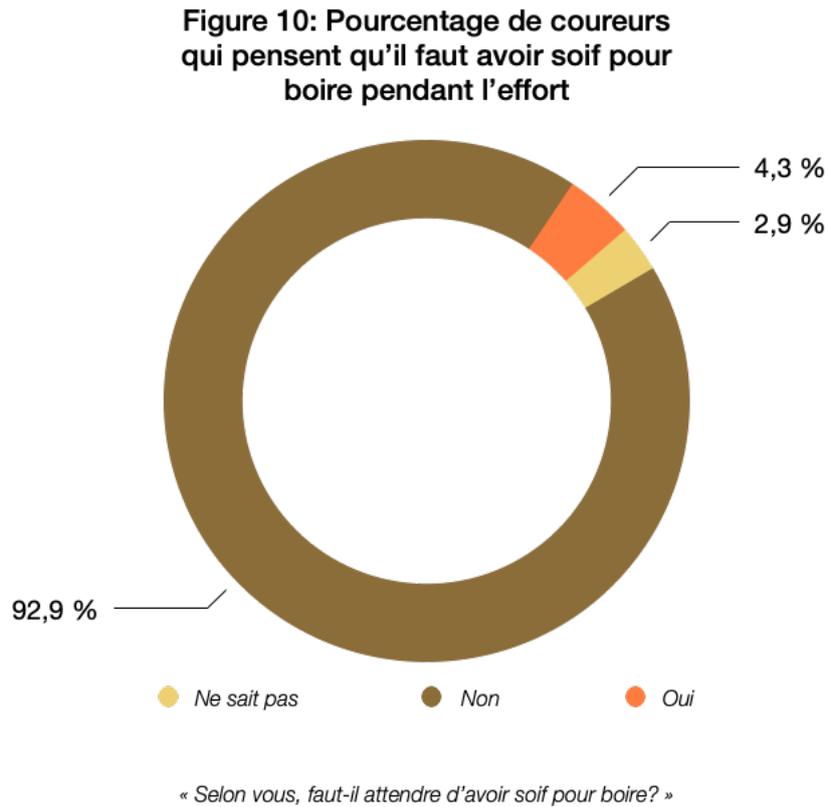
Tableau 4: Paramètres urinaires des coureurs au cours de l'effort

	Effectifs	%
Urinez-vous pendant l'effort		
Non , jamais	15	2,1
Oui, parfois	350	48
Oui, souvent	235	32,2
Oui, systématiquement	129	17,7
Vous arrive-t'il d'avoir des urines foncées au cours de l'effort?		
Non , jamais	242	33,2
Oui, parfois	373	51,2
Oui, souvent	98	13,4
Oui, systématiquement	16	2,2
Vous arrive-t'il d'avoir du sang dans les urines au cours de l'effort?		
Non , jamais	688	94,4
Oui, parfois	37	5,1
Oui, souvent	4	0,5
Oui, systématiquement	0	0

Le Tableau 4 résume les données récoltées concernant la miction des coureurs au cours de l'effort. Il est à noter que 2,1% des participants n'urinaient pas pendant l'effort et 5,6% avaient déjà constaté du sang dans leurs urines pendant l'activité physique.

Pour 88,8% des participants, la couleur des urines était pour eux un bon marqueur d'hydratation

Pour 92,9% de nos sujets, il ne faut pas attendre d'avoir soif pour boire alors que 4,3% pensent qu'il faut s'hydrater en fonction de sa soif. 2,9% ne peuvent pas statuer sur la question (Figure 10).



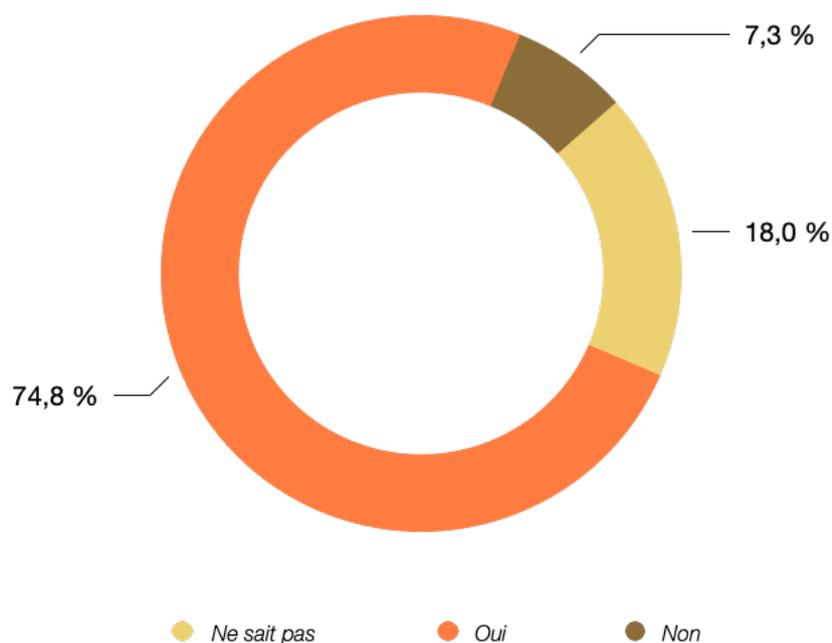
Près de 47,9% de notre population ne connaissent pas l'hyponatrémie liée à l'hyperhydratation.

d. Apports en minéraux et oligo-éléments :

Les trois quarts de nos coureurs (74,8%) buvaient une boisson de l'effort contenant du sodium (Figure 11). Parmi ce groupe, 53,5% n'en connaissaient pas la quantité consommée. Pour ceux ayant pu répondre, la concentration de Na⁺ de leur boisson était de :

- < 0,5 g/L pour 11,5%.
- Entre 0,5 et 1 g/L pour 16,7%.
- 1g/L pour 4,5%.

Figure 11: Présence de sodium dans les boissons de l'effort des coureurs



« Votre boisson de l'effort contient-elle du sel ? »

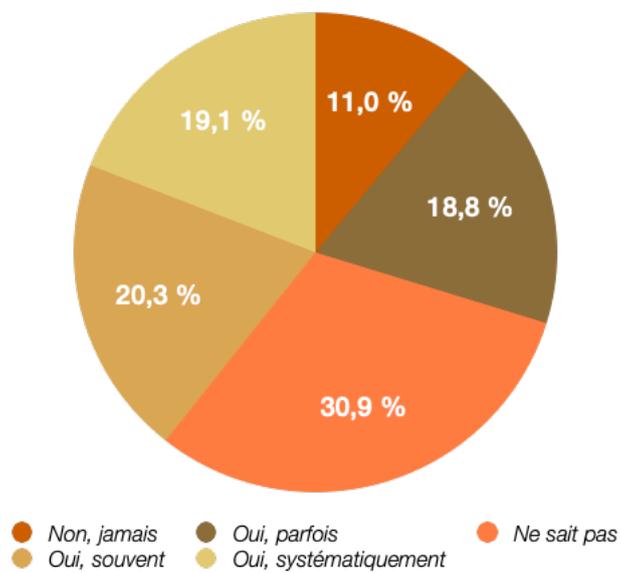
53,7% adaptaient la quantité de sel de leur boisson en fonction de la température (11,4% de façon systématique, 18,5% de façon régulière et 23,3% de façon occasionnelle)

Plus de la moitié de nos participants (63,4%) n'ajoutaient jamais de sel en plus dans leur boisson alors que 24,7% le faisaient occasionnellement, 9,1% régulièrement et 2,9% systématiquement.

Concernant les antioxydants, 30,9% ne savaient pas si leur boisson en contenait. Les données obtenues sont illustrées dans la Figure 12.

Une grande majorité (90%) ne supplémentaient pas leur boisson avec des antioxydants. Parmi les 10 % restant : 7,3% en ajoutaient occasionnellement, 1,6% régulièrement et 1,1% systématiquement.

**Figure 12: Consommation
d'antioxydants dans les boissons
d'effort**

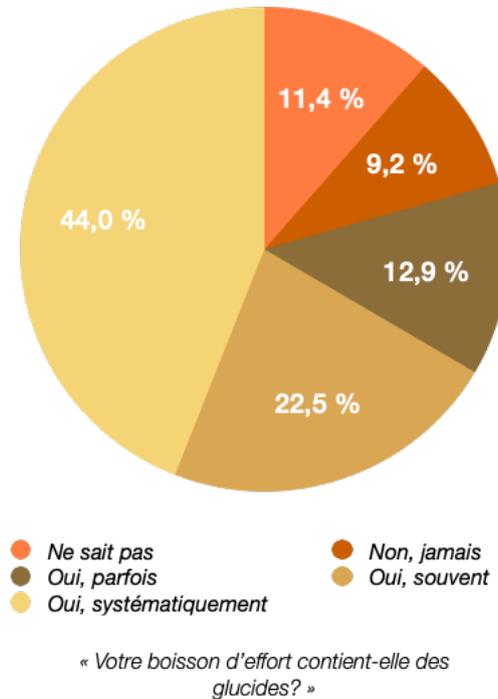


«Votre boisson de l'effort contient-elle des antioxydants?»

e. Apports en macronutriments :

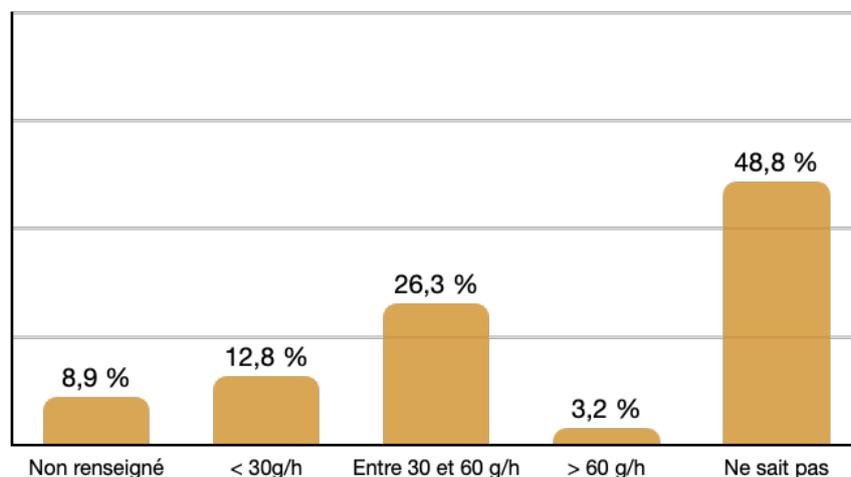
La plupart de nos coureurs (87,1%) consommaient des glucides dans leur boisson d'effort. Les résultats sont illustrés dans la Figure 13.

Figure 13: Présence de glucides dans les boissons d'effort consommées par les coureurs



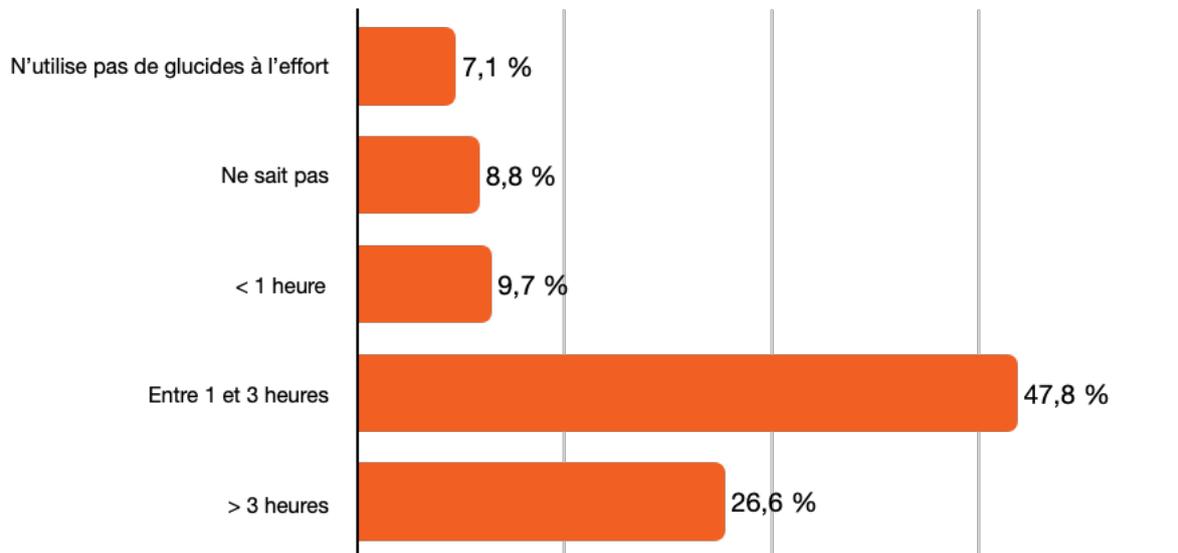
Parmi ces derniers, 48,8% ne connaissaient pas la quantité de glucides contenue dans leur boisson. Les autres réponses sont renseignées dans la Figure 14.

Figure 14: Quantité de glucides consommée par heure d'effort selon les coureurs



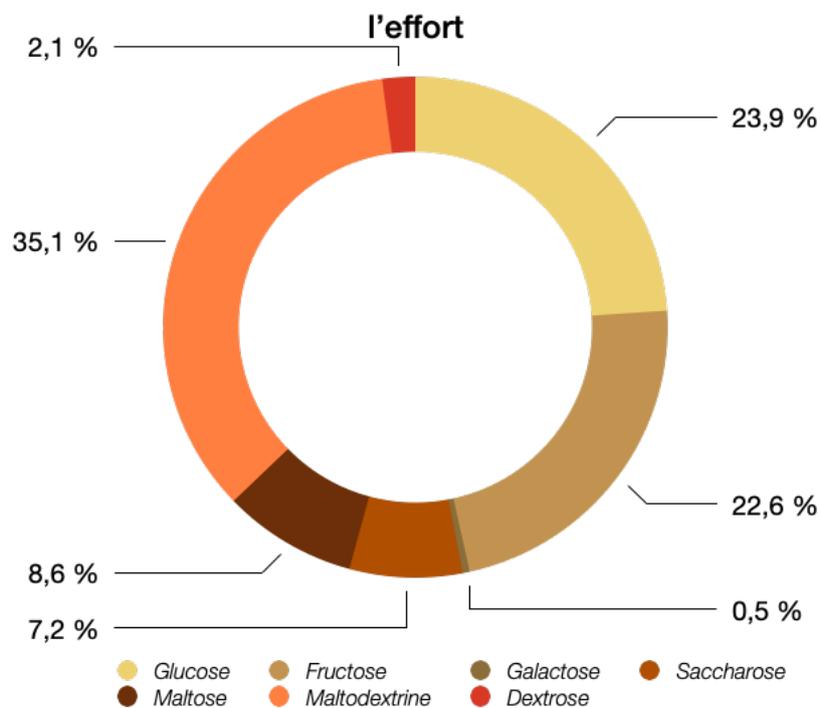
47,8% de nos sujets utilisaient des glucides à partir d'une heure d'effort (Figure 15).

Figure 15: Durée à partir de laquelle les coureurs consomment des glucides à l'effort



Moins de la moitié de notre groupe (42%) connaissent le(s) type(s) de glucides contenu(s) dans leur boisson (Tableau 5). Parmi ces derniers, les glucides cités en priorité sont la maltodextrine pour 35,1%, le glucose pour 23,9% et le fructose pour 22,6% (Figure 16).

Figure 16: Les types de glucides consommés dans les boissons de l'effort



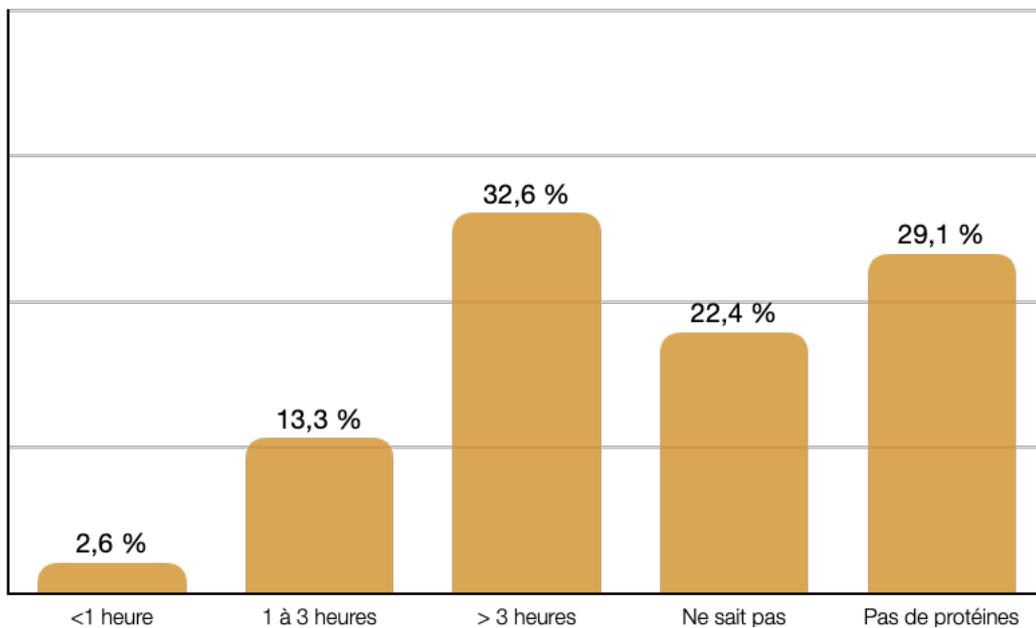
Une majorité (75,9%) connaissent le terme d'index glycémique (Tableau 5). 62% n'adaptent jamais l'index glycémique en fonction de la durée et de l'intensité de l'effort. 11,9% disaient le faire de façon occasionnelle, 7,7% de façon régulière et 3,4% de façon systématique. 15% interrogés n'avaient pas répondu à la question.

Tableau 5: Connaissance des coureurs concernant les différents paramètres d'une boisson d'effort

	Effectif	%
Connaissez-vous le (les) type(s) de glucide(s) contenu(s) dans votre boisson d'effort?		
Oui	306	42
Non	423	58
Connaissez-vous la notion « d'index glycémique »?		
Oui	553	75,9
Non	176	24,1
Connaissez-vous le terme « isotonique »?		
Oui	612	84
Non	117	16

Concernant les protéines, 36,9% en consommaient avec leur boisson (19,9% parfois, 8,2% souvent, 8,8% systématiquement) alors que 29,5% ne pouvaient pas statuer. La durée d'effort à partir de laquelle les coureurs consommaient des protéines avec leur boisson est illustré dans la Figure 17.

Figure 17: Durée d'effort à partir de laquelle les coureurs consomment des protéines dans leurs boissons



f. Problèmes médicaux à l'effort :

Tableau 6: Problèmes médicaux rencontrés au cours de l'effort

	Effectifs	%
Avez-vous déjà été victime d'une hypoglycémie vraie diagnostiquée par une équipe médicale au cours d'une compétition?		
Oui	34	4,7
Non	675	92,6
Ne sait pas	20	2,7
Avez-vous déjà fait une hyponatrémie à l'effort en lien avec une hyperhydratation?		
Oui	27	3,7
Non	586	80,4
Ne sait pas	116	15,9
Avez-vous déjà été victime d'une hyperthermie (coup de chaleur) vraie diagnostiquée par une équipe médicale au cours d'une compétition?		
Oui	49	6,7
Non	655	89,8
Ne sait pas	21	2,9
Non renseigné	4	0,5
Avez-vous déjà eu des nausées ou des vomissements vous empêchant de vous hydrater pendant plus d'une heure au cours d'un effort?		
Non, jamais	492	67,5
Oui, parfois	190	26,1
Oui, souvent	41	5,6
Oui, systématiquement	6	0,8
Avez-vous déjà eu des douleurs abdominales au cours d'un effort?		
Non, jamais	370	50,8
Oui, parfois	325	44,6
Oui, souvent	31	4,3
Oui, systématiquement	3	0,4
Avez-vous déjà été victime de diarrhées au cours de l'effort?		
Non, jamais	466	63,9
Oui, parfois	242	33,2
Oui, souvent	19	2,6
Oui, systématiquement	2	0,3

Parmi nos sujets (Tableau 6) :

- 4,7% avaient été victime d'une hypoglycémie diagnostiquée au cours d'une compétition.
- 3,7% déclaraient avoir souffert d'hyponatrémie en lien avec une hyperhydratation
- Une hyperthermie avait été diagnostiquée chez 6,7% de nos coureurs.

3. Discussion

a. Méthode :

o Type d'étude :

Il s'agit d'une étude observationnelle descriptive transversale dont l'intérêt est d'analyser les connaissances et les pratiques personnelles des ultra-traileurs concernant leur boisson d'effort. Ce type d'étude représente un faible niveau de preuve (grade C selon le niveau de preuve de la Haute Autorité de Santé HAS). Cependant, dans le but d'étudier une prévalence, le choix de ce type de travail semble cohérent.

Notre sujet s'est concentré uniquement sur les boissons de l'effort, omettant volontairement l'alimentation durant l'effort. Cette dernière étant quasi systématiquement utilisée lors des ultra trails, cela limite l'extrapolation de nos résultats sur le terrain.

o Élaboration du questionnaire :

Par simplicité, nous avons choisi un auto-questionnaire, car l'interrogatoire individuel par hétéro questionnaire aurait été plus complexe et aurait limité le nombre de sujets inclus dans notre travail. L'auto-questionnaire produit obligatoirement de nombreux biais que nous détaillerons dans la suite.

L'emploi de questions fermées nous a permis de simplifier les réponses et de faciliter leur comparaison lors de l'analyse statistique. Cependant, ce choix impose des propositions préétablies auxquelles les participants doivent se soumettre et qui ne sont pas le reflet exact de leur pensées ou leurs actions.

Pour essayer de pallier ce problème, nous avons décidé d'ajouter une section « autre » dans le choix de certaines questions. Le participant pouvait écrire la réponse souhaitée si celle-ci ne figurait pas dans les propositions. Nous avons intégré chaque réponse à l'analyse des données, en créant une nouvelle catégorie ou en l'intégrant à une proposition déjà énoncée si celle-ci s'en approchait. Cependant, cette méthode a pu engendrer un biais de mesure.

Les réponses aux questionnaires ont l'avantage d'être anonyme afin d'obtenir un plus grand nombre de participants.

Après réflexion, nous aurions peut-être pu simplifier le questionnaire pour le rendre moins chronophage et plus facile d'usage.

o Échantillon et taux de participation :

Nous avons pu diffuser notre questionnaire sur un événement sportif majeur et convoité par de nombreux coureurs, ce qui nous a permis de recueillir un échantillon important (998 réponses).

Le choix de cette manifestation s'est fait par sa réputation et sa popularité. En effet, l'UTMB® est une des plus grandes courses de trail running au monde en termes de nombre de participants. Elle fait référence dans cette discipline depuis de nombreuses années.

Nous avons sélectionné uniquement les coureurs ayant participé à un format d'ultra-trail (> 80 km) durant cette course, totalisant 729 réponses (Figure 1).

Toutefois, nous nous sommes interrogés sur un faible taux de participation de 2,36% :

- Bien qu'étant pratique et facile d'utilisation, l'auto-questionnaire par internet induit un taux d'abstention important.
- La durée moyenne du questionnaire (10 et 15 minutes) a pu décourager certains participants.
- La barrière de la langue a peut-être été un frein pour les destinataires non anglophones ou non francophones.

Initialement, notre enquête aurait dû être adressée à l'édition 2020 de l'UTMB®. La pandémie mondiale de Covid-19 a malheureusement contraint à l'annulation de cette édition et d'autres courses d'ultra-endurance. Nous avons pu diffuser notre questionnaire en avril 2021, soit dix-neuf mois après les dernières épreuves de l'UTMB® (UTMB® 2019) et quatre mois avant celles de 2021. La période choisie, à distance de l'évènement, a pu participer à ce faible taux de réponses. De plus, ceci a possiblement engendré un biais de mémorisation car les résultats obtenus auraient pu être différents si nous avions interrogé les sportifs au plus près des compétitions.

Il existe également un biais d'auto-sélection dans la mesure où le questionnaire repose sur la base du volontariat : nos participants étaient probablement intéressés par le sujet et peut-être à jour des dernières recommandations.

o *Réponses :*

Lors du traitement des données, nous avons relevé certaines incohérences dans les réponses obtenues :

- À la question « *Vous arrive-t-il de boire de l'eau (sans glucides ni électrolytes) pendant l'effort ?* », sept participants avaient répondu par la négative. Cependant, parmi ces derniers, une personne avait tout de même répondu à la question suivante « *Si oui, sur quelle durée d'effort ?* ».
- À la question « *Votre boisson contient-elle du sel (sodium) ?* », 131 personnes avaient déclaré ne pas savoir. Parmi ce groupe, 31 avaient cependant signalé connaître la quantité de sodium contenue dans leur boisson à la question suivante.

- À la question « *Votre boisson d'effort contient-elle des glucides ?* », 67 participants avaient affirmé que leur boisson n'en contenait pas. Sept personnes avaient néanmoins répondu

savoir la quantité de glucides consommée par heure d'effort. Il se peut qu'il y ait eu une incompréhension à la question « *Quelle quantité de glucides consommez-vous par heure d'effort ?* ». Celle-ci pouvait comprendre les glucides contenus dans leur boisson mais également dans les gels, barres ou autre alimentation solide retrouvés en course.

- À la question « *Connaissez-vous le (les) type(s) de glucide(s) contenu(s) dans votre boisson d'effort ?* », 423 ont répondu négativement. Toutefois, ce groupe peut comprendre les participants ne connaissant pas le type de glucides mais également ceux qui ne consommaient pas de glucides avec leur boisson.
- À la question « *Connaissez-vous la notion d'index glycémique ?* », 176 personnes avaient répondu ne pas savoir. Parmi eux, 67 disaient tout de même adapter l'index glycémique de leur boisson à la question suivante.
- De plus, certains n'ont peut-être pas compris des termes médicaux comme « isotonique », « hyponatrémie » ou « index glycémique » ce qui a pu engendrer un biais dans les réponses.

La question « *Parmi ces critères, quel est, à votre sens, le plus important concernant la boisson d'effort ?* » était à choix unique. Cependant, de nombreux participants avaient signalé ne pas pouvoir choisir entre plusieurs propositions dans la catégorie « *Autre* ». Nous avons fait le choix de ne pas sélectionner ces réponses dans l'analyse des données, nous exposant à un biais de mesure.

o *Représentativité de la population étudiée :*

En 2012, une étude américaine avait évalué les caractéristiques des coureurs d'un ultra-trail de 161 km (8). Les hommes représentaient 80% des coureurs et l'âge médian était de 45 ans (8, 32). Actuellement, la population des traileurs se rajeuni avec un âge moyen de 40 ans mais la répartition des sexes reste sensiblement la même (77% d'hommes et 23% de femmes) selon le dernier rapport de l'ITRA. Concernant le niveau d'études, 43,6% des coureurs d'endurance avait l'équivalent du baccalauréat et 37,2% avaient fait des études supérieures (32).

Dans notre étude, les hommes constituent 90% de notre échantillon et plus d'un quart de nos participants ont entre 46 et 50 ans (26,7%). Plus d'un tiers (42,5%) appartiennent à la catégorie « cadres supérieurs ou intermédiaires » (Tableau 1).

Ainsi, notre groupe est en moyenne plus âgée et les hommes plus nombreux comparé à la population cible. La catégorie socio-professionnelle semble être superposable aux données retrouvées.

b. Résultats :

o Utilisation des boissons de l'effort :

La consommation des boissons de l'effort a considérablement augmenté ces dernières années. En effet, nous remarquons que la majorité de notre groupe en utilisaient lors des entraînements et des compétitions (73,8% et 91,1% respectivement) (Figure 2).

Dans notre étude, près de 80% achetaient des préparations commerciales (associées ou non à de l'eau et/ou des préparations « faite maison ») (Figure 3) et 98 marques différentes avaient été citées (Figure 4). Ces boissons ont l'avantage d'être facile d'utilisation et garantissent un apport en micro et macronutriments déjà « prêt à l'emploi ». Le marché industriel, qui est en plein essor, propose aux coureurs une multitude de boissons, se différenciant par leur goût, leur composition et leur concentration :

- Dans notre étude, le critère jugé le plus important était la présence d'électrolytes, minéraux et oligo-éléments pour plus d'un quart de nos coureurs (27%) (Tableau 3). L'intérêt, qui est de compenser les pertes sudorales, fait actuellement débat et n'a pas fait l'objet d'un consensus clair dans la littérature.
- Pour 17,8%, la saveur était un critère décisif dans le choix de leur boisson (Tableau 3). Il est effectivement important, surtout lors d'un effort long de plusieurs heures, que le goût soit plaisant afin de stimuler le sportif à boire. Cela permettra au coureur d'augmenter son apport hydrique et calorique sans avoir à se forcer.
- 13,7% avaient choisi l'isotonicité comme critère principal d'une boisson (Tableau 3), qui paraît un choix judicieux car elle permet une meilleure absorption et tolérance digestive.
- Seul 12,9% de nos participants avaient privilégié le type de glucides et l'IG (Tableau 3). Pourtant, l'intérêt principal d'une boisson d'effort est de pouvoir, grâce aux glucides, augmenter l'apport énergétique pendant l'effort. De plus, la présence de différents types de glucides et l'IG jouent un rôle important dans la tolérance de la boisson.

Nous avons remarqué qu'internet et la télévision influençaient près d'un quart de notre échantillon dans le choix de leur boisson (24,8%) (Figure 5). En effet, ils ont l'avantage d'être un vecteur d'informations important et facilement accessible. Cependant, ils représentent le meilleur moyen de communication des fabricants pour convaincre les sportifs à l'achat de leurs produits.

L'avis des professionnels de santé avait été peu sollicité par notre groupe (médecins 2,2%, diététiciens 7,7% et autres professionnels 3,6%) (Figure 5). Ce constat amène à se poser la question de la source de l'information, et de l'intérêt de véhiculer les messages sanitaires par des professionnels formés. Il paraît utile que les professionnels de santé trouvent les moyens d'acquérir une légitimité dans ce domaine auprès des coureurs. A l'image de certaines manifestations sportives qui éditent des « guides de nutrition » envoyés en amont aux coureurs inscrits à leur course, des actions sont à envisager pour améliorer l'origine de l'information.

Dans notre étude, l'utilisation des boissons de l'effort est différente entre l'entraînement et la compétition. Par exemple, seul 5,9% de notre effectif en consommaient systématiquement pendant l'entraînement alors que 57,2% le faisaient en compétition (Figure 2). Cette stratégie peut s'avérer risquée car l'essai d'une boisson en compétition risque de provoquer des troubles digestifs. Il est

conseillé toujours tester au préalable « sa stratégie » nutritionnelle pendant l'entraînement afin d'habituer son système digestif pour permettre une meilleure absorption et tolérance digestive.

La consommation de boisson de l'effort, surtout des préparations commerciales, est majoritaire dans notre population. L'intérêt mis en avant est l'apport de minéraux dans le but de compenser les pertes sudorales. Cependant, son utilisation diffère entre entraînements et compétitions, ce qui augmente le risque d'intolérance digestive lors des épreuves.

- *Apports hydriques :*

Dans notre étude, la quasi-totalité (99%) buvaient de l'eau sans glucides ni électrolytes (Figure 6) pendant l'effort. Nos coureurs l'associaient à la boisson de l'effort au cours des ultra-trails.

En termes de quantité, la majorité de notre échantillon buvait de façon régulière, par petites gorgées, toutes les 10 à 15 minutes (41,2%) ou toutes les 20 à 30 minutes (33,6%). Cette « hydratation programmée » est une stratégie populaire qui implique de boire régulièrement dans le but de compenser les pertes mais favorise aussi la surhydratation. Pour diminuer ce risque, il est alors conseillé de limiter ses apports entre 0,3-0,6 L/h mais plus de la moitié estimaient boire entre 0,5- 1 L/h.

Les recommandations actuelles préconisent plutôt de boire en fonction de la soif au cours de l'activité physique. Ceci permet le maintien d'une bonne hydratation et reste le meilleur moyen d'éviter l'EAH. Pourtant, cette méthode semble être peu connue car la quasi-totalité de notre groupe (92,9%) pensaient qu'il ne faut pas attendre d'avoir soif pour boire. 84% avouaient même se forcer à boire, au moins de façon occasionnelle, pendant l'effort (Figure 7). Seul 11,4% de nos coureurs s'hydrataient en fonction de leur soif.

Il serait donc intéressant de communiquer sur les risques de l'hydratation programmée trop agressive, de l'hyponatrémie, et l'intérêt potentiel de se fier aux sensations de soif.

Pour 88 % de nos participants, la couleur des urines était un bon marqueur d'hydratation. Cependant, nous savons que la concentration urinaire (osmolarité et couleur) tend à augmenter proportionnellement à la durée de l'effort, rendant la couleur des urines peu fiable. De ce fait, il est préférable de se rapporter à sa sensation de soif pour maintenir un bon statut hydrique pendant un ultra-trail.

- *Apports en minéraux et oligo-éléments :*

L'apport de sodium est habituel chez nos coureurs : près de 75% en utilisaient dans leur boisson (Figure 11). Son intérêt principal est de remplacer les pertes sudorales liées à un effort long. Cette pratique est communément retrouvée dans la littérature : 90 à 96% des sportifs d'ultra-endurance consomment des compléments à base de sodium (26, 30). Dans une enquête menée auprès d'ultra-traileurs, la majorité pensaient qu'elle est utile pour prévenir l'hyponatrémie et les crampes

musculaires (26). Néanmoins, les dernières recommandations considèrent que l'apport en Na⁺ dans la boisson n'est pas nécessaire si une alimentation salée est consommée au cours d'un ultra-trail : celle-ci serait suffisante pour éviter la déplétion sodique.

Son utilisation peut toutefois s'avérer utile si l'alimentation est limitée. L'ACSM recommande une concentration sodique comprise entre 0,7- 1 g/L de boisson. De façon superposable, un quart des participants (16,7%) consommaient entre 0,5-1 g/L mais plus de la moitié (53,5%) ne connaissaient pas la quantité contenue.

Plus d'un tiers (36,3%) déclaraient, au moins de façon occasionnelle, ajouter du sel en plus dans leur boisson. La moitié (53,2%) adaptaient même la concentration sodique en fonction de la température. En excès, le sel peut stimuler la soif et risque d'augmenter la surhydratation chez le coureur. Cette mesure s'avère donc inutile et peut être délétère, même lorsqu'il fait chaud.

Plus d'un participant sur deux (Figure 12) consommaient des antioxydants et vitamines avec leur boisson d'effort mais la quasi-totalité (90%) n'en ajoutaient pas en plus.

Les antioxydants sont connus pour avoir de nombreuses propriétés, notamment sur le stress oxydatif. Toutefois, leur supplémentation n'a pas montré de bénéfices en ultra-trail.

Les données récoltées confirment que la supplémentation en sodium est fréquente dans notre population. Son utilisation doit cependant être prise en compte avec le sel contenu dans l'alimentation. Il serait important d'éduquer les coureurs à ne pas en consommer en excès car le sodium peut augmenter la sensation de soif et exposer à un risque de surhydratation. De plus, l'ajout de sachets ou comprimés de sel risque de rendre la boisson hypertonique, ce qui pourrait provoquer des troubles digestifs.

○ *Apports en macronutriments :*

Dans notre étude, plus des trois-quarts des coureurs (79,4%) déclaraient consommer des glucides, au moins de façon occasionnelle, dans leur boisson. 44% en intégraient même de façon systématique (Figure 13). En effet, les glucides représentent une source indispensable d'énergie pendant un effort long. Leur présence dans une boisson permet d'augmenter les apports caloriques et a montré un bénéfice significatif sur le maintien de la performance sportive.

Les études préconisent un apport élevé en glucides lors d'épreuves d'ultra-trails, pouvant aller jusqu'à 90 g/h. Toutefois, ces quantités en pratique sont souvent en dessous des apports recommandés comme en témoignent nos résultats : seul 3,2% estimaient en consommer plus de 60 g/h mais près de la moitié ne connaissaient pas la quantité contenue dans leur boisson (Figure 14).

L'utilisation combinée de différents types de glucides permet d'optimiser leur absorption, d'augmenter la vidange gastrique afin d'éviter la survenue de troubles digestifs. Pourtant, la majorité de notre échantillon (58%) ne connaissaient pas le(s) type(s) de glucide(s) consommé(s). Parmi ceux ayant pu répondre, la maltodextrine (35,1%), le glucose (22,6%) et le fructose (23,9%) étaient les

glucides les plus cités (Figure 16). Ces derniers permettent de mettre en jeu plusieurs transporteurs intestinaux afin de favoriser leur oxydation.

L'IG d'une boisson joue également un rôle important dans la performance. Il est conseillé de consommer une boisson à IG moyen et élevé pour permettre une disponibilité rapide des glucides. En revanche, un IG élevé est à éviter en début d'effort pour son risque d'hypoglycémie réactionnelle. Nos participants sont familiers avec ce terme car les trois quarts en connaissaient la signification (Tableau 5) mais moins d'un quart adaptaient l'IG de leur boisson en fonction de l'intensité et la durée de l'effort (11,9% occasionnellement, 7,7% régulièrement et 3,4% systématiquement).

Dans notre échantillon, 36,9% intégraient, au moins de façon occasionnelle, des protéines à leur boisson. L'apport de protéines peut avoir un bénéfice en favorisant une meilleure récupération et tend à diminuer les douleurs musculaires au cours des efforts longs mais son utilisation n'a pas montré de bénéfices sur la performance sportive.

En conclusion, la présence de glucides dans la boisson est fréquente chez nos coureurs. Cependant, peu de participants connaissent le type de glucides consommé et une minorité seulement adaptent l'IG en fonction de leur activité. Pourtant, ces paramètres sont importants à considérer pour optimiser l'absorption et la tolérance digestive d'une boisson d'effort. Ce sont des sujets d'éducation importants à évoquer avec les coureurs pratiquant l'ultra trail.

o *Problèmes médicaux au cours de l'effort :*

Les troubles gastro-intestinaux ont souvent été rapportés par nos coureurs : plus d'un tiers avaient déjà souffert de diarrhées ou de nausées/vomissements et plus de la moitié s'était déjà plaint de douleurs abdominales pendant l'effort (Tableau 6). Les données de la science retrouvent, de façon superposable, une forte prévalence de problèmes digestifs chez les ultra-traileurs, pouvant aller de 35 à 80% selon les études (32).

Comme décrit dans la première partie de notre travail, les causes peuvent être d'origine physiologiques, mécaniques ou alimentaires. Il est donc important pour le coureur de bien choisir sa boisson d'effort, afin de prévenir l'apparition de ces symptômes. Il est recommandé de choisir une boisson isotonique, associant différents types de glucides pour permettre une meilleure absorption et favoriser la vidange gastrique. L'IG élevé (à distance du début de l'effort) ou moyen d'une boisson est également un paramètre à prendre en compte.

Dans notre étude, les coureurs interrogés ont tendance à « trop » s'hydrater au cours de l'effort, les exposant à un risque d'hyponatrémie de dilution. Cependant, seul 3,7% en avaient été victime au cours d'une compétition (Tableau 6). Dans la littérature, l'incidence de l'EAH peut atteindre jusqu'à 51% des coureurs dans certains ultra-trails mais reste la plupart du temps peu diagnostiquée (32). Même si elle peut avoir des conséquences graves, l'hyponatrémie est souvent asymptomatique, pouvant expliquer un sous-diagnostic dans notre groupe.

6,7% de nos participants avaient déjà souffert d'hyperthermie lors d'une compétition (Tableau 6). Elle se manifeste par une élévation de la température corporelle $> 40^{\circ}$, résultant d'une défaillance de la thermorégulation. Elle peut s'associer à des symptômes neurologiques comme une confusion, une désorientation temporo-spatiale, des crises d'épilepsie voire un coma. Paradoxalement, les risques d'hyperthermie sont relativement faibles en ultra-trail du fait d'une intensité d'effort modérée (26) mais son incidence dans notre groupe semble être élevée. Une déshydratation, associée à une mauvaise acclimatation à un environnement chaud peuvent en être la cause, voire expliquer un sur diagnostic. (Réelle hyperthermie induite par l'exercice diagnostiquée médicalement ?)

Dans notre travail, près de 5% avaient déjà été victime d'hypoglycémie en compétition (Tableau 6). L'origine la plus évidente est un apport en glucides insuffisant qui ne permet pas d'assurer les besoins de l'organisme au cours de l'effort. Cependant, comme décrit précédemment, l'utilisation d'une boisson de l'effort à IG élevé au début de l'épreuve peut favoriser la survenue d'une hypoglycémie réactionnelle, secondaire à une élévation brutale de l'insuline. Le coureur doit donc s'alimenter régulièrement et être attentif à l'IG utilisé dans sa boisson, surtout en début de course.

Plus de 5% de nos coureurs avaient déjà constaté la présence de sang dans leurs urines au cours de l'effort (Tableau 6). L'insuffisance rénale est fréquente au cours d'un ultra-trail, pouvant affecter jusqu'à 50% des participants (26, 32). Elle est secondaire à une rhabdomyolyse et peut être aggravée par une déshydratation, un environnement chaud et la prise de médicaments comme des AINS (26). Généralement, elle est spontanément résolutive à l'arrêt de l'effort. Cependant, une hématurie témoigne d'un stade avancé d'insuffisance rénale et doit alerter le coureur. Il convient donc de véhiculer le message de la nécessité d'un avis médical lors d'une hématurie macroscopique, ou d'urines « foncées » en courant.

Une hydratation et une alimentation contrôlée est nécessaire pour maintenir les performances en ultra-trail. Elle permet également d'éviter certains problèmes médicaux liés à l'effort comme l'EAH, la déshydratation et les hypoglycémies. Il est tout de même important d'éduquer les coureurs à tester leur stratégie lors des entraînements pour éviter les inconforts digestifs en compétition.

4. Conclusion

L'utilisation de la boisson de l'effort est répandue chez les coureurs. Elle a l'avantage d'être facilement transportable et permet de combiner un apport hydrique et énergétique au cours d'un ultra-trail.

Notre travail, malgré les nombreux biais inhérents à la méthode utilisée, nous a permis de mettre en avant certaines notions dans la stratégie hydrique et nutritionnelle en ultra-trail.

En premier lieu, il est primordial d'éduquer les coureurs à limiter les apports hydriques à leur sensation de soif. Cette stratégie est suffisante pour favoriser une hydratation adéquate pendant l'effort. De plus, il s'agit du meilleur moyen de prévenir l'hyponatrémie de dilution liée à l'exercice, fréquemment rencontrée en ultra-endurance. Ce conseil étant bien entendu à adapter en fonction des conditions environnementales.

La présence de glucides dans la boisson de l'effort a pour but de maintenir les performances sportives et de prévenir certaines pathologies digestives et métaboliques à l'effort. Les glucides offrent également d'autres avantages : ils possèdent un rôle immunitaire, digestif et aident à la récupération. Aussi, une combinaison de différents types de glucides permet une meilleure absorption pendant l'effort.

Il est nécessaire d'inciter les coureurs à consulter en cas de problème médical. Étant donné que les risques d'hyponatrémie semblent superposables à ceux de la déshydratation, la question de la quantité bue à l'effort doit être systématiquement posée face à des troubles neurologiques, digestifs ou une fatigue anormale.

De même, grâce à notre étude observationnelle et notre travail de recherche, nous avons remarqué que les coureurs d'ultra-trails souffraient notamment de troubles digestifs pendant les épreuves. Même s'il existe des causes physiologiques propres à la course à pied, certaines causes nutritionnelles ont été évoquées :

- L'importance d'un « entraînement digestif » consiste à tester la stratégie hydrique et nutritionnelle (et donc essayer sa boisson d'effort au préalable) au cours des entraînements, en amont de l'épreuve d'ultra-trail. Cette stratégie permettra de diminuer l'incidence des troubles digestifs et permettra une meilleure absorption des nutriments pendant l'effort.
- L'isotonicité de la boisson d'effort favorise la vidange gastrique et évite les inconforts digestifs.
- L'index glycémique moyen ou élevé aide à l'absorption digestive en gardant à l'esprit qu'une boisson à IG élevé en début d'effort est à éviter pour son risque d'hypoglycémie réactionnelle.

Ces éléments sont donc importants à prendre en compte dans le choix de la boisson d'effort. D'autres travaux de recherche sont à explorer concernant la composition des boissons consommées et le son lien avec les troubles digestifs retrouvés pendant l'effort.

L'étude de ces paramètres sur le terrain permettrait de mettre en avant des pistes de prévention à proposer aux coureurs afin d'améliorer leur expérience sportive en ultra-trail.

Enfin de manière plus globale, notre travail met en avant la carence notable de connaissances des coureurs dans leurs boissons d'effort, avec une source d'information à ce sujet complètement détachée des professionnels de santé. Il paraît alors nécessaire de renforcer l'éducation thérapeutique à ce sujet (en amont des manifestations sportives, et pourquoi pas au moment de l'établissement de la certification de non contre-indication à la pratique sportive). Notre rôle en tant que médecin est aussi de se former dans cette thématique afin de délivrer un message clair, actualisé et adapté à la pratique du trail running. Notre autre rôle est celui de prévention en se posant la question des différents leviers à actionner pour redonner de l'importance à la place du professionnel de santé dans l'esprit des coureurs.

ANNEXES

1. Questionnaire (version française)

L'utilisation et la connaissance des boissons de l'effort chez les coureurs de trails longs et ultra-trails

Durée estimée : 10 à 15 minutes

Chers coureurs, chères coureuses,

Je m'appelle Margaux Valla et je suis interne en médecine générale à Besançon (France). Je réalise actuellement une thèse de doctorat sur la connaissance et l'utilisation des boissons de l'effort chez les coureurs de trails longs et ultra-trails.

Ce travail est dirigé par le Dr Samuel Maraffi, médecin généraliste et médecin du sport.

On définit la boisson d'effort comme toute boisson consommée pendant un effort de trail long ou ultra-trail (entraînement ou compétition) qui peut être soit achetée dans le commerce ou confectionnée soi-même.

L'objectif de cette thèse est de faire un état des lieux des recommandations scientifiques actuelles et de recueillir des données précises d'habitudes sur le terrain afin de les comparer et de mieux les comprendre.

L'enjeu est d'obtenir une base de données de terrain et de pouvoir fournir de meilleurs conseils pratiques à chaque athlète.

Les réponses à ce questionnaire sont anonymes. Si vous le souhaitez, les résultats pourront vous être envoyés par mail.

Merci de votre aide et de votre collaboration.

◇ Définir la population :

- Vous êtes : (*choix unique*)
 - Une femme
 - Un homme

- Vous êtes né(e)s : (*choix unique*)
 - Entre 2001 et 2002
 - Entre 1998 et 2000
 - Entre 1986 et 1997
 - Entre 1981 et 1985
 - Entre 1976 et 1980
 - Entre 1971 et 1975
 - Entre 1966 et 1970
 - Entre 1961 et 1965
 - Entre 1956 et 1960
 - Entre 1951 et 1955
 - Entre 1946 et 1950
 - Entre 1941 et 1945

- Entre 1936 et 1940
- 1935 et avant
- Quel est votre profession ? (*choix unique*)
 - Agriculteur exploitant
 - Artisan commerçant et chef d'entreprise
 - Cadre supérieur ou intermédiaire (hors profession de santé)
 - Fonctionnaire (hors profession de santé)
 - Employé administratif ou commercial
 - Ouvrier
 - Profession de santé : médecin, kinésithérapeute, infirmière, ostéopathe, podologue, sage-femme, orthophoniste, aide-soignante, dentiste, ergothérapeute, psychologue, nutritionniste
 - Profession en lien avec le sport : professeur de sport, coach sportif, sportif professionnel
 - Étudiant
 - Sans emploi
 - Retraité
 - Autre :
- À quelle course étiez-vous inscrit(e) pour l'édition 2019 de l'U.T.M.B. ® (Ultra Trail du Mont-Blanc) ?
 - C.C.C.® (101 km)
 - T.D.S. ® (145 km)
 - U.T.M.B. ® (170 km)
 - P.T.L. ® (300 km)
 - Autre :

◇ Caractériser la pratique sportive :

- Depuis quand pratiquez-vous la course à pied ? (*Choix unique*)
 - 0-5 ans
 - 5-10 ans
 - 10 ans
- Êtes- vous licencié(e) dans la fédération nationale d'athlétisme de votre pays (FFA en France, FIDAL en Italie, RFEA en Espagne, England Athletics en Angleterre...) ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
- Êtes-vous membre d'une association ou d'un groupe de course à pied/ trail ? (*Choix unique*)
 - Oui

- Non

◇ Évaluer la consommation des boissons d'effort :

- Consommez-vous une boisson d'effort lors de vos entraînements ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais
- Consommez-vous une boisson d'effort lors de vos compétitions ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais
- Quel(s) type(s) de boisson(s) d'effort consommez-vous ? (*Choix multiples*)
 - Préparation commerciale
 - Préparation « faite maison »
 - Eau
- Si préparation commerciale : Quelle(s) est/sont la/les marque(s) prédominante(s) de votre boisson d'effort à l'entraînement ? (*Choix multiples*)
 - Affysport
 - Aptonia
 - Apurna
 - Atlet Nutrition
 - Authentic Nutrition
 - Chimpanzee
 - Eatfit
 - Effinov Nutrition
 - Ergy Sport
 - Eric Favre
 - Etixx
 - Fenioux Multisport
 - Gatorade
 - Gü Energy
 - High 5
 - Hydrascore
 - Isostar
 - Isoxan
 - Meltonic
 - MX3
 - Nutratletic
 - Nutrisens
 - Overstims
 - Oxsistis
 - PiLeJe

- Powerbar
 - PunchPower
 - S.I.S. (Science In Sport)
 - Sponser
 - Sport énergie
 - STC Nutrition
 - Watt Nutrition
 - W Cup
 - Wiggle
 - Autre :
- Quelle(s) est/sont la/les marque(s) prédominante(s) de votre boisson d'effort en compétition ? (*Choix multiples*)
 - Affysport
 - Aptonia
 - Apurna
 - Atlet Nutrition
 - Authentic Nutrition
 - Chimpanzee
 - Eatfit
 - Effinov Nutrition
 - Ergy Sport
 - Eric Favre
 - Etixx
 - Fenioux Multisport
 - Gatorade
 - Gü Energy
 - High 5
 - Hydrascore
 - Isostar
 - Isoxan
 - Meltonic
 - MX3
 - Nutratletic
 - Nutrisens
 - Overstims
 - Oxsistis
 - PiLeJe
 - Powerbar
 - PunchPower
 - S.I.S. (Science In Sport)
 - Sponser
 - Sport énergie
 - STC Nutrition
 - Watt Nutrition
 - W Cup
 - Wiggle
 - Autre :

- Qui vous a conseillé sur l'achat ou la préparation de votre boisson d'effort ? (*Choix multiples*)
 - Vendeur/ commercial
 - Entraîneur
 - Médecin
 - Nutritionniste
 - Ami ou famille
 - Internet/ Télé
 - Revue sportive ou médicale
 - Autre :

- Parmi ces critères, quel est, à votre sens, le plus important ? (*Choix unique*)
 - Production ou marque locale
 - Isotonicité et concentration
 - Type de glucides et Index Glycémique
 - Electrolytes/ oligo éléments/ minéraux et leurs répartitions
 - Allégations commerciales (utilité décrite par la marque comme « effort long », « amélioration des performances » ...)
 - Présence d'antioxydants
 - Présence de protéines
 - Goût, saveur
 - Facilité d'utilisation
 - Autre :

◇ Évaluer l'hydratation au cours de l'effort :

- Sans tenir compte de la distance et de la température : buvez-vous à l'entraînement/course ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais

- Sans tenir compte de la distance et de la température : à quelle fréquence buvez-vous ? (*Choix unique*)
 - Dès que vous avez soif
 - Régulièrement par petite gorgées toutes les 10 à 15 minutes
 - Régulièrement par petites gorgées toutes les 20 à 30 minutes
 - Régulièrement par petites gorgées toutes les 30 à 45 minutes
 - Régulièrement par petites gorgées toutes les 45 à 60 minutes
 - À chaque ravitaillement
 - Ne sait pas

- Sans tenir compte de la distance et de la température : quelle quantité estimez-vous boire par heure d'effort ? (*Choix unique*)
 - <0.5L/h

- 0.5 à 1L/h
 - 1 à 2 L/h
 - 2L/h
 - Ne sait pas
- Vous arrive-t-il de vous forcer à boire en course sans avoir soif ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais
 - Selon vous, faut-il attendre d'avoir soif pour boire ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
 - Vous arrive-t-il de boire de l'eau (sans glucides ou électrolytes ajoutés) pendant l'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non, je ne bois que des boissons d'effort
 - Si oui, sur quel type d'effort ? (*Choix unique*)
 - <1h
 - 1 à 3 heures
 - 3 heures
 - Toute durée
 - A partir de quelle durée d'effort consommez-vous une boisson d'effort à l'entraînement ? (*Choix unique*)
 - <1h
 - 1-3h
 - 3h
 - A partir de quelle durée d'effort consommez-vous une boisson d'effort en compétition ? (*Choix unique*)
 - <1h
 - 1-3h
 - 3h
 - Urinez-vous pendant l'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais
 - Vous arrive-t-il d'avoir les urines foncées ? (*Choix unique*)

- Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais
- Vous arrive-t-il d'avoir du sang dans les urines ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais
 - Selon vous, la couleur des urines est-elle un bon marqueur d'hydratation ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
 - Connaissez-vous l'hyponatrémie liée à l'hyperhydratation ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non

◇ Évaluer l'apport en minéraux et oligo-éléments :

- Y a-t-il du sel/sodium dans votre boisson d'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
- Quelle quantité de sodium y a-t-il dans votre boisson d'effort ? (*Choix unique*)
 - < 0.5 g/L
 - 0.5 à 1 g/L
 - 1g/L
 - Ne sait pas
- Adaptez-vous la quantité en sodium (sel) lors de la course ou de l'entraînement en fonction de la température ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non
- Ajoutez-vous du sel (pastilles ou comprimés de sel, sachet de table) dans votre boisson pour la prise en charge des crampes ? (*Choix multiples*)
 - Oui en prévention des crampes
 - Oui quand j'ai des crampes
 - Non jamais
- Connaissez-vous le terme « isotonique » ? (*Choix unique*)

- Oui
 - Non
- Votre boisson de l'effort contient-elle des antioxydants ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
 - Est-ce-que vous rajoutez des antioxydants dans votre boisson d'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non

◇ Évaluer l'apport en macronutriments :

- Y a-t-il des glucides dans votre boisson d'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
- Si oui, quelle quantité de glucides consommez-vous pendant l'entraînement ? (*Choix unique*)
 - <30g/h
 - 30 à 60 g/h
 - 60g/h
 - Ne sait pas
- Si oui, quelle quantité de glucide consommez-vous pendant la course ? (*Choix unique*)
 - <30g/h
 - 30 à 60 g/h
 - 60g/h
 - Ne sait pas
- A partir de quelle durée d'effort consommez-vous des glucides (sucres) ? (*Choix unique*)
 - <1h
 - Entre 1 et 3 heures
 - 3 heures
- Savez- vous quel(s) type(s) de glucide(s) il y a dans votre boisson ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
- Si oui, quels sont le(s) type(s) de glucide(s) consommé(s) ? (*Choix multiples*)
 - Glucose (sirop de glucose)
 - Fructose
 - Galactose
 - Saccharose

- Maltose
 - Maltodextrine
 - Autre :
 - Ne sait pas
- Connaissez-vous la notion d'index glycémique ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Y a-t-il des protéines dans votre boisson d'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
 - Utilisez-vous des acides aminés ramifiés dans votre boisson d'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
 - A partir de quelle durée d'effort la consommation de protéine est-elle utile selon vous ? (*Choix unique*)
 - <1h
 - 1 à 3 heures
 - 3 heures
 - Ne sait pas

◇ Évaluation des problèmes médicaux au cours de l'effort :

- Avez-vous déjà été victime d'une hypoglycémie vraie diagnostiquée par une équipe médicale au cours d'une compétition ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
- Avez-vous déjà fait une hyponatrémie à l'effort en lien avec une hyperhydratation ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas
- Avez-vous déjà eu des nausées ou des vomissements vous empêchant de vous hydrater pendant plus d'une heure au cours d'un effort ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais

- Avez-vous déjà été victime de diarrhées au cours de l'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui systématiquement
 - Oui souvent
 - Oui parfois
 - Non jamais

- Avez-vous déjà été victime d'un coup de chaleur ou hyperthermie maligne à l'effort ? (*Choix unique*)
 - Oui
 - Non
 - Ne sait pas

Merci de votre participation.

2. Questionnaire (version anglaise)

The use and knowledge of sports drinks among long and ultra-trail runners

Estimated time of the survey: 10 to 15 minutes

Dear runners,

My name is Margaux Valla and I'm a medical PhD candidate in Besançon (France). I'm currently doing a thesis about the knowledge and use of sports drinks among long and ultra-trail runners.

This work is led by Dr. Samuel Maraffi, general practitioner and sports doctor.

A sport drink is defined as a drink consumed during a long or ultra-trail running (training or competition) that can be either bought in stores or homemade.

The objective of this work is to take stock of current scientific recommendations and to collect precise data from runners hydration habits.

The challenge is to be able to provide better practical advice to each athlete for long distance running.

Responses to this survey are anonymous. If you wish, the results can be emailed to you.

Thank you for your help and cooperation.

◇ Define the population:

- You are:
 - Male
 - Female

- You are born:
 - Between 2001 and 2002
 - Between 1998 and 2000
 - Between 1986 and 1997
 - Between 1981 and 1985
 - Between 1976 and 1980
 - Between 1971 and 1975
 - Between 1966 and 1970
 - Between 1961 and 1965
 - Between 1956 and 1960
 - Between 1951 and 1955
 - Between 1946 and 1950
 - Between 1941 and 1945
 - Between 1936 and 1940
 - 1935 and before

- What's your profession?
 - Farmer
 - Craftsman or business manager
 - Executive manager (except health profession)
 - State worker (except health profession)
 - Administrative or commercial employee
 - Worker

- Health profession: doctor, physiotherapist, nurse, osteopath, podiatrist, midwife, speech therapist, caregiver, dentist, occupational therapist, psychologist, nutritionist...
 - Profession related to sports: sports teacher, sports coach, professional athlete
 - Student
 - Unemployed
 - Retired
- What race were you engaged in for the 2019 edition of U.T.M.B. (Ultra Trail du Mont-Blanc)?
 - C.C.C. ® (101 km)
 - T.D.S. ® (145 km)
 - U.T.M.B. ® (170 km)
 - P.T.L. ® (300 km)
 - Other:

◇ Characterize running practice :

- Since when do you practice running?
 - 5 years
 - 5- 10 years
 - 10 years
- Are you a member of a national athletic club (FFA in France, FIDAL in Italy, RFEA in Spain, England Athletics in England...)?
 - Yes
 - No
- Are you a member of a trail/running group or association?
 - Yes
 - No

◇ Evaluate the consumption of sports drinks:

- Do you use a sports drink during your training?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never
- Do you use a sports drink during your race competition (long and / or ultra-trail distance running)?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never

- What kind(s) of sports drink(s) do you use most regularly?
 - Commercial sports drink
 - Homemade sports drink
 - Water

- If the answer is "commercial sports drink": what is (are) the brand(s) do you often use while training?
 - Affysport
 - Aptonia
 - Apurna
 - Atlet Nutrition
 - Authentic Nutrition
 - Chimpanzee
 - Eatfit
 - Effinov Nutrition
 - Ergy Sport
 - Eric Favre
 - Etixx
 - Fenioux Multisport
 - Gatorade
 - Gü Energy
 - High 5
 - Hydrascore
 - Isostar
 - Isoxan
 - Meltonic
 - MX3
 - Nutratletic
 - Nutrisens
 - Overstims
 - Oxsistis
 - PiLeJe
 - Powerbar
 - PunchPower
 - S.I.S. (Science In Sport)
 - Sponser
 - Sport énergie
 - STC Nutrition
 - Watt Nutrition
 - W Cup
 - Wiggle
 - Other:

- If the answer is "commercial sports drink": what is (are) the brand(s) do you often use while racing?
 - Affysport
 - Aptonia

- Apurna
 - Atlet Nutrition
 - Authentic Nutrition
 - Chimpanzee
 - Eatfit
 - Effinov Nutrition
 - Ergy Sport
 - Eric Favre
 - Etixx
 - Fenioux Multisport
 - Gatorade
 - Gü Energy
 - High 5
 - Hydrascore
 - Isostar
 - Isoxan
 - Meltonic
 - MX3
 - Nutratletic
 - Nutrisens
 - Overstims
 - Oxsistis
 - PiLeJe
 - Powerbar
 - PunchPower
 - S.I.S. (Science In Sport)
 - Sponser
 - Sport énergie
 - STC Nutrition
 - Watt Nutrition
 - W Cup
 - Wiggle
 - Other:
- Who advice you for your sports drink purchasing or preparation?
 - Sport coach
 - Doctor
 - Dietitian
 - Other health professional
 - Entourage
 - Internet/ television
 - Scientific or medical journals
 - Among those criteria, which do you think is the most important concerning the sports drink?
 - Biological production
 - Isotonicity and concentration
 - Type of carbohydrate and glycemic index

- Electrolytes, trace elements, minerals and their distribution
- Commercial allegations (utility described by the brand like « endurance performance », « performance improvement »...)
- Presence of antioxidants
- Presence of proteins
- Taste and flavor
- Ease of use
- Price

◇ Evaluate hydration during exercise:

- Regardless of distance or temperature: do you drink during training or racing (long and/ or ultra-trail distance running)?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never
- Regardless of distance or temperature: how frequently do you drink?
 - As soon as I'm thirsty
 - Regularly, in small sips every 10 to 15 minutes
 - Regularly, in small sips every 20 to 30 minutes
 - Regularly, in small sips every 30 to 45 minutes
 - Regularly, in small sips every 45 to 60 minutes
 - At each supply stations
 - Do not know
- Regardless of distance or temperature: how much do you drink per hour during your training or racing (long and/ or ultra-trail distance running)?
 - < 0,5 L/ h
 - 0.5 à 1L/h
 - 1 à 2 L/h
 - 2L/h
 - Do not know
- Do you ever force yourself to drink without being thirsty while training or racing (long and/ or ultra-trail distance running)?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never
- Do you think you have to wait until you're thirsty to drink?
 - Yes
 - No
 - Do not know

- Do you ever drink plain water (without added carbohydrates or electrolytes) while running?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, I only drink sports drink

- If the answer is yes, on what kind of practice?
 - < 1 hour
 - 1 to 3 hours
 - 3 hours
 - All durations combined

- During training, from when do you take a sport drink?
 - < 1 hour
 - 1 to 3 hours
 - 3 hours
 - No, I don't drink sports drink while training

- During racing (long and/ or ultra-trail distance running), from when do you take a sport drink?
 - < 1 hour
 - 1 to 3 hours
 - 3 hours
 - No, I don't drink sports drink while racing

- Do you urinate while running?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never

- Have you ever had dark urines while running?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never

- Have you ever had blood in your urines while running?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never

- Do you think that urine color is a good marker for hydration?
 - Yes
 - No
 - Do not know

- Have you ever heard of exercise-associated hyponatremia?
 - Yes
 - No

◇ Evaluate the intake of minerals and trace elements

In this section, the following are considered:

- *antioxidants: vitamin A and C, vitamin E, beta-carotene, selenium, zinc, copper, polyphenol*
 - *trace elements and minerals: sodium, potassium, magnesium, bicarbonate, calcium*
 - ...
-
- Is there salt (sodium) in your sports drink?
 - Yes
 - No
 - Do not know

 - If the answer is yes, how much salt (sodium) is in your sports drink?
 - < 0.5 g/L
 - 0.5 à 1 g/L
 - 1 g/L
 - Do not know

 - Do you adjust the amount of salt (sodium) depending on the temperature while running?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never

 - Do you add salt (lozenges, tablets or sachets) in your sports drink?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never

 - Do you know the meaning of the term « isotonic »?
 - Yes
 - No

 - Is there antioxidants in your sports drink?
 - Yes, always
 - Yes, sometimes
 - No, never
 - Do not know

 - Do you add antioxidants in your sports drink?
 - Yes, always

- Yes, often
- Yes, sometimes
- No, never

◇ Evaluate macronutrient intake

In this section, the following are considered as macronutrients:

- *Carbohydrates (sugars)*
 - *Lipids (fats)*
 - *Proteins*
- Are there carbohydrates in your sports drink?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never
 - Do not know
 - If the answer is yes, what amount of carbohydrates do you take during your training or racing (long and/ or ultra-trail distance running)?
 - < 30 g/h
 - Between 30 et 60 g/h
 - 60 g/h
 - Do not know
 - From when do you take carbohydrates during training or racing (long and/ or ultra-trail distance running)?
 - < 1 hour
 - Between 1 and 3 hours
 - 3 hours
 - Do you know what kind of carbohydrate(s) is in your sports drink?
 - Yes
 - No
 - If the answer is yes, what kind(s) of carbohydrate(s) do you take during training or racing (long and/ or ultra-trail distance running)?
 - Glucose (glucose syrup)
 - Fructose
 - Galactose
 - Sucrose
 - Maltose
 - Maltodextrin
 - Do not know
 - Do you know what « glycemic index » means?
 - Yes

- No
- If the answer is yes, do you adjust the glycemic index of your drink according to the duration and intensity of exercise?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never
- Are there proteins in your sports drink?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never
 - Do not know
- When do you think that protein intake is useful during training or racing (long and/ or ultra-trail distance running)?
 - < 1 hour
 - Between 1 and 3 hours
 - 3 hours
 - Do not know
 - No, I don't use proteins in my sport drinks

◇ Assessment of medical problems during long running exercise

- Have you ever had a true hypoglycemia diagnosed by a medical team during a race?
 - Yes
 - No
 - Do not know
- Have you ever had exercise-associated hyponatemia?
 - Yes
 - No
 - Do not know
- Have you ever had a true hyperthermia (heat stroke) diagnosed by a medical team during a race?
 - Yes
 - No
 - Do not know
- Have you ever had nausea or vomiting that prevents you from hydrating for more than an hour during exercise?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes

- No, never
- Have you ever had abdominal pain during exercise?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never
- Have you ever had diarrhea during exercise?
 - Yes, always
 - Yes, often
 - Yes, sometimes
 - No, never

*Your answer has been recorded.
Thank you for your participation.*

BIBLIOGRAPHIE

1. Hoffman MD, Snipe RMJ, Costa RJS. Ad libitum drinking adequately supports hydration during 2 h of running in different ambient temperatures. *Eur J Appl Physiol.* déc 2018;118(12):2687-97.
2. Peternelj T-T, Coombes JS. Antioxidant supplementation during exercise training: beneficial or detrimental? *Sports Med.* 1 déc 2011;41(12):1043-69.
3. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation d'une proposition de directive prise en application de la directive cadre n° 89/398/CEE du 3 mai 1989 relative aux denrées destinées à une alimentation particulière, sur les aliments adaptés à une dépense musculaire intense, surtout pour les sportifs. 2006.
4. Hoffman MD, White MD. Belief in the need for sodium supplementation during ultramarathons remains strong: findings from the Ultrarunners Longitudinal TRACKing (ULTRA) study. *Appl Physiol Nutr Metab.* févr 2020;45(2):118-22.
5. Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences.* 2011;29(1):17-27.
6. Costa RJS, Hoffman MD, Stellingwerff T. Considerations for ultra-endurance activities: part 1- nutrition. *Res Sports Med.* juin 2019;27(2):166-81.
7. Hoffman MD, Stellingwerff T, Costa RJS. Considerations for ultra-endurance activities: part 2 - hydration. *Res Sports Med.* juin 2019;27(2):182-94.
8. Hoffman MD, Fogard K. Demographic characteristics of 161-km ultramarathon runners. *Res Sports Med.* janv 2012;20(1):59-69.
9. Viljoen CT, Janse van Rensburg DC, Verhagen E, van Mechelen W, Tomás R, Schoeman M, et al. Epidemiology of Injury and Illness Among Trail Runners: A Systematic Review. *Sports Med.* mai 2021;51(5):917-43.
10. Hoffman MD, Hew-Butler T, Stuempfle KJ. Exercise-associated hyponatremia and hydration status in 161-km ultramarathoners. *Med Sci Sports Exerc.* avr 2013;45(4):784-91.
11. Knechtle B, Chlíbková D, Papadopoulou S, Mantzorou M, Rosemann T, Nikolaidis PT. Exercise-Associated Hyponatremia in Endurance and Ultra-Endurance Performance-Aspects of Sex, Race Location, Ambient Temperature, Sports Discipline, and Length of Performance: A Narrative Review. *Medicina (Kaunas).* 26 août 2019;55(9):E537.

12. Hew-Butler T, Loi V, Pani A, Rosner MH. Exercise-Associated Hyponatremia: 2017 Update. *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 3 mars 2017 [cité 23 mars 2020];4. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5334560/>
13. Rehrer NJ. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med.* 2001;31(10):701-15.
14. Fuchs CJ, Gonzalez JT, van Loon LJC. Fructose co-ingestion to increase carbohydrate availability in athletes. *J Physiol.* 2019;597(14):3549-60.
15. Stuempfle KJ, Hoffman MD. Gastrointestinal distress is common during a 161-km ultramarathon. *J Sports Sci.* 2015;33(17):1814-21.
16. Smith KA, Pugh JN, Duca FA, Close GL, Ormsbee MJ. Gastrointestinal pathophysiology during endurance exercise: endocrine, microbiome, and nutritional influences. *Eur J Appl Physiol.* oct 2021;121(10):2657-74.
17. Jacob A. Hydratation du marathonien pendant l'effort: optimisation des performances sportives via la boisson d'effort [Thèse d'exercice]. [2019-....., France]: Université de Strasbourg; 2019.
18. Hoffman MD, Stuempfle KJ, Rogers IR, Weschler LB, Hew-Butler T. Hyponatremia in the 2009 161-km Western States Endurance Run. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;7(1):6-10.
19. Tiller NB, Roberts JD, Beasley L, Chapman S, Pinto JM, Smith L, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *J Int Soc Sports Nutr.* 7 nov 2019;16(1):50.
20. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:20.
21. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2018 [cité 31 mars 2020];15. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6090881/>
22. ITRA Discover Trail Running [Internet]. [cité 23 sept 2021]. Disponible sur: <https://itra.run/About/DiscoverTrailRunning>
23. Bielinski RW. Magnésium et activité physique. *Revue Médicale Suisse.* juill 2006;2(74):1783.
24. Garrison SR, Allan GM, Sekhon RK, Musini VM, Khan KM. Magnesium for skeletal muscle cramps. *Cochrane Database Syst Rev.* 2012;(9):CD009402.
25. Amoretti R, Bigard X, Monod H, Rivière D, Rochcongar P, Rodineau J. Médecine du sport : Pour le Praticien. Elsevier Health Sciences; 2020. 749 p.

26. Hoffman MD, Pasternak A, Rogers IR, Khodae M, Hill JC, Townes DA, et al. medical services at ultra-endurance foot races in remote environments: medical issues and consensus guidelines. *Sports Med.* août 2014;44(8):1055-69.
27. Vitale K, Getzin A. Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete: Review and Recommendations. *Nutrients.* 7 juin 2019 ;11(6):E1289.
28. Bigard A-X, Guezennec C-Y. *Nutrition du sportif.* Elsevier Health Sciences; 2017. 302 p.
29. Nikolaidis PT, Veniamakis E, Rosemann T, Knechtle B. Nutrition in Ultra-Endurance: State of the Art. *Nutrients.* 16 déc 2018;10(12):E1995.
30. Williamson E. Nutritional implications for ultra-endurance walking and running events. *Extrem Physiol Med.* 2016; 5:13.
31. Baker LB, Jeukendrup AE. Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Compr Physiol.* avr 2014;4(2):575-620.
32. Knechtle B, Nikolaidis PT. Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. *Front Physiol.* 2018; 9:634.
33. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics.* 2016;116(3):501-28.
34. Arribalzaga S, Viribay A, Calleja-González J, Fernández-Lázaro D, Castañeda-Babarro A, Mielgo-Ayuso J. Relationship of Carbohydrate Intake during a Single-Stage One-Day Ultra-Trail Race with Fatigue Outcomes and Gastrointestinal Problems: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 27 mai 2021;18(11):5737.
35. Orrù S, Imperlini E, Nigro E, Alfieri A, Cevenini A, Polito R, et al. Role of Functional Beverages on Sport Performance and Recovery. *Nutrients.* oct 2018;10(10):1470.
36. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to carbohydrate-electrolyte solutions and reduction in rated perceived exertion/effort during exercise (ID 460, 466, 467, 468), enhancement of water absorption during exercise (ID 314, 315, 316, 317, 319, 322, 325, 332, 408, 465, 473, 1168, 1574, 1593, 1618, 4302, 4309), and maintenance of endurance performance (ID 466, 469) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal.* 2011;9(6):2211.
37. Sports Nutrition Market by Type (Drinks, Supplement, and Food), By Distribution Channel (Large Retail & Mass Merchandisers, Small Retail, Drug & Specialty Stores, Online, and Others): Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis and Forecast, 2020 – 2028 [Internet]. [Cité 23 sept 2021]. Disponible sur : <https://www.zionmarketresearch.com/report/sports-nutrition-market>
38. Gauche É, Hausswirth C. Stress oxydant, complémentation nutritionnelle en antioxydants et exercice. *Movement Sport Sciences.* 2006;2(58):43-66.

39. Goedecke JH, Clark VR, Noakes TD, Lambert EV. The effects of medium-chain triacylglycerol and carbohydrate ingestion on ultra-endurance exercise performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* févr 2005;15(1):15-27.
40. Li X, Wang W, Guo R, Wang A, Wei C. The Effects of Sports Drinks During High-Intensity Exercise on the Carbohydrate Oxidation Rate Among Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2020; 11:574172.
41. Heffernan SM, Horner K, De Vito G, Conway GE. The Role of Mineral and Trace Element Supplementation in Exercise and Athletic Performance: A Systematic Review. *Nutrients* [Internet]. 2019 [cité 31 mars 2020];11(3). Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6471179/>
42. Noakes TD, Sharwood K, Speedy D, Hew T, Reid S, Dugas J, et al. Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: evidence from 2,135 weighed competitive athletic performances. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 20 déc 2005;102(51):18550-5.
43. Costa RJS, Teixeira A, Rama L, Swancott AJM, Hardy LD, Lee B, et al. Water and sodium intake habits and status of ultra-endurance runners during a multi-stage ultra-marathon conducted in a hot ambient environment: an observational field-based study. *Nutr J.* 15 janv 2013; 12:13.
44. Noakes TD, Goodwin N, Rayner BL, Branken T, Taylor RK. Water intoxication : a possible complication during endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* Juin 1985;17(3):370-5.
45. Noakes TD, Norman RJ, Buck RH, Godlonton J, Stevenson K, Pittaway D. The incidence of hyponatremia during prolonged ultraendurance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* avr 1990;22(2):165-70.

PLAN DÉTAILLÉ

INTRODUCTION	1
1. LE TRAIL-RUNNING	1
2. LE « TRAILEUR » ET LE RECOURS MEDICAL	3
3. LES BOISSONS DE L'EFFORT EN TRAIL-RUNNING	4
4. L'OBJET DE CE TRAVAIL	6
PARTIE 1 : ÉTATS DES CONNAISSANCES CONCERNANT LES BOISSONS DE L'EFFORT EN ULTRA-TRAIL.....	8
1. L'HYDRATATION AU COURS DE L'EFFORT.....	8
a. <i>La déshydratation</i>	8
b. <i>L'hyperhydratation et l'hyponatrémie liée à l'exercice</i>	9
c. <i>Apports hydriques recommandés</i>	10
d. <i>L'osmolarité d'une boisson de l'effort</i>	11
2. APPORTS EN MINÉRAUX ET OLIGO-ELEMENTS	13
a. <i>Le sodium (Na+)</i>	13
b. <i>Le potassium (K+)</i>	14
c. <i>Le magnésium (Mg)</i>	14
d. <i>Les antioxydants</i>	15
3. APPORTS EN MACRONUTRIMENTS.....	17
a. <i>Les glucides</i>	17
b. <i>Les protéines</i>	20
c. <i>Les lipides</i>	21
4. PHYSIOPATHOLOGIE DU SYSTÈME GASTRO-INTESTINAL EN ULTRA-TRAIL	22
5. CONCLUSION	24
PARTIE 2 : TRAVAUX PERSONNELS - L'UTILISATION ET LA CONNAISSANCE DES BOISSONS DE L'EFFORT CHEZ LES COUREURS D'ULTRA-TRAIL.	27
1. MATÉRIEL ET MÉTHODE	27
a. <i>Recherche bibliographique</i> :.....	27
b. <i>Type d'étude</i> :	27
c. <i>Réalisation et envoi du questionnaire</i> :.....	27
d. <i>Population source</i> :	28
2. RESULTATS.....	30
a. <i>Caractéristiques de la population</i> :	30
b. <i>Consommation des boissons d'effort</i> :.....	32
c. <i>Apports hydriques pendant l'effort</i> :.....	35
d. <i>Apports en minéraux et oligo-éléments</i> :.....	39
e. <i>Apports en macronutriments</i> :.....	41
f. <i>Problèmes médicaux à l'effort</i> :	44
3. DISCUSSION	46
a. <i>Méthode</i> :.....	46
b. <i>Résultats</i> :	49
4. CONCLUSION	54
ANNEXES	56
1. QUESTIONNAIRE (VERSION FRANÇAISE)	56
2. QUESTIONNAIRE (VERSION ANGLAISE)	66
BIBLIOGRAPHIE.....	76

Rapport du Président de Jury

Thèse pour obtenir le Diplôme d'Etat de **Docteur en Médecine**

Présentée par : Margaux VALLA

Né(e) le : 09 mars 1992 à : Besançon (Doubs)

Titre de la Thèse : **Les boissons de l'effort chez le coureur d'ultra-trail : Étude quantitative observationnelle par auto-questionnaire auprès des coureurs de l'Ultra-Trail du Mont-Blanc**

Le travail a été effectué par le candidat sous la direction de : Docteur Samuel Maraffi

Appréciation critique formulée par le Président de Jury (à formuler en une dizaine de lignes) :



RÉSUMÉ

Nom – Prénom : VALLA Margaux

Thèse soutenue le : 26 octobre 2021

Titre de la thèse :

Les boissons de l'effort chez le coureur d'ultra-trail

Étude quantitative observationnelle par auto-questionnaire auprès des coureurs de l'Ultra-Trail du Mont Blanc ®

Résumé :

Objectifs : L'utilisation des boissons de l'effort est rependue chez les sportifs. Notre étude a pour objectif d'évaluer la connaissance et l'utilisation de ces boissons chez les coureurs d'ultra-trail.

Matériel et méthode : Étude observationnelle descriptive transversale par auto-questionnaire auprès des participants à une épreuve d'ultra-trail de l'UTMB ®.

Résultats : Parmi 729 coureurs sélectionnés, la quasi-totalité utilisaient une boisson de l'effort en compétition (91,1%), associée ou non à de l'eau. En termes de quantité, seul 11,4% de notre population buvaient en fonction de leur soif et 92,9% pensaient qu'il ne fallait pas attendre d'avoir soif pour boire. Concernant les glucides, 80% en consommaient avec leur boisson d'effort. Cependant, près de la moitié (48,8%) ne connaissaient pas la quantité contenue et la majorité (58%) ne savaient pas quel(s) type(s) de glucides étaient présent(s) dans leur boisson. Près de la moitié des participants (49,2%) avaient déjà souffert de douleurs abdominales au cours d'une épreuve et plus d'un tiers avaient déjà souffert de diarrhées, nausées ou vomissements.

Conclusion : Il est primordial d'éduquer les coureurs à boire en fonction de leur soif afin de palier au risque d'hyponatrémie de dilution. La présence de glucides dans les boissons de l'effort permet de favoriser la performance sportive mais certains paramètres comme l'index glycémique et l'osmolarité de la boisson sont importants à prendre en compte pour favoriser sa tolérance digestive.

Mots clés : boisson d'effort ; ultra-trail ; hydratation ; glucides ; hyponatrémie d'effort

1 / 1

