

Sciences de la vie et exploration humaine de l'espace

Groupe de Travail : David Bouchez, Jérôme Cachot, Hélène Giraud, Didier Le Ray, Julie-Anne Nazarre, Jean-Luc Morel, Jean-François Quignard, Yannick Saintigny, Samuel Valable,

Thématicienne: Guillemette Gauquelin-Koch



Bilan et faits marquants

Quelles sont les grandes questions scientifiques abordées ?

- ❖ Accompagner l'exploration humaine de l'espace
- ❖ Comprendre l'adaptation du vivant terrestre aux contraintes spatiales

- Alimentation (adaptation des ressources)
- Activité physique (sport – contremesures)
- Équilibre psychique (neurosciences psychologie)
- Prise en charge médicale (médecine – instrumentation)
- Suivi des altérations physiologiques
(cardiovasculaires, immunitaires, métaboliques, musculo-squelettiques)

- 40 équipes de recherche



et Universités



Des avancées en médecine spatiale

Altérations physiologiques

en vol et post-vol
vol ISS de longue durée
PI français/Collab. NASA



Architecture osseuse (EDOS-1 / EDOS-2) (fin 2027)
Aggravation de la perte osseuse avec la durée de vol sans récupération 1 an après le retour (suivi 18 mois) et perte osseuse dans les membres supérieurs après le vol

Fonction vasculaire (Vascular Aging / Fluidshift) (fin 2027)
vol spatial => accélération vieillissement vasculaire

Système immunitaire
Changement des répertoires d'IgM chez 2/5 des astronautes qui persiste 30 jours post-vol

Développement de l'instrumentation

et de la pratique médicale
vols ISS et vols paraboliques

Guidage de la sonde d'échographie

Réalisation par un novice d'une échographie en autonomie.

basé sur la réalité augmentée et le e-learning, et développé par le CNES.

Gestes médicaux d'urgence en vols paraboliques

- ✓ Validation du matériel médical
- ✓ Mise au point du geste par le médecin urgentiste
- ✓ Transfert de compétence au personnel de vol



Laryngoscopie en impesanteur



Les apports des analogues sol en physiologie et psychologie

Immersion sèche collab. ESA



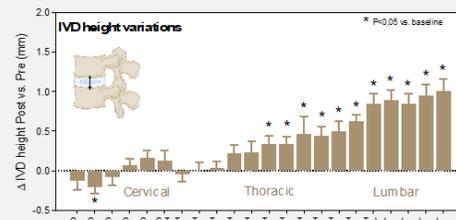
Mime un syndrome métabolique

- baisse de la tolérance au glucose
- altération du profil lipidique.
- modification du microbiote intestinal
- altération des marqueurs du remodelage osseux
- détérioration du microenvironnement musculaire
- déconditionnement cardiovasculaire et sensorimoteur avec une diminution de la tolérance orthostatique et de l'équilibre postural.

➤ Dérégulation du métabolisme et biodisponibilité du fer

⇒ **homme ≠ femme et effets sur le temps long**

➤ Disques intervertébraux modifiés (douleurs lombaires)



Confinements (SIRUS-19 et SIRUS -21)

Collab Russie

Comparaison Mars 500



Les effets négatifs sont proportionnels à la durée du confinement (Attention au vol de très longue durée !)

Bed-rest

Collab ESA/MEDES & Chine/SHENZHEN



Validation des contremesures
l'exercice physique est indispensable



+ supplémentation en protéines
 ⇒ amélioration partielle

Effets des radiations (dose/nature) sur le vivant et adaptation à la microgravité

Adaptation aux radiations

Mars simulateur / Louvre

L'os, un tissu plus radiosensible qu'attendu et surtout à faible dose.

Vol ballon

Qui mime le bain de rayonnement de faible débit de dose

⇒ Vieillesse cellulaire radio-induite
Réduction de la réparation des dommages de l'ADN.

Vols + analogues sols (rat/souris/xénope/bar)

Conservation inter-espèces des effets de la microgravité et des radiations spatiales sur la composante immunitaire.

Ours hibernant

La résistance naturelle à l'atrophie musculaire est associée à une modification des voies de signalisation $TGF\beta$ et BMP

↳ Agir sur cette voie de protection est prometteur (1^{iers} résultats chez la souris en hypogravité)

Rat/souris en hypogravité, pour des niveaux de compréhensions impossibles d'accès chez l'humain

➤ La régulation de la température corporelle intervient dans la sévérité de la perte osseuse (nouvelles données)

➤ La neurogenèse adulte (plasticité cérébrale) est altérée dans la première phase d'hypogravité et est réversible

Accompagner l'exploration : créer un support/vie

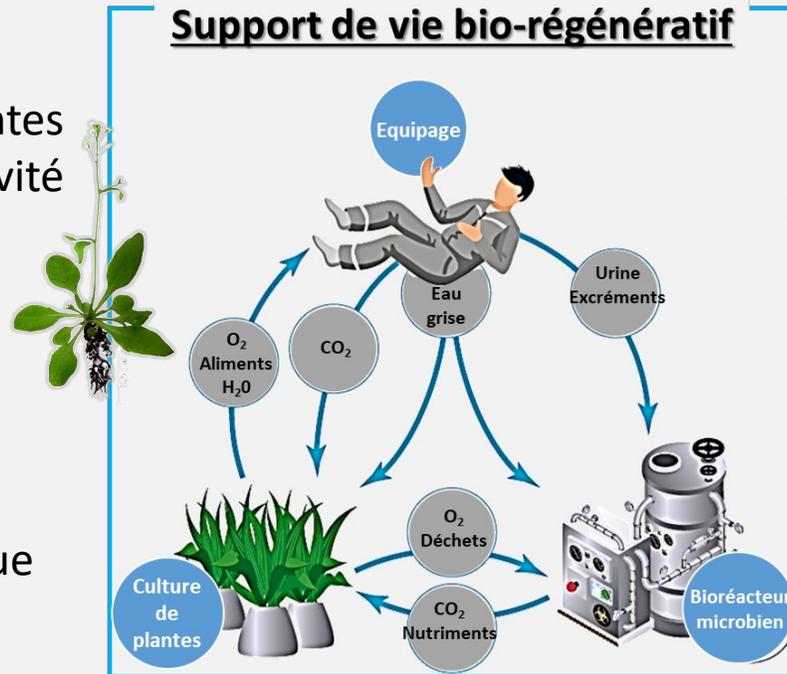
Adaptation de la plante

1. Réactions/adaptations des plantes aux effets combinés de la microgravité et des radiations

Genera-A collab ESA + Espagne
Mars simulator

2. Le changement de courbure de la plante est processus actif qui implique 2000 gènes (**gravitron**)

3. Des développements importants instrumentaux et logiciels d'analyses



Aquaculture spatiale Projet unique (**Lunar Hatch**)



Etape 1 :

transporter les œufs des poissons

- Pas d'impacts des ondes acoustiques et mécaniques produites par un lanceur
- Embryogenèse normale après l'accélération (5g) et la durée de la mise en orbite
- Pas d'altération développementale des larves écloses après 39h d'impesanceur simulée (RPM)

Sur Terre, l'intérêt est spatial, environnemental, économique/industriel

Bilan programmatique : Comment les recommandations ont nourri les travaux réalisés 2019-2023

Type de mesure	Cadre de réalisation	Thème scientifique
Immersion sèche Bed rest	ESA + collaborations	Phase précoce de l'adaptation à l'espace Recherche de contremesure
Modèles précliniques (animaux)	BION M2 (MTB2) (ESA/Russie)	Bases cellulaires et moléculaires non accessibles chez l'humain
Modèles végétaux	Flumias (DLR)	Réponse du végétal aux conditions spatiales
Préparation de l'exploration humaine	DLR/ESA ESA/Australie ESA/Chine/Russie ISS / ESA / NASA	Adaptation du végétal comme source alimentaire Radiobiologie Outils diagnostic (cardioméd/cardiospace) Suivi post mission Perturbations cognitives du confinement
Exploration humaine		Support vie / environnement Prise de risque/intelligence artificielle