

Modélisation biophysique multi-échelle et plateformes d'irradiation pour les RTs ciblées avec des ions (WP2)

Mario ALCOCER

Institut de Physique des 2 Infinis de Lyon

28 septembre 2026



Objectifs et défis scientifiques

- **Objectifs principaux**

- Contribuer à la compréhension de la réponse biologique des RTs ciblées mettant en jeu des ions de faible énergie, ainsi qu'à l'optimisation dosimétrique et la personnalisation de ces traitements
- Contribuer au développement de systèmes d'irradiation cellulaire avec des ions de faible énergie

Défis

- Faible disponibilité de données (même in vitro) pour la validation des modèles
- Maîtrise des sources d'incertitude expérimentales lors des irradiations cellulaires
- Rôle et impact de plusieurs aspects des conditions d'irradiation encore à élucider: géométrie cellulaire, distribution hétérogène des sources de rayonnements, sensibilité induite par des cibles extranucléaires, effets bystander ...

Structure du projet

- **Personnes et laboratoires impliqués**

- IP2I - PHABIO : Étienne Testa, Michaël Beuve, Mario Alcocer
- IP2I – RCM : Gersende Alphonse, Claire Rodríguez-Lafrasse (lien fort avec le MP hadronthérapie)
- LPSC : Rachel Delorme, Bernat Carrillo (doctorant)

- **Collaborations nationales et internationales**

- Anne-Marie Frelin (GANIL, projet MITI AlphaBioDose)

UNR-CONICET (Argentine) : Mariel Galassi, Camila Strubbia (thèse en cotutelle UNR/IP2I 2024-2027), Candela Della Rosa (thèse en cotutelle UNR/IP2I 2026-2029)

- LPCA : Lydia Maigne (pour les développements orientés GATE)

- **Plateformes**

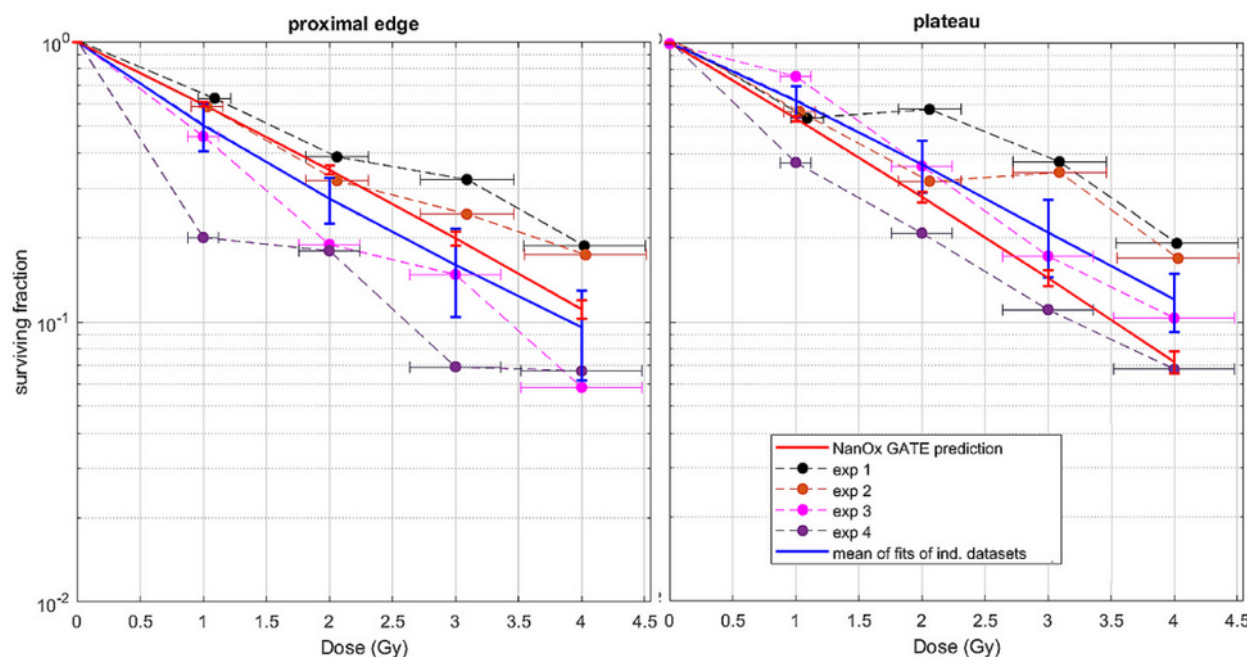
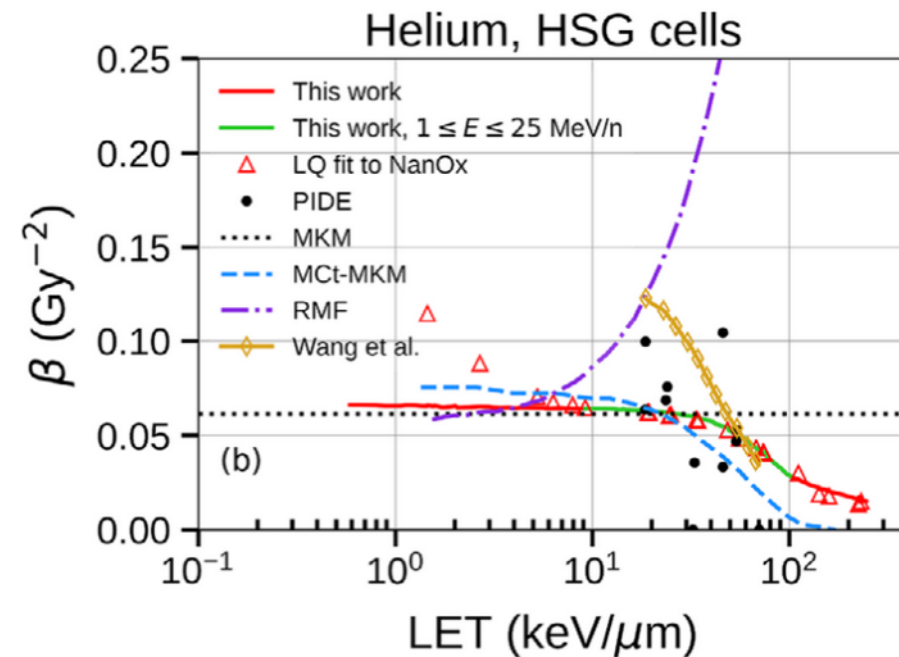
- SiLab (Lyon), BioALTO (Orsay)

- **Partenaires industriels**

- Aucun actuellement. Valorisation envisageable des travaux via des partenariats avec des entreprises dans le domaine de la dosimétrie RT/médecine nucléaire (Raysearch, DOSIsoft ...) (à voir)

Faits marquants 2025/26

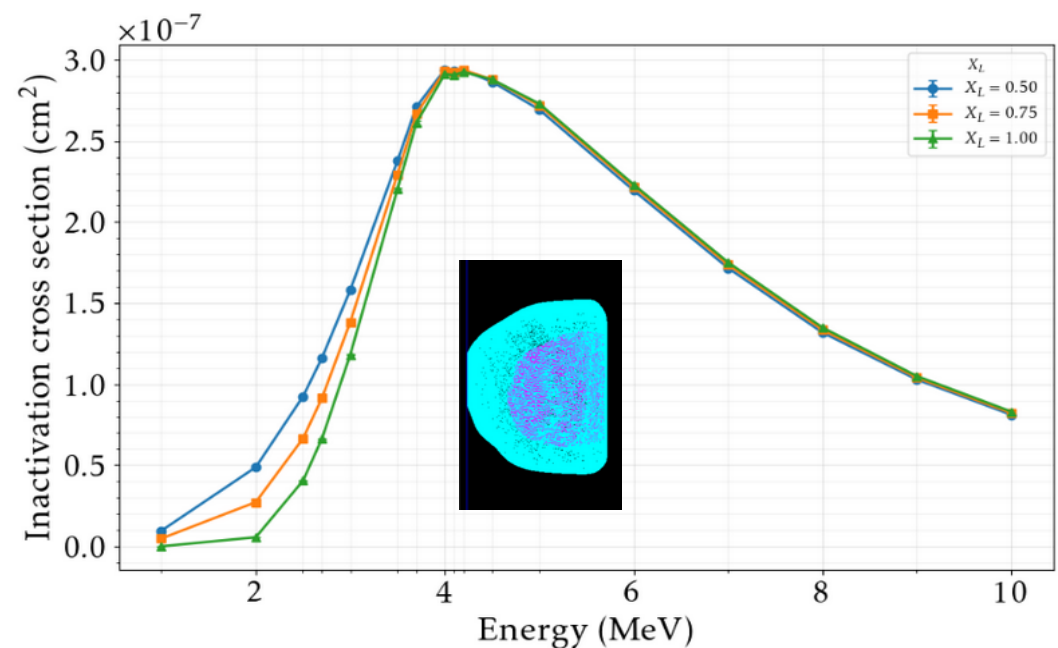
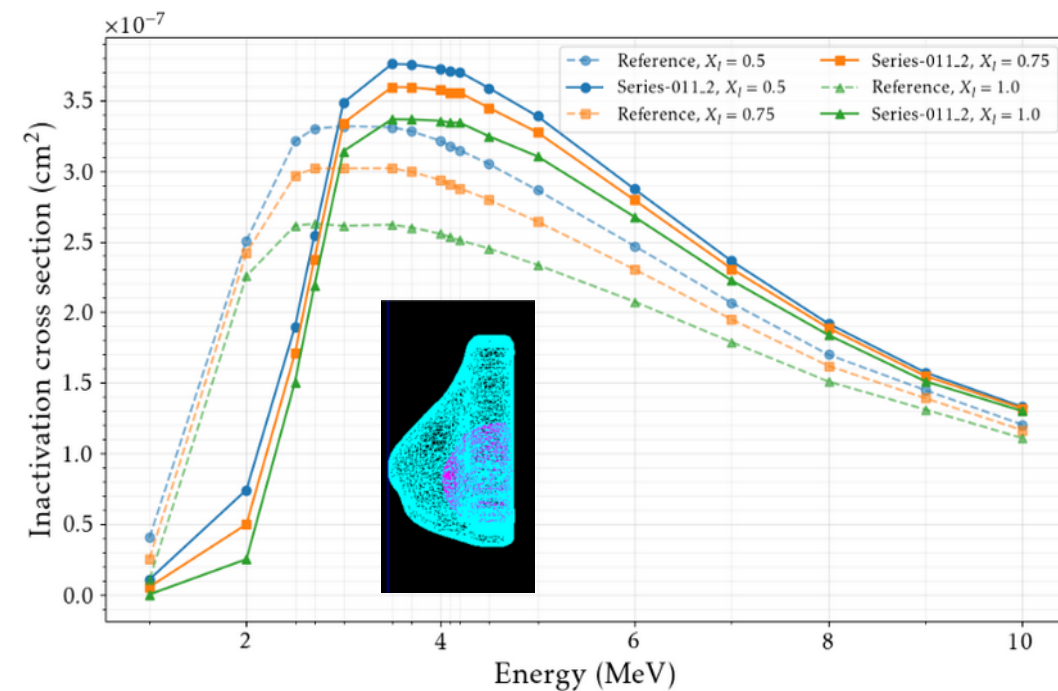
- Publication d'un article sur le calcul analytique du **coefficient bêta des courbes de survie** cellulaire pour des irradiations avec des ions d'énergie < 25 MeV/n (Alcocer-Ávila et al. Med Phys. 2025;52:e70008)
- Publication d'un article sur la comparaison expérience-théorie (NanOx) de la survie de cellules SQ20B (cancer de la tête et du cou) irradiées avec des **ions hélium** en condition de pic de Bragg étalé (Berger et al. phiRO. 40 (2026) 101047)
- Préparation d'un article décrivant la caractérisation dosimétrique de l'**irradiateur alpha de SiLab** (en cours)



Faits marquants 2025/26

- Nouveaux résultats sur l'impact de la **géométrie cellulaire** sur des grandeurs d'intérêt biologique. Les sections efficaces d'inactivation cellulaire calculées par Ancy A. Daniel (stagiaire de M2) pour CHO-K1 et SQ20B sont très différentes aux plus faibles énergies lorsqu'on les compare avec la référence (géométrie sphérique)
- Intégration dans le calcul avec NanOx d'un **deuxième volume sensible** (volume extranucléaire)
- Mise en évidence de la sensibilité des résultats selon la description du milieu autour des cellules (source d'incertitude expérimentale)
- Étape suivante : comparaison de calculs de survie cellulaire avec des données obtenues de SiLab

Series	X_L	ICS (Water) ($\times 10^{-7} \text{ cm}^2$)	ICS (Air) ($\times 10^{-7} \text{ cm}^2$)	% diff Air vs Water
Series-011_2	0.5	0.8061 ± 0.0021	2.1836 ± 0.0035	+170.86%
	0.75	0.6465 ± 0.0023	1.7375 ± 0.0039	+168.78%
	1.0	0.4804 ± 0.0026	1.2695 ± 0.0046	+164.27%



Perspectives

- Expériences d'irradiation cellulaire à réaliser prochainement à SiLab en collaboration avec les biologistes du groupe RCM
- Finalisation de l'étude sur l'impact sur la survie cellulaire des géométries réalistes, dans un premier temps avec les données de survie obtenues à SiLab (particules alpha)
- Expériences d'irradiation cellulaire à BioALTO avec des ions He et Li (à programmer dès que possible). Utilisation des données obtenues pour étendre la validation du modèle NanOx pour les ions de faible énergie
- Paramétrisation d'autres lignées tumorales (U87, MDA-231-Br) en vue de leur intégration dans NanOx.
- Application de NanOx à la BNCT en prenant en compte la contribution à la dose de tous les types de rayonnement émis pendant ces traitements (l'un des objectifs de la thèse de Candela Della Rosa)
- Contribution au développement d'« actors » spécifiques à la TAT et la BNCT dans GATE.

AaP visés

- À définir/chercher. Soumission d'un projet PCSI envisageable, mais cette année l'équipe se concentre sur la construction d'un projet PCSI dans le cadre du MP hadronthérapie

Besoins 2027

- Financement d'un stagiaire de M2 afin de poursuivre l'étude comparative expérience (SiLab) – théorie (NanOx) de la survie cellulaire pour des irradiations avec des ions hélium de faible énergie
- L'équipe avait déjà fait une demande de 10 k€ (frais de mission et consommables y compris) pour les expériences de dosimétrie et de radiobiologie à effectuer à BioALTO