

Les coulisses”

du partenariat Roche-AREVA Med

La radio-immunothérapie ciblée : une nouvelle arme contre le cancer

SOMMAIRE

P1 à 3. Partenariat

Une mise en commun des expertises de deux leaders, Roche et AREVA Med, pour développer une nouvelle approche de radio-immunothérapie ciblée en cancérologie.

P4. ARCoLab

Le laboratoire commun AREVA - Roche est l'un des plus technologiquement avancés au monde.

P6. Biotechnologies

Des anticorps couplés à du plomb 212 pour un hyper ciblage et une destruction des cellules cancéreuses via les rayonnements alpha.

P8. Médecine nucléaire

Les rayonnements alpha émis lors de la désintégration du plomb 212 sont utilisés pour tuer les cellules cancéreuses.

P10. Chercheurs à l'ARCoLab

« Travailler sur un projet de recherche qui vise à développer une nouvelle génération de traitements anti-cancer est extrêmement motivant. »

P12. Décryptage

Comprendre les mystères de la cellule cancéreuse et l'origine du plomb 212.

Le partenariat entre Roche et AREVA Med, officiellement signé en 2012, vise la mise au point d'une nouvelle forme de traitement anti-cancer associant la radiothérapie et l'immunothérapie (anticorps). Objectif : détruire sélectivement les cellules cancéreuses en préservant les tissus sains. Cette nouvelle génération de radio-immunothérapie fait ses premiers pas, depuis février 2013, dans un laboratoire opérationnel installé près de Limoges.



Corinne Le Goff, présidente de Roche Pharma France et Patrick Bourdet, président et directeur général d'AREVA Med, lors de la signature du partenariat relatif à la mise en place de l'ARCoLab (le 12 décembre 2012 au siège de Roche, à Boulogne-Billancourt).

Nous allons évaluer une nouvelle approche qui consiste à associer des anticorps développés par Roche au plomb 212 – un isotope rare et prometteur produit par AREVA Med – afin de traiter certains types de cancers. » Derrière ce pari scientifique unique au monde se cache peut-être une révolution thérapeutique majeure : une nouvelle famille de traitements ciblés capables d'identifier et de détruire les cellules cancéreuses.

C'est dans le centre de la France, près de Limoges, que les partenaires – AREVA Med Suite page 2 →

2 | Les coulisses”

Partenariat

→ Suite de la page 1

et Roche - ont équipé le tout nouveau laboratoire où sont effectuées les recherches sur cette nouvelle génération de médicaments.

Au sein de ce laboratoire commun à AREVA Med et Roche, baptisé ARCoLab, cinq jeunes chercheurs, Amal, Denise, Brian, Xavier et Benjamin sont chargés de faire démarrer ce projet prévu pour durer plusieurs années. « Si tout se passe bien, d'ici la fin de l'année nous aurons réussi à faire la démonstration de la preuve de concept », indique Amal, la biologiste responsable du projet.

HYPER CIBLAGE ET DESTRUCTION DES CELLULES CANCÉREUSES

Explorée depuis plusieurs années, la voie de recherche qui consiste à combiner un anticorps à un autre principe actif est porteuse d'espoir. Par exemple, il est désormais possible de conjuguer un anticorps à un agent cytotoxique, c'est ce que l'on appelle les anticorps conjugués.

Un anticorps n'a pas son pareil pour repérer une cellule anormale et la désigner aux macrophages, cellules du système immunitaire chargées d'éliminer les « intrus ». Le programme commun Roche - AREVA Med visant à associer anticorps et radio-isotope, à coupler immunothérapie et radiothérapie pour un hyper ciblage et une destruction des cellules cancéreuses est unique au monde.

Roche a conçu des anticorps « intelligents », qui ouvrent la voie à une radio-immunothérapie nouvelle génération. AREVA Med produit la « char-

ge » : du plomb 212 radioactif ultrapur, dont la durée de vie et l'action à très faible portée sont compatibles avec le vivant. « Le plomb 212 a une

Les coulisses du partenariat



Le laboratoire commun Areva Med - Roche, dans lequel sont menés les tests d'efficacité de la nouvelle approche de radio-immunothérapie ciblée.



Le laboratoire Maurice Tubiana d'AREVA Med produit le plomb 212, isotope rare qui est aujourd'hui au cœur de projets de recherche prometteurs pour la médecine nucléaire.

3 | Les coulisses”

Partenariat

demi-vie de 10 heures. De plus, la portée du rayonnement alpha qu'il émet est de l'ordre de quelques dizaines de microns. C'est sensiblement la taille

d'une cellule », indique Amal. Ce radio-isotope est produit dans le laboratoire Maurice Tubiana d'AREVA Med situé à proximité de l'ARCoLab. ☺

Roche-AREVA Med



Signature du partenariat Roche - AREVA Med, le 26 juillet 2012 au siège d'AREVA à Paris.

Au premier plan : Sophie Kornowski-Bonnet, Global Head Roche Partnering et Patrick Bourdet, président et directeur général d'AREVA Med.

Debout (de gauche à droite) : Philippe Knoche, Chief Operating officer d'AREVA, Céline Bouquet, directeur de l'Institut Roche de Recherche et Médecine Translationnelle (IRRMT) et Hervé Henaff, directeur de l'accès au marché et des prix de Roche.



“ En tant que leader mondial des thérapies ciblées innovantes, Roche a pour objectif prioritaire d'améliorer la prise en charge des patients. Nous espérons, grâce à la radio-immunothérapie, parvenir à cibler très précisément et éliminer les cellules cancéreuses, tout en épargnant au maximum les tissus sains environnants, ce qui est essentiel dans la démarche thérapeutique. En couplant nos anticorps hautement spécifiques au plomb 212 ultrapur d'AREVA Med, nous nous plaçons en excellente position pour atteindre cet objectif et donner de l'espoir aux nombreux malades du cancer. ”

Corinne Le Goff,
président de Roche
Pharma France

“ Du fait même de la nature et de la complémentarité des deux groupes, et du caractère exceptionnellement novateur du champ thérapeutique qui sera exploré par Roche et AREVA Med, cette alliance sans précédent permet d'espérer de grandes avancées dans le combat contre le cancer. ”

Patrick Bourdet, président et
Chief Executive Officer d'AREVA Med



AREVA Med
²¹²Pb for Powerful Targeted Therapies



Médecine nucléaire : haute technologie au

C'est dans le Limousin qu'est installé l'ARCoLab – le laboratoire commun AREVA Med - Roche –, où seront développés les futurs médicaments anti-cancer issus du partenariat.

Relativement modeste par sa taille, l'ARCoLab est l'un des laboratoires de médecine nucléaire les plus technologiquement avancés au monde. Opérationnel depuis mars 2013, il est issu du partenariat conclu entre Roche et AREVA Med en 2012. « Ce centre de recherche est implanté ici pour des raisons historiques. Autrefois, les principales ressources en uranium étaient concentrées dans cette région. Toute une industrie est née autour de cette activité créée à l'origine pour alimenter la filière électronucléaire française »,

L'équipe de chercheurs de l'ARCoLab.



explique Bruno Pagnard, chef d'installation d'AREVA Med, qui a coordonné les travaux avec Frédéric Godet, chef de projet AREVA. L'équipe de l'ARCoLab travaille en étroite collaboration avec celle du Laboratoire Maurice Tubiana (LMT) situé à proximité.

L'objectif est pour le moins ambitieux : mettre au point une nouvelle génération de traitements anti-cancer hyper sélectifs. « Il s'agit d'associer un anticorps avec un élément radioactif ciblant encore plus sélectivement les cellules cancéreuses. Cette nouvelle approche d'hyper ciblage des cellules cancéreuses me touche sincèrement, parce que je

connais plusieurs personnes atteintes d'un cancer. Ce projet va peut-être donner naissance à une nouvelle génération de traitements ciblés du cancer », résume Denise, l'une des chercheuses de l'ARCoLab.

UN MÉDICAMENT À DEUX ÉTAGES

À l'inverse des molécules issues de la chimie classique, il s'agit de concevoir une nouvelle génération de médicaments construits sur le principe de la « fusée à deux étages ». Le premier composant – l'anticorps monoclonal – est capable de circuler dans l'organisme et d'identifier spéci-

un laboratoire de cœur du Limousin

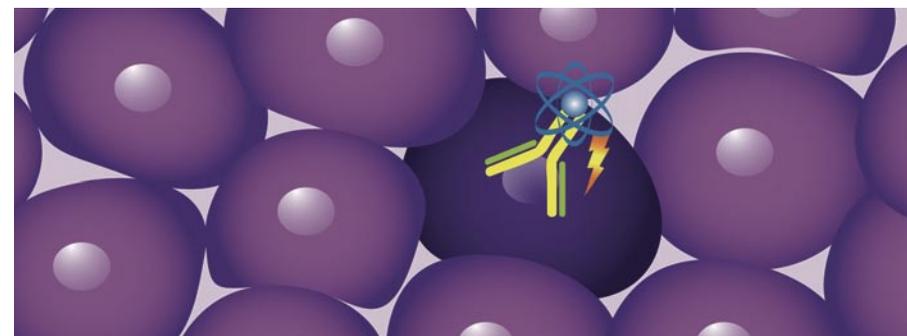


Brian et Amal au siège de Roche.

fiement les cellules cancéreuses. Arrivé à destination, le second composant – le radio-isotope – détruit alors les cellules malades en présen-

de commencer ma carrière d'ingénieur biologiste en participant à un projet aussi ambitieux et prometteur », ajoute Brian, membre de l'équipe.

cheurs engagés dans cette aventure. Des réunions régulières avec les scientifiques de Roche permettront d'adapter le programme en fonction des



L'anticorps et le plomb 212 reliés par le chélateur au contact d'une cellule cancéreuse. L'anticorps est capable de cibler très précisément les cellules cancéreuses, permettant ainsi au plomb 212 de ne détruire que celles-ci.

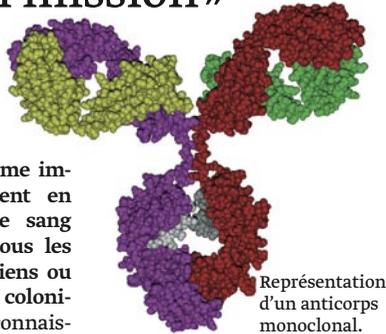
vant les cellules saines. Sous cette apparente simplicité se cache un projet très complexe qui va se dérouler sur plusieurs années. « Beaucoup de chercheurs travaillent sur des concepts similaires dans le monde. Pour nous, la première étape consiste à faire la preuve que ce principe est valable. Nous avons un double atout : l'expérience de Roche dans la formulation d'anticorps spécifiques et l'expertise d'AREVA Med dans la production d'éléments radioactifs purifiés », précise Amal qui dirige l'équipe de l'ARCoLab. « C'est formidable

Alors que les anticorps sont produits par Roche Glycart près de Zurich, en Suisse, c'est le LMT voisin qui fabrique la « charge » qui doit éliminer les cellules cancéreuses. « C'est un isotope ultrapur du plomb qui a été retenu pour son type de rayonnement et sa durée de vie très courte. Le LMT produira cet isotope en fonction des besoins exprimés par les chercheurs de l'ARCoLab. Ce seront des quantités très faibles, de l'ordre de quelques nanogrammes », assure Bruno Pagnard. Les mois qui viennent vont être chargés pour les cher-

résultats obtenus. « C'est une démarche tout à fait classique pour les chercheurs de Roche habitués aux projets de recherche partenariale. Dans un premier temps, nous allons démontrer la faisabilité de l'approche, c'est-à-dire évaluer l'efficacité antitumorale de la radio-immunothérapie alpha dans différents modèles précliniques. Nous franchirons ensuite les étapes les unes après les autres », précise Amal. Rendez-vous donc, fin 2014, pour connaître l'avenir de ce concept innovant de « médicament à deux étages »... ☺

Profession « anticorps en mission »

Les anticorps existent naturellement dans l'organisme. Ils sont produits par le système immunitaire et circulent en permanence dans le sang pour lutter contre tous les envahisseurs microbiens ou viraux qui tentent de coloniser notre corps. Ils reconnaissent les cellules à éliminer et les marquent avec une sorte « d'étiquette biologique ». Les cellules ainsi marquées sont ensuite attaquées et digérées par d'autres cellules spécialisées de notre système de défense. Les propriétés de reconnaissance et de liaison aux cellules cancéreuses des anticorps peuvent aussi être exploitées en tant que telles et l'idée de combiner un principe actif et un anticorps date des années 1980. L'anticorps sert alors de vecteur à une molécule qui détruit la cible sur laquelle il s'est spécifi-



Représentation d'un anticorps monoclonal.

quement fixé. Plusieurs anticancéreux de ce type ont été mis sur le marché depuis le début des années 2000. Le projet Roche - AREVA Med est porté par une équipe scientifique dédiée, au sein du laboratoire commun aux deux entreprises : l'ARCoLab (AREVA Roche Common Laboratory). Il consiste à associer un anticorps à un radio-isotope, le plomb 212, en vue d'éliminer très sélectivement les cellules cancéreuses avec un minimum de dommages pour les cellules saines environnantes. ☺

Une journée ordinaire d'une chercheuse chez Roche Glycart.



Roche Glycart à Schlieren. Les chercheurs de l'ARCoLab y ont suivi une formation début 2013.

« Ici nous touchons le cœur scientifique du projet ARCoLab. » La jeune biologiste Amal se sent en territoire connu chez Roche Glycart. Installé à Schlieren, en plein cœur de la Suisse allemande, Glycart est un spécialiste reconnu d'un secteur d'activité en pleine effervescence : les biotechnologies. « À l'origine, la société a été créée par des chercheurs de l'université voisine de Zurich. Elle fait partie du groupe Roche depuis 2005. Dans le cadre du partenariat avec AREVA Med, nous produisons les anticorps destinés à servir de porteurs à l'élément radioactif », résume Olivier Freytag, Team Leader francophone à Schlieren. Olivier a lui aussi contribué à la formation de trois des chercheurs de l'ARCoLab : Denise, Amal et Brian. « Nous sommes autonomes dans notre laboratoire du Limousin, mais nous travaillons en relation très étroite avec Roche Glycart », assure Denise, responsable du volet médecine nucléaire du programme, de l'organisation et de la logistique du laboratoire. « L'idée est d'appliquer ce qui se passe ici à notre projet particulier. Nous devons également respecter toutes les procédures, qui sont très

Des anticorps couplés à du plomb 212 pour lutter contre le cancer

Membre du groupe Roche depuis 2005, la société suisse de biotechnologies Glycart est installée à Schlieren, près de Zurich. Composée à 95 % de chercheurs, l'équipe dirigée par le Dr Pablo Umaña est spécialisée dans le génie cellulaire, le génie des protéines, la biologie moléculaire et cellulaire, l'histologie, la pharmacologie préclinique, ou encore l'immunologie des tumeurs. C'est ici que sont conçus et produits les anticorps qui seront utilisés par l'ARCoLab pour développer une nouvelle génération d'anticancéreux ciblés.

strictes dans notre discipline », poursuit Amal. En fait le projet est un mariage réussi : Roche se charge des anticorps et AREVA Med fournit le plomb 212 pour constituer cette nouvelle génération de médicaments ciblés et « intelligents ». Brian travaille en binôme avec Amal. « L'imagerie et l'histologie sont au cœur de mon activité, mais les utiliser pour servir une approche scientifique aussi innovante donne vraiment du sens à ce que j'ai appris à l'université ! ». « À chaque fois que nous rencontrerons un problème, nous pourrions nous appuyer sur les experts des deux partenaires du projet qui sont très disponibles », indique la Canadienne, Denise, qui ne cache pas son enthousiasme pour cette

aventure. « Je suis confiante, j'ai hâte de voir les progrès que nous allons accomplir. »

COMME UNE START-UP

Pour Amal, généticienne et spécialiste de la cellule cancéreuse, l'enjeu est à la fois scientifique et médical. « En fait, nous allons fonctionner un peu comme une start-up, même si nous interagissons très régulièrement avec Roche et AREVA Med. » Tout l'équipement est mis en service et les premiers travaux démarrent. « Nous avons déjà planifié une série d'expériences. Dans un premier temps, nous devons nous assurer de la qualité du couplage entre l'anticorps et le plomb 212 ultrapur », confie Olivier Freytag, qui pilote le projet à distance. Très rapidement, on saura si l'association



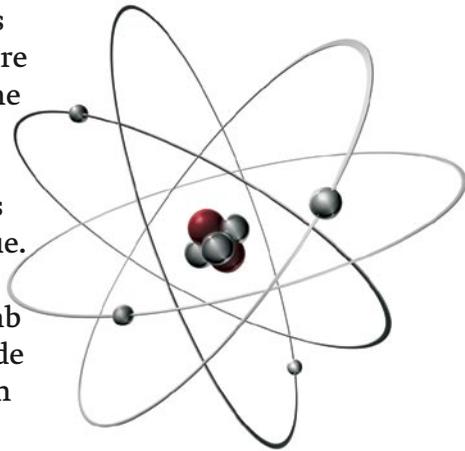
Dr Pablo Umaña

d'anticorps de Roche Glycart et de plomb 212 d'AREVA Med remplit effectivement sa mission de destruction hyperciblée des cellules cancéreuses. Au sein de l'ARCoLab, Amal, Denise et Brian songent déjà à des publications dans de prestigieuses revues internationales. ☺

Voyage au cœur de l'atome

L'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires du centre CEA de Saclay, près de Paris, forme les stagiaires aux principes de base de la radioactivité et leur fait découvrir quelques-uns des mystères de la physique atomique.

En janvier 2013, trois des membres de l'équipe de l'ARCoLab y ont suivi une formation avant de rejoindre le laboratoire commun AREVA Med - Roche.



« **T**out se passe dans le noyau. C'est le nombre de protons et de neutrons qui fait la différence entre deux isotopes. »

On ne s'ennuie pas une seconde en suivant le cours d'Hervé Viguier, formateur à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN). Ce physicien a une mission difficile : faire découvrir les mystères de l'atome à des stagiaires d'horizons professionnels très divers.

Conscient de la difficulté de la tâche, il préfère l'interactivité au cours magistral : « J'aime bien quand ils posent des questions. » Toutes les dix minutes, il s'assure que son auditoire n'a pas décroché en lançant un sonore : « Ça

va jusque-là ? ». Amal ne rencontre visiblement pas de problèmes. « Cela me rappelle la fac », indique la jeune biologiste qui suit attentivement la présentation consacrée aux rayonnements ionisants.

UNE FORMATION QUI OFFRE UNE VUE D'ENSEMBLE

« Nous sommes ici pour nous initier aux principes de la radio-protection et aux techniques de mesure de la radioactivité », ajoute Brian. « Nous devons connaître les procédures et les appliquer », complète Denise. « Cette formation est destinée à leur donner une vue d'ensemble, en mettant l'accent sur les différents types de rayon-

nements », résume Hervé Viguier. Quand ils seront en poste dans l'ARCoLab - le laboratoire commun AREVA Med Roche -, situé dans le Limousin, Amal, Brian et Denise devront manipuler des atomes de plomb 212 radioactif à l'origine d'une suite de désintégrations émettant en particulier des rayonnements alpha. « La portée du rayonnement alpha dépasse rarement les 50 microns. C'est moins que l'épaisseur de la couche morte de la peau », indique Hervé Viguier. Les rayonnements alpha émis à l'intérieur du corps humain au contact des cellules tumorales permettent de les éradiquer efficacement. Leur utilisation est actuellement à l'étude.

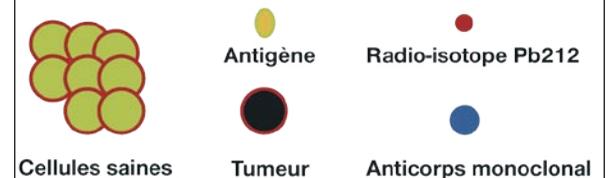


Les chercheurs de l'ARCoLab lors d'une formation sur le site d'AREVA de La Hague.

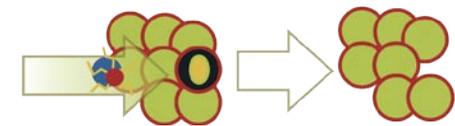
UNE ÉNERGIE UTILISÉE CONTRE LES TUMEURS

La radiothérapie interne est aujourd'hui largement utilisée pour traiter les cancers. Elle fait appel à la radioactivité identifiée au début du siècle dernier par Pierre et Marie Curie dans leur laboratoire parisien. « On connaît environ 1800 isotopes radioactifs, dont 70 sont naturels, explique Hervé Viguier. La transformation d'un isotope instable en atome stable se traduit par une perte de masse et une production d'énergie sous forme de rayonnement », poursuit le physicien de l'INSTN. Cette énergie produite par des isotopes radioactifs est utilisée pour détruire les tumeurs depuis près de cent ans. ☺

La RIT : Radio-Immunothérapie



Le couple « anticorps monoclonal - radio-isotope Pb212 » frappe la cellule malade et la détruit :



Rencontre : ils sont

« Travailler sur un projet de recherche qui vise à développer une nouvelle génération de traitements anti-cancer est extrêmement motivant. » Amal, Denise, Brian, Xavier et Benjamin, chercheurs de Roche et d'AREVA Med sont unanimes.

Amal : généticienne et globetrotteuse quadrilingue



« Le domaine où je me sens le plus à l'aise, c'est la génétique. » Amal Saidi a déjà une belle carrière internationale de chercheuse derrière elle. Après une licence en biologie cellulaire et un master en physiopathologie et pharmacologie obtenus à l'Université Claude-Bernard à Lyon, elle part en Allemagne, à l'Institut Fritz Lipmann de Jena pour y préparer sa thèse. C'est là qu'elle décroche son doctorat. Pendant son séjour de trois ans,

elle récolte plusieurs distinctions, dont le meilleur poster et la meilleure présentation orale dans un symposium sur le cancer. En 2009, elle entame sa carrière de chercheur académique à l'Université du Sussex, à Brighton. Elle travaille dans le laboratoire du biologiste Antony Carr, réputé pour ses travaux sur la réparation et la stabilité de l'ADN. Au cours de ses travaux financés par le Medical Research Council britannique, elle approfondit ses connaissances sur le cycle

cellulaire et participe à plusieurs publications dans des revues scientifiques.

Elle a rejoint le projet Roche-AREVA Med en janvier 2013 et fait donc ses premiers pas dans le monde de la recherche industrielle. « Quand on m'a fait la proposition, j'ai tout de suite accepté. Ce projet est financé par deux grands groupes, mais c'est comme si j'étais dans une start-up. C'est un tournant de ma carrière car je quitte le monde académique. » Amal maîtrise quatre langues : le français, l'arabe, l'anglais et l'allemand. Dans ses nouvelles fonctions, elle va former ses collègues, Brian, Denise et Xavier, aux secrets de la biologie cellulaire. ☺

Xavier est, lui-aussi, enthousiasmé par ce projet : « Je suis très heureux d'avoir pu intégrer une équipe plurilingue, dynamique et investie sur un projet de recherche contre le cancer. » ☺

chercheurs à l'ARCoLab

Brian réalise son rêve

« C'est exactement ce que je voulais faire. Tout au long de mes études, je me suis intéressé à l'oncologie et j'avais comme objectif de travailler dans l'industrie de la santé. Pour moi, c'est parfait ! » Brian Steiner ne boude pas

son plaisir. « Travailler dans mes domaines de prédilection et sur un projet de recherche très ciblé qui vise à offrir de nouvelles possibilités de traitement anti-cancer, c'est extrêmement motivant. » Cet « assoiffé de sciences » qui aime le sport et le cinéma est

un pur produit de la filière parisienne des sciences du vivant. Il passe une licence et un master 1 à l'université Paris Descartes, puis un master 2 à l'université Paris Diderot. Dans la première partie de ce cursus, il acquiert les bases de la biologie, puis se dirige vers la pharmacologie et la toxicologie. Dans la seconde partie, il se spécialise dans le développement des produits de santé. « Mon passage en Suisse m'a permis de m'imprégner de l'esprit Roche, mais aussi de me former aux méthodes des scientifiques de Roche. » Brian n'est pas un néophyte, il a à son actif une première expérience professionnelle dans un laboratoire académique, puis une deuxième en R&D dans la pharma. Cette dernière l'a familiarisé avec les exigences du monde industriel. ☺

Denise, une Canadienne dans le Massif Central



Denise O'Connor sait ce que le terme mobilité veut dire. Née au Canada, dans l'Ontario, elle a fait l'essentiel de sa carrière aux États-Unis et en Grande-Bretagne. Elle est aujourd'hui installée avec sa famille dans la banlieue de Limoges, en un lieu dont le nom sent bon la campagne : le Mas de l'Aurence.

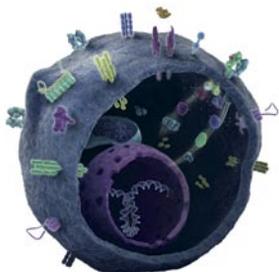
Du Canada elle a gardé son goût pour la nature, et c'est dans les grandes universités d'outre-Manche qu'elle a construit sa carrière : Sanger Institute, universités de Bath et de Cambridge. « À l'ARCoLab, je suis en charge de l'organisation et de tout le suivi logistique. » Salariée d'AREVA Med, Denise devra s'assurer de la bonne marche des programmes, des approvisionnements des laboratoires et de la maintenance des installations. Elle aussi est bien consciente de vivre une aventure assez exceptionnelle : « Tout le monde est concerné par le cancer. Travailler sur ce projet me donne des frissons. » Avec sa double nationalité anglo-canadienne et un mari lui-même chercheur, Denise se sent fin prête pour poursuivre sa carrière en France. « Nous démarrons de zéro et tout reste à faire, mais la collaboration entre les deux experts dans leur domaine que sont Roche et AREVA nous place dans les meilleures conditions possibles. » ☺



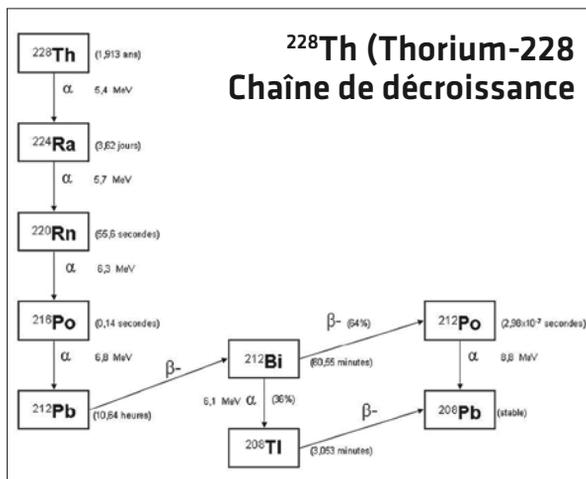
12 | **Les coulisses**

Décryptage

Les mystères de la cellule cancéreuse



Chez un être humain, environ 200 millions de cellules sur un total de plusieurs centaines de milliards sont à tout moment en phase de division. L'organisme est équipé d'un système de surveillance chargé de détecter, de réparer ou de détruire toutes les cellules non conformes ou mutées qui apparaissent au cours de ce processus de multiplication. Ce système très sophistiqué déclenche le « suicide » (ou apoptose) des cellules anormales. Dans certains cas et pour des raisons encore mal connues, certaines cellules mutées échappent à ce « service de contrôle qualité » de l'organisme. Esquivant tout contrôle, ces cellules mutées deviennent immortelles et lorsqu'elles acquièrent la possibilité de migrer, le cancer se propage en formant des métastases. Ces cellules cancéreuses possèdent toutefois des spécificités biologiques qui les identifient. Apparues depuis le début des années 2000, les thérapies ciblées du cancer reconnaissent précisément ces anomalies moléculaires caractéristiques des cellules cancéreuses. ☺



Désintégrations en cascade

Le plomb 212 est un radio-élément intermédiaire produit lors de la cascade des désintégrations successives au cours de la transformation du thorium 232 en plomb 208. De manière analogue à l'uranium, au cours de ce processus comprenant une dizaine d'étapes, sont successivement

produits des noyaux eux-mêmes instables : radium 228, radium 224 ... puis plomb 212 (^{212}Pb). Le procédé AREVA Med consiste à séparer les éléments radioactifs « pères » de leurs « fils ». Après séparations et concentrations, une solution de ^{212}Pb est isolée et purifiée pour le traitement

médical. Lors de la désintégration du ^{212}Pb et de ses descendants, le rayonnement alpha permet une libération totale de cette énergie dans un très faible volume, d'où une meilleure destruction des cellules cancéreuses, avec un minimum de dommages sur les tissus sains. ☺

03230/CIEI/0413

Photos ©: P.1 Jim Wallace - P.2 AREVA - P.3 Jim Wallace - P.4 Roche et AREVA - P.5 illustration AREVA Med - P.6 Alain Pérez, Roche (anticorps) - P.7 Roche (Glycart, Schlieren) - P.8 psdesign1-fotolia.com - P.9 AREVA - P.10 et 11 Frédéric Atlan - Alain Pérez - P.12 illustration Roche, schéma AREVA Med.

