

## **Les troubles neurologiques à court et long termes chez les fulgurés.**

Mise en évidence de nanocomposites intracorporels bio-récalcitrants avec leurs précurseurs et leurs mécanismes de synthèse dans une fulguration collective.

FOUSSAT Rémi<sup>1</sup>, COURTY Marie-Agnès<sup>2</sup>, ANDRE Pascal<sup>3</sup>, MARTINEZ Jean Michel<sup>2</sup>,  
KUENTZ Mathieu<sup>4</sup>, CAUMON Laurent<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> *Centre hospitalier Henri MONDOR, 15000 AURILLAC, FR. remifoussat@gmail.com*

<sup>2</sup> *PROMES UPR 8521, CNRS-UPVD, 66100 Perpignan, FR.*

<sup>3</sup> *Lab. de Physique de Clermont, UMR 6533, Campus Univ. des Cézeaux, Aubière, FR*

<sup>4</sup> *Lab. de biologie médicale, Centre hospitalier Henri MONDOR, 15002 Aurilliac, FR*

<sup>5</sup> *Pôle de Médecine d'Urgence, de Médecine Préventive et d'Addictologie, Centre hospitalier Henri MONDOR, 15002 Aurilliac, FR.*

Par an en France, 10 à 20 décès provoqués par la foudre sont décrits (personnes foudroyées), 50 à 100 de cas de personnes fulgurées (patients touchés par la foudre) passent par les SAMU, 200 à 500 sont non déclarés (consultation par le médecin généraliste, plaintes minimales ou nulles, amnésie, perte de connaissance, absence de témoin, difficulté d'accès aux soins). 50% des fulgurés présentent des troubles neurologiques et neuropsychologiques (TNN) immédiats, prolongés et retardés. Les recherches sur ces TNN ont tenté d'expliquer la nature des effets et leur délai d'apparition par des perturbations complexes au niveau bio-physico-électro-physiologique sans parvenir à élucider les mécanismes mis en jeu, particulièrement pour les effets différés. La synthèse contrôlée en laboratoire par décharges plasmas en milieu hydrocarbonés de nanocomposites biorésistants chargés en nanoparticules métalliques a conduit à envisager la possibilité de leur production dans les tissus vivants à la suite d'un foudroiement.

En l'état actuel des connaissances, la recherche médicale s'intéresse surtout à la répartition intra corporelle de nanoparticules portées par les aérosols issus d'émissions industrielles ou de l'air contaminé par les combustibles fossiles, en vue d'élucider leur rôle dans des processus inflammatoires et pro cancérogènes. Aucune étude sanitaire n'envisage à ce jour que des nanoparticules et/ou nanocomposites produits dans l'atmosphère par les décharges plasmas naturelles (foudre, éclairs, volcanisme, rentrées atmosphériques, UV) puissent avoir un impact sur la santé. Sur la base des expérimentations en laboratoire, nous avons envisagé l'hypothèse que les décharges plasmas produites lors du foudroiement entraîneraient la formation dans les milieux organiques impactés de nanocomposites polymères, ceux-ci constituant alors un outil pour aider au diagnostic des TNN chez les personnes fulgurées.

Nous présentons ici la démarche méthodologique mise en place pour tester cette hypothèse et les premiers résultats obtenus par l'étude d'une situation de foudroiement collectif survenue en 2017.

Nous avons reconstitué la prise en charge pré-hospitalière et suivi sur 1 an les TNN de 14 patients fulgurés collectivement. Après accord d'un comité d'éthique, nous avons effectué sur les victimes un prélèvement de sang et d'urine à H+4 et à 1 an de l'accident. Nous avons élaboré un protocole d'extraction des composés solides par filtration du sang et de l'urine et procédé à une caractérisation systématique des nanocomposites polymères et minéraux inhabituels identifiés sous le microscope binoculaire. Une étude plus approfondie de leur structure et de leur composition a été réalisée au MEB sur une sélection de nanocomposites, complétée par une analyse au MET.

Le sang et l'urine des patients foudroyés ont été soumis à des décharges électriques puis ont fait l'objet d'une filtration et d'une caractérisation des nanocomposites extraits suivant le protocole

élaboré. 14 patients sains serviront de population témoin pour rechercher dans le sang et l'urine la présence possible de nanocomposites polymères et les comparer avec ceux identifiés sur les patients fulgurés.

Les TNN diagnostiqués sur les patients fulgurés rejoignent les données déjà répertoriées sur les effets du foudroiement. 9 présentent des TNN immédiats et temporaires (perte de connaissance, troubles mnésiques, céphalées, agitation, confusion, kéraunoparalysie, ACR). 8 présentent des TNN immédiats et prolongés (fatigue, neuropathie, acouphène, changement de comportement, trouble du sommeil). 6 présentent des TNN retardés et progressifs (trouble de la mémoire immédiate, neuropathie, syndrome cérébelleux, aphasie, dysgraphie, trait dépressif). Tous les patients fulgurés présentent dans le sang et l'urine à H+4 des quantités importantes de nanocomposites dans un rapport au moins de 100 pour 1 comparativement aux témoins sains. Les nanocomposites comprennent des films, filaments et agglomérats, souvent torsadés, constitués d'une matrice polymère nanostructurée associée à des microparticules nanostructurées d'oxydes métalliques et de métaux. Au MET, les nanocomposites montrent un enroulement de nanofilms carbonés amorphes qui insèrent des nanoparticules exfoliées métalliques à structure 2D de type graphène-like.

Sur la base des données de la littérature, ces caractères sont diagnostiques de nanocomposites produits par ultrasonication sur des liquides ioniques. L'hypothèse de produits de dégradation concentrés suite à des décharges plasmas au niveau de micro-bulles de cavitation créées par l'ionisation est envisagée.

La quantité et la nature des NC varient entre les victimes et semblent tracer l'intensité de la décharge reçue. La gravité des TNN décrits comme immédiats, prolongés et retardés semble corrélée à l'intensité de la décharge. Les expérimentations in vitro produisent des NC en quantité significativement plus importante chez les patients fulgurés que chez les témoins sains. La recherche de NC à 1 an chez les fulgurés et chez les sujets sains est en cours.

La présence en faible quantité de nanocomposites chez les témoins sains suggère une contamination de l'air par des nanoparticules exfoliées de type graphène-like, bien connues pour leurs propriétés thermiques, thermomécaniques, optiques et électriques remarquables. Les quantités importantes de nanocomposites dans le sang et l'urine des patients fulgurés vont dans le sens d'une concentration sous l'effet de l'ionisation de nanoparticules exfoliées 2D initialement présentes dans les tissus et leur assemblage par décharges plasmas en filaments et films biorésistants. Les recherches futures devront localiser ces zones d'accumulation de nanoparticules exfoliées 2D dans les tissus suite à une forte ionisation et établir leur possible lien avec les dysfonctionnements neurologiques observés chez les fulgurés.