



Sommaire | P. 9-13 En France comme à l'international, l'INERIS est consulté pour son expertise sur les risques liés aux véhicules électriques. P. 11 ELLICERT, gage de sécurité et de qualité. P. 13 Le point de vue de nos experts.

Les contributeurs



Guy Marlair,
référent technique
du pôle Substances
et procédés
de l'INERIS.



**Christian
Michot,**
directeur de
la certification
de l'INERIS.



**Benjamin
Truchot,**
responsable de l'unité
Incendie ventilation
de l'INERIS.

La sécurité des véhicules électriques

Le développement de la filière des véhicules électriques s'inscrit dans la politique de réduction des gaz à effet de serre. L'INERIS accompagne cette innovation aux côtés de l'ensemble des parties prenantes.

En 2009, le gouvernement français a lancé un plan national pour favoriser le développement de voitures 100 % électriques et hybrides rechargeables, dits «véhicules décarbonés». Les objectifs : favoriser la recherche et l'émergence de l'offre industrielle, stimuler la demande et déployer les infrastructures de recharge. Le marché est évalué entre 20 et 50 milliards d'euros par an à partir de 2020 en Europe et prévoit, d'ici la même période, la circulation de 2 millions de ces véhicules en France. Les véhicules électriques représentent donc une opportunité environnementale et économique indéniable, cependant tempérée par les risques liés à l'émergence de toute nouvelle technologie dans ses phases de production, de stockage, d'acheminement et d'utilisation.

Dans le cas des véhicules électriques et hybrides, les travaux de R&D menés par les constructeurs portent notamment sur les batteries, éléments essentiels, afin de développer une filière à grande échelle à coûts raisonnables et intégrant la maîtrise des risques.

Le développement des nouvelles technologies ou filières, pour relever les défis du développement durable, ne peut être mis en œuvre que si les risques potentiels sont maîtrisés suffisamment en amont du développement de la filière. C'est précisément

dans ce cadre que l'INERIS a mené une série de travaux de recherche et d'expertise, en 2010 et 2011, et a pu définir pour 2012 et au-delà sa feuille de route dans le domaine.

Hiérarchiser les risques pour mieux les maîtriser

En appui au ministère chargé de l'Écologie, l'INERIS a produit plusieurs études en 2010. Le rapport intitulé «Analyse préliminaire de risques» (incendie, explosion, effets toxiques) a été produit à partir des données disponibles, puis complété par de nombreux entretiens avec les différents acteurs du domaine (industriels, pouvoirs publics, réseaux de recherche).

L'analyse s'est fondée sur une étude préalable conduite conjointement par l'Union technique de l'automobile du motocycle et du cycle (Utac) et l'INERIS, laquelle portait sur le contexte réglementaire et normatif dans lequel s'inscrit la filière véhicules électriques. «*Depuis leur conception jusqu'à leur recyclage – entre fabrication, transport, stockage, recharge et utilisation –, cette analyse préliminaire identifie 50 scénarios de risques potentiels tout au long du cycle de vie des batteries et les hiérarchise afin de cibler les travaux à mener en fonction de leur priorité*», explique Guy Marlair, référent technique du pôle Substances et procédés de l'INERIS. Parmi les 50 scénarios ●●●

Zoom sur

STEEVE, une plateforme d'expérimentation

Installée au siège de l'INERIS, dans l'Oise, la plateforme d'expérimentation scientifique «Stockage d'énergie électrochimique pour véhicules électriques» (STEEVE Sécurité) permet de réaliser des essais à échelle réelle sur la sécurité des batteries à différentes étapes de leur cycle de vie. Ces prestations s'adressent aux industriels, entreprises et collectivités. Elles se déclinent en trois volets : recherche, expertise et certification. Portée par plusieurs partenaires* et dotée de 4,8 M€, STEEVE Sécurité reçoit le soutien du Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E).

*Université de Picardie Jules-Verne (UPJV), CNRS, EDF et INERIS.

Les étapes clés

Fin 2009

Le ministère chargé de l'Écologie demande une analyse préliminaire des risques de la filière véhicules électriques.

2010

L'INERIS remet au ministère son rapport « Analyse préliminaire des risques » ainsi que trois autres sur l'accidentologie, les technologies et la réglementation.

2011

19 JANVIER
Le ministère chargé de l'Écologie présente aux acteurs de la filière les problématiques prioritaires identifiées suite à l'étude « Analyse préliminaire des risques ».



Essai "abusif" de batterie à l'INERIS.

●●● accidentels identifiés, 12 ont été retenus pour leur « criticité ». Ils concernent, en particulier, les étapes du stockage, de la recharge et de l'utilisation des batteries, et notamment le scénario 25, qui porte sur les risques accrus en milieu confiné. En l'absence d'étude dans ces milieux, comme les parkings souterrains, les risques ne peuvent être exclus. L'INERIS a ainsi procédé, en 2011, à de premières simulations numériques et à des calculs préliminaires. « Les simulations ont montré que, en raison du dégagement de fumée, les feux de véhicule thermique et de véhicule électrique présentaient la même problématique : la chute très rapide de visibilité en milieu confiné, qui rend l'évacuation délicate », constate Benjamin Truchot, responsable de l'unité Incendie ventilation de l'INERIS. Ces résultats partiels ont conduit l'Institut à réaliser, pour les constructeurs automobiles, une campagne d'essais incendie à échelle réelle sur les véhicules électriques, à l'automne 2011.

Sécurisation du stockage de l'énergie

Les batteries électrochimiques, et plus particulièrement les batteries lithium-ion, font l'objet de recherches de longue date à l'INERIS, par ailleurs membre actif du Réseau sur le stockage électrochimique de l'énergie (RS2E), qui réunit des laboratoires publics, des industriels et des établissements scientifiques.

Ses travaux se traduisent, notamment, par des partenariats avec l'université de Picardie Jules-Verne (UPJV) et sont financés par la région Picardie. Baptisé « BatteryNanoSafe », le premier programme – conduit également par le Laboratoire de réactivité et de chimie des solides, unité mixte du CNRS et de l'UPJV – a porté sur la sécurité des nouvelles générations de batteries lithium-ion incorporant des nanomatériaux. Une thèse sur l'évaluation des risques thermiques et toxiques liés à l'utilisation de ce type de batteries en conditions abusives (influence de la nature des composants, de l'état de charge, du vieillissement, etc.) a été encadrée par l'Institut et l'université de Picardie dès 2007. Le but : mieux comprendre les mécanismes conduisant, dans des situations extrêmes, à des emballements thermiques. « Ces travaux ont permis, entre autres, de mettre en évidence qu'en cas de combustion accidentelle de la batterie, la toxicité des fumées émises est notamment liée à la production de fluorure d'hydrogène. Cette production est rendue possible par la présence de fluor dans certains composants de batteries lithium-ion (dont le sel de l'électrolyte), indique Guy Marlair.

Autre programme coordonné par l'université de Picardie en partenariat avec l'INERIS, le projet DEGAS. Démarré en 2011, il vise à développer des tests de sécurité liés à l'émission de gaz toxiques par les batteries

lithium-ion, dans la continuité du programme BatteryNanoSafe, qui avait mis en évidence le dégagement d'une quantité d'acide fluorhydrique. Les résultats expérimentaux permettront, notamment, d'obtenir différentes échelles de risques (émission de gaz toxiques, emballement thermique, explosion, etc.). Ils seront utilisés par l'INERIS dans le cadre de ses travaux futurs sur la plateforme d'expérimentation scientifique STEEVE Sécurité, dont la construction est en cours d'achèvement sur son site de Verneuil-en-Halatte, dans l'Oise.

Au niveau européen, le projet HELIOS (*High Energy Lithium-On Storage*) rassemble plusieurs constructeurs automobiles, des centres d'expertise et de recherche et un fabricant de batteries (SAFT) en vue d'améliorer la fiabilité, la sécurité et les performances des batteries à haute énergie conçues pour les véhicules électriques de série. De son côté, l'INERIS y est chargé de l'évaluation de la sécurité des batteries via des tests menés à plusieurs échelles, allant du laboratoire à la grandeur réelle.

Dans un futur proche, la feuille de route 2012-2019 de l'INERIS prévoit l'évaluation des risques liés au stockage électrochimique pour les applications mobiles autres que le véhicule électrique (voiture, scooter, vélo, etc.), c'est-à-dire les transports en commun, ainsi que pour les applications stationnaires (énergie éolienne ou photovoltaïque). ●●●

FÉVRIER-MARS

Tenue de trois groupes de travail chargés d'approfondir les problématiques prioritaires identifiées.

À PARTIR D'AOÛT

Campagne d'essais incendie packs et véhicules électriques.

INERIS
SOLUTIONS



ELLICERT, gage de sécurité et de qualité



Bertrand Largy,
chef de service métier à la direction des Groupes motopropulseurs électriques Renault

D'une façon générale, et surtout dans le cas d'innovations en rupture, nos ingénieurs se documentent sur la recherche et les expertises auprès des instances faisant référence normative ou ayant trait à l'état de l'art. Or, l'INERIS bénéficie d'un savoir-faire reconnu en ce qui concerne les essais de sécurité sur les véhicules électriques et les batteries de traction. Renault avait donc connaissance de ses travaux. Par ailleurs, Renault a pour principe, pour consolider son niveau de confiance, d'avoir un avis externe sur ses travaux de développement, en particulier sur des sujets à enjeux comme les véhicules électriques. La montée en compétence de Renault

s'est faite avec la maîtrise de la propriété industrielle, par exemple sur la sécurité, en même temps que nous avons développé nos produits. Par la suite, certains travaux avec l'INERIS ont été conduits, une fois nos objectifs atteints, afin de consolider ce niveau de confiance. La collaboration avec un partenaire extérieur tel que l'INERIS nous est apparue alors comme un moyen d'acter l'avance de Renault, et donc l'avance française dans ce domaine: nous sommes le premier constructeur à avoir commercialisé une gamme de voitures électriques de grande série. Renault est intéressé par la labellisation ELLICERT. C'est un gage de qualité, de sécurité et de reconnaissance d'un état de l'art atteint. Renault travaille avec l'INERIS sur les modalités pratiques de mise en œuvre de cette labellisation en se préparant d'emblée au fait que le niveau de l'état de l'art augmentera en continu pour devenir les standards futurs.

2

millions de véhicules électriques et hybrides rechargeables prévus à la circulation en France d'ici 2020.

(Source: Plan national pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables.)

Zoom sur

Les différents types de véhicules et de batteries

À ce jour, trois types de véhicules électriques se propulsent grâce à l'énergie électrique:

- le véhicule électrique dont le moteur est alimenté par une batterie rechargeable;
- le véhicule hybride, associant moteurs thermique et électrique, peut se recharger de diverses manières (générateur électrique couplé au moteur thermique, récupération d'énergie mécanique, etc.);
- le véhicule hybride rechargeable, dont la batterie peut être rechargée sur le secteur électrique.

Les batteries électrochimiques permettant de convertir l'énergie d'une réaction chimique en électricité semblent les plus prometteuses. Parmi elles, les accumulateurs en milieu organique (lithium-ion, en particulier) représentent une meilleure solution à court et moyen termes par rapport aux accumulateurs en milieu aqueux (plomb-acide, nickel-cadmium). Leurs performances restent cependant à améliorer tant en termes de capacité d'autonomie et de durée de vie que de sécurité.



Tests d'accumulateurs Li Ion sur un véhicule électrique.

En savoir plus



– Rapport d'analyse préliminaire des risques

<http://www.ineris.fr/ressources/recherche/iddoc=1859>

– Approche de la maîtrise des risques spécifiques à la filière véhicules électriques

<http://www.ineris.fr/ressources/recherche/iddoc=1858>

– Accidentologie relative aux systèmes de stockage d'énergie électrochimique: analyse du retour d'expérience

<http://www.ineris.fr/ressources/recherche/iddoc=1860>

– Approche de la maîtrise des risques spécifiques à la filière véhicules électriques – Données de base sur les différentes technologies de stockage d'énergie

<http://www.ineris.fr/ressources/recherche/iddoc=1861>

– Éléments de synthèse suite aux premiers essais incendie réalisés à échelle réelle

<http://www.ineris.fr/centredoc/note-ve-dec2011-1324651467.pdf>

– Synthèse de modélisation préliminaire de l'impact d'un feu de véhicule électrique en parking souterrain
<http://www.ineris.fr/centredoc/resume-rapport-modelisation-1324651405.pdf>

●●● Un acteur européen et mondial

Dès octobre 2010, l'INERIS a proposé la certification volontaire ELLICERT (ELECTrique LIthium CERTification) aux diverses parties prenantes (fabricants de batteries, constructeurs automobiles et gestionnaires de flottes, experts nationaux de la filière, une organisation de consommateurs et une association d'élus).

« Le référentiel ELLICERT vise à accompagner les industriels dans leurs phases de démonstration, de tests, d'expérimentation et de déploiement. La certification prend en compte la sécurité des cellules et packs⁽¹⁾ et le degré de fiabilité du Battery Management System (BMS), qui joue un rôle essentiel en matière de sécurité lors de la marche et des opérations de charge à l'arrêt. C'est une avancée importante, dans la mesure où le processus réglementaire n'est pas encore défini », remarque Christian Michot, directeur de la certification de l'INERIS.

L'Institut, pour élaborer ce référentiel qu'il souhaite promouvoir à l'international, a associé Underwriters Laboratories (UL), organisme de certification et de contrôle américain à vocation internationale. UL produit des normes de références dans le domaine de la sécurité des batteries. En Europe, un accord de collaboration a été signé avec le Health and Safety Laboratory (HSL), agence gouvernementale britannique traitant des questions de santé et de sécurité. Des rapprochements sont également en cours en Allemagne avec BAM, office fédéral de recherche et d'essais sur les matériaux, et TÜV SÜD, organisme d'essais, de contrôle et de certification. En Suède, l'INERIS est en

contact étroit avec SP, institut public de recherche technique.

Du point de vue de l'évaluation des risques, l'INERIS est partenaire, depuis 2006, de la fondation de recherche américaine Fire Protection Research Foundation (FPRF)⁽²⁾. Il a été le seul organisme français sollicité pour participer à une étude d'évaluation des risques incendie liés aux batteries lithium-ion. Cette collaboration va se poursuivre autour de mesures de prévention et de protection pour le stockage des piles et batteries lithium-ion. Ces nombreuses collaborations au niveau mondial et européen témoignent ainsi du rôle joué par l'Institut dans le domaine de la sécurité des batteries électriques. Les travaux réalisés confirment le positionnement stratégique de l'INERIS et la reconnaissance de son expertise en matière de recherche sur la sécurité des véhicules électriques, en France et à l'international.

1- Ensemble de modules de cellules.

2- FPRF est spécialisée dans la sécurité incendie, en collaboration avec des scientifiques et des laboratoires dans le monde entier.

- 17,5

millions de tonnes d'émissions de CO₂ prévus d'ici 2020 en France, grâce au développement des véhicules électriques. (Source: Plan national pour le développement des véhicules électriques et hybrides rechargeables.)

“Une analyse globale des risques en cas d’incendie”



Benjamin Truchot, responsable de l’unité Incendie ventilation de l’INERIS.

L’INERIS a procédé à deux séries d’essais à grande échelle afin de produire une analyse comparative du comportement des véhicules électriques et classiques.

Cette campagne expérimentale s’inscrit dans un contexte plus large d’analyse des conséquences d’un incendie dans un milieu confiné – parkings souterrains ou tunnels. Ces essais ont porté sur quatre véhicules : deux berlines et deux de petite taille, identiques. Pour chaque type,

un véhicule était équipé d’un moteur diesel, avec un réservoir plein de carburant, l’autre d’un moteur électrique alimenté par une batterie lithium-ion. Les essais se sont déroulés à l’INERIS sur une plateforme expérimentale dédiée, la galerie incendie. Grâce à son dispositif de canalisation de l’ensemble des fumées, cet équipement permet de procéder à une analyse très fine des gaz de combustion avant que ceux-ci ne transitent par un système de traitement limitant les conséquences environnementales de ces essais. Les résultats ont montré que la toxicité des fumées et la cinétique (évolution de la puissance instantanée du feu) différaient peu entre les deux types de véhicules. La cinétique des véhicules électriques s’est révélée moins rapide que celle anticipée dans les modélisations préliminaires,

en raison notamment du comportement spécifique de la batterie après son insertion dans le véhicule. Le comportement différent de la batterie seule et dans le véhicule témoigne de la nécessité de réaliser des essais à l’échelle réelle. Cela permet une vision globale du phénomène. Les essais en laboratoire, indispensables pour la connaissance du comportement individuel des éléments, ne prennent pas en compte les effets de masse ou d’agencement des combustibles, ce qui influe sur le comportement de l’incendie. Pour les constructeurs, il est important d’intégrer dans le développement d’un produit cette notion d’analyse et de quantification des risques. Ces essais à différentes échelles, complémentaires, contribuent à maîtriser l’impact sur les personnes, donc sur la société.



“Détecter et prévenir les risques, c’est éviter les crises”

En général, la mise au point d’une innovation se fait sous pression. Il faut aller vite, réussir les premiers, prendre les brevets, écarter tout ce qui peut gêner. De ce fait, l’évaluation des risques que peut entraîner une innovation est mal venue. On en arrive à des situations où, comme dans les nanotechnologies, les produits de masse sont déjà sur le marché sans que les risques éventuels n’aient été étudiés. Ce qui provoque une grande méfiance des Français, qui ont déjà connu plusieurs

crises sanitaires et environnementales. L’une des missions de l’INERIS est justement d’accompagner l’innovation en détectant très en amont les éventuels risques afin de se donner les moyens de les réduire. Ainsi, dans le cas des véhicules électriques, l’étude de l’INERIS sur les risques aux différentes étapes de la vie du véhicule va permettre de mieux identifier où se situent les enjeux. Cette démarche est d’intérêt collectif pour préserver les citoyens et ne mettre sur le marché que des produits sûrs.



Maryse Arditi, pilote du réseau Risques et impacts industriels, France Nature Environnement, membre de la Commission d’orientation de la recherche et de l’expertise (Core)