

Les énergies renouvelables

- 13. Une accélération à double tranchant
- 15. L'hydrogène, un gaz à haut potentiel et à hauts risques
- 16. Des formations dans le vent
- 18. L'eau électrifie les risques
- 20. Une volonté organique d'agir
- 22. Beau temps pour l'énergie solaire
- 24. Optimiser sa production sans nager entre deux eaux

Une accélération à double tranchant

Pour espérer atteindre la neutralité carbone en 2050, la France va devoir accélérer le déploiement des énergies renouvelables. C'est en capitalisant sur l'expérience acquise dans d'autres industries, en misant sur l'intégration de la prévention dès la conception des installations et en s'appuyant sur une offre de formation adaptée que le secteur permettra à ses salariés d'intervenir de façon sécurisée.

DES FORÊTS se consomment dans de gigantesques incendies, des pluies torrentielles entraînent des inondations, des sécheresses provoquent des famines, les océans grignotent les terres... Ces symptômes du réchauffement climatique, qui étaient, il n'y a pas si longtemps, regardés de loin par les pays européens, gagnent en régularité et en violence, n'épargnant personne. Dans l'espoir de ralentir leur progression, les États n'ont cessé de revoir leurs objectifs de limitation d'émissions de carbone. L'Union européenne a musclé ses ambitions en 2018 en affichant la volonté d'atteindre la part de 32% d'énergies renouvelables d'ici à 2030.

Si avec la loi « Énergie et climat » de 2019, la France s'est alignée sur ces intentions, en 2020, selon les chiffres du ministère de la Transition écologique, les énergies renouvelables ne représentaient que 19,1% de la consommation finale brute d'énergie nationale. Comme le souligne l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans son rapport

de novembre dernier, notre pays va devoir redoubler d'efforts s'il veut atteindre la neutralité carbone en 2050. Selon cet organisme, rien que pour envisager répondre à ses objectifs intermédiaires, l'Hexagone devra, d'ici à 2023, augmenter sa production éolienne et celle de ses fermes solaires. L'activité dans les filières des énergies renouvelables devrait donc croître de façon importante dans les années à venir.

Des risques connus

Selon une étude du Syndicat des énergies renouvelables (SER) datée de juin 2020, les emplois équivalents temps plein du secteur, qui s'élevaient alors à 166 000 en comptant les emplois directs comme indirects, pourraient grimper de 100 000 unités supplémentaires d'ici la fin de la décennie. Un afflux massif de travailleurs dont la santé et la sécurité au cours de leur activité devront être prises en compte. L'Agence européenne pour la santé et la sécurité au travail



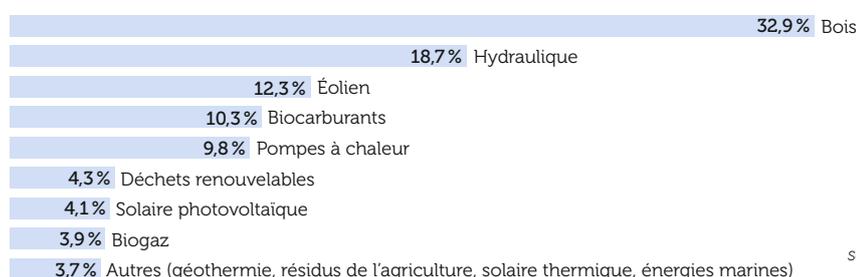
© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS / 2021

☒ **Installer des panneaux photovoltaïques sur les toits requiert à la fois les compétences d'un couvreur et celles d'un électricien... et cumule les risques de ces deux métiers.**

(Osha) alertait déjà à ce sujet en 2013, dans une étude consacrée aux emplois verts au sens large: « Nous avons tendance à associer écologie et sécurité, mais ce qui est bon pour l'environnement ne l'est pas nécessairement pour la santé et la sécurité des travailleurs. »

Les risques rencontrés dans les filières des énergies renouvelables sont bien connus¹. Il s'agit par exemple des risques de chute de hauteur dans l'éolien, d'incendie-explosion dans la production de biogaz, des risques biologiques dans l'exploitation des déchets, de noyade dans l'hydroélectrique, ou encore de risques mécaniques, chimiques, routiers ou liés au port de charge comme dans la plupart des industries. Cependant, l'évolution rapide du secteur, ainsi que les facteurs économiques et politiques qui y sont liés, pourrait >>>

RÉPARTITION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN FRANCE EN 2020



Source : ministère de la Transition écologique

être génératrice de difficultés en matière de prévention. Afin de se positionner sur un marché de plus en plus concurrentiel, certaines entreprises pourraient être tentées de s'affranchir d'investissements nécessaires à la sécurité ou employer des travailleurs peu ou pas qualifiés. Outre les risques que cela implique pour ces derniers, les systèmes qu'ils installent pourraient s'avérer dangereux par la suite, notamment pour les professionnels de la maintenance.

La course à la décarbonation pousse aussi à augmenter la puissance d'usines existantes aux configurations particulières, comme celles d'un barrage. Ce genre d'environnement demande parfois de travailler dans des conditions inhabituelles qui impliquent des préparations de chantiers sans faille. La multiplication des projets dans les énergies renouvelables peut aussi être l'occasion pour les préventeurs de faire entendre leur voix dès la conception de nouveaux sites de production. Le programme EMR, pour énergies marines renouvelables, de la Carsat Normandie, s'engouffre dans cette brèche en faisant bénéficier de l'expertise de la Caisse les futurs parcs éoliens offshore et champs d'hydroliennes de la région.

Le cumul

Si en règle générale, les industriels maîtrisent bien les règles et normes de sécurité liées à leur cœur d'acti-

ZOOM

LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Comme leur nom l'indique, les énergies renouvelables proviennent de sources que la nature régénère en permanence, au contraire des énergies fossiles dont les stocks s'épuisent. En outre, à la différence de ces dernières, celles que l'on nomme « énergies propres » ou « énergies vertes », engendrent très peu de déchets et d'émissions polluantes. Les principales énergies renouvelables sont le bois, l'énergie hydroélectrique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie de biomasse...

tivité, ils peuvent malheureusement avoir tendance à passer à côté des questions de santé et sécurité qui leur paraissent secondaires. « *Nous accompagnons actuellement la conception d'une usine de production d'hydrogène. Notre plus-value ne porte pas sur les aspects incendie-explosion, déjà au centre des préoccupations des différents acteurs, mais davantage sur l'anticipation des interventions de maintenance, des évolutions ultérieures sur l'ouvrage ou de la circulation sur le site, par exemple* », témoigne Jean-Noël Clément, contrôleur de sécurité à la Carsat Normandie.

En outre, l'ergonomie doit aussi être un point de vigilance. Au-delà de prévenir l'apparition de troubles musculosquelettiques, un espace bien pensé, par exemple pour travailler sur les entrailles des machines, limite les erreurs lors des opérations et bénéficie à la sécurité globale de l'installation.



Autre particularité du secteur des énergies renouvelables, si les risques y sont traditionnels, ils peuvent être transposés dans de nouveaux contextes et combinés de manière inédite. À titre d'exemple encore, installer des panneaux photovoltaïques sur les toits requiert à la fois les compétences d'un couvreur et celles d'un électricien... et cumule les risques de ces deux métiers.

Transposer et adapter

Dans le même ordre d'idées, un technicien de maintenance d'éolienne offshore est exposé, en plus des risques classiques liés à sa profession, à ceux découlant des caractéristiques de l'environnement dans lequel se trouve son espace de travail. Exercer son activité en mer nécessite d'adapter les formations, initiales comme continues, en définissant des par-

L'HYDROGÈNE, UN CAS À PART

Considéré comme un vecteur énergétique, l'hydrogène apporte de nouvelles solutions de maîtrise des consommations ainsi que pour le développement des sources renouvelables. Il offre plus de flexibilité, car une fois produit, ce gaz a la capacité d'être stocké pour être utilisé à la demande comme source d'énergie. Utilisé comme carburant, l'hydrogène est aussi l'une des solutions pour se déplacer plus proprement. Il devra néanmoins être produit à partir d'énergies renouvelables (éolien, solaire, méthanisation...) pour jouer son rôle dans la lutte contre le réchauffement climatique. Pour le moment, selon le ministère de la Transition écologique et solidaire, il est produit à 94 % à partir de charbon, de gaz ou d'hydrocarbure.



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

Un technicien de maintenance d'éolienne offshore est exposé, en plus des risques classiques liés à sa profession, à ceux découlant des caractéristiques de l'environnement dans lequel se trouve son espace de travail. Cela nécessite d'adapter les formations, initiales comme continues.

cours pédagogiques appropriés. D'autant que les perspectives d'emploi peuvent attirer des travailleurs qui s'écartent de leurs domaines de compétence d'origine et qui devront enrichir leurs connaissances et savoir-faire.

Ainsi, pour accompagner la croissance des énergies renouvelables, la prévention doit se construire par le biais de la transposition des principes et méthodes éprouvés dans d'autres secteurs, tout en tenant compte des nouvelles configurations de risques et en s'appuyant sur des politiques de formation adaptées à ces nouvelles données. ■ D. L.

1. Lire à ce sujet la rubrique À la loupe, page 45 de ce numéro de Travail & Sécurité.

L'hydrogène, un gaz à haut potentiel et à hauts risques

Responsable pendant plusieurs années de l'unité chargée de l'évaluation et la maîtrise des risques Atex au poste de travail à l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Bruno Debray est aujourd'hui chargé de mission « nouvelles certifications » au sein du même organisme. Ses fonctions l'amènent à accompagner les acteurs de la filière hydrogène dans leurs démarches de maîtrise des risques.

Quels sont les principaux risques auxquels sont exposés les salariés de l'industrie de l'hydrogène ?

Bruno Debray. ► En premier lieu, on trouve le risque d'atmosphère explosive (Atex) dû au caractère hautement inflammable de l'hydrogène. Ensuite, les risques électriques, notamment au niveau des électrolyseurs qui produisent de l'hydrogène à partir d'électricité et des piles à combustible qui réalisent l'opération inverse. Les risques liés aux équipements sous pression sont présents également, puisque l'hydrogène doit le plus souvent être fortement comprimé afin de permettre le stockage de quantités importantes dans un volume réduit. Enfin, on peut citer le risque d'explosion au niveau des électrolyseurs, en cas de contamination de l'hydrogène par de l'oxygène, les risques machines... Nous sommes là en terrain connu pour les industriels. S'ils maîtrisent ces risques très encadrés par la réglementation et les normes, ils doivent cependant avoir conscience des spécificités de l'hydrogène qui imposent l'utilisation de matériel approprié.

C'est-à-dire ?

B. D. ► L'hydrogène, le plus petit des éléments chimiques, est capable d'interagir avec certains matériaux, de diffuser à travers eux et, dans certains cas, de les fragiliser. Les éléments des chaînes de production doivent donc être choisis en conséquence, qu'il s'agisse de détecteurs d'atmosphères explosives ou des conduites dans lesquelles circule le gaz. En cas de

fuite, l'hydrogène très léger s'accumule dans les parties hautes des installations et bâtiments. Les systèmes de ventilation doivent donc être positionnés et dimensionnés pour répondre à cette réalité. Pour aider les acteurs de la filière à mener les procédures d'évaluation de conformité et de certification relatives à la sécurité des composants et systèmes à hydrogène, l'Ineris a publié un guide en partenariat avec l'Ademe et France Hydrogène¹ en juin dernier. Il traite des applications en lien avec la mobilité hydrogène : stations de remplissage de véhicules et véhicules eux-mêmes. Il est aussi utile pour les projets de conception de systèmes de production, de conversion en électricité ou de stockage d'hydrogène destinés à être implantés dans des usines en vue de réduire leur empreinte carbone.

Si les industriels sont bien armés pour prévenir les risques liés à l'hydrogène, qu'en est-il des nouveaux acteurs attirés par le plan hydrogène du gouvernement ?

B. D. ► Qu'il s'agisse de start-up issues de la R&D ou de collectivités territoriales qui s'équipent de véhicules à hydrogène, par exemple, la formation a un rôle central à jouer pour qu'ils puissent s'assurer que leurs matériels sont sûrs, mais aussi pour les rendre aptes à exploiter quotidiennement leurs installations et à réaliser les opérations de maintenance en sécurité. Ce dernier point est d'autant plus important qu'une intervention mal réalisée peut compromettre

la sûreté initiale d'un système. Pour répondre à ces enjeux, l'Ineris propose une formation certifiante sur les risques d'explosion, baptisée « Ism-Atex », et une autre sur la maîtrise des risques des technologies de l'hydrogène lors de la conception de ces systèmes. Nous travaillons également sur l'intégration de la prévention des risques hydrogène au cursus des futurs professionnels avec des industriels du secteur et des partenaires académiques, tels que les Mines de Paris et l'Ecamm à Lyon dans le cadre de la Symbio Hydrogen Academy. Enfin, il ne faut pas oublier les personnels de sécurité et les pompiers qu'il faudra faire monter en compétences, car on n'intervient pas sur un feu hydrogène comme sur d'autres types de sinistres.

Qu'en est-il de l'aspect ergonomique des postes, notamment ceux de maintenance ?

B. D. ► Intégrer des réflexions ergonomiques dès la conception d'une installation est indispensable. Au-delà de la limitation des troubles musculosquelettiques et des postures contraignantes, il s'agit aussi par ce biais de renforcer la sécurité. S'il faut se contorsionner pour atteindre certaines parties du système, on passe plus facilement à côté d'une fuite. Et en travaillant dans un espace réduit, une vanne peut être ouverte involontairement... ■ **Propos recueillis par D. L.**

1. Le guide « Certification des systèmes à hydrogène » est téléchargeable sur le site de l'Ineris : www.ineris.fr/fr

Des formations dans le vent

Accompagnés par la Carsat Normandie, les lycées Anita-Conti et Maupassant-Descartes de Fécamp mutualisent leurs moyens techniques et humains pour obtenir la certification Global Wind Organisation (GWO) basée sur des référentiels de formation en matière de sécurité au travail adaptés au secteur de l'éolien offshore.

DES GÉNÉRATIONS de marins-pêcheurs fécampois ont navigué sur les étendues salées, parfois jusqu'au large de l'Islande et de Terre-Neuve, pour rapporter les richesses de la mer dans le port normand. Aujourd'hui encore, les bateaux chargés de harengs, coquilles Saint-Jacques, maquereaux et autres roussettes continuent d'alimenter l'économie locale. Ce n'est donc pas un hasard si le lycée maritime Anita-Conti est installé sur l'un des quatre quais du port. Une ancienne boucane, où les poissons étaient fumés, a été réhabilitée et agrandie pour accueillir les futurs professionnels de la mer. Ceux de la pêche, donc, mais aussi ceux du transport de marchandises et de passagers.

« Notre lycée se doit d'accompagner les projets maritimes du territoire, estime Christophe Molin, directeur. La mise en service, au plus tôt en 2023, au large de Fécamp du premier parc éolien offshore français, qui sera suivi par ceux de Courseulles-sur-Mer et de Dieppe, crée des débouchés pour nos étudiants. Comme la formation à la sécurité et que le référentiel établie par le Global Wind

📷 L'installation comprend une nacelle d'éolienne, qui permet de s'entraîner aux opérations de maintenance, et deux plates-formes afin d'apprendre à mener des tâches en hauteur et en sécurité.

Organisation (GWO) est reconnu par les professionnels de l'éolien, nous avons décidé d'obtenir la certification pour la dispenser. »

Ainsi, pour poser le pied sur une éolienne, il faut avoir été formé aux premiers secours, aux manutentions manuelles, à la lutte contre l'incendie, au travail en hauteur

et à la survie en mer. « Et il n'est pas question de dispense, précise Edwige Mahieu, responsable de pôle à la Carsat Normandie. Même si l'on a déjà validé certains de ces enseignements, comme il n'y a pas d'équivalence, il faut repasser tous les modules dans le cadre du GWO. » Le lycée Anita-Conti n'étant pas en capacité de tous les dispenser à lui seul, il s'est rapproché en 2018 de la cité scolaire Maupassant-Descartes toute proche. Celle-ci, proposant un BTS « maintenance des systèmes éoliens » dont le programme intègre justement des formations sur le travail en hauteur, la prévention des risques liés à l'activité physique (Prap) et de sauveteur



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

CERTIFICATION GWO

Qu'ils soient installateurs, techniciens de maintenance ou vérificateurs, l'ensemble des intervenants sur une éolienne sont exposés à des risques spécifiques liés à ces installations qui rendent nécessaire la formation en matière de sécurité pour chacun d'entre eux. Répondant à cette problématique, le regroupement d'industriels de l'éolien GWO a développé des référentiels de formation dont le but est de garantir les meilleures conditions de santé et de sécurité et de réduire les risques d'accident dans ce secteur, conformément

aux attentes européennes. Le référentiel de base comprend les modules premiers secours, manutentions manuelles, lutte contre l'incendie, travail en hauteur et survie en mer. Concrètement, les évaluations des acquis, continues comme finales, sont réalisées sous forme de tests d'aptitude. À noter que le maintien de la validité du certificat de formation est conditionné par un recyclage et un examen des compétences tous les deux ans.



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

secouriste du travail (SST), est un partenaire tout désigné.

« L'idée de partager les ressources de nos deux établissements pour être certifiés GWO a conforté la réflexion que nous avons engagée sur le sujet avec le Greta¹, affirme Christophe Picard, directeur délégué aux formations professionnelles et technologiques du lycée Descartes. Nos apprenants pourront aussi bien travailler dans l'éolien terrestre, qui est bien développé en Normandie – il y a trois parcs rien qu'autour de Fécamp –, que postuler pour des postes offshore. » Qu'il s'agisse de formation initiale, continue ou de recyclage, les apprenants de chacun des deux établissements bénéficieront du « bâtiment éolien » flamboyant neuf, inauguré début 2021 dans l'enceinte de la cité scolaire Maupassant-Descartes.

Cette installation comprend une nacelle d'éolienne, qui permet de s'entraîner aux opérations de maintenance, et deux plates-formes. Ces dernières, l'une à 5,5 mètres de hauteur et l'autre à 8 mètres de hauteur, sont des outils pédagogiques idéaux pour apprendre à mener des tâches en hauteur et en sécurité. « Avant, les exercices se faisaient sur de petites échelles dans notre atelier, raconte Christian Moyon, enseignant en

Le nouveau bateau-école, conçu pour répondre aux caractéristiques des embarcations qui emmènent les techniciens sur les éoliennes, permet notamment l'accostage par la proue.

sciences industrielles de l'ingénieur (SII). Difficile d'y réaliser des exercices réalistes comme l'évacuation d'un collègue blessé. » Pour se rapprocher encore un peu plus de conditions réelles, érigé à l'extérieur, un mât de 20 mètres chapeauté par une nacelle est le théâtre d'autres simulations instructives. « Être formé Prap est important car le métier de technicien éolien est très physique, note Bertrand Terrasse, enseignant en SII lui aussi. Il faut être capable d'économiser ses efforts lorsque l'on escalade des échelles sur 100 mètres. Et l'espace réduit des nacelles impose de connaître les positions les moins contraignantes. »

Présentes aux côtés des entreprises, les Carsat sont également des partenaires privilégiés des centres d'enseignement. Ainsi, la Carsat Normandie, déjà en lien depuis plusieurs années avec la cité scolaire Maupassant-Descartes, suit de près les évolutions pédagogiques liées au rapprochement des deux établissements et a pu, à plusieurs reprises, apporter son soutien financier au projet. Outre la plate-forme en haut du mât et les formations des formateurs, la caisse régionale a financé des treuils pour que l'apprentissage du travail en hauteur ne se limite pas à pratiquer des montées et descentes : en permettant de hisser du matériel, des exercices de maintenance peuvent être faits en altitude. « La condition pour obtenir ces financements était que nous puissions co-construire les scénarios pédagogiques avec l'équipe enseignante, insiste Edwige Mahieu. En y injectant des considérations sur la prévention, nous nous assurons que l'ap-

prentissage de la sécurité ne soit pas décorrélaté de celui du métier, comme cela peut être le cas avec des cours théoriques séparés. »

De son côté, le lycée Anita-Conti profite de sa situation idéale pour organiser le module survie en mer dans l'un des bassins du port de Fécamp. Les apprenants sont confrontés à différents types d'avaries dont certaines leur imposent de se jeter à l'eau au sens littéral du terme. « Puisque nous dispensons aussi un enseignement sur la lutte contre les incendies, le compte est bon, indique Christophe Molin. Nous devons obtenir la certification GWO fin 2022. » En attendant, le nouveau bateau-école conçu pour répondre aux caractéristiques des embarcations qui emmènent les techniciens sur les éoliennes permet aux élèves de s'initier à la manœuvre d'accostage, qui se fait par la proue. Le débarquement des travailleurs est en effet un moment critique. Les mouvements de la mer peuvent conduire à l'écrasement d'un membre entre le navire et l'échelle. « Pour limiter ce risque, la coque vient s'appuyer sur deux plots positionnés devant les degrés pour créer un espace sécurisé », souligne Hugues Recher, ancien marin-pêcheur reconverti en formateur.

En mettant en commun leurs moyens techniques et humains, les lycées Anita-Conti et Maupassant-Descartes font coup double. Ils répondent aux besoins du territoire en formant les futurs professionnels d'un secteur en plein développement tout en répondant aux impératifs de prévention. ■ D. L.

1. Les Greta, pour groupements d'établissements, sont les structures de l'Éducation nationale qui organisent des formations pour adultes dans pratiquement tous les domaines professionnels.

LE PROGRAMME ÉNERGIE MARINE RENOUVELABLE (EMR)

« Les lois sur la transition énergétique et les objectifs 2030 en faveur de l'environnement poussent la France à miser sur son importante façade maritime, constate Jean-Claude Poulain, ingénieur-conseil à la Carsat Normandie. Le programme EMR, inscrit dans les priorités régionales de la Caisse, contribue à la prise en compte de la santé et de la sécurité au travail dans ce contexte de développement des filières éolienne et hydrolienne. Et ce, en amont des projets, avec une approche prévention

dès la conception des sites industriels. À moyen terme, nous analyserons également les risques propres aux activités d'exploitation et de maintenance pour identifier des mesures de prévention adaptées. Enfin, troisième levier d'action, nous accompagnons les acteurs de la formation initiale et continue sur les questions de sécurité et santé au travail des futurs salariés, comme c'est le cas avec les lycées Anita-Conti et Maupassant-Descartes de Fécamp. »

L'eau électrise les risques

En Savoie, la centrale de La Bâthie produit de l'électricité à partir de chutes d'eau depuis 1961. Les risques professionnels auxquels les 26 salariés de l'usine hydroélectrique sont exposés font l'objet d'une prise en compte au quotidien.

UNE ÉNERGIE 100% renouvelable, peu émettrice de CO₂ et dont la production est modulable à la demande: tels sont les atouts de l'hydroélectricité, qui permet de transformer l'énergie hydraulique en électricité. Ce mode de production de l'électricité n'est pas nouveau: la centrale de La Bâthie, en Savoie, fonctionne sur ce principe depuis 1961. Elle a connu entre 2012 et 2019 des rénovations importantes pour améliorer la performance et la sécurité de ses installations... car l'hydroélectricité connaît actuellement une deuxième jeunesse. Sa flexibilité, en effet, lui confère un rôle de premier plan dans la production d'énergie issue de ressources renouvelables.

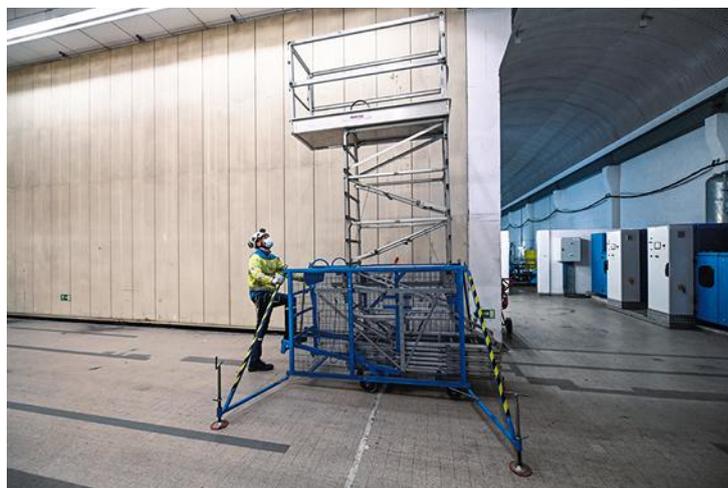
Aujourd'hui exploitée par EDF Hydro, qui compte 1055 salariés, l'usine hydroélectrique de La Bâthie utilise l'énergie provenant de la dénivellation entre les trois barrages de stockage de l'eau situés en amont sur le massif. Les 26 salariés de la centrale assurent la maintenance courante des installations et les réparations, au sein de l'usine elle-même

📷 **Monté en quelques minutes, un échafaudage pliable mécanisé sécurise les petites interventions en hauteur (changement d'un éclairage, par exemple).**

et au niveau de prises d'eau parfois situées à 1 heure de route. « Notre priorité est d'éradiquer les accidents graves et mortels. Pour ce faire, nous avons identifié six risques majeurs auxquels les salariés de nos aménagements hydroélectriques sont confrontés », précise Pascale Lyaudet, directrice adjointe d'EDF Hydro Alpes et présidente de la CSSCT. Les premiers, bien sûr, sont ceux liés à l'énergie, qu'il s'agisse d'électricité ou de fluides sous pression. Mais il en existe d'autres: anoxie, noyade (lors des interventions près des points d'eau), écrasement et choc – car les salariés sont amenés à manipuler des pièces lourdes –, chute de hauteur... Sans oublier le risque routier, lors des déplacements. Leur prise en compte passe par la bonne application des règles du groupe EDF. « Par exemple, les travaux

présentant un risque de chute de hauteur s'effectuent à deux; les travaux au bord de l'eau imposent de porter un équipement individuel de flottaison approprié s'il n'y a pas de protection collective », illustre Andy Lorient, responsable du groupement d'usine, de La Bâthie.

Lorsque les vannes sont ouvertes et que l'eau arrive dans la centrale, c'est un tout autre risque qui est présent... du fait de la pression – 120 bars – qui va actionner les six turbines. C'est l'énergie mécanique ainsi produite qui sera transformée en électricité par six alternateurs. « Les interventions sur toutes ces machines nécessitent évidemment une mise hors pression ou hors tension », souligne Andy Lorient. Chaque installation pilotant un groupe de machines est clairement identifiée par une couleur et numérotée pour éviter



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2021

L'ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE

Au sein du complexe hydroélectrique de Roselend-La Bâthie, l'eau est collectée à la fonte des neiges (printemps et été principalement), au niveau de 31 prises d'eau en montagne. Elle est stockée dans les barrages de Roselend, Saint-Guérin et la Gittaz. Les vannes sont ouvertes à la demande et l'eau est acheminée à travers 15 km de galeries et de conduites jusqu'à la centrale. L'énergie générée par la différence de niveau d'eau y est transformée en électricité. En quelques minutes, le système peut être activé. Il est piloté en temps réel

depuis Lyon. « C'est l'une des centrales les plus puissantes de France: les turbines produisent jusqu'à 600 mégawatts », indique Andy Lorient, responsable du site. L'électricité est ensuite injectée dans le réseau électrique, via des lignes haute tension. Elle produit chaque année l'équivalent de la consommation domestique de 420 000 habitants.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2021

toute erreur – les six groupes de production étant identiques. Un système de consignation à transfert de clés permet également de sécuriser les opérations. Le port d'équipements de protection individuelle (EPI) vient compléter ces mesures de sécurité : les intervenants portent des gants isolants électriques et un casque avec visière, protégeant d'éventuelles projections de métal en cas de court-circuit. Les salariés suivent des formations adaptées aux risques auxquels ils sont exposés. Et notamment au matériel qui est déployé : ils ont par exemple été formés à l'utilisation d'un échafaudage pliable mécanisé. Monté en quelques minutes, il sécurise les petites interventions en hauteur (changement d'un éclairage par exemple).

Une application mobile maison

La préparation minutieuse des interventions quotidiennes contribue également à la sécurité des salariés. « Tous les matins, des réunions en équipe de 20 minutes

définissent le rôle de chacun et les points de vigilance lors des interventions, précise le responsable de la centrale. Le lundi, nous prenons plus de temps pour discuter des événements ou situations à risque qui ont eu lieu chez nous ou sur d'autres sites d'EDF pour au besoin mettre en place des mesures afin de les éviter. Les erreurs sont aussi sources de progrès. » Depuis 2017, le partage d'expérience sur les événements potentiellement graves est réalisé au niveau de l'ensemble de la filière santé-sécurité du groupe EDF.

Dans la même veine, un challenge sécurité a vu le jour. Un salarié de la centrale s'y est illustré en 2020 en développant une application qui facilite la préparation des interventions. « Elle permet une vue à 360° de l'ensemble de nos installations, détaille Andy Lorient. En cliquant par exemple sur un boîtier électrique, on peut en visualiser le contenu. Les sources de risque y sont également signalées. » L'application est en cours de déploiement

La participation active des salariés à la réflexion en matière de santé et sécurité au travail a débouché notamment sur l'acquisition de cette trottinette électrique à trois roues capable de transporter jusqu'à 100 kg de matériel.



REPÈRES

> L'HYDROÉLECTRIQUE représente 13 % de l'électricité produite en France.

dans toutes les centrales hydroélectriques de l'Hexagone. Les salariés deviennent ainsi acteurs de la sécurité et contribuent aussi à l'amélioration continue des conditions de travail. À l'initiative de l'un d'entre eux, la centrale a par exemple investi en 2020 dans des trottinettes électriques à trois roues : elles sont munies d'une plate-forme pour transporter jusqu'à 100 kg de matériel au sein de ce vaste bâtiment. « C'est vraiment pratique pour se déplacer avec sa caisse à outils ou avec une pièce mécanique un peu lourde », assure Fabien Santiago, exploitant au sein de la centrale.

Pour les manipulations de pièces plus lourdes ou volumineuses, d'autres équipements existent. Dans la salle des turbines, deux ponts roulants sont mobilisables pour manipuler les pièces de ces machines, qui pèsent entre 100 et 200 tonnes. « Un cheminement piéton, muni de garde-corps, permet de réaliser en sécurité la maintenance de ces moyens de levage », apprécie Olivier Tompa, contrôleur de sécurité à la Carsat Rhône-Alpes. Des fûts de 100 litres d'huile sont transportés sur des chariots. « Compléter les niveaux d'huile de toutes les machines fait partie de notre quotidien, indique Kévin Delaville, exploitant au sein de la centrale et contributeur au déploiement de la sécurité incendie. Les stocks d'huile sont à l'extérieur de l'usine et la centrale est compartimentée grâce à des portes coupe-feu afin de limiter la propagation en cas d'incendie. Nous avons par ailleurs simplifié les interventions éventuelles des pompiers en balisant les chemins à suivre et en leur donnant les informations sur les risques qu'ils peuvent rencontrer. » ■ K. D.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2021

FORMATION, HABILITATION ET TUTORAT

La prévention des risques professionnels passe inévitablement par la formation des salariés. « 50 % de notre budget formation est destiné à des formations relatives à la sécurité », précise Pascale Lyaudet, directrice adjointe d'EDF Hydro Alpes. L'habilitation, délivrée par les managers après formation en interne, est également très développée. Elle concerne l'ensemble des salariés dans une équipe opérationnelle comme celle de La Bâthie. L'habilitation électrique se fait selon le référentiel national ; l'habilitation mécanique suit quant à elle un référentiel propre à EDF. « Nos métiers comme nos risques professionnels sont très spécifiques : nous avons un système de tutorat d'au minimum une année pour accompagner les nouveaux embauchés », indique Andy Lorient, le responsable du site.

À Chagny, en Bourgogne, l'usine de tri-méthanisation-compostage des ordures ménagères Écocea participe à la réduction de la quantité de déchets ultimes, notamment en produisant du biogaz à partir de la matière organique contenue dans nos détritres. Pour protéger ses équipes exposées à une large gamme de risques, l'entreprise favorise le développement d'une culture de prévention tout en cherchant l'amélioration continue des conditions de travail.

Une volonté organique d'agir



© Gael Kerbaol/INRS/2021

lement un procédé pour en faire du combustible solide de récupération, qui pourra par exemple alimenter une chaufferie. » Quant à la matière extraite au terme du procédé, elle sert à l'élaboration de compost pour l'agriculture.

À l'intérieur du bâtiment de réception des déchets, les poubelles s'amoncellent en impressionnantes dunes malodorantes dans lesquelles une pelle de chargement vient piocher pour alimenter alternativement les deux lignes de l'installation. « C'est un engin de location, car le nôtre est en maintenance, précise Charline Miot, la responsable QSE (qualité, sécurité, environnement). Avec notre pelle de chargement électrique, il n'y a pas de gaz d'échappement dans l'entrepôt. Et sa cabine pressurisée à air épurée évite que des poussières, des composés volatiles ou des microorganismes y pénètrent. »

Les déchets sont entraînés jusque dans les préfermenteurs, deux impressionnants tubes horizontaux de 4,5 mètres de diamètre et de 48 mètres de long. Leur lente rotation, de 0,5 à 1 tour/minute, provoque une friction entre les sacs qui se déchirent et libèrent leurs contenus. La matière met trois jours et demi pour parcourir ses tubes

À UNE VINGTAINE de kilomètres de Chalon-sur-Saône, le site de méthanisation Écocea dévore les ordures ménagères résiduelles collectées dans la région. Ce site est capable d'extraire les métaux (aluminium, cuivre, fer, inox...) et les matériaux inertes (pierre, verre...) des détritres pour les envoyer dans des filières de recyclage, mais aussi de produire

du biométhane de la matière organique. « Le plastique est aussi séparé, mais il reste pour le moment un déchet ultime que nous envoyons pour enfouissement à l'installation de stockage de déchets non dangereux qui jouxte notre terrain, explique Philippe Testevuide, directeur de l'usine. Paprec Énergies, notre maison-mère, expérimente actuel-

Afin d'équiper au mieux la nouvelle chargeuse, les équipes ont été consultées sur les options qui leur sont utiles.

CAUSERIES ET EXERCICES

« Nos causeries de sécurité, réunions régulières et informelles, sont animées par les chefs de quart. On y parle de risques, de bonnes pratiques, d'améliorations..., présente Claire Ponnelle, responsable d'exploitation. Aujourd'hui, les collègues n'hésitent pas à s'interpeller si l'un d'entre eux se met en danger ou même à arrêter une ligne en cas de problème. » « D'eux-mêmes, les salariés sont capables de se poser pour réfléchir à la bonne façon d'agir en sécurité. Ce n'est pas un hasard si le site est à 950 jours sans

accident », commente Jean-Louis Grosmann, ingénieur-conseil à la Carsat Bourgogne-Franche-Comté. « Plusieurs fois par an, nous organisons, avec les pompiers, des exercices sur des incidents chimiques, des incendies... on va jusqu'à se faire maquiller et jouer la comédie. Alors que j'étais dans la peau d'une victime de brûlure chimique, une collègue s'est jetée avec moi sous la douche de rinçage en plein mois de mars. Cela montre la motivation et l'investissement des équipes », estime Charline Miot, la responsable QSE.

malaxeurs d'un bout à l'autre, permettant aux éléments organiques de commencer leur dégradation.

Faire sauter les bouchons

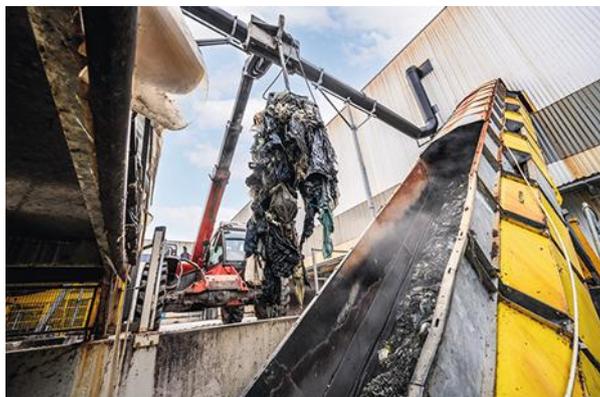
« Certains particuliers ont encore des progrès à faire en matière de tri, déplore Claire Ponnelle, responsable d'exploitation. Plusieurs fois par jour, tissus, câbles et tuyaux s'entremêlent et s'entortillent en emprisonnant d'autres détritiques. Cela donne naissance à des torons qui peuvent boucher les lignes. » Afin d'éviter que ces agglomérats ne deviennent des monstres pesant jusqu'à deux tonnes, un détecteur alerte les équipes lorsque l'un d'eux atteint une taille critique. L'amalgame est alors retiré du circuit avec un engin de levage équipé d'une pince à grumes.

« Avant, il fallait être quatre et accéder au convoyeur pour sangler le toron, se souvient Stéphane Bon, conducteur d'engin et suppléant chef de quart. Maintenant, la situation est réglée en cinq minutes et sans risque de se faire un tour de reins. » « L'entreprise a fait homologuer par Bureau Veritas cette solution élaborée en interne, souligne Jean-Louis Grosman, ingénieur-conseil à la Carsat Bourgogne-Franche-Comté. C'est important, car même si l'engin de levage est vérifié, il est primordial que l'accessoire que constitue la pince, le soit également pour assurer la sécurité de l'opération de levage. »

Les déchets s'engagent ensuite dans une succession de machines de tri. Un trommel élimine les éléments de plus de 5 cm. Les métaux sont prélevés à l'aide d'aimants et de séparateurs à courants de Foucault. Un tamis vibrant écarte les particules de plus d'un centimètre. Enfin, un crible balistique se débarrasse des minéraux et

du verre qui rebondissent sur ses plaques inclinées, tandis que les éléments organiques s'y écrasent. Si tout cela est automatisé, le danger vient des opérations régulières de maintenance.

Il faut notamment nettoyer quotidiennement les trous du trommel dont les trappes d'accès en métal sont attaquées par la corrosion. Des brèches peuvent laisser passer les vapeurs acides et des gonds fragilisés pourraient finir par lâcher,



📷 Un amalgame est retiré à l'aide d'une pince à grumes montée sur un engin de levage. L'entreprise a fait homologuer le dispositif.

au risque de voir les portes se détacher et blesser les opérateurs. Pour remédier à ce problème, des plaques en plastique sans charnières, et qui s'enclenchent dans les cadres, remplacent progressivement les battants.

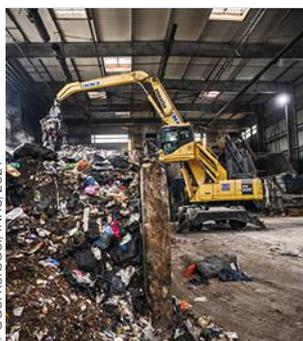
Des joysticks contre le mal de dos

Après la phase de tri, la matière organique passe 21 jours dans les deux digesteurs de 1500 m³ chacun où des bactéries anaérobies produisent du biogaz. Celui-ci est épuré pour obtenir biométhane, équivalant au gaz de ville, pour alimenter les fours d'une tuilerie voisine. Toute cette partie de l'ins-

tallation respecte la réglementation Atex pour prévenir les risques d'explosion. La matière, qui ressort des digesteurs, le digestat, ou « bouse de mammoth » comme elle est surnommée ironiquement en interne, est conduite jusqu'à un bâtiment où elle est transformée en compost par adjonction de déchets végétaux (feuilles, fleurs, bois et paille). Une nouvelle chargeuse apporte un confort certain aux salariés.

« Nous sommes passés d'une Dacia à une Mercedes, plaisante Jérôme Bouilloux, conducteur d'engin. Grâce aux joysticks qui remplacent le volant, fini les épaules contractées en fin de journée. D'autant que le siège est confortable avec son assise chauffante ainsi que ses accoudoirs et son dossier réglables. Pour limiter les risques de chute, l'ouverture automatique de la porte et du capot se fait depuis le sol. » « Il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'aller voir dans le moteur pour vérifier les niveaux puisque des jauges externes sont accessibles directement, complète Charline Miot. Si ce nouvel engin est si bien adapté au terrain, c'est que les équipes ont été consultées sur les options qui leur sont utiles. »

Ainsi, la culture de prévention à l'œuvre dans l'usine entraîne l'évolution continue des outils de travail. « Nous étudions la possibilité de remplacer la pelle de chargement par un bras guidé depuis la salle de pilotage des lignes, indique Philippe Testevuide. L'opérateur travaillerait ainsi dans une atmosphère plus saine et ne serait pas soumis aux vibrations comme sur un engin. Et en déportant les systèmes hydrauliques dans un local séparé, les opérations de maintenance se feraient elles aussi à l'abri des polluants. » ■ D. L.



LE MÉTHANISEUR ÉCOCEA EN CHIFFRES

- Récupérées auprès de plus de 350 000 habitants de la région, 70 000 tonnes d'ordures ménagères sont traitées annuellement dans l'usine de Chagny.
- Les 300 à 400 m³ de gaz produits par heure sont injectés dans le réseau de transport de gaz de ville.
- Le rendement énergétique du site est très positif puisqu'il produit entre 20 et 22 GWh/an et en consomme 6,5.
- Pour produire ses 17 000 tonnes annuelles de compost, intégralement revendues à la coopérative du Sud-Bourgogne, Écocea utilise 9 500 tonnes de déchets verts par an.
- Les 23 salariés de l'usine travaillent en 2x7, de 5h à 12h et de 12h à 19h, du lundi au samedi matin.

Solewa est l'une des premières entreprises françaises spécialisées dans l'installation de panneaux solaires. Confrontée à une demande toujours plus importante dans un marché en plein essor, la société doit conjuguer efficacité et sécurité, pour ses salariés comme pour ses clients. Une équation bien intégrée au sol, comme sur les toits.

Beau temps pour l'énergie solaire

UN OBJECTIF de 20 hectares de panneaux installés en 2022 – soit une puissance de 40 mégawatts – près de 350 clients pour un chiffre d'affaires de 33 millions d'euros... Assurément, le soleil brille pour l'entreprise Solewa, spécialisée dans l'installation et la maintenance de panneaux solaires. Avec trois sites en Nord-Ouest – Le Mans, Dol-de-Bretagne et Montaigu –, celle-ci emploie près de quatre-vingt-dix salariés. En activité depuis 2006, elle a choisi en 2013 de cibler uniquement des clients professionnels: « Plus de 20 % de nos clients sont des agriculteurs, explique Quentin Pourreau, responsable ressources humaines et santé sécurité au travail (SST). Notre entreprise n'est plus dimensionnée pour répondre aux besoins des particuliers. »

« Notre cœur de métier se situe désormais sur des bâtiments agricoles ou industriels de 500 à 5000 m² répondant à d'autres contraintes techniques, réglementaires et de mise en sécurité », poursuit-il. Aujourd'hui, c'est sur le toit d'une des impressionnantes stabulations de l'exploitation bovine de M. Alusse, à Bazouges-sur-le-Loir, dans la Sarthe, qu'une équipe de Solewa, composée de

deux techniciens solaires, vient poser une extension de panneaux. « Le bâtiment était déjà équipé de 500 m² de panneaux, nous venons ici effectuer un complément », détaille Quentin Pourreau.

Sécuriser l'espace de travail, du sol au toit

La première étape lors de l'arrivée des techniciens sur le site consiste à baliser la zone de travaux avec l'affichage réglementaire – durée et nature des travaux – et de sécuriser les installations nécessaires à

l'accès à la toiture: « Nous montons systématiquement un échafaudage, indique Quentin Pourreau. Le chef d'équipe vérifie également la conformité du plan de prévention réalisé par le conducteur de travaux avec le client. » Une fois l'accès au toit réalisé, des garde-corps avec filets de sécurité sont installés en bas de pente de la toiture ainsi que sur les pignons avec, parfois, un filet de sous-face lorsque le matériau de toiture apparaît fragile. En fonction de la



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2021

☑ Chaque panneau pèse entre 20 et 25 kg. Une réflexion est en cours sur le port à deux personnes de ces éléments.

TECHNICIEN SOLAIRE, UN EMPLOI DE HAUTE VOLÉE

Le métier de technicien solaire est en plein développement avec l'essor du photovoltaïque en France. Les techniciens solaires ont, pour la plupart, une formation de couvreur, de bardeur ou de charpentier. « Nous leur faisons passer pas moins de sept autres formations, obligatoires ou complémentaires, précise Quentin Pourreau. Tout nouvel embauché chez Solewa, notamment en intérim, est amené à suivre 15 jours de formation quel que soit son niveau d'entrée. Cela permet à chacun d'atteindre un niveau minimum dans le domaine de la sécurité et la prévention,

obligatoire pour exercer cette activité. La progression de chaque technicien est ensuite suivie grâce à des bilans de fin de chantier qui nous permettent de l'accompagner au mieux en cas de difficultés sur certains aspects du métier. Pour nous, l'enjeu principal est de recruter, former et garder des salariés sensibles aux questions de prévention. Il faut également faire converger les exigences réglementaires en matière de sécurité sur les chantiers et les impératifs techniques et certifications produits qui sont parfois contradictoires. »



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2021

chimiques... mais cela reste rare et c'est toujours identifié en amont grâce au plan de prévention systématiquement réalisé avant chaque début de chantier. »

Ici, les techniciens profitent d'un revêtement de toiture antidérapant, un élément de sécurité important qui n'est malheureusement pas systématique : « Cela représente un petit surcoût pour le client et l'on ne peut pas contraindre le maître d'œuvre qui réalise la toiture – souvent refaite pour accueillir des panneaux – à privilégier cette solution, alors que c'est un point important pour nos salariés », déplore Quentin Pourreau.

Un QHSE qui veille au grain

Une fois les rails de support posés sur la toiture, les techniciens doivent fixer chacun des panneaux solaires : « Ici, cela nous fait 60 panneaux de 330 watts à poser. À deux, c'est assez facile, explique Christophe Rousier, chef d'équipe et technicien solaire. Il n'en demeure pas moins que notre métier est assez dur, en raison des risques induits par la hauteur mais aussi parce que nous sommes soumis aux aléas climatiques, avec le froid l'hiver et la chaleur l'été... » Pour améliorer les conditions de travail de ses salariés, l'entreprise, par le biais du service QHSE, mène un véritable travail de fond qui l'amène à s'intéresser à chacune des tâches réalisées lors de la pose des panneaux solaires.

« Nous menons une politique d'amélioration continue sur l'outillage afin que celui-ci soit le plus léger possible, indique Arnaud Denis. De même, concernant les risques de troubles musculo-squelettiques (TMS), nous avons réuni les

chefs d'équipe afin de leur rappeler l'importance de varier les tâches de leurs techniciens sur un chantier, et d'éviter les gestes et postures répétitifs. Une réflexion est en cours sur le port à deux personnes des panneaux – qui pèsent entre 20 et 25 kg. Avec l'augmentation de la taille des chantiers, c'est un point sur lequel nous devons être proactifs. Cet engagement de fond explique notre triple certification : ISO 9001, ISO 14001 et récemment ISO 45001. »

Afin de vérifier le respect des règles de sécurité et d'évaluer la bonne tenue des chantiers, le service QHSE mène également 110 audits par an auprès des différentes équipes d'installateurs. Ces visites ont notamment permis de constater que l'électricien en charge du raccordement des panneaux solaires à l'onduleur¹ n'avait pas besoin de monter sur le toit pour réaliser ces opérations. « Nous avons supprimé ce risque à la source, explique avec satisfaction Quentin Pourreau. La plus-value de l'électricien sur les opérations en hauteur n'est pas réelle, il peut parfaitement travailler au sol en sécurité. »

En suivant cette réflexion, l'entreprise a récemment acquis un robot pour les opérations de nettoyage des panneaux solaires, une intervention qui a lieu régulièrement. Grâce à cette machine manœuvrable par télécommande depuis une nacelle, les opérateurs n'ont plus à monter sur le toit pour ce travail fastidieux qui pouvait prendre jusqu'à quatre jours contre une demi-journée à l'aide du robot. L'alliance parfaite entre productivité et... sécurité. ■ L. F.

1. Dispositif qui permet de convertir le courant continu des panneaux solaires en courant alternatif utilisé sur le réseau d'électricité.

configuration du chantier, l'entreprise a parfois recours également à des lignes de vie temporaires et des harnais.

Une fois ces différentes précautions adoptées, un chariot télescopique vient monter les panneaux emballés, à six mètres de haut, afin que les techniciens puissent y accéder facilement lors de la pose. L'entreprise, qui ne fait pas d'installations au sol, a développé une réelle expertise sur la pose de panneaux sur toit en bac acier, typique des bâtiments agricoles : « C'est environ 90% de nos chantiers, indique Arnaud Denis, technicien qualité, hygiène, sécurité, environnement (QHSE). Cela nous permet de savoir où nous mettons les pieds, même si nous pouvons avoir des surprises. Récemment, au sein d'un chantier dans une exploitation agricole, nous avons été confrontés au risque chimique : le local où devait avoir lieu le raccordement servait de stockage de produits

Sur tous les chantiers, les ouvriers disposent d'un échafaudage et d'un chariot télescopique pour mettre les panneaux à leur disposition sur le toit.

DES VÉHICULES TOUT ÉQUIPÉS POUR PLUS DE SÉCURITÉ

Les équipes de Solewa sont amenées à se déplacer régulièrement sur des chantiers parfois très éloignés des sites de l'entreprise. Pour ne rien oublier, chaque équipe dispose d'une camionnette tout équipée en éléments de sécurité : cordes, baudriers, petit outillage... Des rappels de sécurité et les différents protocoles d'usage du matériel sont affichés à l'intérieur afin que le chef d'équipe puisse faire un point sécurité avant chaque début de chantier. « En cas de doute sur n'importe quel

aspect technique ou de sécurité, le chef d'équipe est invité à s'appeler ou à contacter le conducteur de travaux qui se trouve dans nos locaux, précise Arnaud Denis, technicien QHSE. Côté matériel, nous procédons à des vérifications très régulières de l'ensemble des équipements et nous nous assurons de les remplacer autant que nécessaire, comme en témoigne l'achat de nouveaux assureurs-descendeurs de grande qualité pour chacun de nos techniciens. »

Optimiser sa production sans nager entre deux eaux

Pour répondre aux enjeux de la transition énergétique, créer de nouvelles unités de production n'est pas la seule solution. Il est en effet possible d'augmenter les capacités de certaines installations. La preuve avec le barrage de la Broquerie, à Hauteffage, en Corrèze, où EDF Hydro mène de grands travaux afin d'optimiser l'aménagement existant. Un chantier technique qui exige savoir-faire et rigueur à chaque étape de construction.

« **60 MÈTRES DE HAUT** pour 253 mètres, un réservoir de 27 millions de mètres cubes d'eau... Ces chiffres peuvent sembler impressionnants, mais pour nous c'est un barrage de taille moyenne. » Sébastien Farge, responsable du groupement d'usines hydroélectriques du Chastang, fier de presque 30 ans d'expérience dans le domaine chez EDF, connaît le barrage hydroélectrique de la Broquerie dans ses moindres recoins. Posé en Corrèze, sur la Maronne, un affluent de la Dordogne, ce dernier alimente la centrale de Hauteffage, située à 3 km en aval, et assure une production annuelle moyenne de 55,7 GWh, l'équivalent de la consommation en électricité d'environ 21000 habitants.

« Le barrage est à voûte inclinée, en béton à crête déversante. En cas de crue, l'eau tombe en cascade depuis le haut dans la rivière en contrebas. C'est assez rare mais très impressionnant. » Si ce spectacle n'est pas au programme aujourd'hui, Sébastien Farge est accompagné de son collègue Yann Fage du Centre d'ingénierie hydraulique d'EDF,

pour une visite du chantier sur l'édifice. « Aujourd'hui, la production d'électricité est réalisée grâce à une conduite d'amenée à la centrale d'Hauteffage, explique Sébastien Farge. Pour augmenter la capacité, nous réalisons des travaux afin d'installer une nouvelle turbine directement au niveau du barrage. »

Toute l'année, le barrage reverse 2 m³/s d'eau, avec un pic de 4 m³/s du 15 novembre au 15 juin, en continu dans la Maronne afin de garantir le bon développement de l'écosystème de la rivière. Un flux d'eau qui, une fois passé dans une turbine, permettra à la fin des travaux, en mai 2022, de produire un surplus de 7,28 GWh soit la consommation annuelle de 3000 habitants.

Travailler sans prendre l'eau

En théorie, installer une turbine nécessite « simplement » de percer le barrage afin d'ajouter une conduite en son sein. La « petite » difficulté vient ici du fait que les travaux se réalisent avec le barrage

en eau. « Un impératif pour ne pas stopper la production actuelle et ne pas assécher le barrage, ce qui serait difficilement envisageable même avec les deux autres barrages situés en amont », précise Sébastien Farge. Une particularité qui explique que le chantier soit placé sous surveillance hydrométéorologique constante. « Le barrage ne dispose pas de vanne de régulation, pointe Pierre Fel, ingénieur-conseil à la Carsat Centre-Ouest. C'est quelque chose d'assez particulier en termes de gestion des risques de déversement. » Ainsi, à la moindre prévision de crue, le chantier est immédiatement arrêté et le personnel évacué du site: « Nous avons eu deux alertes depuis le début des travaux », indique Sébastien Farge. La première étape du chantier, afin de pouvoir procéder au percement du barrage, a été d'installer une cloche de batardage en métal, de 4 mètres de diamètre. « L'opération a été réalisée par trois plongeurs spécialisés qui ont fixé la cloche directement sur la structure du barrage, à une profondeur de



© Patrick Delapierre pour l'INRS/2021

UNE USINE CONÇUE À L'AIDE DE LA 3D

Durant les études de faisabilité technique, une modélisation 3D du groupe de production en pied de barrage a été mise à disposition des exploitants d'EDF Hydro. Grâce à cette modélisation et un casque de réalité virtuelle, les agents EDF qui assureront le fonctionnement et la maintenance de la nouvelle usine ont pu la visiter à l'échelle 1. Ils ont ainsi pu identifier plusieurs améliorations à apporter à la configuration du bâtiment et au positionnement des différents organes de production: des remarques prises en compte avant la validation finale des plans.



© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2021

20 mètres sous le niveau d'eau », indique Yann Fage. Une fois cette action délicate réalisée, le percement du barrage s'est effectué étape par étape : « Nous avons commencé par un trou pilote d'environ 76 mm de diamètre pour valider l'orientation du percement et écarter la présence d'eau dans la cloche. Puis nous avons réalisé des trous sécants de 116 mm de diamètre, pour arriver au final à un tunnel d'1,60 mètre de diamètre pour 7,70 mètres de longueur soit l'épaisseur du barrage. Ces précautions étaient essentielles pour surveiller et préserver l'intégrité de la structure du barrage. »

Une fois le tunnel creusé au sein du barrage, les opérations d'étanchéité de la conduite ont pu être menées par l'entreprise GTM qui réalise les travaux pour EDF. « Un échafaudage installé dans la cloche permet de travailler à niveau et de préparer la structure en béton à recevoir la conduite forcée. C'est un travail d'étanchéité très important, indique Pierre Séguy, conducteur de travaux pour GTM. Nous injectons de la résine dans le vide annulaire, sur un mètre autour de l'ouverture, et appliquons un revêtement spécifique sur le pourtour

Le creusement de la conduite de la nouvelle turbine a concentré toute l'attention au début du chantier. Désormais, tout le travail consiste à construire au pied du barrage le groupe de production.

de la conduite afin d'assurer une étanchéité maximale. Les travaux à l'intérieur de la cloche ne présentent pas de risques particuliers en dehors de celui d'anoxie. Pour le limiter, nos opérateurs sont tous équipés d'un détecteur gaz et nous veillons à une bonne aération de cette zone. »

Diviser pour mieux organiser

Si les travaux au niveau de la conduite de la future turbine ont concentré toute l'attention en début de chantier, c'est désormais au pied du barrage que tout s'active. En effet, tous les éléments du groupe de production doivent être construits. « C'est une vraie petite usine qui va être installée sur quatre étages : en haut, l'arrivée d'eau par la conduite, ensuite, l'étage électrique, puis la turbine, et, enfin, l'évacuation, au niveau de la rivière, détaille Sébastien Farge. Tout cela implique une dizaine d'ouvriers en permanence sur le site. » Le chantier est organisé en conséquence, avec notamment un escalier en pied de barrage – « installé dès le début des travaux et permettant d'accéder en sécurité aux différents étages », relève

Pierre Fel avec satisfaction –, mais il n'en demeure pas moins que l'espace est assez restreint, l'usine ayant une emprise volontairement limitée au pied du barrage.

« Plus nous avançons dans les travaux, plus le risque de coactivité entre les électriciens, les électromécaniciens et autres corps de métiers nous a semblé important, souligne Yann Fage. C'est pourquoi nous avons choisi, bien avant le début du chantier, de décomposer et de séparer les travaux par lots, pour limiter la coactivité sur site et éviter toute superposition de tâches. » Une bonne préparation en amont qui, selon Pierre Fel, se perçoit au premier coup d'œil dans le déroulé des opérations : « Si l'on prend du recul et que l'on observe l'organisation du chantier, c'est assez exemplaire : une base-vie importante déportée de la zone du chantier, un aménagement de voies de circulation pour les différents engins, une grue présente en permanence pour faciliter les différentes manutentions... Tout est réfléchi et bien orchestré. »

Une façon de procéder assez évidente pour Sébastien Farge : « Notre cahier des charges est très exigeant, que ce soit sur les questions de sécurité : visites de chantier quotidiennes, obligation de port du casque avec jugulaire pour tous, registre journal numérique, mise en œuvre de pratiques visant à fiabiliser nos interventions – minutes d'arrêt, pré-job briefing et débriefing –, ou sur les questions de protection de l'environnement : étude de la qualité de l'eau rejetée, barrage antipollution durant les travaux au pied du barrage, installation d'un dispositif d'oxygénation de l'eau rejetée en sortie de turbine. Pour nous, tout cela coule de source. » ■ L. F.



© Patrick Delapierre pour l'INRS / 2021

EDF DANS LA VALLÉE DE LA DORDOGNE

- 29 barrages et 28 centrales hydroélectriques
- 1 530 MW de puissance installée
- L'équivalent de la consommation de 973 000 habitants en 2020, soit environ la population de Toulouse
- Plus de 200 salariés assurant l'exploitation, la maintenance, la maîtrise des risques et la surveillance des ouvrages hydroélectriques