


Les espaces confinés et assimilés

- 
- 13.** Les idées reçues freinent l'analyse des risques
 - 16.** Souterrains, confinés, mêmes combats
 - 18.** Dans les égouts, des interventions millimétrées
 - 20.** Les techniciens de maintenance sont comblés
 - 22.** Vinifications : agir contre un danger invisible
 - 24.** Un drone au service de l'inspection

Réseaux d'eau et d'assainissement, mais aussi silos, cuves, tranchées, combles techniques... Les lieux de travail où l'atmosphère peut devenir délétère et présenter un risque pour la santé et la sécurité présentent de multiples configurations. Ces environnements exposent à des risques professionnels variés et parfois mal appréhendés. Pour garantir la santé et la sécurité des travailleurs qui opèrent dans ces lieux, il est essentiel de dépasser les idées reçues et de faire réaliser par des personnes compétentes une analyse des risques rigoureuse et adaptée avant toute intervention.

Les idées reçues freinent l'analyse des risques

CES QUELQUES récits d'accidents sont éloquentes. Dans le secteur de la réparation navale, un technicien qui intervenait dans les toilettes d'un bateau pour remplacer un joint a été victime d'une explosion après avoir nettoyé une installation avec de l'acétone, puis utilisé un sèche-cheveux pour accélérer le séchage de la zone humide. Dans une entreprise d'agroalimentaire, en désinfectant l'intérieur d'un silo par pulvérisation d'un produit biocide, deux salariés ont été intoxiqués. L'un d'eux est décédé du fait d'une chute mortelle consécutive à un malaise. À Paris, un peintre en bâtiment qui intervenait dans une courette d'immeuble est décédé après avoir décapé avec des hydrocarbures les murs extérieurs par forte chaleur. Malgré la diversité des contextes, la survenue de ces accidents présente un point commun: une atmosphère de travail devenue délétère au cours des interventions.

Ces événements, survenus dans des lieux exigus ou mal ventilés, présentent les caractéristiques des accidents rencontrés dans des espaces confinés, sans pour autant correspondre à la représentation communément admise de ces lieux. Dans le Code du travail, la notion d'espace confiné est défini de façon très générale concerne les espaces de travail où les dispositions relatives à la ventilation et à l'aération ne peuvent pas être assurées de façon permanente. Dans les faits, les représentations de cette notion d'espace confiné s'avèrent multiples.



© Claude Almodovar pour l'INRS / 2022

Avant toute intervention sur un équipement, il est important de raisonner non pas en tant qu'espaces confinés mais en tant que situations de travail.



Retrouvez tous nos dossiers

« On ne peut pas caractériser un espace confiné uniquement par des éléments géométriques, remarque Diane Magot, chargée de projet formation à l'INRS. On entend toute sorte de vocabulaire en entreprise: espace semi-clos, clos, partiellement ouvert... D'autant que la notion d'espace confiné est une notion qui peut évoluer dans le temps, car un environnement peut changer entre le matin et l'après-midi: c'est un lieu qui était, est ou va devenir confiné selon la nature et le moment de l'intervention. » De multiples lieux ou équipements peuvent ainsi exposer à des atmosphères délétères: réseaux d'assainissement, wagons citernes, cuves de

stations-service, vides sanitaires, caves, châteaux d'eau pour n'en citer que quelques-uns... Et contrairement aux idées reçues, une face ouverte d'un volume ne garantit pas le renouvellement d'air au sein de ce volume. L'atmosphère délétère peut même se rencontrer dans des espaces non clos, tels que des fosses de visites, des piscines ou des tranchées creusées à ciel ouvert, ou des cours d'immeuble à l'image du récit d'accident relaté précédemment. « Il est important de casser les préjugés sur la notion d'espace confiné, insiste Benoît Sallé, expert d'assistance-conseil à l'INRS, car les risques sont indépendants de cette notion. Par

>>>

exemple, une idée reçue est qu'en dessous de 1 m 20 de profondeur, on n'est pas en présence d'un espace confiné. Or un accident peut survenir à 80 cm de profondeur, voire moins. Ce n'est pas une question de profondeur: il suffit que la présence de gaz toxique se situe au niveau des voies respiratoires pour que l'accident survienne. »

Toute zone dont la configuration fait obstacle à l'entrée d'air neuf, ou si le renouvellement d'air se fait difficilement, peut devenir dange-

reuse. Une atmosphère appauvrie en oxygène ou polluée par la présence de gaz asphixiants (azote, argon), toxiques (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, ammoniac, chlore) ou inflammables (méthane, hydrogène, vapeurs d'hydrocarbures) peut s'avérer mortelle. Un défaut de circulation d'air accroît donc les risques d'intoxication ou d'asphyxie. De même, dans le cas d'un procédé qui consomme de l'oxygène au sein d'un espace (fermentation, combustion...), l'air

va s'appauvrir en oxygène et exposer le ou les intervenants à un risque d'asphyxie. La nature des travaux qui sont réalisés, par exemple du soudage, peut aussi augmenter les risques de rendre l'atmosphère toxique ou appauvrie en oxygène.

Pour prévenir ces risques, « la ventilation est une grande partie de la solution, mais pas la seule, souligne Benoît Sallé. Dans de tels cas, il est important de raisonner non pas en termes d'espaces confinés mais de situations de travail, avec deux composantes à prendre en compte: l'environnement de travail et la nature précise de l'intervention. » Tous les secteurs d'activité peuvent donc être concernés: agroalimentaire, automobile, nettoyage, BTP, agriculture, maintenance, transports, métallurgie, etc. Et cela peut concerner des interventions sur tous types d'équipements: fosses de réparation de véhicules dans les garages, conteneurs maritimes, fours industriels, chambres de télécommunications, cages



☑ **Toute intervention doit faire l'objet d'une analyse préalable des risques portant sur la nature de l'opération à réaliser et sur l'environnement de travail.**

© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2025

« On ne savait pas » est une phrase qui revient souvent après la survenue d'un accident dû à une intoxication ou une asphyxie. »

PAROLE D'EXPERT

DIANE MAGOT, chargée de projet formation à l'INRS

« Le dispositif Catec (certificat d'aptitude à travailler en espaces confinés) a été construit par les partenaires sociaux pour les opérateurs intervenant dans le domaine de l'eau potable et de l'assainissement. C'est un outil qui permet former ces derniers aux bonnes pratiques et détaille les moyens de prévention à mettre en œuvre. D'autres secteurs d'activité s'en inspirent. En parallèle, l'INRS déploie depuis 2021, une formation destinée plus spécifiquement aux préventeurs d'entreprises et aux intervenants en prévention des risques professionnels: "Prévenir les risques lors des interventions en espaces clos ou confinés" (NDLR: lire l'encadré "En savoir plus"). Il est important pour tout le monde d'élargir la façon dont le sujet est abordé et de sortir des idées reçues. D'où l'intérêt de s'extraire de la dénomination "espaces confinés" pour développer une réflexion sur les représentations communément admises, les risques en présence ou ceux qui peuvent apparaître. Ceci afin de modifier l'approche et de ne plus penser "j'interviens dans un espace confiné" mais "j'interviens sur tel équipement, dans telle configuration, à tel moment", etc. »

d'ascenseurs, vides sanitaires, chais vinicoles, caves, galeries souterraines, chaufferies...

Analyser l'environnement de travail et la nature de l'intervention

Les accidents survenant dans des lieux exigus ou mal ventilés résultent la plupart du temps d'une préparation insuffisante ou inappropriée de l'intervention. C'est pourquoi il est primordial que toute intervention – même, et surtout, lorsqu'elle n'était pas programmée et est réalisée à la suite d'un événement imprévu – fasse l'objet d'une analyse préalable des risques, rigoureuse et structurée,



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS, 2025

menée par des personnes compétentes. Cette analyse doit porter à la fois sur la nature de l'opération à réaliser, ses différentes étapes, les substances éventuellement employées ou procédés mis en œuvre, ainsi que sur l'environnement de travail, nature de l'ouvrage ou de l'équipement, moment de la journée...

Ceci définira les mesures adaptées à mettre en œuvre pour prévenir la survenue d'un accident ou, à défaut, en limiter les conséquences. Quelle que soit la nature de l'intervention, des mesures préventives reviennent toujours : réalisation d'un permis de pénétrer, mise à disposition de matériels et d'équipements de protection en bon état, signalisation et sécurisation de l'extérieur du périmètre d'intervention, présence d'un surveillant qui reste constamment à l'extérieur de l'espace confiné et en contact avec les intervenants...

« Il est important de distinguer les entreprises dont l'activité en espaces confinés est le cœur de métier, comme le secteur de l'eau potable et de l'assainissement, et qui sont informées des risques et

Les accidents survenant dans des lieux exigus ou mal ventilés résultent la plupart du temps d'une préparation insuffisante ou inappropriée de l'opération.

formées aux bonnes pratiques à travers le Catec (NDLR: lire l'encadré page précédente), de celles dont ce n'est pas le cœur de métier, qui ne connaissent même pas toujours ce risque, complète Clément Corbier, contrôleur de sécurité à la Carsat Hauts-de-France. "On ne savait pas", est une phrase qui revient souvent après la survenue d'un accident dû à une intoxication ou une asphyxie. »

En cas d'opération sous-traitée, un plan de prévention devra impérativement être établi et consigner les risques identifiés lors de l'évaluation en amont. « Le donneur d'ordres s'avère un acteur essentiel pour coordonner et organiser la prévention des risques, car les intervenants ne connaissent pas toujours les dangers auxquels ils pourront être exposés, appuie Annabelle Guilleux, experte d'assistance-conseil à l'INRS. Par exemple, des artisans ou très petites entreprises qui font du câblage pour des opérateurs de télécom et vont être amenés à intervenir dans un vide sanitaire ne sont pas toujours sensibilisés aux risques, ils n'en ont même pas toujours connaissance. »

Rôle essentiel du donneur d'ordres

Au-delà des risques chimiques, doivent également être pris en compte tous les autres risques

présents : physiques (chutes de hauteur, glissade, noyade...), électriques, biologiques... Tous peuvent provoquer un accident ou aggraver une situation. Par ailleurs, des postures contraignantes du fait de l'exiguïté des lieux, des manutentions sollicitantes (flexibles encombrants, matériel à transporter) peuvent générer sur le long terme des troubles musculo-squelettiques. Un éclairage insuffisant, des lieux encombrés, un sol glissant, sont également des critères à prendre en compte dans l'organisation de l'intervention. Et une ambiance thermique chaude et humide accentuera souvent la pénibilité des tâches à réaliser. Enfin, il est indispensable de définir un plan d'intervention des secours en cas d'urgence, pour évacuer une victime dans les meilleures conditions possibles, notamment si l'accès est contraint.

« La conception des équipements progresse, par rapport à il y a une cinquantaine d'années, constate Benoît Sallé. Les équipements sont mieux conçus pour accueillir les interventions de maintenance. Ils comportent désormais souvent des accès avec des passerelles afin d'avoir au moins des accès en sécurité. » Certaines machines pouvant constituer des espaces confinés quand il s'agit de pénétrer en leur cœur pour des opérations de maintenance ou de réparation, notamment, il est prévu que le nouveau règlement machines intègre la notion d'accès suffisamment larges pour faciliter les interventions des techniciens et simplifier les procédures en cas de sauvetage d'urgence d'une personne.

Les nouvelles technologies, comme les drones, permettent de réaliser certaines vérifications sans solliciter dorénavant de présence humaine exposant à des risques. Mais les anciens ouvrages toujours fonctionnels resteront encore longtemps problématiques. C'est pourquoi les intervenants ne peuvent s'exonérer d'une démarche de prévention précise et rigoureuse, partagée et déployée par tous les acteurs impliqués dans l'intervention. ■ C. R.

1. Publiée par l'Assurance maladie-risques professionnels. À retrouver sur www.ameli.fr

En savoir plus

- LES ESPACES confinés, brochure INRS, ED 6184
 - « ESPACES confinés », dossier web INRS
 - DÉFAUT d'oxygène, mesures de prévention, fiche pratique de sécurité INRS, ED 155
 - « OUVRAGES de l'eau potable et de l'assainissement : prévention du risque chimique dans les espaces confinés », note technique parue dans la revue *Hygiène & Sécurité du Travail* n° 268, octobre 2022
 - « ÉVALUER ET PRÉVENIR Les risques lors d'une intervention en espace confiné ou clos », formation INRS, JA 2032
- À retrouver sur www.inrs.fr
- PRÉVENTION des accidents lors des travaux en espaces confinés, recommandation R447 qui s'applique à toutes les activités menées dans des ouvrages relevant du CTN C
 - MISE EN ŒUVRE du dispositif Catec (certification d'aptitude à travailler en espaces confinés dans le domaine de l'eau potable et de l'assainissement, recommandation R472

À retrouver sur www.ameli.fr

Souterrains, confinés, mêmes combats

Les travaux souterrains sont à distinguer des espaces confinés. Pour autant, certaines spécificités comme l'exiguïté, la ventilation, les risques chimiques, l'éclairage artificiel, l'hygrométrie, les engins et outils présents, peuvent nécessiter des mesures de prévention similaires. C'est le cas sur un des chantiers en cours de creusement du tunnel ferroviaire Lyon-Turin.

AU SEIN du projet pharaonique de creusement du tunnel euralpin Lyon-Turin (Telt), un seul chantier fait l'objet d'une excavation réalisée entièrement en méthode traditionnelle, c'est-à-dire avec creusement à l'explosif. Situé entre Saint-Julien-Montdenis et Saint-Martin-la-Porte, en Savoie, il s'agit d'un tronçon de 2,8 km qui assurera la jonction entre le réseau ferré existant côté français et le futur réseau transfrontalier. Malgré deux galeries à creuser en parallèle, du fait de leur longueur et de la géologie rencontrée, le groupement d'entreprises a choisi de ne pas recourir à un tunnelier.

C'est pourquoi, depuis l'entrée du tronçon, et sur toute la longueur des deux tubes en cours de creusement, soit 1921 mètres le jour de notre venue, deux gaines, une bleue et une jaune, courent au plafond des deux galeries. « Le creusement à l'explosif est un procédé très émissif en poussières, qui nécessite une ventilation dédiée et des moyens annexes tels que de la brumisation, explique Pascal

Sergi, ingénieur-conseil BTP à la Carsat Rhône-Alpes. On peut y rencontrer divers autres polluants : les gaz issus des moteurs diesel des engins, ceux issus des terrains comme du méthane et du sulfure d'hydrogène, des fragments de clivage issus du broyage de roches, etc. Même s'il peut y avoir des débats sur les limites entre travaux souterrains et espaces confinés, le fait de travailler à de telles profondeurs et dans de telles conditions est assimilable à un milieu confiné. »

Ventilation soufflante et ventilation aspirante

En effet, l'excavation sur ce chantier utilise des explosifs dits liquides (ou émulsion pompée) consistant à employer deux substances qui, une fois mélangées dans les trous de forage du front de taille, créent une réaction chimique et font exploser la roche. Cette opération nécessite une interruption totale de l'activité et l'évacuation de toutes les personnes présentes. L'émulsion obtenue génère de



l'oxygène et des quantités importantes d'ammoniac (NH_3). La fracturation de la roche met ensuite en suspension dans le tunnel d'importantes quantités de poussières non alvéolaires, de la silice, et des gaz, ce que l'on appelle dans le jargon le bouchon de tir. L'essentiel de ce bouchon de tir s'évacue naturellement en 30 à 40 minutes.

La présence d'une ventilation adaptée permet d'en optimiser l'évacuation depuis le front de taille vers l'extérieur de la galerie dans les gaines destinées à cet effet. La recommandation R494 de la Cnam *Mise en œuvre de dispositifs de ventilation en travaux souterrains linéaires*¹ définit notamment comme principe



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2025

UNE PARTIE DE CHANTIER UNIQUE

Le tronçon CO 8 (chantier opérationnel 8) représente un creusement entre Saint-Julien-Montdenis et Saint-Martin-la-Porte, sur une distance de 2,8 km, avec option pour 1 km de plus. Ce chantier consiste en des travaux spéciaux de génie civil et de terrassement, après l'excavation réalisée à l'explosif. Il doit durer 70 mois. Le projet mobilise environ 300 personnes sur site, tourne 7 jours/7 et 24h/24, et représente un budget de 230 millions d'euros de commande. La réalisation des travaux est assurée par la société Telt, qui en est le maître d'ouvrage, détenue à 50 % par l'État français et à 50 % par l'État italien. Le maître d'œuvre est le Groupement Inalpage, réunissant les entreprises Implenia (mandataire suisse), NGE, Itinera et Rizzani de Eccher.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2025

d'installer une ventilation mécanique en privilégiant conjointement une ventilation soufflante et une ventilation aspirante. Combiner les deux ventilations guide les mouvements du bouchon de tir vers le réseau aspirant et évite la dispersion des polluants dans les galeries. « Sur le terrain, on constate souvent que les grands principes de ventilation de la R494 ne sont pas toujours bien compris ou pas bien appliqués par les entreprises, constate encore Pascal Sergi. L'apport d'air neuf soufflé n'est souvent pas une priorité. Pourtant, l'installation d'air soufflant procure un gain en matière de santé au travail et de confort de travail. »

Conformément à la recommandation R494, c'est un dispositif soufflant-aspirant qui a été adopté pour l'évacuation des poussières et gaz résultant des opérations d'explosion de la roche. Cette combinaison permet de guider les polluants vers la sortie et d'éviter leur dispersion dans l'environnement de travail.

La bonne règle est que le conduit d'air aspirant soit au plus près de la source d'émission des polluants, soit une distance d'environ 10 mètres du front de taille, pour un diamètre d'excavation de 8 à 10 mètres, et l'arrivée de l'air soufflant positionnée plus en arrière de l'orifice d'aspiration. « Ce dispositif soufflant-aspirant n'est pas standard en Europe, observe Alexander Heim, directeur de projet chez Implenia Suisse, entreprise mandataire du groupement. Néanmoins, nous l'avons adopté car la prévention fait partie intégrante de notre métier et de nos missions. »

Concilier production et sécurité

« Dès que le tir a lieu, on enclenche l'aspirant puis le soufflant, précise Pierre-Jean Alquier, directeur QPE (qualité, prévention, environnement) chez NGE génie civil. Il y a toujours une inquiétude vis-à-vis de la possible dégradation des gaines lors des tirs, par des projections de fragments de roches. » Les gaines étant installées sur des rails au plafond du tunnel, elles sont reculées le temps du tir et un écran métallique de protection est positionné devant pour empêcher des impacts sur la bouche d'aération. Une manœuvre réalisée à la télécommande. « C'est un dispositif très efficace, en un quart d'heure tout le bouchon est absorbé après un tir, même si on attend toujours une demi-heure avant de reprendre nos postes », témoigne Frédéric Bortolini, chef d'équipe et opérateur tunnelier chez NGE. Néanmoins, avec l'avancement des travaux, une autre contrainte vient perturber le principe même de ce dispositif. En excavation

traditionnelle, le coffrage de la paroi se fait avec des banches circulaires. Afin de respecter les contraintes de logistique et de ventilation, il est admis par le groupement d'entreprises qu'il faut maintenir une distance de 1 000 mètres entre la zone d'explosif et la zone de pose du revêtement. Or le coffrage glissant, mobile, épouse toute la surface de la galerie. Il crée donc un obstacle sur le parcours des gaines de ventilation.

Une des difficultés est alors de maintenir une ventilation efficace. C'est pourquoi, un autre dispositif est prévu dans les toutes prochaines semaines : nommé « Umluft », il s'agit d'un système de ventilation « circulaire », utilisant les deux tubes en cours de creusement. Une galerie fait office de gaine par laquelle l'air neuf provenant de l'extérieur est soufflé, tandis que l'air est évacué par l'autre galerie. « Ce principe permet d'amener de grands volumes d'air avec peu de perte et il demande peu de puissance à installer », poursuit Alexander Heim. De cette façon, l'ouvrage définitif fait partie intégrante du réseau de ventilation et l'outil coffrant ne fait plus obstacle au mouvement d'air.

« Le mode de fonctionnement et l'efficacité du dispositif seront réévalués à partir de mesures réalisées pour le groupement par un laboratoire du chantier, observe Pascal Sergi. Avec ces contraintes rencontrées par le groupement d'entreprises dans un contexte d'adaptation à la R494 pour que la ventilation reste efficace sans porter atteinte ni à la production ni au confort et à la santé des compagnons », conclut-il. ■ C. R.

1. À retrouver sur www.ameli.fr

25

postes de travail différents ont été recensés sur le chantier : ferrailage, reprofilage, outillage, coffrant, nacelles, électricien... Des ventilations secondaires sont installées aux postes, et adaptées aux activités.

160 à 170 m³/s

c'est le débit moyen d'air nécessaire pour assurer un renouvellement efficace de l'air au sein des galeries en cours d'excavation.

4 m/jour


c'est la vitesse moyenne de creusement du tunnel. Une à deux explosions ont lieu toutes les 24 heures.

L'accès au réseau souterrain d'assainissement de la ville de Paris répond à des règles strictes. Les risques liés à ces espaces de travail particuliers sont multiples, mais le premier d'entre eux, la présence de polluants dans l'air, est parfaitement identifié. Des mesures à la fois d'organisation et de protection individuelle ont été mises en place pour écarter au maximum tout danger.

Dans les égouts, des interventions millimétrées

EN CE DÉBUT de journée du mois de juin, qui s'annonce caniculaire, Aurélien, Florian et Nicolas, agents au pôle STEA (service technique des eaux et assainissements) de la ville de Paris, et Gaëtan, leur chef d'équipe, débutent une intervention dans le XI^e arrondissement de la capitale. Au programme: réaliser l'inspection d'un réseau d'égouts qui courent sous le boulevard Richard-Lenoir et la rue du Chemin-vert. Cette activité de collecte d'informations et de surveillance du réseau consiste à repérer et à recenser des dégradations, des anomalies, des accumulations de matières. Ce travail aidera à prioriser et planifier ensuite les interventions de curage, entretien et autres réparations nécessaires au bon fonctionnement du réseau.

Florian ouvre un premier branchement de regard (BR, ou plaque d'égout dans le langage commun), tandis que Nicolas, 50 mètres plus loin sur le boulevard, en ouvre un deuxième. Tous deux sont équipés de lève-tampons pour faciliter la manipulation des plaques en acier et limiter les efforts, car chacune d'entre elles pèse 80 kg. Le protocole d'accès au réseau

 Le service technique des eaux et assainissement de la ville de Paris compte 280 égoutiers. Les interventions se font par équipes de quatre ou cinq personnes.

d'assainissement a été défini strictement afin que la sécurité lors des opérations soit maximale. « Pour chaque chantier, on distingue six phases, explique Hmida Amrouche, conseiller en prévention à la Direction de la propreté et de l'eau au service prévention et conditions



© Gaël Kerbaol/INRS/2025

de travail (SPCT). L'accès au réseau, qui représente l'une d'elles, expose à différents risques: manutentions manuelles, chute de hauteur ou de plain-pied, asphyxie en cas de présence de sulfure d'hydrogène ou de monoxyde de carbone... »

Première action, les intervenants attendent 20 minutes avant de descendre, le temps qu'une ventilation naturelle puisse se faire entre les deux branchements de regards ouverts. Pour écarter définitivement tout risque, le « garde-orifice » descend un détecteur quatre gaz (O₂, CO, H₂S, CH₄) afin d'identifier la présence éventuelle d'un gaz toxique. « L'accès au réseau se fait en conformité avec les préconisations du Catec », souligne Catherine Loizzo, assistante de prévention au SPCT. Le Catec (certificat d'aptitude à travailler en espaces confinés, lire l'encadré p. 14) préconise notamment un référentiel commun de formation et de certification pour les travailleurs intervenant sur les réseaux d'eau et d'assainissement.

Durant le temps de ventilation, le binôme qui va descendre s'équipe: combinaison à usage unique, gants, bottes et cuisardes, harnais, casque avec lampe frontale, appareil de protection respiratoire à ventilation assistée, masque autosauveteur, détecteur quatre gaz. Une fois les 20 minutes écoulées, trois mesures de la qualité de l'air sont

2 600 km

de réseau d'égouts courent sous la ville de Paris – soit la distance Paris-Moscou – complétés par 98 bassins de rétention de différentes formes (carrés, circulaires).

46 000

branchements de regards sont comptabilisés dans les rues de Paris, et 110 000 branchements particuliers relient les immeubles au réseau.

400

entreprises extérieures et sous-traitants peuvent être amenés à intervenir dans le réseau sur une année.

réalisées, en haut, à mi-hauteur et en bas du BR. Le détecteur ne sonnait pas, Gaëtan et Aurélien peuvent descendre. Si une alarme avait retenti, il aurait fallu attendre 20 minutes supplémentaires avec un nouveau contrôle de l'atmosphère sur les trois points, avant de descendre.

Des entreprises extérieures nombreuses

Ils accèdent l'un après l'autre au réseau souterrain par des échelons, retenus par un harnais et un système de stop-chute à rappel automatique accroché à un trépied. L'une des règles de sécurité est qu'aucun égoutier ne descend seul. La communication à l'aide de talkies-walkies est permanente avec leurs deux collègues restés en surface, chacun positionné à un branchement de regard ouvert. Leur cheminement dans les égouts

☒ Un égoutier ne descend jamais seul. La communication à l'aide de talkies-walkies est permanente avec les deux collègues restés en surface, chacun positionné à un branchement de regard ouvert.

peut commencer: ils avancent en direction du deuxième branchement de regard ouvert, où est posté Nicolas. Lorsqu'ils arrivent à son niveau, Florian referme le premier BR (d'où ils sont partis) et se rend au troisième, soit 50 mètres plus loin. Et ainsi de suite durant tout leur cheminement. Nicolas et Florian vont ainsi alterner l'ouverture et la fermeture de branchements de regards en surface, de 50 mètres en 50 mètres, au fil de l'avancée de Gaëtan et Aurélien en sous-sol, pour permettre à ces derniers de sortir en cas de besoin. « Est-ce qu'il y a un trou en tête de cheminée ? », demande par talkie-walkie Aurélien à Nicolas. « Oui », répond ce dernier qui peut le vérifier depuis la voirie. La fissure déjà répertoriée lors d'une précédente inspection est ainsi confirmée dans le système informatique. Les conditions d'intervention

sont exigeantes, du fait notamment des dimensions du réseau: jusqu'à 2,30 m de haut, et de 1,10 à 1,30 m de largeur. Mais certains passages se révèlent exigus, obligeant les agents à avancer courbés ou accroupis. « D'une rue à une autre, on ne chemine pas de la même façon », remarque Aurélien. Et le tout dans le noir complet, avec l'odeur des effluents: seules les lampes frontales éclairent le chemin, ce qui impose beaucoup de rigueur. « Le travail de collecte est une routine, explique Gaëtan. Les ouvrages se répètent. Le travail de curage est beaucoup plus physique, même si c'est moins pénible qu'avant. »

En cas d'alarme lors du cheminement dans le réseau, si un détecteur de gaz se déclenche, la consigne est de s'équiper du masque autosauveteur et d'évacuer les lieux au plus vite. « Étant donné la répartition des branchements de regards, on n'est jamais à plus de 25 m d'une sortie. L'évacuation d'urgence peut donc se faire rapidement. » Lorsqu'il s'agit d'interventions d'entreprises extérieures dans le réseau d'assainissement, un plan de prévention est élaboré et signé entre l'entreprise utilisatrice et l'entreprise extérieure, après une visite commune et une analyse conjointe des risques. Une fois l'autorisation accordée, l'entreprise extérieure peut intervenir dans le réseau souterrain. Si des outils numériques ont été envisagés pour simplifier les phases d'inspections, et réduire ainsi l'exposition des agents, ils n'apportent pour l'heure pas satisfaction. La présence humaine est donc nécessaire encore longtemps pour réaliser la surveillance dans les égouts. ■ C. R.



© Gael Kerbaol/INRS/2025

SYSTÈME D'INFORMATION ET DE GESTION TIGRE

La direction de la propreté et de l'eau de la ville de Paris possède un système d'information et de gestion nommé Tigre (pour « traitement informatisé de la gestion du réseau des égouts »). « Les 2600 km de réseau y sont répertoriés. Cet outil, renseigné notamment à partir des constats réalisés par les équipes d'égoutiers de la ville de Paris, lors de leurs tournées de collectes, centralise une somme d'informations considérable sur l'état des réseaux, explique Stéphane, responsable de la circonscription Est. Ce recueil nous permet de connaître en temps réel l'état

et la configuration du réseau et de son accessibilité, et les difficultés éventuelles. Véritable "tour de contrôle", c'est un outil efficace pour mieux organiser les tournées et faciliter les interventions. Cela contribue donc à améliorer la sécurité des équipes. Car il ne faut pas oublier qu'en sous-sol de Paris se retrouve le "négatif" des rues en surface. » De multiples capteurs positionnés un peu partout renseignent en temps réel sur l'état du réseau (niveau d'eau, position des vannes...).

Les combles techniques sont trop peu souvent considérés comme des lieux de travail à part entière et les conditions d'intervention y sont régulièrement plus difficiles qu'ailleurs. À Lanfains, l'abattoir de volailles LDC Bretagne investit massivement depuis 2014 pour agrandir et moderniser ses locaux. Tout comme les ateliers de production, les combles techniques ont bénéficié d'aménagements successifs propres à améliorer les conditions de travail des salariés.

Les techniciens de maintenance sont comblés

Posté telle une sentinelle sur une colline surplombant la commune de Lanfains, au sud-ouest de Saint-Brieuc, dans les Côtes-d'Armor, l'abattoir LDC Bretagne a fêté ses 50 ans en 2024. À l'origine érigé par un éleveur de poules, il a été racheté en 2004 par le numéro un hexagonal de la volaille. « Cette acquisition a marqué le début de l'implantation

Les combles techniques ont été pensés comme de véritables espaces de travail et les cheminements qui mènent aux installations sont équipés de caillebotis.

du groupe LDC dans la région, qui compte aujourd'hui douze sites, explique Benjamin Bobes, directeur de l'établissement. À partir de 2014, notre maison-mère a investi chaque année pour construire de nouveaux locaux tout autour du bâtiment historique, faisant passer la surface de 2 000 à 3 000 m². » Ces agrandissements successifs, associés à la modernisation de l'outil de production, ont largement permis d'augmenter la capacité de l'abattoir qui voit aujourd'hui passer chaque semaine dans ses ateliers 320 000 poulets du quotidien, auxquels s'ajoutent 60 000 poulets fermiers, le tout écoulé à 96% sur le territoire national.

Un espace de travail comme les autres

Les aménagements ont systématiquement intégré la prévention des risques professionnels afin d'améliorer les conditions de travail des salariés, actuellement au nombre de 335. « Le groupe est suivi par nos services et le site de Lanfains est ciblé TMS Pros depuis le début du programme, souligne

Magaly Bozec, contrôleur de sécurité à la Carsat Bretagne. Nous avons donc tout naturellement accompagné la conception des nouveaux bâtiments. L'un de nos conseils portait sur l'importance de penser les combles techniques comme n'importe quel lieu de travail puisque les équipes de maintenance sont amenées à y intervenir régulièrement. »

Très souvent, dans nombre d'entreprises, les combles techniques ne sont pas considérés comme des espaces de travail. Or différents risques professionnels, dont celui de chute de hauteur, y sont très présents. En effet, il arrive que des accidents aient lieu avec des personnes qui passent au travers des plafonds. Le nombre important d'accident de ce type a d'ailleurs poussé la Carsat Bretagne à publier une fiche¹ sur la conception des combles qui rassemble points de vigilance et bonnes pratiques de prévention.

Résultat, les combles techniques de l'entreprise ont été équipés de cheminements renforcés en caillebotis. Toutefois, en recouvrir toute la surface aurait été



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2025

DES AMÉLIORATIONS À LA CHAÎNE

Des quais de réception des poulets jusqu'au conditionnement des colis, en passant par les postes de découpe, le traitement des déchets ou encore l'atelier de surgélation, de nombreux postes de travail de l'abattoir LDC Bretagne ont bénéficié d'améliorations ces dix dernières années. La zone d'accrochage en est un exemple. Avant, elle était très exiguë, n'était pas équipée d'aspiration, la hauteur du convoyeur n'était pas adaptée... Tout cela a été corrigé. « Le port de charges étant identifié comme un risque prioritaire, nous avons mis sur l'ergonomie des postes et les aides

à la manutention », ajoute Maude Prioul, la coordinatrice sécurité. « Sur de nombreux aspects, le Centre interrégional de mesure physiques de l'Ouest (Cimpo) a été d'une aide précieuse, signale Magaly Bozec, contrôleur de sécurité à la Carsat Bretagne. Pour dimensionner les aspirations, déterminer la glissance des sols, travailler sur la luminosité... »



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2025

trop onéreux. « Nous essayons de nous améliorer en continu, souligne Maude Prioul, la coordinatrice sécurité de l'abattoir. Pour les combles les plus récents, datant de 2023 et situés au-dessus de l'atelier d'éviscération, nous avons identifié les maintenances les plus récurrentes, comme celles sur les centrales de traitement d'air, certaines vannes ou les armoires électriques. Nous avons mis en place des cheminements solides permettant d'accéder en sécurité à ces installations ». Au final, 90% des opérations se font depuis les caillebotis.

Dispositif d'alarme du travailleur isolé

Et pour faciliter les déplacements dans ces espaces contraints, des zones de stockage pour outils et matériels ont été ajoutées en différents points de la circulation. Quant à l'éclairage, il a été positionné à proximité des dispositifs qui nécessitent le plus d'interventions. « Des contraintes techniques ont empêché la création de puits de lumière, mais nous comptons bien permettre l'entrée de lumière

📺 L'escalier construit en façade remplace avantageusement l'ancienne échelle à crinoline pour faciliter l'accès aux combles.

naturelle dans les combles du bâtiment historique lorsque nous aurons le budget pour les rénover », précise Guillaume Morin, chef de projet.

Du point de vue organisationnel, pour éviter les risques liés au travail isolé, les interventions de maintenance se font à deux. Et si un salarié doit impérativement se rendre seul dans les combles, il s'équipe d'un dispositif d'alarme du travailleur isolé (Dati) qui alerte les secours en cas situation anormale. Des balises quadrillent les combles techniques et permettent de géolocaliser le porteur du Dati ayant donné l'alerte afin, si nécessaire, de le prendre en charge rapidement. « En outre, les simulations d'accidents que nous organisons régulièrement avec les pompiers leur permettent de s'approprier la géographie de notre site », se félicite Benjamin Bobes.

Et si malaise il y a dans les combles, inutile de suspecter une fuite d'ammoniac puisque ce gaz, utilisé dans le système de réfrigération pour maintenir la température des différents ateliers, est cantonné à la salle des machines.

Celle-ci, située à proximité de la maintenance, est bardée de capteurs ultra-sensibles et son accès est restreint au personnel formé et autorisé. Un système d'échangeur calorifique permet de substituer l'ammoniac par de l'eau glycolée, beaucoup moins toxique, dans le reste du réseau.

« Il est primordial de faciliter et de sécuriser l'accès aux combles, pour les secours, certes, mais aussi et surtout pour les salariés qui y œuvrent au quotidien, précise Magaly Bozec. Pouvoir s'y déplacer debout est une bonne chose, mais s'il faut se contorsionner pour y entrer par une petite ouverture après avoir emprunté une échelle à crinoline... J'ai insisté pour qu'un escalier soit ajouté au projet. » Dans un premier temps, le coût supplémentaire que représente l'installation – la façade où courent de nombreuses canalisations de toutes tailles a nécessité une architecture complexe – a fait réfléchir la direction. Mais celle-ci a fini par se laisser convaincre, pour la plus grande satisfaction de Benoît Martin, le responsable d'équipe maintenance: « Cela change tout! C'est vraiment confortable, surtout avec des outils et du matériel. »

Le constat semble unanimement partagé par toutes les équipes de maintenance, internes comme externes. Celles-ci saluent l'aboutissement que représente la toute dernière version des combles techniques. D'ailleurs, cette réalisation exemplaire attise la curiosité de services d'autres établissements au sein du groupe qui viennent la visiter afin de s'en inspirer. ■ D. L.

1. « Interventions dans les combles. Faux plafonds en panneaux sandwichs », fiche pratique Carsat Bretagne. À retrouver sur www.carsat-bretagne.fr

COACTIVITÉ

Les travaux réalisés sur le site ont été conduits en maintenant la production, ce qui a nécessité une organisation au cordeau de la coactivité. « Il a fallu se donner les moyens en acceptant des baisses de productivité, estime Guillaume Morin, responsable de projet. Le groupe LDC nous a accordé du temps pour mener à bien les opérations en s'autorisant à faire intervenir une entreprise de construction après l'autre. » Résultat, aucun accident pendant les travaux.

CONTRAINTE NATURELLE

LDC Bretagne aurait souhaité que ses extensions soient de plain-pied pour encore plus de sécurité, mais son positionnement au milieu d'une zone classée « Natura 2000 » (aire protégée créée par les États membres de l'Union européenne sur la base d'une liste d'habitats et d'espèces menacés) ne lui a pas permis de concrétiser ce projet.

Des décès par intoxication au dioxyde de carbone (CO₂) surviennent chaque année dans des chais lors des opérations de vinification. La MSA encourage les vignerons à adopter des solutions de captage à la source, en complément d'une installation de ventilation générale et de l'utilisation des détecteurs mobiles.

Vinifications : agir contre un danger invisible

POUR LES VENDANGES 2025, la société coopérative agricole La Grenade, implantée à Château-neuf-du-Pape, dans le Vaucluse, a équipé une vingtaine de cuves de vinification, soit un tiers de son installation, d'un dispositif de captage du CO₂ à la source. Le dispositif est simple : un tuyau souple, connecté à la cheminée d'un côté et à une conduite fixe de l'autre, permet au CO₂ produit durant la fermentation du moût d'être évacué à l'extérieur du chai, en utilisant son écoulement naturel. « Un litre de vin qui fermente, ce sont 70 litres de CO₂ produits », explique Franck Ferraton, directeur de la cave. Notre coopérative fait de la prestation de services pour onze vignerons. On vinifie 10 000 hectolitres de vin par an. Et on sait que la présence de gaz carbonique dans l'atmosphère présente un réel danger. »

Chaque année, le CO₂ est responsable de plusieurs accidents mortels en cave lors d'opérations de contrôle du processus de fermentation, de travaux de décuvage ou de nettoyage des cuves.... « Il y avait déjà des extracteurs d'air, déclenchés à quatre heures du matin par les

programmeurs, pour garantir le renouvellement de l'air avant l'arrivée des premiers salariés », poursuit le directeur de cave. Mais, ce n'est pas suffisant pendant la période des vinifications. » Alors, quand Claude Rozet, conseiller en prévention des risques professionnels de la MSA Alpes-Vaucluse, lui a parlé de captage à la source, Franck Ferraton n'a pas hésité un instant : « C'est l'avenir du métier et la meilleure façon d'améliorer la sécurité de la dizaine de personnes qui travaillent dans la cave pendant les vendanges. »

Le CO₂, un véritable allié pour la vinification

Depuis plusieurs années, la MSA Alpes-Vaucluse creuse le sujet. C'est lorsque le sucre contenu dans le jus de raisin est transformé en alcool par le phénomène de fermentation alcoolique que le CO₂ est dégagé. Des mesures, réalisées chez des professionnels, ont permis d'établir que la courbe de production du dioxyde de carbone n'est pas linéaire au cours de la vinification.

« La visualisation par infrarouge révèle qu'en s'échappant de la

cuve, le CO₂ forme une nappe de quelques centimètres d'épaisseur avant de s'écouler le long des parois pour retomber vers le sol. En fonction des courants d'air, il se diffuse dans l'atmosphère et peut être respiré par les opérateurs », explique Claude Rozet. D'où la nécessité, en premier lieu, de capter au plus près de la source, comme le rappelle la réglementation.

« Il faut également savoir que le CO₂ est un véritable allié pour la vinification. En effet, il limite le risque d'oxydation et permet d'éviter les mauvaises fermentations. De ce fait, beaucoup de professionnels ne veulent pas y toucher. Il fallait donc un captage passif, en haut de la cuve en fermentation, qui permette de le laisser s'échapper naturellement dans les tuyaux », complète le conseiller en prévention.

En 2021, pour aider les professionnels à réaliser un suivi des vinifications et à connaître les quantités de CO₂ émises par cuve et pour l'ensemble des installations, la MSA Alpes-Vaucluse a développé le site msa-vinification.fr et l'application CO₂ Diag'. Bien connaître

CO₂, ATTENTION DANGER

En situation normale, l'air extérieur contient environ 0,04 % de CO₂. Lors de la vinification, la fermentation du moût entraîne la formation de CO₂. Inodore, incolore et plus lourd que l'air, ce gaz a tendance à s'accumuler dans les parties basses et les espaces confinés en l'absence du mouvement d'air. Il existe une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) au CO₂ qui est, sur 8 heures, de 0,5 % en volume dans l'atmosphère de travail.

D'après des études notamment de l'Anses, à partir d'une concentration de 0,1 % de CO₂ dans l'air respiré, le fonctionnement cognitif est modifié. Pour la MSA, à 0,5 % il y a un impact sur la prise de décision et à partir de 10 %, un effet de sidération peut empêcher la personne exposée de réagir. La perte de connaissance survient dès 15 % et entre 20 et 25 %, c'est le décès.

SCHÉMA DU CIRCUIT D'ÉVACUATION DU CO₂ PRODUIT LORS DE LA VINIFICATION



© INRS

la dynamique de fermentation se révèle essentiel pour dimensionner son installation de captage à la source et adapter par exemple le diamètre des collecteurs au CO₂ produit. Le site donne aux viticulteurs accès à toutes les informations dont ils ont besoin pour le suivi de leur fermentation dans le temps.

Afin de sensibiliser la profession et les apprenants aux risques liés à l'intoxication par le CO₂, les préventeurs se sont rapprochés d'un lycée viticole. « Avant les vinifications de 2023, nous avons installé sur l'ensemble de nos cuves à chapeau fixe un circuit de captage passif du CO₂ permettant au gaz d'être évacué en dehors du chai, témoigne Roxane Nibaudeau, directrice d'exploitation du Château Mongin, sur le site du lycée viticole Pierre Le Roy de

Boiseaumarié à Orange, dans le Vaucluse. *Le dispositif n'impacte pas l'activité et ne génère pas de surcharge de travail, même s'il a fallu ajuster certaines pratiques et notamment fermer hermétiquement les cuves.* »

Composer avec l'existant

Au moment des vendanges, travailler dans une atmosphère chargée en CO₂ donnait parfois une sensation de manque d'air, un peu comme en altitude. « Ce n'est plus le cas maintenant. Le matin, on ne se précipite plus pour aérer, constate la directrice d'exploitation. On ne ressent plus non plus la même fatigue, ni les maux de tête que l'on attribuait peut-être un peu trop vite à la seule charge de travail. C'est un grand pas en avant pour la sécurité de ceux qui travaillent dans la cave,

mais aussi dans les bureaux voisins où le personnel pouvait être exposé. »

En début de cursus, un préventeur de la MSA intervient auprès des étudiants sur la gestion des risques en cave. Des journées de sensibilisation sont également proposées aux vignerons. « La principale difficulté, pour installer le dispositif, a été de composer avec l'existant. Il y a forcément moins de contraintes si tout est pensé dès la conception. Nous avons d'ailleurs reçu les représentants d'un domaine, à Gigondas, qui souhaitaient voir notre installation et s'en inspirer pour la construction de leur cave », reprend Roxane Nibaudeau.

« Nous travaillons désormais sur l'acculturation des professionnels : vignerons indépendants, coopératives... Un serious game a par exemple été imaginé pour sensibiliser au captage à la source », évoque Éric Argiolas, conseiller en prévention des risques professionnels à la MSA Languedoc, qui rappelle que « le captage à la source n'exonère en aucun cas de la mise en place d'une ventilation générale efficace, ni de l'utilisation de détecteurs mobiles ». Ces détecteurs sont notamment indispensables lors du décuvaage, où le travailleur intervient dans la cuve pour extraire les parties solides du raisin.

« Face à un danger mortel, on doit faire le maximum », insiste Franck Ferraton, qui projette, dans les deux ou trois ans à venir d'avoir 100 % de ses cuves équipées de captage à la source. En complément, il envisage une installation qui permettrait de stocker et de compresser le CO₂ récupéré afin de le réutiliser pour inerte les cuves vides. ■ G. B.

EN BREF

- La MSA met à disposition des outils pour réaliser le suivi des vinifications et quantifier le CO₂ émis par cuve et pour l'ensemble de l'installation.
- Le captage à la source, au plus près du point d'émission du CO₂, et une ventilation générale sont indispensables pour diminuer la concentration du CO₂ dans l'air.
- En complément, il est nécessaire d'assurer une détection permanente du CO₂ au moyen de détecteurs fixes (en accordant une vigilance toute particulière à leur localisation) et de détecteurs mobiles.
- Pour toute intervention en cuve, des protocoles d'intervention en espaces confinés doivent être établis. Il est indispensable de ventiler mécaniquement avant et pendant l'opération, d'être équipé d'un détecteur mobile et de supprimer le travail isolé.

Un drone au service de l'inspection

Le site Lafarge de Port-la-Nouvelle, qui fabrique des ciments et clinkers, comporte de nombreux espaces confinés. Pour y limiter l'intervention de cordistes lors des missions d'inspection, l'entreprise a acquis un drone. Jérôme Beziat, le responsable du secteur four, a été formé au pilotage de drone. Entretien.

Travail & Sécurité. Dans quelle mesure le site Lafarge de fabrication de ciments et de clinkers¹ de Port-la-Nouvelle, dans l'Aude se trouve-t-il concerné par la question des espaces confinés ?

Jérôme Beziat. Sur le site de Port-la-Nouvelle, nous disposons de nombreux espaces confinés, qui vont de 5 à 50 m³. Je peux vous citer pêle-mêle le four, une dizaine de silos/trémies, la bulle de stockage du clinker, plusieurs cyclones, etc. Ces lieux n'ont pas du tout été conçus pour y travailler, ils sont souvent empoissés, peu ventilés et la température peut y être élevée. Une fois par an au moins, nous procédons à des arrêts de maintenance, qui durent entre trois semaines et un mois. Ils ont lieu le plus souvent en février/mars et il s'agit d'évaluer le degré d'usure des briques réfractaires qui constituent le revêtement intérieur de ces espaces, puis de préparer les interventions. Ce sont des lieux d'accès particulièrement difficiles, les cyclones font par exemple 5 m de diamètre sur 10 m de haut, avec une partie conique à la base, la cheminée mesure 120 m...

Quelle solution avez-vous trouvée pour que ces opérations d'inspections soient réalisées en sécurité ?

J. B. Il y a quelques années, nous avons été démarchés par un fabricant suisse de drones. Il est venu faire des démonstrations sur notre site et l'idée a fait son chemin. La direction a décidé de franchir le pas, et nous en avons acquis un

exemplaire. Nous sommes deux à avoir été formés à son pilotage. Au fil des ans, nous l'avons fait évoluer avec le fabricant, pour qu'il réponde au mieux à nos besoins. Désormais, la majeure partie des inspections de nos espaces confinés se fait par drone. Cela nous évite d'avoir recours à des cordistes et de les exposer aux risques de chute, de travail à la chaleur ou en atmosphère potentiellement dangereuse, et d'intervention en milieu instable. Une fois les informations envoyées par le drone, nous décidons – ou pas – des interventions de maintenance.

Quels types d'informations vous envoie le drone ?

J. B. Il nous fait parvenir en temps réel des images des parois, ce qui nous permet d'évaluer leur usure et les suites à donner. Nous réalisons également des vols dans la tour, mais à l'extérieur des cyclones : grâce à des capteurs thermiques, nous avons ainsi des informations précises sur l'état de la paroi. De plus, le drone étant doté d'un scanner, nous avons des images 3D de nos installations...

QUELQUES DONNÉES SUR LE DRONE

- 48 cm de diamètre, une ossature en carbone le protège d'éventuels chocs
- Équipé de caméras 4K, thermique, d'un « lidar » pour scanner l'espace et générer des images 3D
- Poids : 1,30 kg
- 2 personnes formées au pilotage sur le site de Port-la-Nouvelle
- Sorties mensuelles pour « garder la main »
- Pas d'autorisations de vol nécessaire (vol à l'intérieur des installations)

Tout ceci concourt à nous donner des informations très précises, à être plus réactifs.

Y a-t-il des limites à l'utilisation de ce drone ?

J. B. Oui. Nous le faisons voler dans des atmosphères très empoussiérées, poussières qui peuvent détériorer la qualité de la vidéo. Et comme il n'est pas muni d'un

« Le drone évite d'avoir recours à des cordistes et de les exposer à différents risques : chute, travail à la chaleur ou en atmosphère dangereuse, milieu instable... »

GPS, cela peut le rendre instable. Nous devons être très vigilants et le nettoyer après chaque vol. Par ailleurs, il peut y avoir des rafales de vent susceptibles de projeter le drone contre une paroi.

Son usage est-il déployé sur d'autres sites de Lafarge ?

J. B. Dans un premier temps, l'idée était de faire tourner ce drone sur différents sites. Mais nous nous sommes aperçus que c'était compliqué, compte tenu de son entretien notamment. On garde donc celui-ci sur notre site, mais d'autres en ont fait l'acquisition. ■ **Propos recueillis par D. V.**

1. Composant du ciment obtenu par calcination avant broyage.