



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle SUST
Service d'enquête suisse sur les accidents SESA
Servizio d'inchiesta svizzero sugli infortuni SISI
Swiss Accident Investigation Board SAIB

Domaine aviation

Rapport final no. 2174 du Service d'enquête suisse sur les accidents SESA

concernant l'accident impliquant
l'hélicoptère Eurocopter AS 350 B3,
HB-ZES

survenu le 18 octobre 2011

à Bourg-St-Pierre/VS

Ursachen

Der Unfall ist auf das Umkippen eines Bauelementes zurückzuführen, das durch den Abwind eines Helikopters verursacht wurde und einen Arbeiter der Baufirma, der sich in einer Gefahrenzone befand, schwer verletzte.

Die unsachgemässe Lagerung der Fassaden-Elemente hat zum Unfall beigetragen.

Remarques générales sur le présent rapport

Le présent rapport relate les conclusions du Service d'enquête suisse sur les accidents (SESA) sur les circonstances et les causes de cet accident.

Conformément à l'art. 3.1 de la 10^{ème} édition de l'annexe 13, applicable dès le 18 novembre 2010, de la convention relative à l'aviation civile internationale (OACI) du 7 décembre 1944, ainsi que selon l'art. 24 de la loi fédérale sur la navigation aérienne, l'enquête sur un accident ou un incident grave a pour seul objectif la prévention d'accidents ou d'incidents graves. L'enquête n'a pas pour objectif d'apprécier juridiquement les causes et les circonstances d'un accident ou d'un incident grave. Le présent rapport ne vise donc nullement à établir les responsabilités ni à élucider des questions de responsabilité civile.

En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

La version de référence de ce rapport est rédigée en langue française.

Sauf indication contraire, toutes les heures indiquées dans ce rapport le sont en heure normale valable pour le territoire suisse (*local time* – LT) qui au moment de l'accident correspondait à l'heure d'été de l'Europe centrale (*central european summer time* – CEST). La relation entre LT, CEST et l'heure universelle coordonnée (*coordinated universal time* – UTC) est: LT = CEST = UTC + 2 h.

Rapport final

Type d'aéronef	Eurocopter AS 350 B3	HB-ZES
Exploitant	Eagle Helicopter SA, Thunstrasse 28, Postfach 244, 3370 Zweisimmen	
Propriétaire	BNP Paribas Leasing Solutions Suisse SA, avenue Gratta-Paille 1, 1018 Lausanne	

Pilote	Citoyen suisse, né en 1962			
Licence	Pilote de ligne ATPL(H) JAR, établie la première fois par l'Office fédéral de l'aviation civile (OFAC) le 14 décembre 2009			
Qualification de type	AS350B3/EC130B4 valable jusqu'au 30 avril 2012			
Qualification	Vol de nuit NIT(H), radiotéléphonie en anglais <i>Level 5</i> , valable jusqu'au 27 septembre 2013 Instructeur pour atterrissages en montagne FI (H) MOU, valable jusqu'au 18 juin 2013			
Certificat médical	Classe 1, valable jusqu'au 29 avril 2012			
Heures de vol	totales	13 244:28 h	au cours des 90 derniers jours	167:47 h
	sur le type en cause	4312 h	au cours des 90 derniers jours	144:30 h

Lieu	Bourg-St-Pierre/VS		
Coordonnées	582 162 / 088 323	Altitude	1652 m/M
Date et heure	18 octobre 2011, 08 h 30 min		

Type de vol	VFR de jour, commercial
Phase de vol	Vol stationnaire hors effet de sol
Nature de l'accident	Travail aérien / Transport à l'élingue

Personnes blessées

Blessures	Membres d'équipage	Passagers	Nombre total de personnes à bord	Autres personnes
Mortelles	0	0	0	0
Graves	0	0	0	1
Légères	0	0	0	0
Aucune	1	0	1	Sans objet
Total	1	0	1	1

Domages à l'aéronef	Aucun
Domages à des tiers	Elément de façade endommagé

1 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

1.1.1 Généralités

La description des faits antécédents et du déroulement du vol repose sur:

- Les témoignages du pilote et des assistants de vol de la compagnie d'hélicoptère.
- Les témoignages du personnel et du chef de l'entreprise de construction.

1.1.2 Faits antécédents

Dans le courant de l'automne 2011, une entreprise de charpente valaisanne a mandaté la compagnie Eagle Helicopter SA afin d'effectuer le transport et la mise en place de divers éléments préfabriqués d'une bâtisse, jusqu'à la cabane du club alpin suisse – CAS de Valsorey. Ces éléments devaient servir à agrandir le bûcher situé à proximité. Cette cabane est située à 3033 m/M, dans le massif du Grand Combin sur la commune de Bourg-St-Pierre.

Au début du mois d'octobre, le chef de l'entreprise de charpente avait désigné le collaborateur blessé dans l'accident comme responsable de l'ordre d'acheminement des charges. Celui-ci devait également vérifier leur mise à niveau lors de l'envol afin d'en faciliter leur dépose.

La veille du jour de l'accident, les éléments préfabriqués ont été déposés sur la place d'emport située sur la route reliant Bourg-St-Pierre à l'entrée de la galerie conduisant au tunnel du Grand-St-Bernard.

1.1.3 Sécurisation du site

Le mardi 18 octobre 2012 vers sept heures, le chef de l'entreprise de charpente et ses huit ouvriers sont arrivés sur la place d'emport et ont aussitôt commencé à la préparer. Vers 07 h 30 min un assistant de vol de la compagnie d'hélicoptère a rejoint ce groupe et a aidé à la préparation des charges.

Dans le cadre de la sécurisation de l'endroit, l'assistant de vol a fait placer un véhicule de couleur rouge en travers de la route d'accès au chantier ainsi qu'un triopan 10 m en amont, afin d'interdire toute circulation. Sur la route cantonale il a fait placer un deuxième triopan ainsi qu'une personne de faction qui empêcherait l'accès à la place d'emport. Cette personne était équipée d'un casque muni d'une radio, permettant de communiquer avec le pilote.

L'aide de vol a informé les personnes sur place des mesures de sécurité prises et désigné le périmètre de sécurité. Le collaborateur de l'entreprise de construction, victime de l'accident, a précisé dans sa déclaration qu'un briefing, auquel lui-même et son patron ont pris part, a été donné par les assistants de vol, avant le début des transports héliportés. A cette occasion, il a été précisé que le collaborateur devait se tenir à proximité des charges pendant l'élévation des éléments, de manière à pouvoir, le cas échéant, intervenir.

Lorsque tous les préparatifs ont été terminés, l'aide de vol a appelé le pilote de l'hélicoptère, qui se trouvait encore à Sion, afin de lui communiquer le programme.



Illustration 1: Vue d'ensemble de la place d'emport (photo prise après l'accident).

1.1.4 Déroulement du vol

A 08 h 05 min le pilote, aux commandes de l'hélicoptère HB-ZES, décolle de l'aéroport de Sion accompagné de deux aides de vol et se rend à la cabane de Valsorey, y dépose un aide de vol, puis se dirige sur la place d'emport pour déposer le deuxième aide de vol et décharger le matériel embarqué.

Ensuite, l'hélicoptère décolle de la place d'emport et se dirige vers la cabane de Valsorey pour y déposer cinq ouvriers.

Le pilote, seul à bord, retourne à la place d'emport et se pose à proximité. Il est prévu qu'il transporte à la cabane une palette contenant du matériel et des outils, pesant 450 kg et équipée de deux élingues rondes de 8 m. Un des aides de vol accroche une élingue de 30 m à l'hélicoptère. Le pilote décolle et se place au-dessus de la charge à emporter en utilisant la technique de référence verticale à travers la fenêtre bombée (*bubble window*). La palette est fixée à l'élingue de 30 m et l'hélicoptère soulève verticalement la charge.

Lorsque celle-ci se trouve entre deux et trois mètres du sol, un des deux aides de vol voit un élément de façade préfabriqué basculer et un casque bleu rouler sur le sol. Le pilote observe également le basculement de cet élément. Ce dernier était appuyé contre deux autres éléments et le tout contre une barrière grillagée.

Les aides de vol, assistés d'autres personnes, se précipitent pour relever l'élément de façade et découvrent une personne blessée par le basculement de cet élément. Il s'agit du collaborateur de l'entreprise de charpente responsable de l'ordre d'acheminement des charges. Selon la déclaration d'un aide de vol, la présence de cette personne à proximité de la place d'emport, n'a jamais été observée. Dans sa déposition, il ajoute que le collaborateur s'est vraisemblablement approché dans son dos.

Au vu de la gravité des blessures, l'aide de vol appelle les secours. Le blessé est évacué par hélicoptère.



Illustration 2: Les éléments de façade préfabriqués et appuyés contre le grillage. L'élément de droite a basculé sous l'effet du souffle du rotor. Ceux-ci ont été photographiés arrimés après l'accident.

1.2 Conditions météorologiques

1.2.1 Situation météorologique générale

La Suisse se trouvait en bordure nord d'une dorsale de haute pression. Cette dorsale s'étendait de l'anticyclone des Açores à une haute pression située au-dessus de l'Ukraine. Dans le courant de la journée un front froid s'est approché des îles Britanniques. Le vent du sud-ouest se renforçait.

Préalablement les Alpes se trouvaient, pendant la nuit et tôt le matin, sous l'axe d'un contrefort étroit de haute pression. Il s'étendait des Baléares jusqu'en République Tchèque.

1.2.2 Météorologie en Valais

La nuit et le matin étaient plutôt clairs. La station de Montana-Vermala enregistrait un vent faible du nord-nord-est. Sur l'aéroport de Sion soufflait un vent faible de secteur est. Sur le passage du col du Grand-St-Bernard soufflait un vent d'est.

La limite du zéro degré se trouvait à 3000 m AMSL.

1.2.3 Conditions météorologiques à l'endroit de l'accident

Dans le val d'Entremont il n'y avait pas d'enregistrements météorologiques locaux. On peut admettre que dans la couche au-dessus du sol soufflaient des vents descendant les pentes, vents qui convergeaient le long de l'axe de la vallée.

Nuages	pas de nuages
Visibilité	plus de 10 km
Pression atmosphérique QNH	1022 hPa

Les informations suivantes sont à disposition sur le SwissMetNet de Meteo-Suisse :

18 octobre 2011 de 06:30 UTC / 08:30 UTC MESZ

Station	Altitude [m/M]	Température [°C]	Pt de rosé [°C]
Evolène-Villa	1825	3.9	-9.1
Zermatt	1638	1.0	-6.1
Montana	1427	2.5	-1.9

Des informations ci-dessus on peut déduire les valeurs suivantes pour Bourg-St-Pierre :

Altitude 1632 m/M	Température 1°C	Point de rosé -6°C
-------------------	-----------------	--------------------

1.2.4 Information astronomique

Position du soleil	Azimut: 110°, hauteur: 6°
Conditions d'éclairage	Matin d'automne avec des ombres projetées

1.3 Renseignements sur l'aéronef

Immatriculation	HB-ZES
Constructeur	Eurocopter
Type d'aéronef	AS 350 B3
Désignation de vente	Ecureuil
Année de construction	2002
Numéro de fabrication	3657
Nombre de sièges	6
Masse maximale au décollage	2'250 kg (charge interne) 2'800 kg (charge externe)
Type de moteur	Turbomeca ARRIEL 2B
Capacité du réservoir	540 litres
Carburant à bord au moment de l'accident	Env. 150 litres
Masse au moment de l'accident	Env. 1950 kg (y compris charge externe)
Centrage au moment de l'accident	Dans les limites publiées par le constructeur
Champ d'utilisation	Commercial, VFR de jour

1.4 Aspects techniques de l'équipement

Le pilote portait un casque raccordé au système radio de l'hélicoptère permettant de converser avec les aides de vol. Le pilote n'a pas mentionné de dysfonctionnement technique.

Au moment de l'accident l'élingue de transport était d'une longueur d'environ 30 m. La charge, une caisse à outils, se trouvait sur une palette elle-même équipée de deux élingues rondes de 8 m fixées à un crochet tournant.

Pour le transport des éléments de façades, il était prévu une élingue de 60 m.

1.5 Renseignements complémentaires

1.5.1 Le souffle rotor

En vol, les pales du rotor principal d'un hélicoptère produisent le déplacement vers le bas d'un grand volume d'air appelé communément *downwash*.

En vol stationnaire, ce déplacement d'air se fait verticalement. Son intensité dépend directement de la dimension du rotor ainsi que de la masse totale à soutenir. A l'approche du sol, ce déplacement vertical se transforme en déplacement horizontal et turbulent (voir illustration 3).

Le vent soufflant au moment de l'emport de la charge, ainsi que la topographie de la place d'emport, influencent le déplacement du souffle du rotor.

Une augmentation du pas collectif de l'hélicoptère provoque une augmentation du souffle du rotor (*downwash*).

Un des moyens utilisés pour diminuer les effets du *downwash* d'un hélicoptère sur un chantier consiste à augmenter la distance entre l'hélicoptère et la zone de travail.

Une longueur d'élingue supérieure à 30 m est fréquemment utilisée. Celle-ci peut être augmentée en fonction de la situation. Toutefois, plus elle est importante et plus le travail devient délicat pour le pilote. Ce dernier aura besoin d'une assistance accrue du personnel au sol, plus particulièrement lors d'opérations de montage.

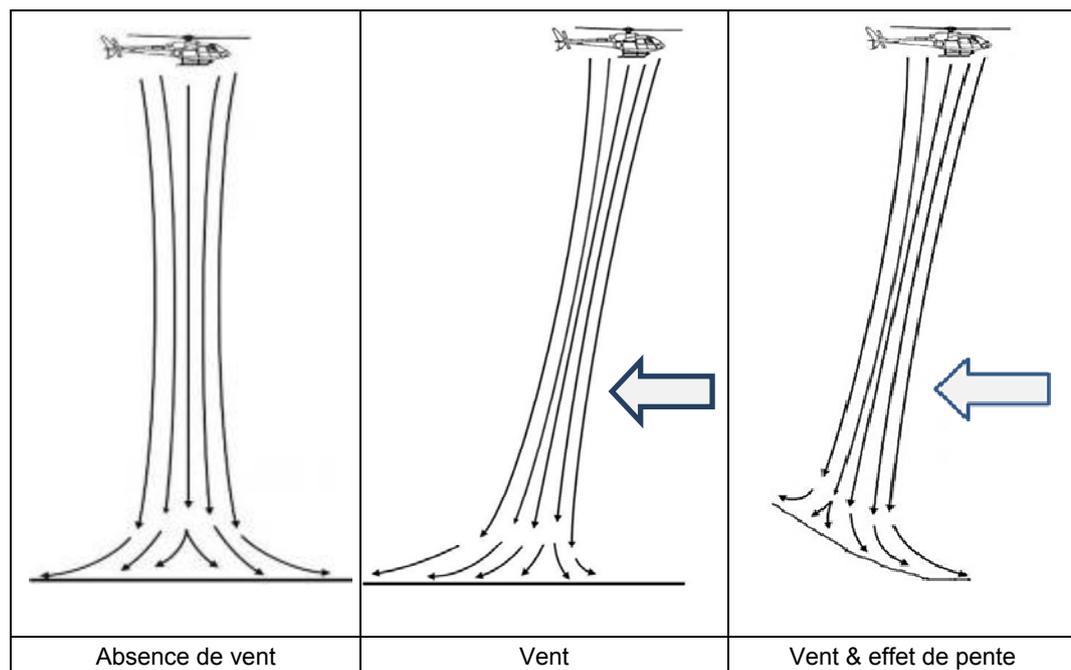


Illustration 3: Ecoulement du *downwash* en vol stationnaire hors effet de sol.

1.5.1.1 Mesure du souffle rotor

Au vu de l'importance du nombre d'accidents sur les chantiers imputables au souffle du rotor (*downwash*) des hélicoptères, le SESA a décidé de procéder à des mesures de la vitesse des déplacements d'air atteinte lors d'emports de charges.

Ces mesures sont loin d'être exhaustives et ont pour seul objectif de donner des ordres de grandeur des forces exercées sur, par exemple, des éléments de façade à transporter se trouvant au sol.

Ces mesures ont été réalisées dans les conditions suivantes :

Altitude du terrain	2257 ft AMSL
Température	10°C
Pression atmosphérique QNH	1019 hPa
Vent	360° - moins de 2,5 m/s
Couverture nuageuse	1/8
Hélicoptère	AS 350 B3
Masse à vide	1300 kg
Masse carburant	200 kg
Masse pilote	80 kg
Masse soulevée à l'élingue	600 kg
Masse totale au décollage	2180 kg
Type de l'anémomètre	Geissbühler précision 0,05 m/s

Note: En utilisant une charge de 300 kg puis de 600 kg cela ne fait varier la charge totale soulevée par l'hélicoptère que d'environ 14 %.

1.5.1.2 Mesure avec une élingue de 30 m

Lors du décollage la vitesse maximale du vent vertical était d'environ 9.7 m/s et celle du vent dévié horizontalement par le terrain d'environ 13.0 m/s.

1.5.1.3 Mesure avec une élingue de 60 m

Lors de l'application de puissance nécessaire au soulèvement de la charge, depuis une hauteur de 60 m la vitesse maximale du vent vertical était d'environ 2.6 m/s et celle du vent dévié horizontalement par le terrain d'environ 7.5 m/s.

Il faut relever que le souffle provoqué par le rotor met plusieurs secondes pour atteindre son paroxysme au sol. La temporisation est naturellement plus importante avec une élingue de 60 m que de 30 m. Suivant les mouvements de l'hélicoptère en stationnaire, induits par les corrections apportées par le pilote, le souffle peut atteindre des vitesses de pointe pouvant varier assez fortement en terme de direction pour afficher des valeurs plus élevées lors du passage en translation.

1.5.1.4 Effet du souffle du rotor de l'hélicoptère sur une structure

Les éléments de façade préfabriqués étaient constitués d'une structure en bois de dimensions et de poids différents. L'élément de façade qui a basculé lors de l'accident – composé d'un madrier de seuil, de madriers verticaux et de la panne – était, d'un côté, recouvert de planches. Sur sa face interne, entre les madriers verticaux, étaient fixés des matériaux isolants. Cet élément de façade pesait 565 kg et mesurait 2.6 m de haut pour une longueur, hors tout, de 7.0 m. Il avait une épaisseur de 0.16 m sur toute sa surface et à l'endroit avec la panne 0.21 m.

L'élément de façade, comme le documente l'illustration 2, était avant l'accident, appuyé et incliné contre des éléments moins hauts. Comme le côté arrière de l'élément de façade était ouvert, l'air du souffle du rotor de l'hélicoptère pouvait s'engouffrer entre l'élément le plus haut et le précédant, permettant ainsi à une pression dynamique de s'exercer.

Avant l'accident, les éléments de façade, contrairement à ce que l'on peut observer sur l'illustration 2, n'étaient pas assurés contre le basculement.

La force éolienne qui s'exerce sur un élément de construction dépend de sa grandeur, de sa forme et de la pression dynamique. Pour une vitesse du souffle horizontal de 13 m/s, on obtient une pression d'env. 100 N/m².

Sur la partie de l'élément exposé au souffle s'exerce une pression et sur le côté arrière un effet de succion. On conjugue ces deux effets dans le facteur de forme, lequel dépend de la forme de l'élément de construction. Pour des panneaux rectangulaires on utilise généralement un facteur de forme de 1.8 à 2.

La force éolienne est le produit de: pression x surface x facteur de forme.

Les mesures effectuées démontrent que le souffle du rotor de l'hélicoptère (*downwash*) produit, au niveau du sol, des souffles atteignant 13 m/s; la pression qui en résulte est d'env. 100 N/m². Dans ce calcul on n'a pas tenu compte de l'effet de succion exercé sur la face arrière de l'élément de façade, car cet effet n'était pas connu le jour de l'accident. Une pression minimale d'env. 100 N/m² s'est exercée sur l'élément de façade de 15.3 m² ce qui équivaut à une force d'env. 1530 N, respectivement env. 150 kp provoquée par le souffle du rotor de l'hélicoptère; ce qui a provoqué le basculement de l'élément de façade appuyé obliquement et pas assuré.

1.5.2 Manuel des opérations en vol – FOM

Le manuel des opérations en vol (*Flight Operations Manual – FOM*), rédigé en langue allemande, sous la tête de chapitre « transport de charges externes » couvre les sous-chapitres suivants :

- Généralités
- Pilote
- Chef d'équipe
- Choix de l'itinéraire de vol
- Compétences et responsabilités
- Montage
- Réserve de puissance lors de travaux de montage
- Pose de câbles
- Logging
- Arbres sur pieds

Dans le sous-chapitre des « compétences et responsabilités » le manuel de la compagnie spécifie les points suivants :

(traduction par la rédaction)

« Le pilote est responsable du déroulement sans difficulté et en toute sécurité d'un transport.

Le chef d'équipe est désigné par le pilote responsable. L'aide de vol concerné peut refuser cette responsabilité, s'il n'a pas été ou insuffisamment formé pour ce genre de mission.

Le chef d'équipe désigné est responsable de la sécurité et de l'organisation au sol, ainsi que de la préparation correcte des charges. Il doit instruire le personnel auquel incombe les chargements et les préparations, et surveiller le déroulement du travail. Si la sécurité au sol ne peut plus, pour différentes raisons, être respectée il doit attirer l'attention du pilote et au besoin interrompre les opérations de vol.

L'aide de vol travaille sous les instructions du chef d'équipe. L'aide de vol l'informe sur toutes les irrégularités même celles qui ne lui paraissent pas importantes, que ce soit lors de la préparation des charges ou sur les objets présentant des dangers (composants pas arrimés, feuilles de plastique et bâches) pour lui-même comme pour des tiers. Le chef d'équipe transmet au pilote. »

2 Analyse

2.1 Aspects techniques

Le pilote n'a pas mentionné de défaut technique.

2.2 Aspects opérationnels

Les mesures effectuées permettent de constater que des forces considérables peuvent être provoquées par le souffle d'un rotor d'hélicoptère et qu'elles diminuent en fonction de la longueur de l'élingue.

L'effet le plus sournois réside dans le fait que le souffle provoqué par le rotor met plusieurs secondes pour atteindre son paroxysme au sol. Le souffle du rotor n'est pas constant et peut atteindre des valeurs instantanées plus élevées que les valeurs mesurées.

Comme le démontre l'analyse de cet accident, ainsi que celles d'autres accidents, il faut accorder une grande attention à la préparation de la place d'emport lors de l'utilisation de l'hélicoptère comme moyen de transport de matériaux de construction.

La coordination du transport doit se faire de façon à ce qu'aucun collaborateur ne se trouve à l'intérieur de la zone dangereuse sans que les aides de vol en soient informés.

Etant donné les dangers inhérents à l'emport de charges externes, il est absolument nécessaire que les aides de vol, spécialement formés, dirigent sans partage possible les opérations d'emport et participent à la préparation des lots de manière à ce qu'ils soient correctement positionnés et sécurisés.

Dans le cas qui nous occupe, la manière d'entreposer les éléments de façades a permis au souffle du rotor de l'hélicoptère de s'engouffrer entre deux éléments et d'en faire basculer un, blessant grièvement une personne, laquelle se trouvait à l'intérieur de la zone dangereuse. La structure contre laquelle les éléments de façade étaient appuyés, à savoir une barrière grillagée, pouvait influencer le basculement des éléments.

Ce rapport a mis en évidence les forces importantes que provoque le souffle des rotors d'hélicoptères. La préparation des lots de charges au sol doit se faire en considérant ces forces.

3 Conclusions

3.1 Faits établis

3.1.1 Equipage et personnel au sol

- Le pilote était en possession d'une licence et des qualifications nécessaires.
- Les assistants de vol étaient munis d'un équipement de sécurité adapté et en bon état de fonctionnement.
- Le personnel de l'entreprise de construction était muni d'un équipement de sécurité adapté aux conditions de travail.

3.1.2 Aspects techniques

- L'enquête n'a pas mis en évidence de défaillance technique ayant pu causer l'accident.

3.1.3 Aspects opérationnels

- Au moment de l'accident, la masse et le centrage de l'hélicoptère se trouvaient dans les limites prescrites par le constructeur.
- Un briefing sur le déroulement du transport a été effectué avant le début des opérations de vol durant lequel un périmètre de sécurité a été défini.
- La victime se trouvait à l'intérieur de la zone dangereuse.
- L'accident s'est produit lors du transport d'une charge avec une élingue de 30 m.
- Le souffle du rotor de l'hélicoptère a fait basculer un élément de façade blessant grièvement une personne au sol.
- Les éléments de façades n'ont pas été disposés de manière adéquate pour le transport.

3.1.4 Météorologie

- La météo n'a pas joué de rôle dans l'accident.

3.2 Cause

L'accident est dû au basculement d'un élément de construction, provoqué par un mouvement de masse d'air induit par un hélicoptère, blessant grièvement un collaborateur de l'entreprise de construction qui se trouvait dans une zone dangereuse.

L'entreposage inadéquat des éléments de façade a contribué à l'accident.

4 Recommandations de sécurité et mesures prises après l'accident

4.1 Recommandations de sécurité

Sans objet.

4.2 Mesures adoptées depuis l'accident pour améliorer la sécurité

Selon la société Eagle Helicopter les consignes suivantes ont été émises suite à l'accident :

- Les assistants de vol sont tenus de prêter une attention particulière à l'entreposage des charges sur les places de travail.
- Les éléments de façade préfabriqués, disposés en position verticale, doivent être assurés afin d'éviter un basculement.
- Aucune charge ne doit être entreposée contre une clôture ou un grillage élastique pouvant induire des oscillations.

Payerne, 15 avril 2013

Service d'enquête suisse sur les accidents

Ce rapport final a été approuvé par la direction du Service d'enquête suisse sur les accidents SESA (art. 3 al. 4g de l'Ordonnance sur l'organisation du Service d'enquête suisse sur les accidents du 23 mars 2011).

Berne, 14 mai 2013