MINISTÈRE DU CADRE DE VIE
ET DES TRANSPORTS
EN CHARGE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
RÉPUBLIQUE DU BÉNIN

BUREAU ENQUÊTES-ACCIDENTS

# RAPPORT FINAL D'ENQUÊTE

**Accident d'aviation survenu le samedi 26 décembre 2015 au Stade Atchoucouma de Djougou, relatif à l'hélicoptère AW 139 immatriculé TY-ABC.**

Décembre 2024

## AVERTISSEMENT

L'objectif d'une enquête de sécurité sur les accidents et incidents d'aviation civile est d'établir les faits, les conditions et les circonstances de l'accident ou de l'incident afin d'en déterminer les causes probables, de telle façon que les mesures appropriées puissent être prises pour empêcher qu'un autre accident ou incident du même type et les facteurs qui l'ont provoqué ne se reproduisent.

Conformément à l'Annexe 13 de la convention relative à l'aviation civile internationale et au Règlement Aéronautique du Bénin N°13, l'enquête technique n'est pas conduite de façon à établir des fautes ou à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives.

Son seul objectif est de tirer de cet évènement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs accidents ou incidents.

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

# TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES ..... 3

GLOSSAIRE ..... 5

SYNOPSIS ..... 6

**ORGANISATION DE L'ENQUETE ..... 7**

**1. RENSEIGNEMENTS DE BASE ..... 8**

**1.1 Déroulement du vol ..... 8**

**1.2 Tués et blessés ..... 9**

**1.3 Dommages à l'aéronef ..... 9**

**1.4 Autres dommages ..... 10**

**1.5 Renseignements sur le personnel ..... 10**

1.5.1 Pilote commandant de bord ..... 10
1.5.2 Co-pilote ..... 11
1.5.3 Officier mécanicien navigant ..... 11
1.5.4 Mécanicien accompagnateur ..... 11
1.5.5 Equipage de cabine ..... 11

**1.6 Renseignements sur l'aéronef ..... 11**

1.6.1 Caractéristiques générales ..... 11
1.6.2 L'Aéronef ..... 12
1.6.2.1 Cellule ..... 12
1.6.2.2 Moteurs ..... 13
1.6.2.3 Rotors ..... 13
1.6.2.4 Autres équipements ..... 13
1.6.3 Masse et centrage de l'aéronef ..... 14
1.6.4 Derniers travaux de maintenance ..... 14

**1.7 Renseignements météorologiques ..... 14**

**1.8 Aides à la navigation ..... 14**

**1.9 Télécommunications ..... 15**

**1.10 Renseignements sur le lieu de l'accident ..... 15**

**1.11 Enregistreurs de vol ..... 16**

**1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact....18**

1.12.1 Position de l'épave....18
1.12.2 Impact de la rupture....18
**1.13 Renseignements médicaux et pathologiques....22**

**1.14 Incendie....22**

**1.15 Questions relatives à la survie des occupants....22**

**1.16 Essais et recherches....22**

1.16.1 Arrivée sur le lieu de l'accident....22
1.16.2 Systèmes....23
1.16.3 Carburant....23
**1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion....23**

**1.18 Renseignements supplémentaires....23**

1.18.1 Radiobalise....23
1.18.2 Performances au décollage....23
**2. ANALYSE....24**

**2.1 Scénario....24**

**2.2 Conditions d'exécution du vol....24**

**2.3 Analyse des endommagements de la cellule et des organes de transmission de puissance....25**

**3. CONCLUSIONS....29**

**3.1 Faits établis par l'enquête....29**

**3.2 Les causes probables....29**

**3.3 Facteurs contributifs....30**

**4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ....30**

**4.1 A la Société Nationale des Hydrocarbures du Bénin (ex- SOBEH)....30**

**4.2 À l'Agence nationale de l'aviation civile (ANAC)....30**

**ANNEXES....32**

# GLOSSAIRE

| | |
|---|---|
| ANAC | Agence Nationale de l'Aviation Civile |
| CVR | Cockpit Voice Recorder |
| ECL | Engine Control Lever |
| ELT | Emergency Location Transmitter |
| TCAS | Traffic Collision Avoidance System |
| FDR | Flight Data Recorder |

## SYNOPSIS

| | |
|---|---|
| Aéronef | Hélicoptère AW139, immatriculé TY-ABC |
| Date et heure | 26 décembre 2015, environ 17 heures[1] |
| Exploitant | Société Béninoise des Hydrocarbures |
| Lieu | Stade ATCHOUCOUMA de Djougou, département de la DONGA, BENIN |
| Nature du vol | Aviation générale |
| Personnes à bord | 1 Commandant de bord et 6 passagers |
| Conséquences et dommages | Destruction de l'hélicoptère et quelques blessés légers |

[1] *Note : Toutes les heures sont exprimées en heures locales qui pour le lieu de l'accident correspondent à TUC+1.*

## ORGANISATION DE L'ENQUÊTE

Suite au rapport des enquêteurs de premières informations, le Ministre des Travaux Publics et des Transports a pris l'arrêté N° 181/MTPT/DC/SGM/ANAC/SA portant création d'une commission d'enquête chargée de faire la lumière sur les causes du crash de l'hélicoptère de type AW139 immatriculé TY-ABC.

Les membres de cette commission sont des experts provenant de plusieurs ministères dans les domaines de la navigabilité, ingénieries aéronautiques et de la santé

# 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

## 1.1 Déroulement du vol

Le samedi 26 décembre 2015, aux environs de 17 heures, l'hélicoptère de type AW 139 immatriculé TY-ABC de la Société Béninoise des Hydrocarbures (SOBEH) s'est écrasé au stade d'Atchoucouma à Djougou.

Cet hélicoptère a décollé de Cotonou à 15H22 pour Djougou, avec une arrivée estimée à 16h53. A bord se trouvaient le Premier Ministre, Monsieur Lionel ZINSOU et quatre autres passagers dont deux techniciens qualifiés sur la machine.

Les services de la Météorologie de Cotonou avaient prévu sur le long du parcours des phénomènes de brume sèche et de brume de poussière.

Par ailleurs, les prévisions météorologiques indiquaient que pour la période allant de 12H00 TU le 26 décembre 2015 à 18H00 TU le 27 décembre 2015, un temps significatif avec la présence de brume sèche et de brume de poussière et une visibilité supérieure à 2500 m.

Une fois le terrain en vue et après un tour de repérage et ayant constaté que l'aire de jeu du stade était en chantier, le pilote a décidé de se poser tout de même dans l'enceinte du stade hors de l'aire de jeu. C'est lors de cette approche d'atterrissage qu'un très fort nuage de poussière s'est soulevé et a enveloppé l'appareil. Le pilote évoluant à quelques mètres du sol a perdu les références visuelles extérieures ce qui a probablement entrainé une désorientation spatiale. Dans ce mouvement incontrôlé, l'appareil a touché fortement le sol et a rebondi à plusieurs reprises.

Une procédure d'arrêt d'urgence des moteurs, prévue dans le manuel de vol, a été enclenchée par le pilote. Les occupants sont sortis presque indemnes.

## 1.2 Tués et blessés

| Blessures | Membres d'équipage | Passagers | Autres |
|---|---|---|---|
| Mortelles | 00 | 00 | ---- |
| Graves | 00 | 00 | ---- |
| Légères | 00 | 00 | ---- |
| Aucune | | | ---- |

## 1.3 Dommages à l'aéronef

- Importants dommages structurels ;
- Les cinq pales du rotor principal endommagées ;
- Les quatre pales du rotor de queue endommagées ;
- La queue de l'aéronef cassée à hauteur des plans fixes vertical et horizontal ;
- Rupture de l'arbre de transmission entre le moteur droit et la Boite de transmission principale (BTP) ;
- L'arbre de transmission du rotor de queue cassé ;
- La portière passagère droite arrachée ;
- Le capot du cône de nez arraché ;
- Le train arrière droit arraché ;
- Le protège réservoir détruit.

Image 1 : Épave de l'aéronef

## 1.4 Autres dommages

L'accident a causé l'effondrement d'un pan de mur du côté nord de la clôture du stade sur environ 10 mètres ; des débris de pale détachés de l'hélicoptère ont causé des blessures à des individus et des dégâts matériels sur quelques engins à deux roues stationnées aux environs de la zone du crash à quelques mètres du stade.

## 1.5 Renseignements sur le personnel

### 1.5.1 Pilote commandant de bord

Homme de 50 ans

Licence : Attestation de validation de licence en date du 8 octobre 2015.

Licence de base : Licence Nigériane de pilote de ligne hélicoptère (ATPL-H) N°5030

Qualification : AW 139, AS 365

Contrôle : Certificate of training AW 139 VFR/IFR recurrent training Course SP Opérations

Nombre d'heures de vols : 8400 dont 5000 en qualité de Commandant de Bord

Les six derniers mois : Non fournis

Les trois derniers mois : Non fournis

### 1.5.2 Co-pilote

Aucun

### 1.5.3 Officier mécanicien navigant

Aucun

### 1.5.4 Mécanicien accompagnateur

Homme de 61 ans

Licence de mécanicien de maintenance FR 66 00 1344

Qualification : AS 139, AW 139, Eurocopter, SA 330

### 1.5.5 Equipage de cabine

Aucun

## 1.6 Renseignements sur l'aéronef

### 1.6.1 Caractéristiques générales

L'AW 139 est un hélicoptère de catégorie « A »[2] (classe 1), motorisé par deux turbines Pratt & Whitney PT6C-67C de 1 252 kW (1 700 CV) chacune au décollage et de 1 142 kW (1 550 CV) en continu. Des filtres à particules protègent les moteurs. Les réservoirs de carburant ont une capacité de 1 568 litres.

Le rotor principal est de type articulé avec cinq (05) pales. Le rotor anti-couple quadri-pales est installé au sommet de la dérive verticale, sur le côté droit de l'appareil. Un stabilisateur horizontal, relevé à son extrémité, est installé de chaque côté de la poutre de queue. Le train d'atterrissage tricycle est constitué d'un train avant, muni de deux roues en diabolo, qui s'escamote dans le nez de l'hélicoptère et d'un train principal muni

[2] **Catégorie « A » :** signifie hélicoptère multi moteurs avec les caractéristiques d'isolation des moteurs et des systèmes spécifiés dans les JAR 27 et 29, ou équivalent jugé acceptable par l'Autorité, et des données de performances dans le manuel de vol, basées sur un concept de panne du moteur le plus défavorable, propre à assurer un atterrissage en sécurité sur une surface appropriée ou un niveau adéquat de performances permettant la poursuite du vol en sécurité suite à la panne d'un moteur.

d'une roue et qui s'escamote dans des compartiments situés de chaque côté de l'arrière de la cabine.

Le poste de pilotage, généreusement vitré, offre une excellente visibilité à l'équipage. Les équipements sont constitués d'une technologie de pointe comprenant un système avionique totalement intégré Honeywell Primus Epic, un système numérique de pilotage automatique quatre axes et d'écrans multifonctions couleurs permettant d'afficher les données recueillies par les différents capteurs et analysées par l'ordinateur de bord, permettant de diminuer la charge des pilotes.

Douze (12) passagers peuvent prendre place dans la cabine sur trois (03) rangées de quatre (04) sièges.

Le mode maintenance du HUMS rend possible la consultation des problèmes et le non-respect des limitations de paramètres au cours du vol. Le rapport est exprimé par des codes et après avoir été déchiffré en utilisant le programme d'entretien, on peut constater concrètement le type de dysfonctionnement.

### 1.6.2 L'Aéronef

Image 2 : TY-ABC

Numéro de série 41437, fabriqué en Italie, en juin 2013

#### *1.6.2.1 Cellule*

Certificat d'immatriculation au nom de la Société Béninoise des Hydrocarbures délivré

par l'ANAC le 16 juin 2014.

Certificat de navigabilité, émis le 16 juin 2014, à Cotonou, expirant le 15 septembre 2014.

Il détient un Certificat de type, avec 12 places, extensible à 15 places. Le poids maximum de décollage est de 6 800 kg et le poids à vide est de 4 400 kg.

#### *1.6.2.2 Moteurs*

**Moteur #1 / LH**

Marque Pratt & Whitney Canada, modèle PT6C-67C, Série KB1197. Ce moteur a été installé sur l'aéronef le 11 novembre 2015 à 193 heures cellule et totalisait un TSN de 148 :11. D'après les certificats de remise en vol ABC-15/005 et ABC-15/008 délivrés respectivement les 22 juin 2015 et 02 décembre 2015 par AERO CONTRACTOR, l'appareil était apte à voler jusqu'à atteindre 305,55 (295,55+10) heures de vol (heure cellule).

**Moteur #2 / RH**

Marque Pratt & Whitney Canada, modèle PT**6C-67C**, Série **KB1383**. Ce moteur a été installé à l'état neuf lors du montage de l'aéronef à l'usine. D'après les certificats de remise en vol ABC-15/005 et ABC-15/008 délivrés respectivement les 22 juin 2015 et 02 décembre 2015 par AERO CONTRACTOR, l'appareil était apte à voler jusqu'à atteindre 305,55 (295,55+10) heures de vol (heure cellule).

Le carburant requis et utilisé est le JET A-1.

#### *1.6.2.3 Rotors*

Rotor principal à cinq pales de marque Agusta Westland, modèle **3G6210V00131**, Série N° **V1873 - V1849 - V1848 - V1827- V1446**. Elles ont été installées à l'état neuf, le 09 octobre 2013, lors du montage de l'aéronef à l'usine.

Rotor de queue de marque Agusta Westland, modèle **3G641A00133**, numéro de série N° **V5429 -V5344 - V5371 - V5342**.

#### *1.6.2.4 Autres équipements*

Le TY-ABC est équipé de tous les dispositifs nécessaires aux opérations en mer (offshore).

Ces dispositifs incluent :

- Un système de flottabilité ;
- Une radiobalise de détresse auto-déployable (Auto deployable ELT) ;
- Des canoës de sauvetage ;
- Un système anticollision du trafic aérien (TCAS I & II).

### 1.6.3 Masse et centrage de l'aéronef

Limites du centre de gravité longitudinal :

+5,180m à 5,504m pour 6400kg ;

+5,071m à + 5,536m pour 4400kg.

Limites du centre de gravité latéral :

Gauche maximum : 0,088m

Droite maximum : 0,120m

### 1.6.4 Derniers travaux de maintenance

| | |
|---|---|
| Dernière inspection majeure | 25, 50, 100, 200HRS inspection (22/06/15) |
| Inspection la plus récente | 25HRS inspection (02/12/15) |
| Travaux de réparation récents | Changement du moteur #1 /LH KB1375 par KB1197 |

## 1.7 Renseignements météorologiques

Selon les informations fournies par les services météorologiques de Cotonou, il est indiqué que tout au long du parcours, on observera des phénomènes de brumes sèches et de brume de poussière, et plus précisément durant la période allant de 12 H00 TU le 26 décembre 2015 à 18 H00 TU le 27 décembre 2015. Un temps significatif est attendu, marqué par la présence de brume sèche et de brume de poussière, avec une visibilité supérieure à 2500 m.

## 1.8 Aides à la navigation

Tous les équipements de navigation sont opérationnels. Le vol ayant été effectué en VFR.

## 1.9 Télécommunications

Les communications VHF entre l'aéronef et l'organisme de la circulation aérienne se sont déroulées dans de très bonnes conditions en témoigne la transcription des communications radiotéléphoniques en date du 26 décembre 2015.

## 1.10 Renseignements sur le lieu de l'accident

L'accident s'est produit sur le stade municipal ATCHOUCOUMA de Djougou.

L'aéronef a été posé sur un terrain latéritique, dur, sans herbes et non arrosé, proche du mur de clôture et à une distance d'environ 4 m d mur nord. Derrière le mur nord, à 0.5 mètres, se trouve un arbre de 2.5 mètres de haut environ.

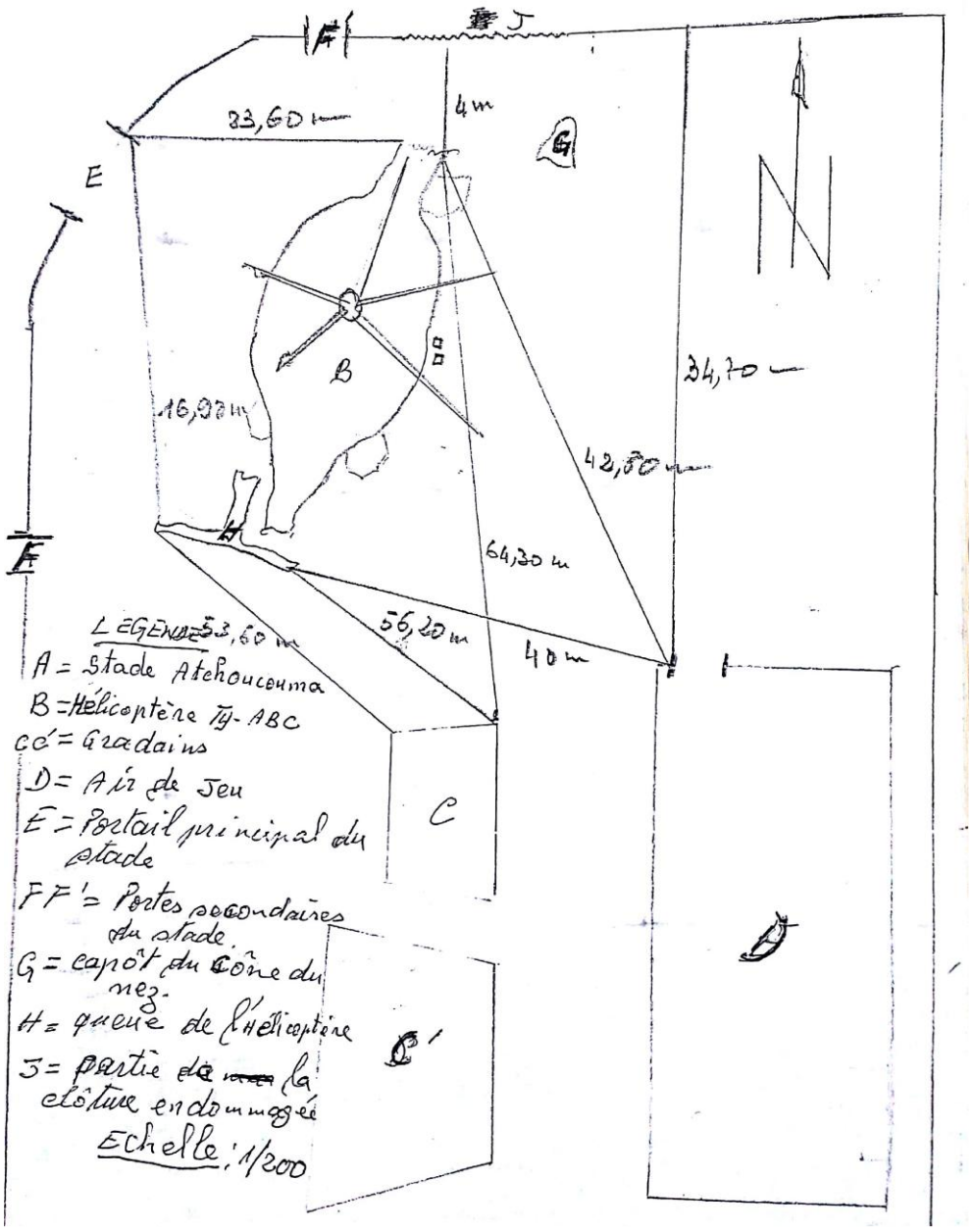


**Schéma de situation du site de l'accident**

## 1.11 Enregistreurs de vol

La réglementation béninoise n'impose pas l'emport d'enregistreurs de bord pour les hélicoptères de type AW 139, leur masse maximale au décollage étant inférieure à 7 000 kg et le premier certificat de navigabilité individuel ayant été délivré avant le 1er janvier 2016. Le TY-ABC était cependant équipé d'un enregistreur de vol combiné (FDR/CVR) conformément aux recommandations de l'OACI.

Le paragraphe 4.7.1.2.3 de l'annexe 6 partie 3 de l'OACI recommande que tous les hélicoptères dont la masse maximale au décollage certifiée est supérieure à 3 175 kg et inférieure ou égale à 7 000 kg et dont le premier certificat de navigabilité individuel a été délivré le 1er janvier 1989 ou après soient équipés d'un FDR type V. Le paragraphe 4.7.2.1.2 de l'annexe 6 Partie 3 de l'OACI recommande que tous les hélicoptères dont la masse maximale au décollage certifiée est supérieure à 3 175 kg et dont le premier certificat de navigabilité individuel a été délivré le 1er janvier 1987 ou après soient équipés d'un CVR. A bord des hélicoptères non équipés non d'un FDR, le CVR devrait enregistrer au moins la vitesse du rotor principal.

Cet enregistreur de vol combiné possédait deux fonctions : la fonction enregistreuse de conversations du poste de pilotage (CVR) et la fonction enregistreuse de paramètre (FDR). En effet, les enregistreurs combinés (FDR/CVR) peuvent être utilisés pour répondre aux spécifications d'emport d'enregistreurs de bord figurant dans l'Annexe 6 de l'OACI.

L'enregistreur combiné installé sur le TY-ABC était un modèle à mémoire statique capable de restituer au moins les vingt-cinq dernières heures d'enregistrement des paramètres de vol (FDR) et au moins les deux dernières heures d'enregistrement des informations sonores (CVR)

Marque : Penny & Giles Multi Purpose Flight Recorder (MPFR) combi FDR + CVR

Numéro de type : D51615-142 ISS 02
Numéro de série : A04682-002

L'enregistreur a été récupéré en bon état visuel extérieur avec son support dans l'hélicoptère le 27 décembre 2015 vingt-quatre heures après l'accident.

Le Bénin ne possède pas les outils pour lire un enregistreur de vol endommagé. En effet, les opérations d'extraction des données d'un enregistreur extrait d'un site d'accident requièrent une procédure, une expertise particulière et des outils spécifiques disponibles dans nombre de pays à travers le monde. Après consultation du Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) en France et conformément aux normes et pratiques recommandées

de l'Annexe 13 de l'OACI, l'enregistreur de vol a été apporté à l'ANSV en Italie pour lecture et analyse selon les directives de la commission d'enquête. L'ANSV est l'autorité d'enquête officielle de l'Etat de construction et conception de l'hélicoptère.

Le supplément D de l'annexe 13 de l'OACI définit les lignes directrices pour la lecture et l'analyse des enregistrements des enregistreurs de bord. L'Etat de construction (ou de conception) possède l'expertise qui est normalement nécessaire pour lire et analyser les renseignements que contiennent les enregistreurs de bord. L'OACI recommande que la lecture des enregistreurs de données de vol et celle des enregistreurs contenant des données complémentaires qui peuvent aider à valider chaque enregistrement et à déterminer le moment et le déroulement des évènements. De plus, l'hélicoptère était équipé d'un système HUMS (Heath &Usage Monitoring System) dont la carte mémoire a également été apportée à l'ANSV pour décodage.

Toutefois, la lecture du FDR, du CVR et du HUMS concernant ce vol, n'a pas apporté d'éléments exploitables pour la compréhension des évènements survenus.

## 1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

### 1.12.1 Position de l'épave

L'épave a été retrouvée le nez pointé vers le pan de mur nord écroulé à 4 mères, et orientée sur le cap 030°. Légèrement incliné vers la droite et vu le détachement du train principal droit, l'hélicoptère a effectué une rotation d'angle d'environ 20° vers la droite (sens horaire).

### 1.12.2 Impact de la rupture

Suite à la rupture du train principal droit et à la scission de la section supportant le réservoir de carburant droit, ce dernier n'a ni produit de fuite ni causé d'incendie. La quantité de carburant restante dans les réservoirs n'a pas pu être évaluée. Le dispositif de flottabilité ne s'est pas déclenché sous l'effet des vibrations et chocs liés au crash. Cependant, les canoës de sauvetage se sont déployés de part et d'autre de l'épave.

L'enquête n'a pas permis de déterminer avec grande précision la dispersion de l'épave

sur le terrain. Les débris les plus éloignés retrouvés, sont deux morceaux de pales, respectivement à environ 50 mètres au nord et 200 mètres à l'ouest du point d'impact. A l'exception des saumons des pales principales, toutes les parties du fuselage et des rotors ont été retrouvés et identifiés à proximité.

Les constatations visuelles effectuées sur l'épave ont permis de déterminer les dommages liés à l'impact :

❖ Au niveau du nez

- Capot du cône de nez arraché (rupture de l'accroche droit, déchirure de l'attache gauche) ;
- Pivot droit cassé ;
- Zone inférieure droite détruite à plusieurs endroits ;
- Hublot d'atterrissage pilote totalement détruit ;
- Hublot d'atterrissage copilote détaché de la structure à l'avant ;
- Structure brisée sur une bonne surface ;
- Les deux batteries éjectées hors du nez ;
- Antenne radar météo tordue ;
- Tuyauterie de la prise statique menant à l'Air Data Computer Cassée.

❖ Au niveau du cockpit

- Tube Pitot droit partiellement arraché au niveau de sa liaison avec la structure ;
- Cloison entre cockpit et nez brisés ;
- Antenne transpondeur droite cassée ;
- Marchepied (Footstep) pilote cassée ;
- Antenne transpondeur droite cassée.

❖ Au niveau de la cabine

- Verrière de la 1ère Emergency Exit perforée

- Porte pax droite arrachée
- Marchepied (footstep) passager droit arraché
- Couvre disque de freinage du rotor brulé
- Logement réservoir carburant droit déchiré avec support et canot de sauvetage
- Conduit d'évacuation d'air chaud du radiateur d'huile fissuré
- Bonnet de rotor (beanie) fissuré et impacté
- ELT éjecté.

❖ Au niveau de la section de queue

- Antenne HF cassée
- Antenne VOR cassée
- Strake cassé dans sa partie arrière
- Poutre de queue sectionnée à 3,15 m du fuselage central à la 77 hauteur des empennages
- Longue tige de commande du rotor de queue cassée au niveau de coupure de la poutre
- Coups dans le bord d'attaque de l'empennage vertical
- Empennage horizontal renversé à gauche.

❖ Au niveau du train d'atterrissage

- Rupture du train principal droit, à 50cm de l'épave
- Train d'atterrissage droit arraché avec support et canoë de sauvetage
- Train droit sorti et verrouillé
- Position vérin de commande : complètement sorti (full extended)

❖ Au niveau de l'installation motrice

- Arbre n°2 d'entrainement du rotor de queue rompu peu après

son amortisseur de flexion (en Aluminium tourne dans le sens horaire) ;

- Boite de transmission intermédiaire endommagée ;
- Goujons de liaison entre le tube de conjugaison et le cardan de soutien pour la connexion à la BTP du moteur n°2 cassés ;
- Moteur droit basculé à droite ;
- Tuyauteries cassées ;
- Points de fixation du moteur droit sur le fuselage cassé ;
- Cloison pare-feu déformée ;
- Capot moteur gauche cassé au niveau du filtre anti-sable ;
- Conduit d'entrée d'air de refroidissement du générateur-démarreur du moteur droit cassé ;
- Tuyau d'évacuation d'air moteur droit vrillé et fissuré à l'emplanture du moteur ;
- Gene- starter endommagé ;
- Cloison principale rompue ;
- Dépôt de lubrifiant dans le compartiment BTP.

❖ Au niveau du rotor principal

- Pale bleue : coupée à 3,75m du pied
- Pale sans couleur : coupée à 3,80m
- Pale blanche : bord de fuite en composite arraché
- Pale jaune : coup d'une prof de 5cm à 5,48m, coupée à 5,85m du Pied ;
- Pale rouge : coupée à environ 4m du pied ;
- Capot supérieur avant endommagé par endroits ;
- Manchon de pale blanc : Amortisseur de trainée cassé au niveau du bras de fixation sur la pale, biellette de changement de pas Cassée ;
- Manchon de pale bleu : Cassure du boulon de fixation de l'amortisseur de traînée, plaque de fixation inférieure de la pale fissurée ;

- Manchon de pale sans couleur : amortisseur de trainée détruit et arraché.

❖ Au niveau du rotor de queue

- Pales jaune et bleue coupées à la racine ;
- Pales rouge et blanche endommagées ;
- Rupture des 4 biellettes de changement de pas du rotor de queue.

## 1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Aucun

## 1.14 Incendie

Il n'y a pas eu d'incendie.

## 1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Néant

## 1.16 Essais et recherches

### 1.16.1 Arrivée sur le lieu de l'accident

Les premiers à arriver sur le lieu de l'accident furent les populations environnantes. La scène a été polluée avant la venue des Forces de l'ordre, constituées de militaires, de gendarmes et de policiers. A l'arrivée de ces derniers, le lieu de l'accident a été sécurisé et son accès restreint.

Dès l'arrivée des enquêteurs, venus de Cotonou, le 27 décembre 2015 aux environs de 14 heures, des dispositions majeures ont été envisagées. Grâce à une collaboration franche avec les acteurs de la Justice, les Forces de l'ordre et les Pompiers de la ville de Djougou, les enquêteurs ont pu sécuriser l'épave en retirant les batteries, en vidant le carburant des réservoirs et en redéfinissant un nouveau périmètre de sécurité ainsi que les personnes habilitées à y accéder.

Les différentes parties de l'aéronef ont été identifiées (moteurs, cellule, ensemble rotors et leurs pales, éléments de systèmes, etc.). Un bilan des dommages subis et le repérage pour l'enregistrement de la dispersion de l'épave et éléments de l'aéronef ont été réalisés.

### 1.16.2 Systèmes

Après l'impact et la scission de la poutre de queue (tail boom), les tubes de commandes de pas du rotor anti-couple ont été coupés. Le palonnier droit pilote a été retrouvé en fin de course avant.

Le niveau de dégradation constatée sur les pales et la tête du rotor principal ont montré que le régime rotor était tel que les moteurs étaient à pleine puissance au moment du contact des pales avec des objets étrangers. Cette analyse est confortée par le compte rendu du pilote qui déclare avoir éteint les moteurs après les multiples bruits et les vibrations qui en ont découlé.

Aussi, la radiobalise de repérage d'urgence (ELT) s'est-elle déclenchée. Cela indique que les forces d'impact (ampleur du G qui résulte de l'amplitude des vibrations) étaient assez importantes.

### 1.16.3 Carburant

La commission n'a pas jugé utile de prélever et d'analyser en laboratoire un échantillon de carburant en raison des premières déclarations de l'équipage qui ne remet pas en cause un dysfonctionnement des moteurs jusqu'à l'impact.

## 1.17 Renseignements sur les organismes et la gestion

La SOBEH est une société minière gouvernementale qui ambitionne de créer en son sein une branche aéronautique. Les démarches ont été initiées auprès de l'ANAC. Elles n'avaient pas encore abouti avant l'accident.

## 1.18 Renseignements supplémentaires

### 1.18.1 Radiobalise

L'aéronef possédait une radiobablise (ELT) qui s'est déclenchée à l'impact. Il a ensuite été arrêté par un membre d'équipage après l'évacuation des passagers.

### 1.18.2 Performances au décollage

L'aéronef n'était pas limité dans ses performances au niveau de la masse au moment de l'accident, d'après le calcul du poids du pilote, des passagers, du carburant, des effets individuels et les informations extraites du Manuel de vol.

# 2. ANALYSE

## 2.1 Scénario

L'impossibilité d'atterrir sur l'aire de jeu du stade en chantier ayant été constatée, une manœuvre a été engagée par le pilote commandant, accompagné d'un mécanicien de maintenance en place copilote, en amorçant une finale à contre QFU sud-ouest. Avec la tribune comme obstacle à gauche, l'aéronef a poursuivi son évolution à faible hauteur. À la vue de la clôture ouest, une manœuvre réflexe a été effectuée vers la droite, mais l'aéronef est entré en phase de brownout en raison des conditions météorologiques d'harmattan et de la proximité du sol, entraînant une perte de références extérieures et, probablement, une position inusuelle inclinée sur la droite.

Lors de cette évolution, les pales du rotor principal ont heurté les branches d'un arbuste situé à l'extérieur du stade mais surplombant la clôture nord. La proximité immédiate du mur nord a contraint l'hélicoptère à être plaqué au sol dans sa course, provoquant de fortes vibrations. Ces vibrations ont été précédées d'un bruit perceptible par les occupants. Le contact instantané des pales avec les branchages a causé la désolidarisation et l'éjection, sous l'effet de la force centrifuge, des saumons des pales principales, qui n'ont pas pu être retrouvés.

L'impact au sol a gravement endommagé le train principal droit, entraînant un roulis droit d'environ 20 degrés. Les moteurs tournant encore lors de l'impact, les vibrations ont provoqué la rupture de la poutre de queue et le détachement du train principal droit.

## 2.2 Conditions d'exécution du vol

Après un premier vol dans la matinée, le vol sur Djougou a été effectué dans la même configuration, double pilote. Cependant pour ce 2eme vol, le copilote n'était pas à bord. En lieu et place, fut installé un mécanicien.

Les conditions météorologiques étaient bonnes sur le parcours avec une visibilité réduite en raison de la brume sèche.

La visite médicale du pilote était en cours de validité et à l'examen, le médecin ne trouva aucune anomalie.

L'hélicoptère était à jour ; toutes les visites étaient bien exécutées. Toute défaillance mécanique avant l'impact est écartée.

## 2.3 Analyse des endommagements de la cellule et des organes de transmission de puissance

Deux amortisseurs de traînée des pales ont été endommagés, et un troisième a été complètement détruit et arraché. La rupture de ce dernier est de type statique. Toutefois, son examen ne révèle aucun défaut interne. Seule une brusque et grande charge externe a pu provoquer sa destruction. Un choc brutal de la pale à grande vitesse a pu être à l'origine d'une force tangentielle suffisante pour l'arracher. On note aussi que la boîte de transmission principale (BTP) n'a pas été particulièrement endommagée. Les amortisseurs de traînée n'étant plus efficaces ou absents, les pales principales se sont rompues de la moitié jusqu'au trois quarts de leur envergure, avec cassure des longerons, des nervures et des bords d'attaque, brisure et effilochement des composites des longerons et du revêtement.

Les autres endommagements sur les éléments de fixation des pales résultent de l'inertie des pales lorsque le rotor a été freiné brusquement par la première pale qui a impacté l'arbre.

Seul un impact très violent du train principal sur un sol dur ou une forte vibration dont la fréquence tend vers la fréquence naturelle de l'aéronef (résonnance sol) aurait pu créer une telle rupture en chaine du train d'atterrissage droit, d'une partie du longeron inférieur du fuselage central et la déformation du vérin de commande du train principal droit (Cf. image 5). Ces dégâts sont vraisemblablement dus à une résonnance sol, et l'on peut avec une petite marche d'erreur affirmer que la flexion de la tige de vérin est survenue après la rupture partielle du longeron inférieur droit du fuselage central. Ce faisant, la majeure partie du poids de l'aéronef s'est retrouvée sur le vérin qui progressivement fléchit et occasionna le pivotement du train qui a son tour accentua la surcharge du vérin jusqu'à la désolidarisation totale de l'ensemble.

La forte vibration induite par le rotor principal entraine un mouvement oscillatoire de l'ensemble empennages-rotor dans le plan horizontal. La répétition de ce mouvement oscillatoire combiné à la force induite par le rotor anti couple a occasionné la rupture en fatigue de la queue, entrainant une rupture par torsion de l'arbre de transmission arrière (voir image 7) et une rupture par flexion de la tige de commande de pas du rotor anti couple.

De plus, aucune preuve matérielle n'ayant montré la rotation du fuselage de l'appareil au voisinage du sol (témoignages des passagers concordants à ce sujet), donc absence de perte de contrôle en lacet, le rotor anti-couple était apparemment toujours entraîné jusqu'à l'impact. Enfin, aucune anomalie liée au système de propulsion de l'aéronef n'a été mentionnée par le pilote qui a lui-même éteint les moteurs.

Cependant la position de l'aéronef en approche NE-SW et l'état de l'aire de poser (en chantier), montre qu'il y a une reconnaissante insuffisante du point de poser.

Les manœuvres près du sol qui s'en sont suivies l'ont mis en Brown out du fait de la période de l'harmattan et l'ont obligé à plaquer l'hélicoptère en tentant d'éviter les obstacles.

Image 3 : Pales du rotor principal

Image 4 : Hub du rotor principal

Image 5 : Vérin de commande du train principal droit

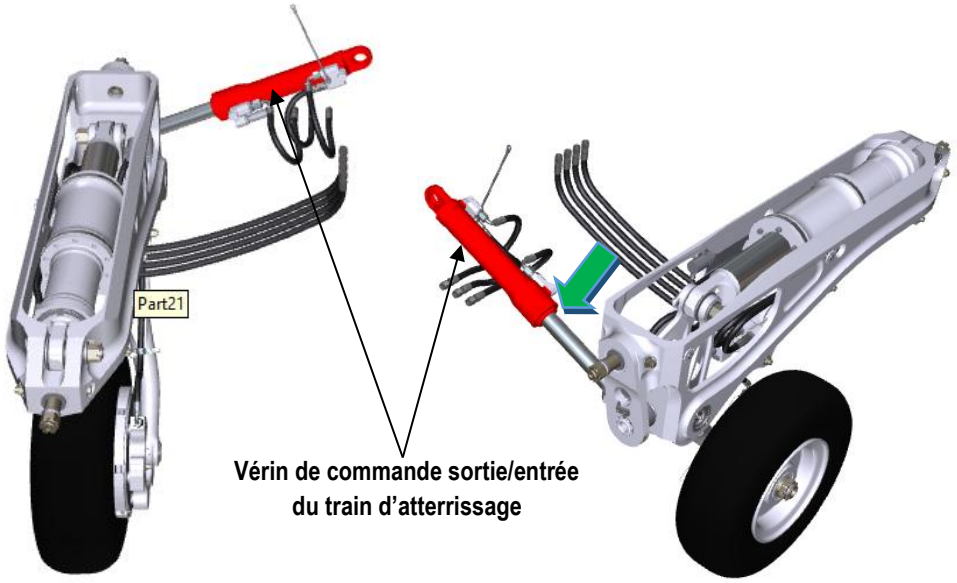


Image 6 : Train principal de l'AW139

Image 7 : Ensemble empennages-rotor anti-couple

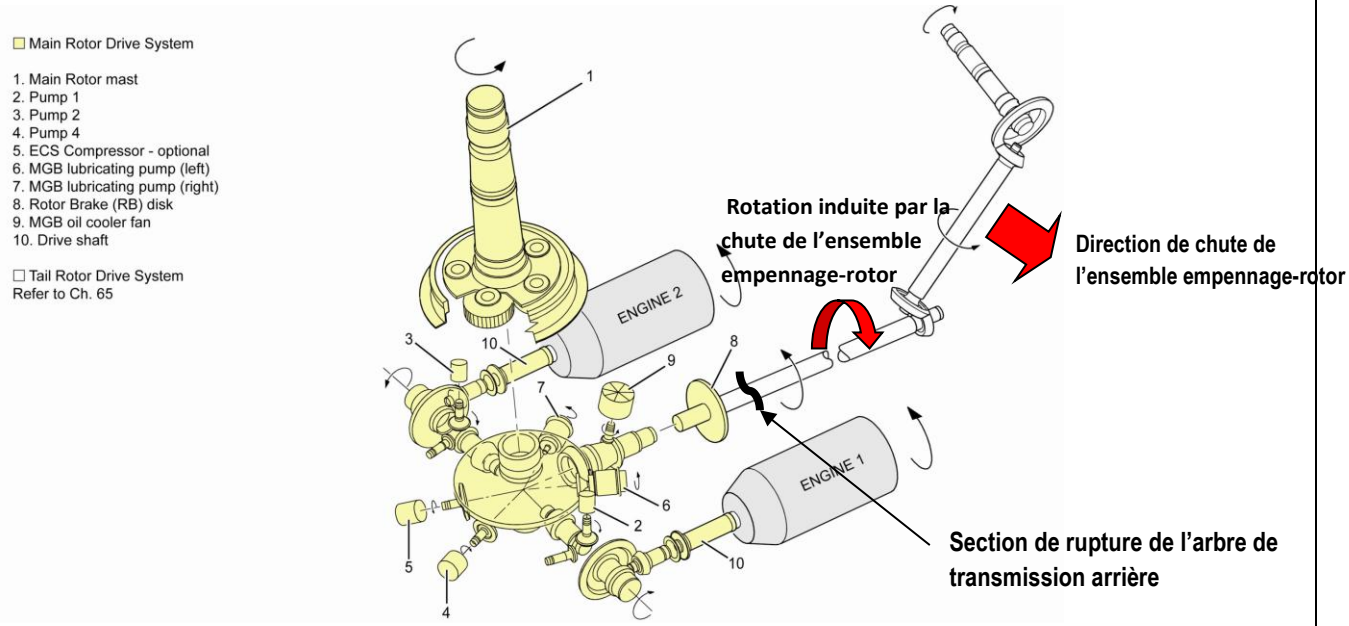


Image 8: Effet de la rupture de l'ensemble empennage-rotor sur l'arbre de transmission arrière

## 3. CONCLUSIONS

### 3.1 Faits établis par l'enquête

- Le pilote détenait le brevet et la licence requis pour entreprendre le vol ;
- L'aéronef possède un certificat de navigabilité (CDN) en état de validité ;
- L'harmattan régnait sur le site de l'accident ;
- Les moteurs étaient à pleine puissance au moment de l'impact au sol ;
- Pas de problème technique ;
- Aucune limitation dans la performance de l'hélicoptère au niveau de la masse et de l'altitude pression au moment du crash.

### 3.2 Les causes probables

- Soulèvement important de poussière qui a enveloppé l'hélicoptère et a fait perdre de repères visuels extérieurs;
- Les pales du rotor principal ont touché les branches d'un arbre qui se trouvait à proximité, entrainant la perte d'équilibre des manœuvres du pilote ;

l'aéronef est tombé sans contrôle.

### 3.3 Facteurs contributifs

- Le fait de marquer le stationnaire près d'un sol non arrosé en période d'harmattan ;
- Vol en mauvaises conditions météorologiques ;
- Vol en « single pilot » pour la première fois ;
- Procédure de « Brown Out » non maitrisé ;
- Pilote en état de fatigue car plus de vacances depuis 18 mois.

## 4. RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

### 4.1 A la Société Nationale des Hydrocarbures du Bénin (ex- SOBEH)

- Évaluer et sélectionner des sites d'atterrissage.
- Former et sensibiliser à la manœuvre en zone dépourvue d'installations aéroportuaires.
- Instituer un programme formel d'entrainement de ses pilotes en conditions de Brownout.
- Rédiger et faire valider un manuel d'exploitation par l'autorité de l'aviation civile.
- Mettre en place une structure formelle pour la gestion du système de sûreté dans tous ses domaines d'activités.

### 4.2 À l'Agence nationale de l'aviation civile (ANAC)

- Veiller à ce que toutes les conditions d'exploitation soient réunies avant toute autorisation d'exploitation en Transport Public de Passager (TPP).

- Établir des normes et directives précises relatives à l'atterrissage sur des héliports non certifiés.
- Imposer une formation obligatoire sur la gestion du Brown out et des approches à faible hauteur en conditions poussiéreuses et météorologiques difficiles. Cette formation pourrait être exigée pour tout pilote d'appareil évoluant dans des régions sujettes à l'harmattan.

## ANNEXES

Quelques images des endommagements de la cellule et des organes de transmission de puissance