

# Bureau Enquêtes Accidents Défense

## RAPPORT PUBLIC D'ENQUETE TECHNIQUE

**BEAD – T – 2003 – 016 - A**



<b>Date de l'événement :</b>	<b>4 juillet 2003</b>
<b>Lieu de l'événement :</b>	<b>Kolimana (Mali)</b>
<b>Appareil :</b>	
Type :	<b>PUMA SA 330 Ba</b>
Numéro	<b>1259</b>
Immatriculation :	<b>F-MCZF</b>
<b>Organisme :</b>	<b>Armée de Terre</b>
<b>Unité :</b>	<b>BATALAT Licorne (Côte d'Ivoire)</b>

## **AVERTISSEMENT**

### **COMPOSITION DU RAPPORT**

Les faits, utiles à la compréhension de l'événement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'analyse des causes possibles de l'événement fait l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes certaines ou possibles. Enfin, dans le dernier chapitre, des propositions en matière de prévention sont présentées.

### **UTILISATION DU RAPPORT**

L'objectif du rapport d'enquête technique est d'identifier les causes de l'accident et de formuler des recommandations de sécurité. En conséquence, l'utilisation exclusive de la deuxième partie de ce rapport et des suivantes à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations abusives et erronées.

## TABLE DES MATIERES

<i>Avertissement</i>	2
<i>Table des matières</i>	3
<i>Glossaire</i>	5
<i>Synopsis</i>	6
<b>1. Renseignements de base</b>	<b>9</b>
1.1. Déroulement du vol	9
1.1.1. Mission	9
1.1.2. Déroulement	9
1.1.2.1. Préparation de la mission	9
1.1.2.2. Préparation du vol	10
1.1.2.3. Mise en route et décollage	11
1.1.2.4. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement	11
1.1.2.5. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire finale du vol	14
1.1.3. Localisation	15
1.2. Tués et blessés	15
1.3. Dommages à l'aéronef	15
1.4. Autres dommages	15
1.5. Renseignements sur le personnel	16
1.5.1. Membres d'équipage de conduite	16
1.5.1.1. Commandant de bord	16
1.5.1.2. Pilote	16
1.5.1.3. Mécanicien navigant	17
1.5.2. Passagers	18
1.6. Renseignements sur l'aéronef	18
1.6.1. Maintenance	18
1.6.2. Performances	18
1.6.3. Carburant	19
1.7. Conditions météorologiques	19
1.7.1. Renseignements météorologiques recueillis avant le décollage	19
1.7.2. Observations	20
1.8. Aides à la navigation	20
1.9. Télécommunications	20
1.10. Renseignements sur l'aérodrome	20
1.11. Enregistreurs de bord	20
1.12. Renseignements sur l'épave et sur l'impact	21
1.12.1. Collision avec le sol	21
1.12.2. Examen de la zone	22
1.12.2.1. Situation d'ensemble	22
1.12.2.2. Vue d'ensemble	23
1.12.2.3. Zone de l'épave	24
1.13. Renseignements médicaux et pathologiques	26
1.13.1. Membres d'équipage de conduite	26
1.13.1.1. Commandant de bord	26
1.13.1.2. Pilote	26
1.13.1.3. Mécanicien navigant	26
1.13.1.4. Les passagers	27
1.14. Incendie	27
1.15. Survie des occupants	28
1.15.1. Abandon de bord	28
1.15.2. Organisation des secours	29
1.16. Renseignements sur les organismes et la gestion	29
1.17. Renseignements supplémentaires	29

1.18. Techniques d'enquête utiles ou efficaces _____	29
<b>2. Analyse _____</b>	<b>30</b>
2.1. Analyse des faits _____	30
2.1.1. Le contexte de la mission _____	30
2.1.1.1. Définition de la mission _____	30
2.1.1.2. Organisation _____	30
2.1.1.3. Programme de la visite préparatoire sur le territoire du Mali _____	31
2.1.1.4. Synthèse du contexte de la mission _____	32
2.1.2. Contexte météorologique. _____	33
2.1.2.1. Les photographies météorologiques prises par satellite _____	33
2.1.2.2. L'onde d'Est _____	35
2.1.2.3. Synthèse du contexte météorologique _____	36
2.2. Enoncé et vérification des hypothèses relatives aux causes de l'événement _____	37
2.2.1. Hypothèses liées à des causes d'origine technique _____	37
2.2.1.1. Au Centre d'Essais des Propulseurs de Saclay (CEPr) _____	37
2.2.1.2. A la société TURBOMECA de Tarnos _____	38
2.2.1.3. A la société THALES CLI de Châtelleraut _____	38
2.2.2. Hypothèses liées à des causes environnementales _____	39
2.2.2.1. Dérogation de masse autorisée par l'OMA _____	39
2.2.2.2. La météorologie _____	40
2.2.2.3. La destruction du rotor _____	43
2.2.3. Hypothèses liées à des causes d'origine humaine _____	45
2.2.3.1. Exploitation des radars météorologiques _____	45
2.2.3.2. Instruction météorologique _____	49
2.2.3.3. Etat d'esprit de l'équipage pour cette mission _____	49
2.2.3.4. Travail en équipage (CRM) _____	50
2.3. Arbre des causes _____	54
2.3.1. Arborescence générale _____	54
2.3.2. Arborescence détaillée _____	55
<b>3. Conclusion _____</b>	<b>56</b>
3.1. Faits établis, utiles à la compréhension de l'événement _____	56
3.2. Causes de l'événement _____	57
<b>4. Recommandations de sécurité _____</b>	<b>58</b>
4.1. Mesures ayant trait directement à l'accident _____	58
4.1.1. Dans le domaine environnemental _____	58
4.1.2. Dans le domaine du facteur humain _____	58
4.2. Mesure de prévention n'ayant pas trait directement avec l'accident _____	59
4.2.1. En ce qui concerne les équipements _____	59
4.2.2. En ce qui concerne l'instruction _____	59
<b>5. Appendices _____</b>	<b>60</b>

## GLOSSAIRE

<b>ALAT :</b>	Aviation légère de l'armée de terre
<b>BEAD :</b>	Bureau enquêtes accidents défense
<b>BATALAT :</b>	Bataillon de l'ALAT
<b>BTP :</b>	Boîte de transmission principale
<b>BIA :</b>	Bureau d'information aéronautique
<b>CEPr :</b>	Centre d'essais des propulseurs
<b>COMALAT :</b>	Commandement de l'aviation légère de l'armée de terre
<b>CRM :</b>	<i>Crew resources management</i> (gestion des ressources de l'équipage)
<b>HIA :</b>	Hôpital interarmées
<b>ESAM :</b>	École supérieure de l'application du matériel (Bourges)
<b>ft :</b>	pied (mesure : 0,3048 m)
<b>METAR :</b>	<i>Meteorological aerodrome report</i> (observation de la météorologie d'un aéroport)
<b>MVAVT :</b>	Mécanicien volant d'aéronef à voilure tournante
<b>NADIR :</b>	Calculateur de navigation du PUMA SA 330
<b>Nm :</b>	Distance en " <i>Nautical Mile</i> " (1 Nm = 1 852 m)
<b>OACI :</b>	Organisation de l'aviation civile internationale
<b>OMA :</b>	Ordre de mission aérien
<b>PIL :</b>	Pilote
<b>PCB :</b>	Pilote commandant de bord
<b>QNH :</b>	Calage altimétrique par rapport à la mer
<b>RAPASAN :</b>	RAPAtérié SANitaire
<b>RHC :</b>	Régiment d'hélicoptères de combat (5 <sup>ème</sup> RHC : Pau Uzein)
<b>UTC :</b>	Heure universelle (également appelée heure Z)

## SYNOPSIS

- Date de l'événement : 4 juillet 2003 aux environs de 09h40 UTC<sup>1</sup>.
- Lieu de l'événement : Kolimana (Mali).
- Armée : armée de terre.
- Grand commandement : BATALAT « Opération Licorne » (Côte d'Ivoire).
- Aéronef : hélicoptère PUMA SA330 Ba (FMCZF n° 1259).
- Nature du vol : vol de mise en place sur l'aéroport de Mopti.
- Nombre de personnes à bord : douze dont : un pilote commandant de bord (PCB), un pilote (PIL), un mécanicien navigant (MVAVT), neuf passagers.

### Résumé de l'événement

Le vendredi 4 juillet 2003 à 08h56, le PUMA SA 330 F-MCZF décolle de Bamako pour une mise en place à Mopti, distant d'environ 472 km, dans le cadre de la préparation d'un voyage présidentiel français. Avant le décollage, le pilote commandant de bord (PCB) a prévu de contourner par le Nord une masse nuageuse constituée en ligne de grains sur le trajet.

Vers 09h30, l'équipage constate qu'il fait face effectivement à une ligne continue de grains et décide de la remonter vers le Nord. Puis, **le PCB prend les commandes avec l'intention de se poser par précaution.** C'est alors que le pilote (PIL) en place droite met en évidence une trouée dans cette barrière orageuse, dans laquelle le PCB décide de s'engager, **renonçant ainsi temporairement à son intention d'atterrissage.**

Après quatre à cinq minutes de vol, un nouvel ensemble de grains entoure la machine. En route au cap 90°, **le PCB décide à nouveau un atterrissage de précaution** en faisant un virage de 180° par la droite. Le vent indiqué par le calculateur de navigation vient du cap 300°, avec une vitesse de 30 à 40 km/h. L'aire de posé choisie est une langue de sable au cap estimé 255°. Sur la pente de descente, à une hauteur comprise entre 70 et 50 mètres, **le PCB change son plan d'actions et**

---

<sup>1</sup> Au Mali : heure UTC = heure locale.

**décide de se poser sur une autre aire plus stabilisée.** Elle est située « dans les deux heures » de l'appareil. Le PCB vire en réduisant sa vitesse.

En finale d'approche (au cap 315°), à une hauteur d'environ 20 mètres, **l'hélicoptère s'enfonce brutalement, malgré les actions du PCB.** A 09h40, l'aéronef percute vivement le sol, glisse, puis se couche sur le côté gauche.

L'ensemble des personnels évacue. Certains sont blessés.

Trois à cinq minutes après l'accident, une forte pluie orageuse s'abat sur les rescapés : elle est poussée par un vent fort en provenance d'un secteur Sud/Sud-Est.

### **Organisation de l'enquête**

Le vendredi 4 juillet 2003, vers 15h00, un appel téléphonique du commandement de l'aviation légère de l'armée de terre (COMALAT) notifie au BEAD l'accident de cet hélicoptère PUMA au Mali.

L'événement est classé accident aérien par le BEAD, en concertation avec le COMALAT.

Un enquêteur du BEAD est désigné ainsi qu'un adjoint. Trois experts sont demandés au COMALAT (un pilote et un mécanicien experts de la machine, un médecin du personnel navigant).

Le samedi 5 juillet 2003, la commission d'enquête décolle de l'aéroport Charles de Gaulle pour se rendre au Mali. Elle se pose à Bamako à 20h15 locale (au Mali l'heure locale est en concordance avec l'heure universelle (UTC)).

### **Enquête technique**

- Président de la commission d'enquête : un officier enquêteur du Bureau enquêtes accidents défense (BEAD).
- Composition de la commission d'enquête :
  - ⇒ un officier pilote du 5<sup>ème</sup> RHC,
  - ⇒ un officier mécanicien du 5<sup>ème</sup> RHC,
  - ⇒ un médecin du personnel navigant de l'ESAM.

### **Enquête judiciaire**

Le Tribunal aux armées de Paris n'a pas déclenché d'enquête judiciaire.

Une enquête judiciaire a été menée par la République du Mali. L'affaire a été classée « sans suite » par le Procureur de la République du Tribunal de 1<sup>ère</sup> Instance de Koulikoro.

Ce dossier a fait l'objet d'un classement sans suite par le Tribunal aux affaires militaires de Paris.

# 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

## 1.1. DEROULEMENT DU VOL

### 1.1.1. Mission

Indicatif mission	F-MCZF
Type de vol	Vol de mise en place sur l'aéroport de Mopti
Type de mission	Reconnaitances au profit du service du Protocole de l'Élysée
Dernier point de départ	Aéroport de Bamako (Mali)
Heure de départ (UTC)	08h56
Point d'atterrissage prévu	Aéroport de Mopti (Mali)

### 1.1.2. Déroulement

#### *1.1.2.1. Préparation de la mission*

A Abidjan (Côte d'Ivoire) le 1<sup>er</sup> juillet 2003, l'officier opérations du bataillon de l'aviation légère de l'armée de terre (BATALAT) "Licorne" signe l'ordre de mission aérienne (OMA). Celui-ci prescrit une mission de reconnaissance au Mali pour la préparation d'un voyage présidentiel français prévu en octobre 2003.

Cet OMA précise que la mise en place à Bamako et le retour à Abidjan de l'hélicoptère se feront par voie aérienne (TRANSALL C 160). Il autorise les vols sous dérogation de masse jusqu'à 7,4 tonnes. Cette dérogation était préalablement accordée au BATALAT dans le cadre de la mission opérationnelle "Licorne".

Les moyens du BATALAT en place à Bamako, le 3 juillet, sont composés d'un hélicoptère PUMA SA 330 BA et de 13 personnels (1 chef de détachement, 3 membres d'équipage, 7 mécaniciens, 1 commissaire, 1 transmetteur).

### 1.1.2.2. Préparation du vol

A Bamako le 3 juillet 2003 à 18h30, le chef de détachement donne les dernières consignes pour la mise en place des personnels sur l'aéroport de la ville de Mopti le lendemain. Cette ville est située dans le Est-Nord-Est pour 255 Nm<sup>2</sup> de Bamako. L'objectif du chef de détachement est d'emmener le maximum de personnes en PUMA, dont une équipe de mécaniciens en cas de panne. Le reste du détachement rejoindra Mopti par voie routière.



Le 4 juillet 2003 à 04h30, trois mécaniciens quittent Bamako pour rejoindre Mopti à bord de deux véhicules 4X4 (pick-up 5 places). Chacun d'eux est conduit par un personnel rattaché à l'ambassade de France. Ils emportent quelques sacs à paquetage et un lot de pièces de rechange pour hélicoptère de manœuvre (HM).

A 08h15, un officier français en coopération au Mali et qui est en charge de l'organisation de cette mission, accompagne le PCB, le chef de détachement et le commissaire à la station météorologique de l'aéroport de Bamako. Le prévisionniste malien expose verbalement la situation.

<sup>2</sup> Unité de mesure – 1Nm = 1852 mètres.

Il donne au PCB un synoptique des vents aux niveaux de vol 50, 100 et 180 (voir annexe 1) sur le trajet Bamako-Mopti.

Il montre **l'imagerie satellite** de 08h00 UTC **qui fait ressortir un amas nuageux à caractère de ligne de grains (front orageux)** situé entre Ségou et Mopti, se déplaçant vers l'Ouest avec une vitesse estimée de 10 à 15 kt.

Puis il présente le scope du **radar météorologique sol** du terrain de Bamako. Un arc d'échos orageux de modérés à forts se distingue à l'Est de Bamako, semblant atteindre Ségou. Le météorologiste prévoit l'arrivée de ce front entre le début et le milieu de l'après-midi sur Bamako.

Après l'étude de ces informations et d'un commun accord, le chef de détachement et le PCB **décident de décoller à 09h00 et de contourner éventuellement le front par le Nord si les conditions météorologiques de vol l'exigent.**

#### *1.1.2.3. Mise en route et décollage*

Le PUMA est en configuration réservoirs principaux et 5<sup>ème</sup> bidon de convoyage pleins. Le temps de vol jusqu'à Mopti est estimé à 02h15 (220 km/h) pour une autonomie de 02h30.

A 08h40, le PCB demande à la tour de contrôle de l'aéroport de Bamako (fréquence 118.300) la mise en route. Il y a douze personnes à bord de l'appareil (3 membres d'équipage, 4 mécaniciens, le chef de détachement, 1 transmetteur et trois passagers). La masse calculée par l'équipage est de 7140 kg (masse recalculée par la commission d'enquête : 7230 kg).

A 08h56, le PIL effectue un décollage roulé en piste 06. Il prend la direction de Mopti au cap 060°, en montée vers l'altitude de 2000 ft.

#### *1.1.2.4. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'événement*

**Le pilote en place droite (PIL)** assure le pilotage de l'appareil au départ de Bamako. Parvenu à la hauteur de 300 m/sol, la tour de contrôle lui demande de passer sur la fréquence de l'approche. A 25 Nm du point de départ, **le PCB clôture avec l'aérodrome** de Bamako et aperçoit au loin sur l'itinéraire **une barrière nuageuse conséquente**. Cela est immédiatement confirmé par l'écran du radar météorologique de bord (des taches rouges et vertes apparaissent en haut et à droite de l'écran, à 80 Nm).

Après environ 30 minutes de vol durant lesquelles le PUMA a suivi la rive sud du fleuve Niger, l'appareil arrive à une distance d'environ à 20 km du front. L'équipage constate que contrairement à ce qu'il prévoyait la masse nuageuse s'érige en un mur continu qui monte beaucoup plus loin vers le Nord, leur barrant ainsi la route. La base des nuages est jaune : les vents puissants dans ces cumulo-nimbus soulevant du sable. **Le PCB décide alors de contourner le front par le Nord**, en prenant un cap 030° parallèle à la ligne de grains. Après 2 à 3 minutes de vol dans cette direction, conscient de l'autonomie limitée de l'aéronef, **le PCB prend les commandes en vue d'effectuer un atterrissage de précaution**. Il débute un virage à gauche avec l'intention de se poser en avant du front orageux. La hauteur sol de l'appareil est à ce moment-là de 150 m.

Dès le début du virage, **le PIL annonce** à l'équipage une interruption dans la ligne de grains : une "**trouée**" **plus claire** de 2 km de large environ, qui semble comme coupée au couteau. La visibilité horizontale qui s'était réduite à 5 km à l'approche du front, semble s'étendre à 8 km à travers cette « porte ».

**Le PCB, toujours aux commandes, décide en conséquence de poursuivre la mission en s'engageant dans la percée annoncée par le PIL**. Par mesure de précaution, il réduit la vitesse vers 180 km /h et fait effectuer les actions vitales avant atterrissage (incluant la sortie des trains d'atterrissage). Il demande au PIL de le suivre aux commandes pour prévenir d'éventuelles turbulences. Le vent, relevé par le PCB, est d'Ouest pour 70 km/h. Le franchissement de cette ligne de nuages s'effectue sans difficultés, dans des flux d'air relativement stables, et **la visibilité s'améliore pour atteindre 8 km**.

Pendant 4 à 5 minutes le vol se déroule au cap 060°, à 150 m/sol et à une vitesse comprise entre 180 et 240 km/h en fonction de la visibilité. Le vent est toujours de secteur Ouest, mais avec une force revenue à 40 km/h. **Puis une nouvelle ligne de grains barre la route** du PUMA. La visibilité se réduit à nouveau et le PCB distingue un important cumulonimbus à ses 11 heures, distant de 2 à 3 km. Simultanément la pluie vient cingler le cockpit. **Le PIL, en place droite, annonce que la visibilité paraît meilleure de son côté** sur 5 à 6 km. **Le PCB, toujours aux commandes, décide à nouveau de se poser** en effectuant un virage à 180° par la droite. Le train d'atterrissage est toujours

sorti et les surpuissances sont enclenchées ; le transfert du 5<sup>ème</sup> bidon se termine; le vent relevé au NADIR vient du 300° pour 30 à 40 km/h.

La mise en descente et la réduction de vitesse sont débutées dès l'amorce du virage. Le PUMA contourne le village de Kolimana. Lorsque l'appareil passe au cap Sud après un virage de 90°, le MVAVT perçoit à 1,5 km devant lui une aspiration de l'eau du fleuve Niger orientée vers l'aéronef témoignant de mouvements convectifs importants mais n'attire pas l'attention des autres membres d'équipage sur ce phénomène.

**Le PCB désigne alors l'aire de posé** qu'il a choisie et qui est constituée par une langue de sable orientée Est/Ouest (cap 255°), le long d'un bras du fleuve.

Parvenu à une hauteur comprise entre 70 et 50 mètres du sol et au cap 255°, le sable qui constitue la première zone de posé présentant un risque d'enfoncement pour le PUMA, **le PIL propose de changer d'aire de posé** et de s'orienter vers une zone verte située à ses 2 heures. Celle-ci est matérialisée par deux arbres en boule à l'entrée.

**Le PCB approuve et vire** vers la droite en réduisant encore sa vitesse de translation tout en poursuivant la descente.

Quelques secondes plus tard, à une hauteur d'environ 20 mètres et à une centaine de mètres de distance du point de posé prévu, **le PUMA s'enfonce brusquement** verticalement. Le PCB agit aux commandes, se concentrant sur le point d'impact en essayant de maintenir l'aéronef à plat pour toucher le sol "trois points".

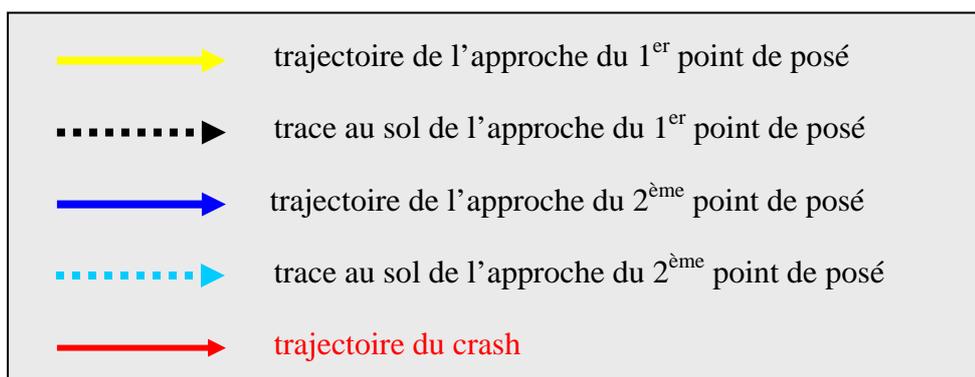
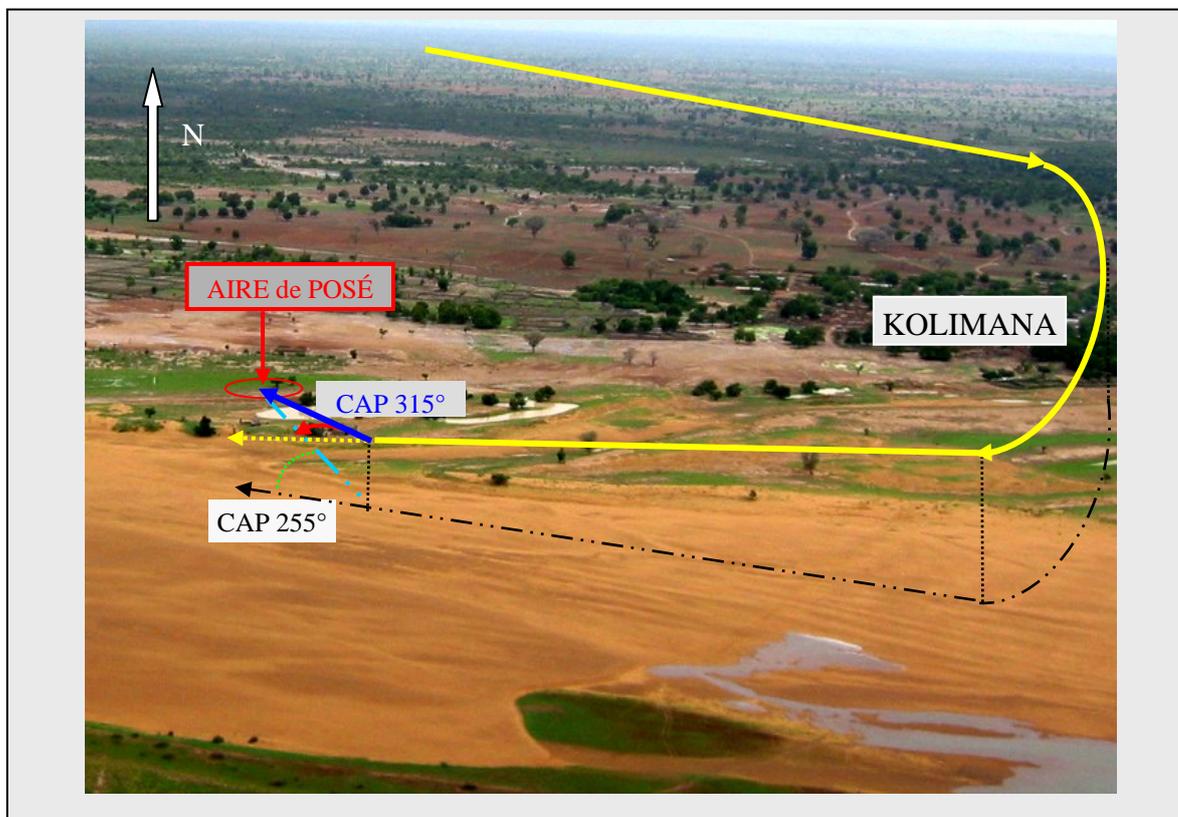
A 3 ou 4 mètres du sol le PCB tire le pas général jusqu'à une valeur de 17 à 18° pour amortir le choc. Dans le dernier mètre avant l'impact, **le rotor principal entre en contact avec un arbre** situé sur une butte, 5 mètres à droite de la trajectoire de descente. A 09h40, **le PUMA s'écrase** à plat et violemment au sol. Les trains d'atterrisseurs se cassent à l'impact. L'appareil glisse, effectue un quart de tour à gauche, **puis se couche sur le flanc gauche**, la poutre de queue séparée de la cellule.

L'ensemble des personnels arrive à évacuer.

Quelques minutes après l'accident, une forte pluie orageuse s'abat sur les rescapés : elle est poussée par un vent fort venant du cap 160° environ.

### 1.1.2.5. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire finale du vol

La reconstitution de la trajectoire finale du PUMA n°1259 a été rendue possible grâce aux témoignages de l'équipage et aux relevés faits sur place.



**1.1.3. Localisation**

➤ lieu :

⇒ pays : Mali

⇒ commune : Kolimana

⇒ coordonnées géographiques :

▪ N 13°20'55"

▪ W 006°55'55"

⇒ hauteur/altitude du lieu de l'événement : 300 mètres

➤ moment : jour

➤ aéroport le plus proche au moment de l'événement :

Bamako-Sénou à 80 Nm dans le cap 240° du lieu de l'événement.

**1.2. TUES ET BLESSES**

<b>Blessures</b>	<b>Membres d'équipage</b>	<b>Passagers</b>	<b>Autres personnes</b>
<b>Mortelles</b>	néant	néant	néant
<b>Graves</b>	2	8	néant
<b>Légères</b>	1	0	néant
<b>Aucune</b>	0	1	néant

**1.3. DOMMAGES A L'AERONEF**

L'aéronef est détruit.

**1.4. AUTRES DOMMAGES**

Néant.

## 1.5. RENSEIGNEMENTS SUR LE PERSONNEL

### 1.5.1. Membres d'équipage de conduite

#### 1.5.1.1. Commandant de bord

- âge : 33 ans
- unité d'affectation : 6 RHC, détaché au BATALAT "Licorne"
  - ⇒ fonction dans l'unité : PCB SA330
- spécialité : PCB SA330
  - ⇒ qualification : PCB SA330 depuis le 14 mai 1999, PIL SA 330 depuis août 1997
  - PIL SA342 depuis janvier 1993
  - ⇒ école de spécialisation : EAALAT
  - ⇒ année de sortie d'école : 1993
- heures de vol comme pilote : 2083
  - ⇒ date du dernier vol comme pilote : 3 juillet 2003
  - ⇒ sur ce type d'aéronef : 1277
    - de jour : PIL : 723,8 – PCB : 327,1 – ME : 58,9
    - de nuit : PIL : 116,4 – PCB : 42,3 – ME : 8,6
  - ⇒ sur tous types : 2083
    - de jour : 1864
    - de nuit : 219
- carte de circulation aérienne
  - ⇒ type : vol aux instruments – circulation aérienne générale (VI CAG)
  - ⇒ date d'expiration : 20 mars 2004 (vol à vue le 7 avril 2004)

#### 1.5.1.2. Pilote

- âge : 28 ans
- unité d'affectation : 5 RHC, détaché au BATALAT "Licorne"
  - ⇒ fonction dans l'unité : PIL SA330
- spécialité : PIL SA330

- ⇒ qualification : PIL SA330 depuis juillet 2000, PIL SA342 depuis novembre 1997
- ⇒ école de spécialisation : EAALAT
- ⇒ année de sortie d'école : 1997
- heures de vol comme pilote : 945
  - ⇒ date du dernier vol comme pilote : 24 juin 2003
  - ⇒ sur ce type d'aéronef : 470
    - de jour : 413
    - de nuit : 57
  - ⇒ sur tous types : 945
    - de jour : 825
    - de nuit : 120
- carte de circulation aérienne : 1260/00
  - ⇒ type : vol aux instruments – circulation aérienne générale (VI CAG)
  - ⇒ date d'expiration : 20 août 2003

### ***1.5.1.3. Mécanicien navigant***

- âge : 40 ans
- unité d'affectation : 5 RHC, détaché au BATALAT "Licorne"
  - ⇒ fonction dans l'unité : chef de piste SA 330
- spécialité : MVAVT SA330
  - ⇒ qualification : MVAVT depuis le avril 1992
  - ⇒ école de spécialisation : EAALAT
  - ⇒ année de sortie d'école : 1992
- heures de vol comme mécanicien navigant : 2000
  - ⇒ date du dernier vol comme mécanicien navigant : 2 juillet 2003
  - ⇒ sur ce type d'aéronef : 2 juillet 2003
    - de jour : 2 juillet 2003
    - de nuit : 11 juin 2003

### 1.5.2. Passagers

- 9 passagers.

## 1.6. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERONEF

- **Armée** : armée de terre,
- **Commandement opérationnel d'appartenance** : "Opération Licorne",
- **Base aérienne de stationnement** : Abidjan (Côte d'Ivoire),
- **Type d'aéronef** : PUMA SA 330 Ba :  
configuration : radar météo, 5ème bidon, sans armement.

	Type	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis	Heures de vol depuis	Dégâts
<b>Cellule</b>	SA 330	1259	586	EMJ : 586	VP P2 : 136,4	Détruit
<b>Moteur</b>	TURMO III C4	T1 : 2266 T2 : 2491	T1 : 1758,8 T2 : 1823,7	Neufs	VP P2 T1 : 10/102/02 T2 : 12/02/03	Expertise demandée

VP P2 = visite périodique 500 h

T1 : turbomoteur gauche

EMJ = entretien majeur

T2 : turbomoteur droit

### 1.6.1. Maintenance

L'aéronef est entretenu conformément à la documentation technique.

La documentation technique est tenue avec rigueur.

### 1.6.2. Performances

La masse de l'appareil a été déterminée en prenant en compte les éléments suivants :

- poids à vide : 4210 kg,
- carburant : 1600 kg,  
(structural + 5<sup>ème</sup> bidon : 1550 l + 450 l),
- 12 personnels : 960 kg,
- paquetage (estimation à 20 kg par personne) : 240 kg,
- blindage cabine et sièges blindés équipages : 134 kg,
- eau : 20 kg,
- civière : 10 kg,

- lot dépannage : 50 kg,  
(estimation d'après les auditions des mécaniciens)
- valise mini M (téléphonie par satellite) : 10 kg,
- bidon de convoyage : 26 kg,
- A DEDUIRE :
- tapis de soute et documentation 2° partie : - 30 kg.

**La masse totale de l'appareil était donc de 7230 kg.**

### 1.6.3. Carburant

- type de carburant utilisé : TR0 - F34,
- quantité de carburant au décollage : 2000 litres.

## 1.7. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

### 1.7.1. Renseignements météorologiques recueillis avant le décollage

Avant le décollage, le PCB et le chef de détachement accompagnés de deux passagers, se sont rendus aux services d'aéroport de Bamako vers 08h00.

Les éléments météorologiques auxquels ils ont eu accès le matin à 08h00, avant le décollage, sont les suivants :

- **un exposé verbal** du prévisionniste de l'aérodrome de Bamako-Sénou étayé par **l'imagerie par satellite** du MALI à 08h00 UTC (voir annexe 1),
- le scope du **radar météorologique sol** de l'aéroport à 08h00 UTC.  
Cette représentation des échos radar, d'un rayon de 400 km, montrait un amas orageux à caractère de ligne de grains avec échos modérés à forts. Compris entre Ségou (230 km) et Mopti (410 km), il se déplaçait vers l'Ouest et était prévu d'atteindre Bamako entre le début et le milieu de l'après-midi.
- le METAR de Bamako à 08h00 UTC : GABS 08h00Z VRB01KT CAVOK 25/25 Q 1014,
- le METAR de Mopti à 08h00TU : GAMB 08h00Z 27011KT CAVOK 25/21 QFE 980 QNH 1012,

- les vents sur le trajet entre Bamako et Mopti aux niveaux 50, 100 et 180 (annexe 2).

Le PCB et le chef de détachement estimaient, à partir de l'observation du radar météorologique sol de portée 400 km, que ce front orageux était entièrement au Sud de l'itinéraire prévu.

### 1.7.2. Observations

L'onde d'Est a atteint Bamako vers 11h30 :

- Le METAR de Bamako à 11h00 annonce son arrivée.

GABS **08037G56KT 1500** SCT030 FEW033CB OVC120 19/// Q1018 :

le front de rafales qui précède l'onde d'Est (parfois de 35 km) est établi avec **un vent moyen de 37 KT et des rafales à 56 KT venant du cap 80°**, une visibilité de **1500 mètres**.

- Le METAR de 12h00 indique que l'onde d'Est est sur Bamako.

GABS **09018KT 6000-TSRA** FEW030 FEW033CB OVC120 20/// Q1017 :

le vent est stabilisé à **18 KT au cap 90°**, la visibilité horizontale est de **6000 mètres**.

## 1.8. AIDES A LA NAVIGATION

Pour la navigation, l'équipage se servait d'un Global Positioning System (GPS) GARMIN 3+<sup>3</sup>. **Cet instrument personnel appartenait au PCB.**

## 1.9. TELECOMMUNICATIONS

L'équipage avait en sa possession une valise « Mini M » de communication par satellite. Celle-ci permet d'avoir une liaison téléphonique à partir de tout point de la terre (délai de mise en œuvre inférieur à 5 minutes). Elle leur a permis de donner l'alerte.

## 1.10. RENSEIGNEMENTS SUR L'AERODROME

Sans objet.

## 1.11. ENREGISTREURS DE BORD

Néant.

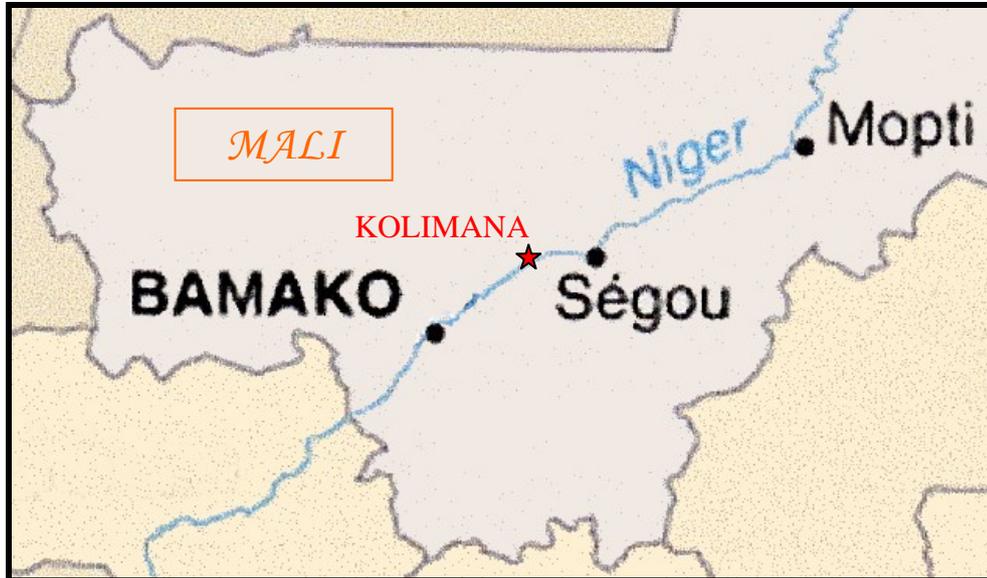
---

<sup>3</sup> La fonction mémorisation de trajectoire avait été désactivée.

## 1.12. RENSEIGNEMENTS SUR L'ÉPAVE ET SUR L'IMPACT

L'accident s'est produit à Kolimana, à 140 km de Bamako et 70 km de Ségou.

Les coordonnées du lieu de l'accident sont : N 13°20'55'' – W 006°55'55''.



### 1.12.1. Collision avec le sol

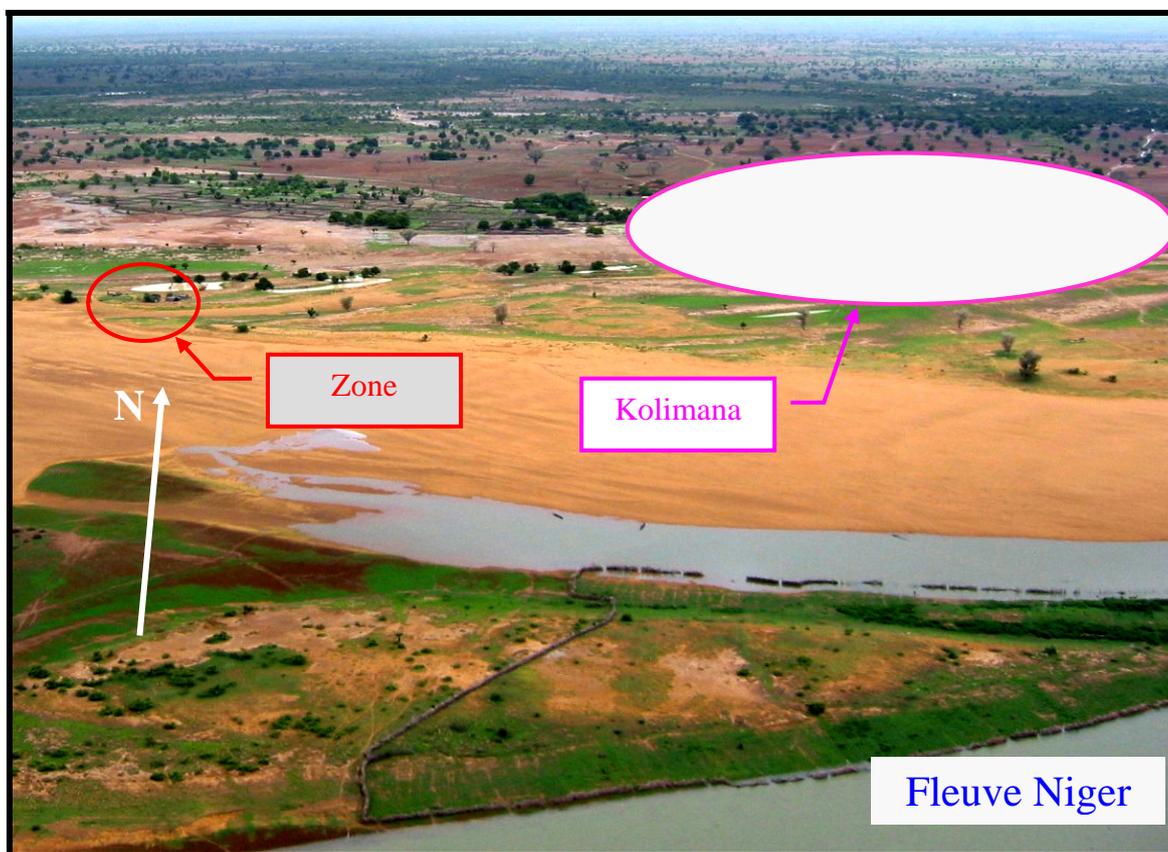


Atterrissage brutal à plat, trains sortis et verrouillés.

Après un rebond, l'hélicoptère se couche sur la gauche. La poutre de queue est rompue.

## 1.12.2. Examen de la zone

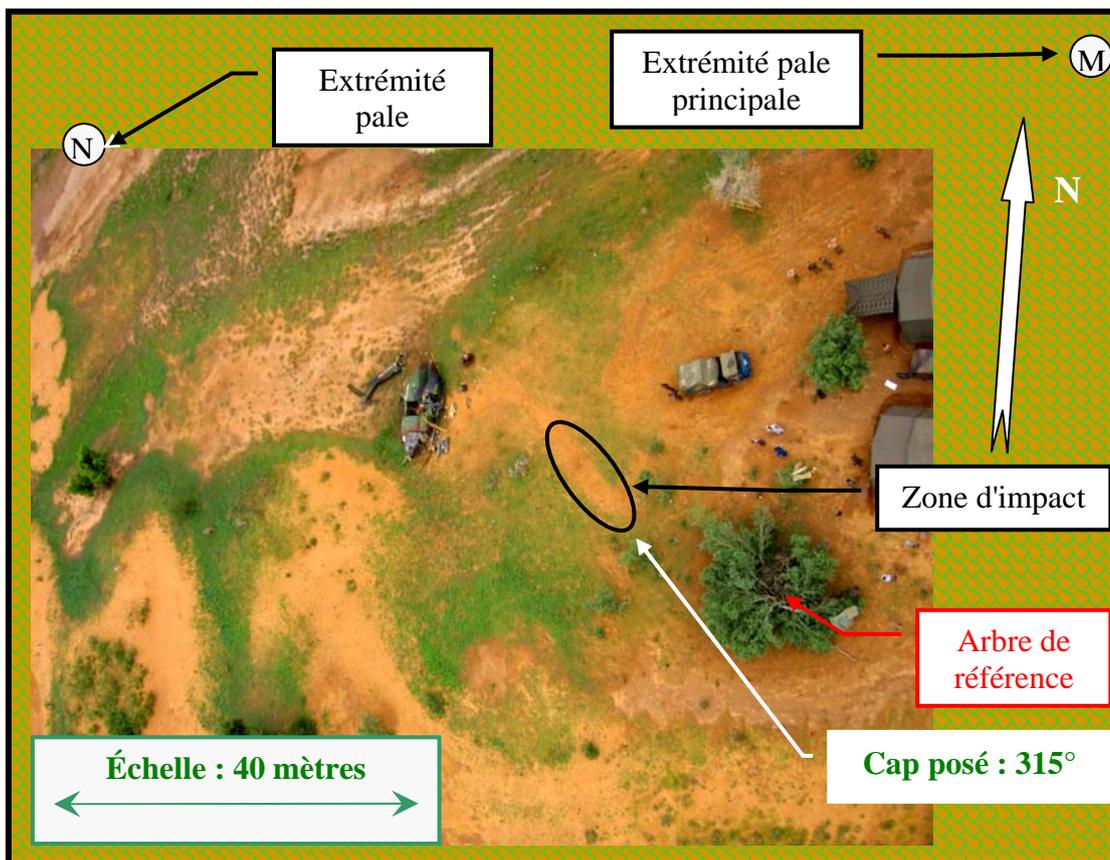
### 1.12.2.1. Situation d'ensemble



Les coordonnées de l'épave sont : N 13°20'55'' – W 006°55'55''.

Elle se trouve à environ 800 mètres à l'Ouest du village de Kolimana, au Nord du fleuve Niger.

1.12.2.2. *Vue d'ensemble*



La zone d'impact est dans le 295° de l'arbre de référence.

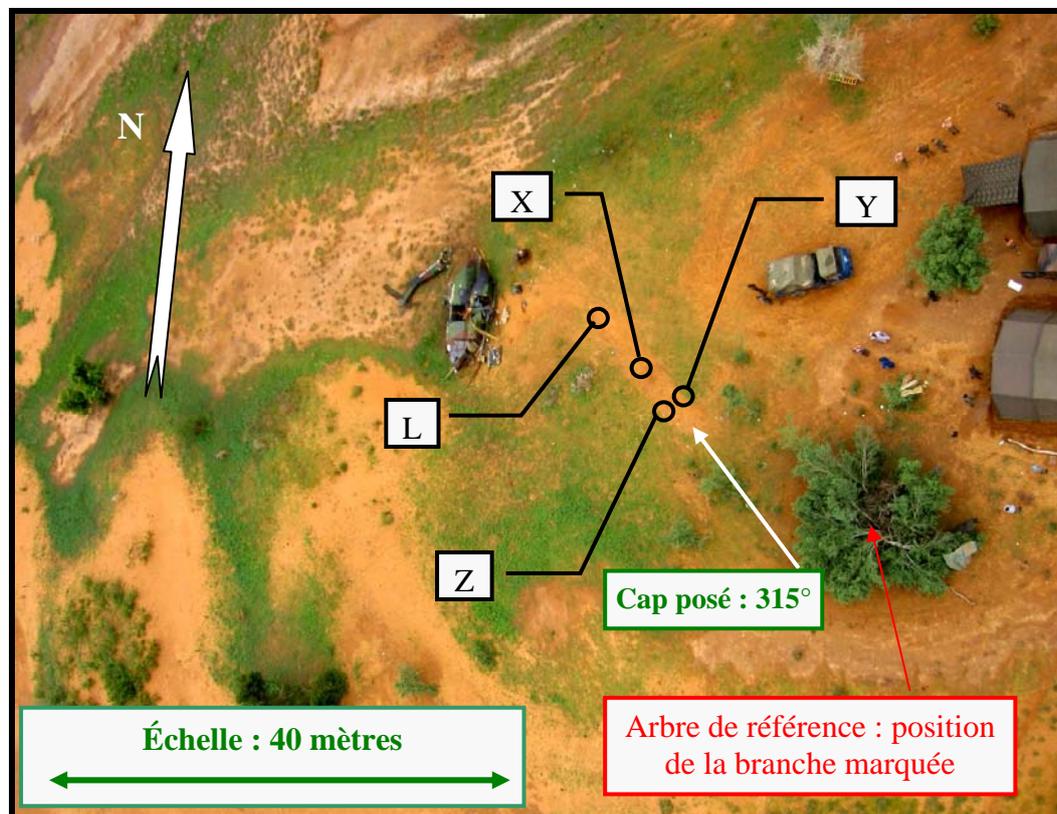
La cellule et la poutre de queue sont groupées dans une zone située à 40 mètres, au cap 300° de l'arbre de référence.

Un morceau de 70 centimètres de l'extrémité d'une pale principale (repère M) est situé à 60 mètres dans le 030° de l'arbre de référence.

Un second morceau de 50 centimètres de l'extrémité d'une seconde pale principale (repère N) est situé dans le 310° à 90 mètres de l'arbre de référence.

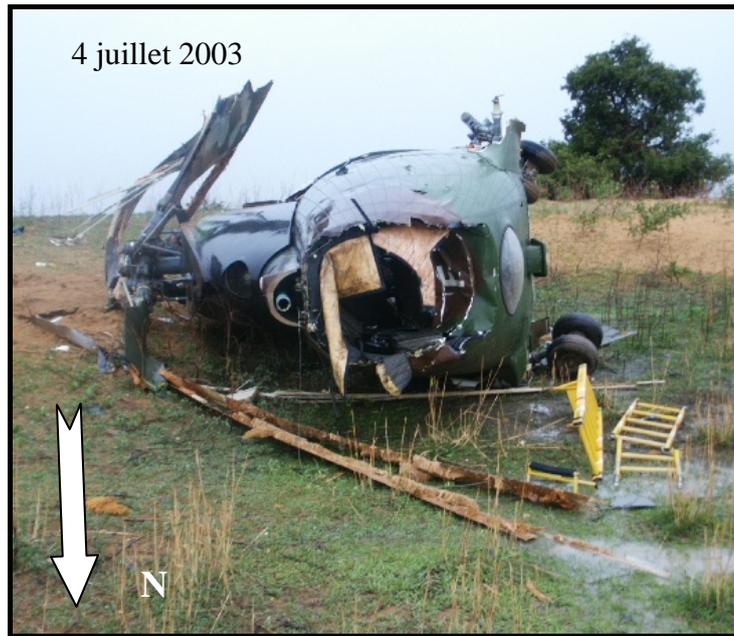
### 1.12.2.3. Zone de l'épave

Constatations sur la zone.

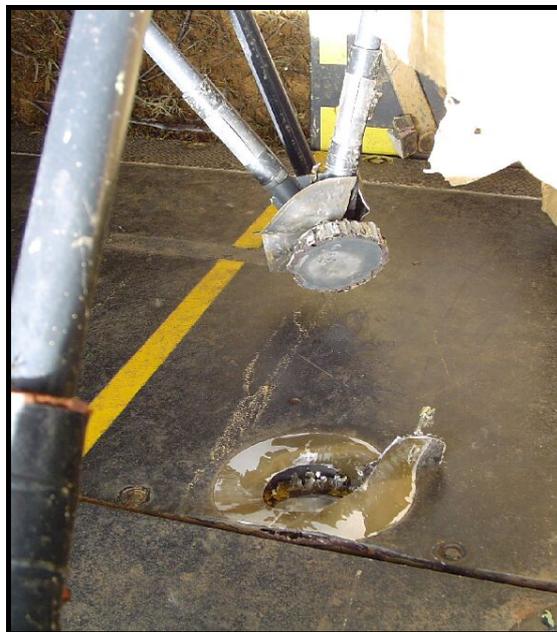


- Une branche maîtresse de l'arbre de référence est cassée au niveau de sa base. Elle porte, sur sa face Nord-ouest et à une hauteur de 4 mètres du sol, des marques de pale reculante.
- Le point d'impact est matérialisé par les empreintes des trains d'atterrissage X, Y et Z sur le plan de la zone. Le train auxiliaire a laissé une empreinte (X) d'une longueur d'un mètre, orientée Nord-est, qui débute à 20 mètres de l'arbre.
- Le point L représente des éclats de verre du phare avant escamotable.

### Constatations au niveau de l'appareil.



- Les pales principales ne sont pas disloquées mais "enroulées" autour du mat de rotor principal.
- La poutre de queue est séparée de la cellule au niveau du cadre 9000.



Le réservoir longitudinal droit est percé au niveau de la fixation au plancher du siège quadrille avant droit. La modification par renforcement du plancher soute (FR 1066 et 1067) n'a pas encore été appliquée sur cet appareil.

**L'appareil n'est pas réparable.**

## 1.13. RENSEIGNEMENTS MEDICAUX ET PATHOLOGIQUES

### 1.13.1. Membres d'équipage de conduite

#### 1.13.1.1. *Commandant de bord*

- derniers examens médicaux :
  - ⇒ type : CEMPN PARIS
  - date : 12 novembre 2001, résultat : apte, validité : 24 mois,
  - ⇒ type : Visite Révisionnelle BATALAT « Licorne »
  - date : 2 mai 2003, résultat : apte, validité : 6 mois.
- examens biologiques : non réalisés,
- blessures :
  - ⇒ hématome de la cuisse gauche,
  - ⇒ entorse du genou gauche,
  - ⇒ contusion de la main gauche.

#### 1.13.1.2. *Pilote*

- derniers examens médicaux :
  - ⇒ type : CEMPN BORDEAUX
  - date : 5 février 2002, résultat : apte, validité : 24 mois,
  - ⇒ type : Visite Révisionnelle 5°RHC
  - date : 27 mai 2003, résultat : apte, validité : 6 mois.
- examens biologiques : non réalisés.
- blessures : néant.

#### 1.13.1.3. *Mécanicien navigant*

- dernier examen médical :
  - ⇒ type : CEMPN BORDEAUX
  - date : 14 septembre 2001, résultat : apte, validité : 24 mois,
  - ⇒ type : Visite Révisionnelle 5°RHC
  - date : 25 février 2003, résultat : apte , validité : 6 mois.
- examens biologiques : non réalisés.
- blessures :

- ⇒ fracture comminutive et spiroïde de l'humérus gauche,
- ⇒ fracture comminutive et spiroïde de l'humérus droit,
- ⇒ fracture de la palette humérale droite.

Le MVAVT n'était fixé sur son siège que partiellement par la ceinture abdominale. La fixation droite de son strapontin a été cassée à l'impact. Alors qu'il tendait les bras l'affaissement brutal de son siège à l'impact a provoqué son basculement en avant (pas retenu par la sangle thoracique). Cette réaction à l'impact explique les lésions des membres supérieurs.

#### ***1.13.1.4. Les passagers***

Les blessures des passagers sont récapitulées, en fonction de leur position dans le cargo, dans **l'annexe 3**.

Les lésions sont évocatrices d'un impact vertical avec absorption de l'énergie par la colonne vertébrale. Il en résulte des lésions de types tassements et des fractures des vertèbres de la charnière dorso-lombaire.

Les fractures de côtes peuvent s'expliquer par le choc vertical mais aussi par les pressions exercées par les ceintures lors de la bascule du PUMA.

Le passager en position n°1 (derrière le PIL) souffre d'une plaie occipitale droite et d'un traumatisme crânien. La reconstitution a permis de mettre en évidence qu'il a heurté l'extincteur de bord lors du renversement sur le coté gauche du PUMA.

Un seul passager est indemne, il occupait la place la plus en arrière (position 9). Il est le seul, semble-t-il, à avoir anticipé le choc et à avoir pris une position de « crash ».

## **1.14. INCENDIE**

Néant.

## 1.15. SURVIE DES OCCUPANTS

Les appellations sont les suivantes : les personnels de l'équipage de conduite sont désignés par leur fonction, les passagers sont identifiés par un numéro correspondant à leur position dans le cargo conformément à l'annexe 3.

### 1.15.1. Abandon de bord

Les personnels ont tous quitté l'hélicoptère après l'immobilisation de l'appareil. Aucun personnel n'a été projeté à l'extérieur. Du kérosène s'étant répandu dans la soute à l'impact, l'évacuation s'est faite dans l'urgence. Les personnels craignaient l'incendie de l'aéronef.

Le PUMA étant couché sur le côté gauche, l'évacuation s'est faite par la porte du pilote (à droite) et par la porte cargo droite qui a été éjectée lors de l'impact :

- le PCB et le PIL sont sortis par la porte cabine qui se trouvait au-dessus d'eux. Dans la précipitation, ils n'ont pas débranché leur casque de vol dont les prises de connexions sont restées en place (les câbles ont été sectionnés à 5 cm du branchement).
- les autres personnels sont sortis par la porte cargo droite qui se trouvait au-dessus d'eux.
- trois personnels ont dû être aidés pour sortir :
  - ⇒ le mécanicien navigant, dont les deux membres supérieurs étaient fracturés (l'équipage a voulu, dans un premier temps, le sortir en cassant le plexiglas du cockpit qui a résisté à leurs efforts. Ils ont fini par le tirer par la porte cargo),
  - ⇒ les passagers 1 et 4 qui ont été hissés pour franchir la porte cargo.

Il faut noter que le passager 9 semble avoir quitté l'aéronef le dernier, alors qu'il était indemne.

En soute, tous les passagers ont utilisé leur ceinture.

Le MVAVT était attaché partiellement par la ceinture ventrale, mais pas par la ceinture supérieure (deux points d'ancrage au lieu de trois).

L'équipage a quitté l'appareil sans les gilets de survie qu'ils ne portaient pas sur eux. Ceux-ci étaient en soute, dans leur housse de protection.

Dans un deuxième temps, lorsque tout risque d'incendie a été écarté, le PIL et le passager n°5 ont récupéré tout le matériel personnel et collectif présent dans la soute de l'hélicoptère.

#### **1.15.2. Organisation des secours**

L'organisation des secours est détaillée en annexe 4.

### **1.16. RENSEIGNEMENTS SUR LES ORGANISMES ET LA GESTION**

Sans objet.

### **1.17. RENSEIGNEMENTS SUPPLEMENTAIRES**

Sans objet.

### **1.18. TECHNIQUES D'ENQUETE UTILES OU EFFICACES**

Sans objet.

## 2. ANALYSE

Elle s'articule en trois parties :

- la première partie analyse les faits relatifs aux renseignements de base du premier chapitre,
- la seconde énonce et vérifie les hypothèses relatives aux causes de l'événement,
- la dernière propose une arborescence des causes possibles ou certaines à l'origine de cet accident.

### 2.1. ANALYSE DES FAITS

L'analyse des renseignements de base recueillis fait l'objet de deux domaines principaux :

- le contexte de la mission,
- le contexte météorologique.

#### 2.1.1. Le contexte de la mission

Le contexte de la mission est le suivant :

##### *2.1.1.1. Définition de la mission*

La mission consiste en l'exécution d'un vol de reconnaissance pour une visite officielle du Président de la République française au Niger et au Mali. Celle-ci devait se dérouler en octobre 2003.

Une répétition avec des personnels du service du Protocole de l'Elysée devait se faire au Mali du 04 au 06 juillet 2003.

##### *2.1.1.2. Organisation*

- Cette mission a été confiée au Commandant des Forces de l'Opération "Licorne" stationnée en Côte d'Ivoire, pour ce qui concerne l'hélicoptère à mettre en œuvre au Mali. **Ces moyens ont été placés sous le contrôle opérationnel de l'Attaché de Défense au Mali**, un colonel de la Gendarmerie nationale, pour la durée de la mission.

- le chef d'Etat-major du PC LICORNE précise les moyens et la chronologie de la mission prévue dans une note de service :
  - ⇒ le détachement sera composé de 13 personnes et d'un PUMA SA 330,
  - ⇒ mercredi 2 juillet 2003 matin : transport de l'hélicoptère par voie aérienne, puis remontage avec exécution des contrôles préconisés,
  - ⇒ vendredi 4 juillet 2003 après-midi : mise en place à Mopti (490 km environ de Bamako),
  - ⇒ dimanche 6 juillet 2003 : reconnaissance de la région de Mopti,
  - ⇒ lundi 7 juillet 2003 : retour à Bamako.

- l'officier Opérations du BATALAT signe l'OMA de reconnaissance à destination de Bamako, Mopti et Tombouctou au Mali.

Cet OMA donne la dérogation de vol à une masse comprise entre 7000 et 7400 kg qui est accordée à l'Opération "Licorne" (message n°3070/DEF/COMALAT/BSV /DR du 17 décembre 2002). Cette dérogation est définie dans le manuel d'équipage du PUMA SA 330 Ba (MAT 8580 - chapitre 7.4).

### ***2.1.1.3. Programme de la visite préparatoire sur le territoire du Mali***

Le programme de la visite préparatoire de la délégation du Protocole de l'Elysée, arrêté par l'Attaché de Défense au Mali, est le suivant :

- vendredi 4 juillet 2003 à 19 h 45 : atterrissage à Tombouctou du Mystère 50 de la délégation de la Présidence de la République en charge de la reconnaissance,
- samedi 5 juillet 2003 de 13h00 à 14h00 : transfert de la délégation de Tombouctou à Mopti en Mystère 50,
- dimanche 6 juillet 2003 :
  - ⇒ matin : reconnaissance en hélicoptère du pays Dogon pour huit personnes de la délégation, l'Attaché de Défense au Mali et un assistant militaire français au Mali,
  - ⇒ après-midi : décollage pour Bamako de la délégation en Mystère 50 et de l'hélicoptère.

**L'objectif défini par l'Attaché de Défense au Mali était d'accueillir la délégation le vendredi 4 juillet à 19h45 sur l'aéroport de Tombouctou.**

C'est la raison pour laquelle cet hélicoptère devait réaliser le 04 juillet un plan de charge très tendu dans le temps (BAMAKO, MOPTI, TOMBOUCTOU, MOPTI), ce qui a pu **concourir à ne pas privilégier un report de la mission au regard de la météo.**

#### ***2.1.1.4. Synthèse du contexte de la mission***

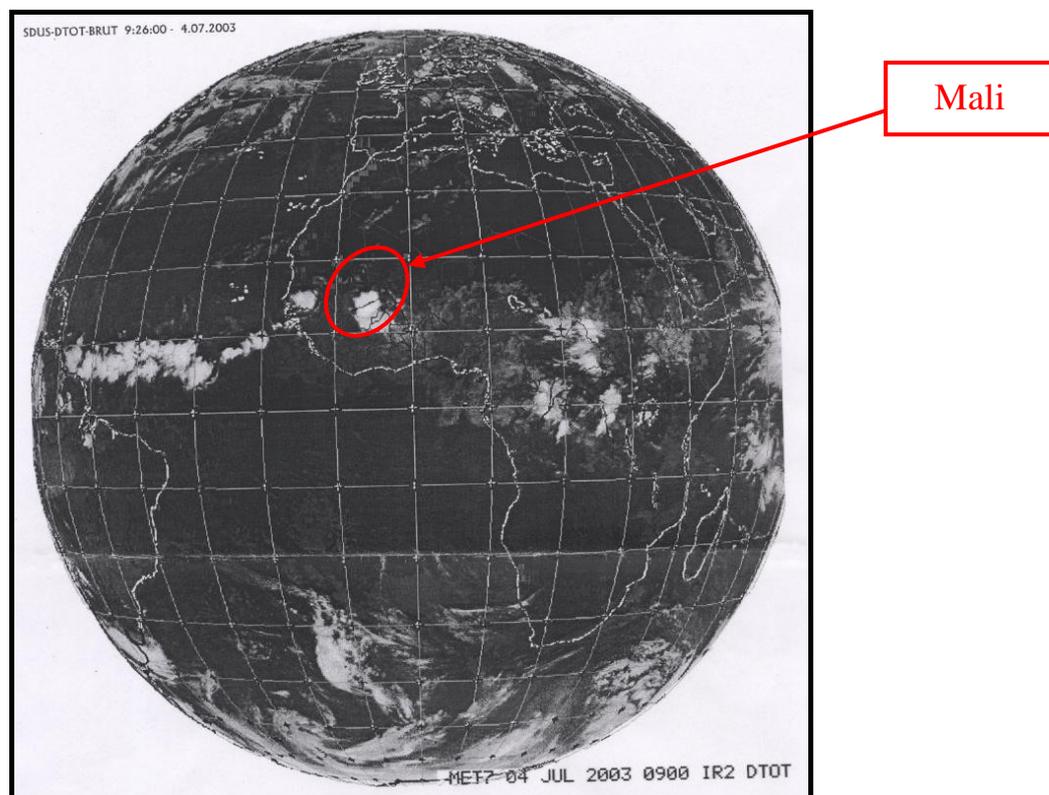
Ainsi, l'organisation du commandement opérationnel relatif à cette mission est la suivante :

- ⇒ mission de reconnaissance pour une visite présidentielle placée sous le contrôle opérationnel du commandant de l'opération "Licorne",
- ⇒ élaboration de l'ordre de mission aérienne (OMA) par le chef du DETALAT,
- ⇒ mise à la disposition des moyens aériens du DETALAT à l'Attaché de défense du Mali, sous le contrôle opérationnel du chef de détachement.

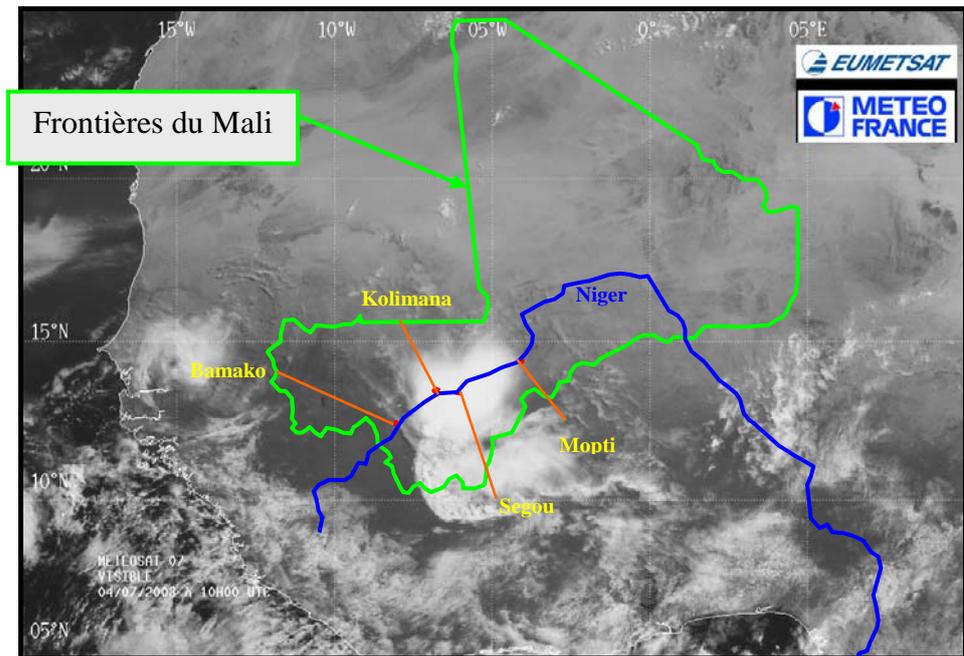
## 2.1.2. Contexte météorologique.

### 2.1.2.1. Les photographies météorologiques prises par satellite

- Photographie météorologique du continent africain à 09h00 UTC :



➤ Photographie météorologique de l'Afrique de l'Ouest à 10h00 UTC

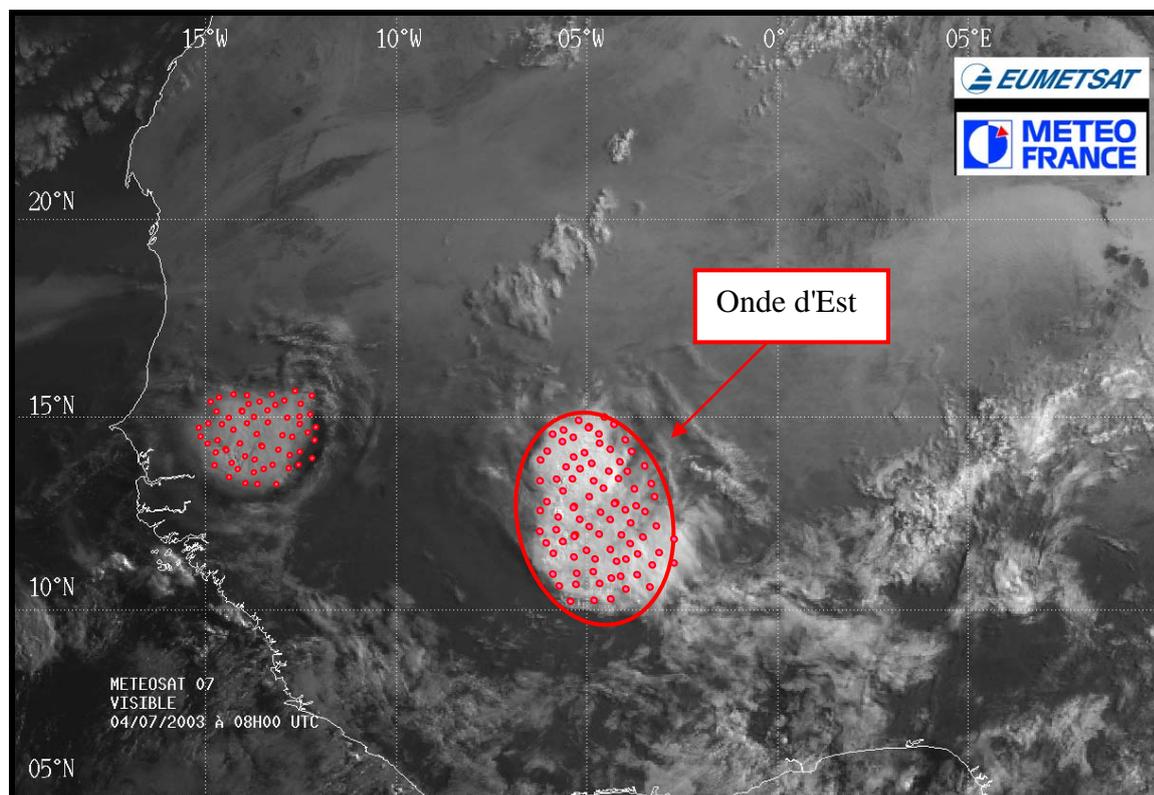


L'évolution de la météorologie, entre 08h00 et 10h00, est représentée en annexe 5.

**Les observations faites permettent de déterminer que, durant cette période, le Mali est traversé par un phénomène météorologique tropical appelé onde d'Est.**

### 2.1.2.2. L'onde d'Est

Sur le continent africain entre les latitudes 20° N et l'Equateur, tout au long de l'année mais particulièrement en été, se forment des perturbations constituées d'agglomération de cellules orageuses alignées suivant un front orienté NNE-SSW. Elles se déplacent d'Est en Ouest à une vitesse de 15 à 25 kt.



Ces perturbations orageuses, ou lignes de grains, sont appelées ondes d'Est.

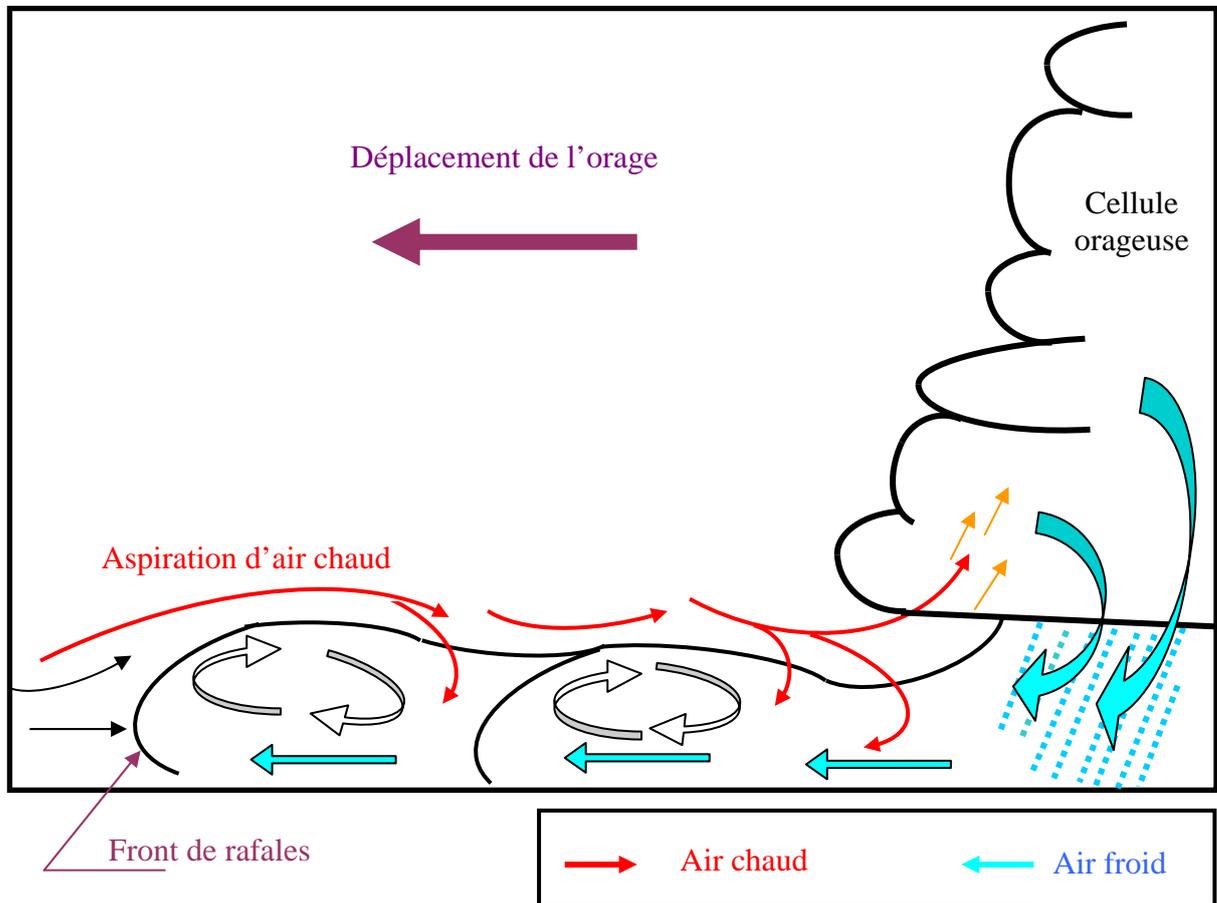
Elles prennent naissance sur le massif éthiopien et se déplacent vers l'Ouest jusqu'aux côtes Occidentales de l'Afrique. Leur longueur est comprise entre 300 et 500 km.

Durant l'été boréal, ces ondes d'Est sont particulièrement actives et leur zone d'activité est axée sur le 11° N.

A l'avant d'une cellule orageuse se trouve un front de rafales. Ce front est le bord antérieur de l'air dense et froid provenant du courant rabattant orageux qui atteint le sol et s'étale en toutes directions, en s'insinuant sous l'air plus chaud et moins dense qui l'entoure.

Ce front de rafales peut précéder la cellule orageuse de 35 km dans les régions tropicales. L'épaisseur de la masse d'air froid dans le plan vertical pouvant atteindre 1000 m.

**Coupe d'une onde d'Est, au niveau d'une cellule orageuse**



- Le changement de direction du vent dans le plan vertical atteint souvent 180°. La vitesse du vent qui suit le passage du front de rafales peut atteindre 50 kt.
- Certaines de ces ondes, particulièrement actives, peuvent donner naissance à de véritables circulations cycloniques fermées.

***2.1.2.3. Synthèse du contexte météorologique***

Au moment de l'accident, l'hélicoptère était engagé dans un phénomène météorologique subtropical appelé "onde d'Est". Cette perturbation composée de cellules orageuses est le siège de phénomènes aérologiques particulièrement violents.

## **2.2. ENONCE ET VERIFICATION DES HYPOTHESES RELATIVES AUX CAUSES DE L'EVENEMENT**

L'analyse des faits, des déclarations de l'équipage et des passagers, des informations météorologiques recueillies et des investigations techniques menées, permet d'étudier plusieurs hypothèses sur les causes de cet événement.

Elles sont exposées en trois parties en fonction de leur origine :

- technique,
- environnementale,
- humaine.

### **2.2.1. Hypothèses liées à des causes d'origine technique**

Compte tenu de l'enfoncement brutal de l'hélicoptère à partir d'une hauteur d'environ 20 mètres, et malgré la faible probabilité d'une défaillance des moteurs, il a néanmoins été décidé de procéder à des expertises techniques.

Celles-ci ont porté sur :

- l'analyse des fluides,
- les deux groupes turbomoteurs (GTM) et la Boîte de Transmission Principale (BTP),
- les deux régulateurs de carburant,
- le calculateur de navigation « NADIR ».

#### **2.2.1.1. Au Centre d'Essais des Propulseurs de Saclay (CEPr)**

Différentes expertises ont été menées au CEPr :

- l'analyse des fluides (huiles, kérosène, hydraulique) et du filtre à huile BTP.

**Aucune anomalie n'a été relevée** (référence : rapport d'investigation CEPr n°87-IP-03 du 28 octobre 2003).

- le système de propulsion :
  - ⇒ le GTM gauche (T1 n°2266),
  - ⇒ le GTM droit (T2 n°2491),
  - ⇒ la BTP.

Les conclusions sont :

Les deux turbomoteurs Turmo III C4 **sont en état de fonctionnement** au moment de l'impact. Ils ne présentent aucun indice qui laisse supposer qu'ils ne fournissaient pas la puissance requise à cet instant. **La BTP et ses roues libres sont en parfait état de fonctionnement** (référence : rapport d'investigation CEPr n°101-IP-03 du 5 janvier 2004).

#### ***2.2.1.2. A la société TURBOMECA de Tarnos***

- Les deux régulateurs de carburant.

Un dérèglement d'un des régulateurs carburant aurait pu se traduire par une réduction des performances globales de la machine.

Les expertises menées par le constructeur TURBOMECA à Tarnos, ont permis de déterminer que **chaque régulateur était en état de fonctionnement** (références : rapports techniques TURBOMECA n°T03/CR856F et T03/CR857F du 8 janvier 2004).

#### ***2.2.1.3. A la société THALES CLI de Châtelleraut***

- Le calculateur de navigation « NADIR ».

Le sens du vent mémorisé par l'équipage à une altitude de 40 mètres, au cours du virage autour du village, était diamétralement opposé à celui constaté après l'accident, au niveau du sol.

Le calculateur de navigation « NADIR » a donc été expertisé, afin de restituer, si possible, les derniers paramètres de vent mémorisés. Au cours de cette expertise il a été possible de s'assurer du bon état de la pile de sauvegarde des informations et du bon état apparent de l'équipement. Cependant et malgré ces premières informations positives, la mémoire de sauvegarde est trouvée effacée, vraisemblablement suite à l'impact (rapport technique THALES n°CSS/QOP/03/002873 du 18 novembre 2003).

Aucune des expertises menées n'a donc mis en exergue de dysfonctionnement technique.

L'hypothèse relative à des causes d'origine technique est **REJETEE**.

## 2.2.2. Hypothèses liées à des causes environnementales

### 2.2.2.1. Dérogation de masse autorisée par l'OMA

L'OMA autorise, au Mali, l'emploi de la dérogation exceptionnelle de vol accordée à l'Opération "Licorne" en Côte d'Ivoire.

Cette dérogation permet une surcharge de 400 kg, portant la charge utile du PUMA SA 330 Ba à une masse maximale de 7400 kg

La dérogation ayant été utilisée, la masse de l'hélicoptère au moment du crash était donc supérieure à celle lors d'un emploi normal.

**L'application de ce régime dérogatoire, s'est traduite par des performances diminuées de la machine lorsqu'elle a été prise dans les rabattants.**

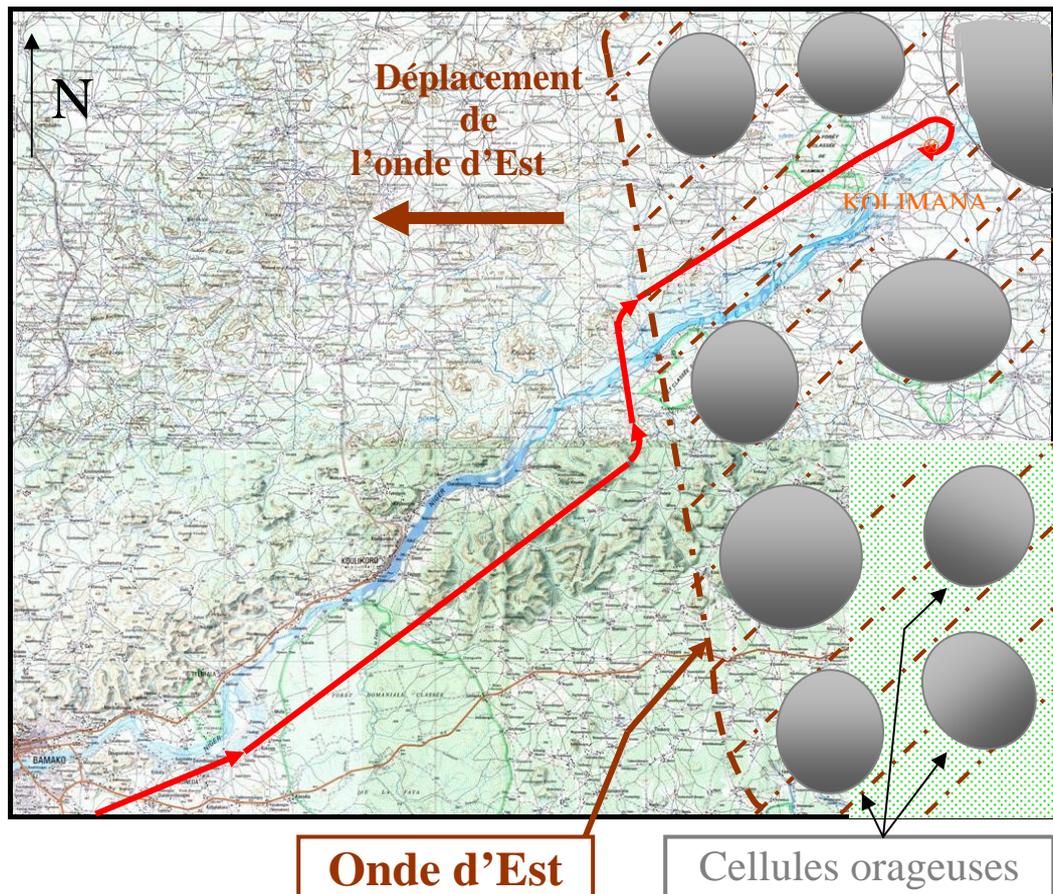
La masse élevée au moment de l'accident a concouru  
**aux causes possibles de l'événement**

### 2.2.2.2. La météorologie

➤ Cheminement de l'aéronef.

Les images satellites de l'évolution de la météorologie entre 08h00 et 10h00 UTC font l'objet de l'annexe 5.

Il est donc possible de reproduire la trajectoire du vol.



L'hélicoptère s'est donc engagé dans une onde d'Est constituée d'un ensemble important de cellules orageuses. Entre ces cellules orageuses, le changement de direction du vent dans le plan vertical atteint souvent 180° induisant de forts cisaillements. La vitesse du vent qui suit le passage du front de rafales peut atteindre 50 kt.

Ces phénomènes aérologiques sont toujours très violents au sein de la perturbation.

➤ Phase finale du vol.

Il convient de rappeler les éléments concernant le vent au moment de l'événement.

⇒ La cellule orageuse progressait cap 130°.

⇒ Trois à cinq minutes après le crash, la cellule orageuse (matérialisée par un vent fort et des précipitations conséquentes) est arrivée sur les rescapés.

Ceux-ci ont abrité le MVAVT blessé derrière la porte de cargo gauche qui avait été arrachée de la cellule à l'impact.

Son cap a ainsi pu être approximativement estimé au 130°.

⇒ A une hauteur de 150 mètres, le vent était inverse à la progression

Alors qu'il est à environ 150 mètres de hauteur, le PCB décide de se poser et entame un virage en descente à 180° par la droite. Il consulte alors les informations affichées par le NADIR.

A 150 mètres de hauteur, **le vent affiché au NADIR venait du 300°**, avec une vitesse d'environ 30 à 40 km/h.

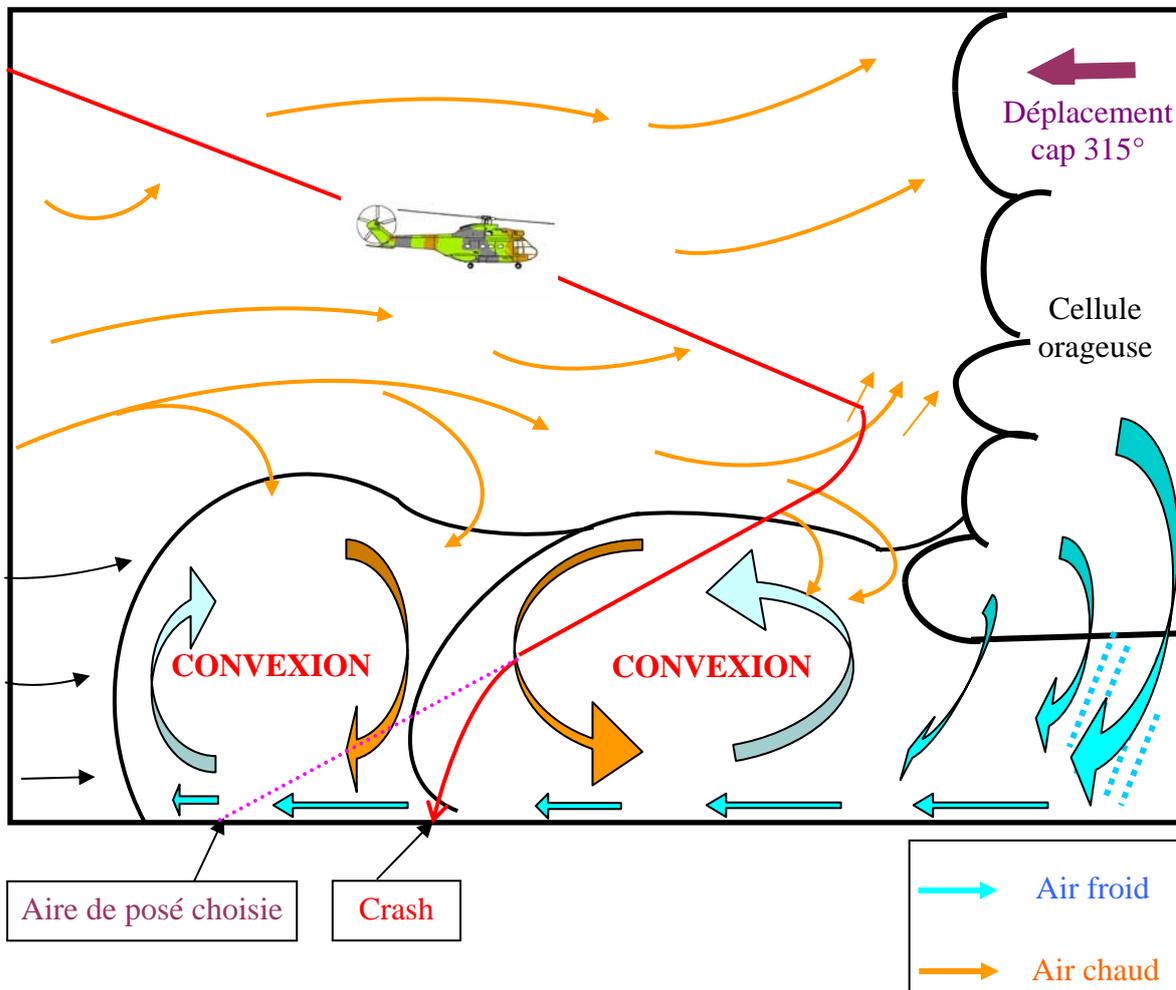
**Il est donc confirmé, à partir du sens du vent à 150 mètres qui est inverse au sens de déplacement de la perturbation, que l'hélicoptère était proche d'une cellule orageuse de l'onde d'Est.**

Au cours de sa descente vers le deuxième point de posé, aux environs d'une hauteur de 20 à 25 mètres, le PUMA est précipité au sol.

**L'appareil a donc pénétré dans la zone de forte instabilité, due au phénomène convectif intense qui précède la cellule orageuse.**

Il est donc possible de reproduire la trajectoire en finale du PUMA, suivant une coupe au cap 315° qui correspond au déplacement de la cellule orageuse de l'onde d'Est.

**Représentation de la trajectoire finale en coupe suivant le cap 315°**



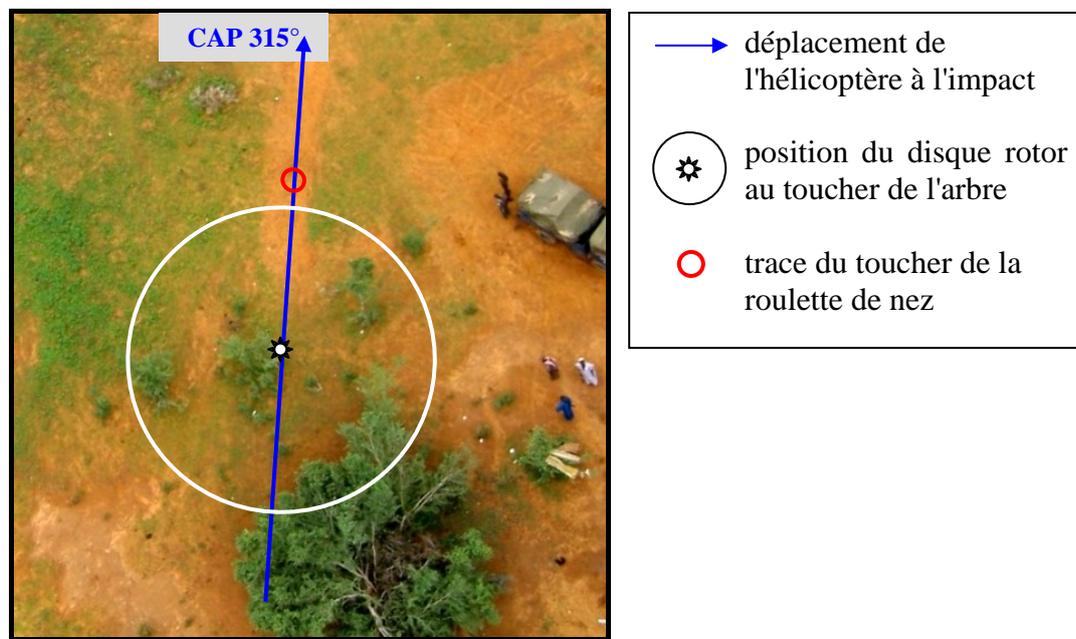
**La cause de l'enfoncement brutal de l'hélicoptère, en phase d'approche, est donc liée aux rabattants générés par les phénomènes convectifs qui précèdent les cellules orageuses de l'onde d'Est.**

Les rabattants générés par les phénomènes convectifs qui précèdent les cellules orageuses de l'onde d'Est constituent **une cause certaine de l'événement**

### 2.2.2.3. La destruction du rotor

Des marques de rotor principal sont trouvées sur un arbre à environ 4,50 mètres du sol.

Les traces au sol confirment que la machine a impacté le sol à plat (traces des trains d'atterrissage).



**Compte tenu que l'hélicoptère s'est enfoncé à partir d'une hauteur de 20 à 25 mètres, le fait de toucher l'arbre avec le rotor, alors que les trains d'atterrissage sont à quelques dizaines de centimètres du sol, n'est pas à l'origine de l'accident.**

La destruction du rotor à proximité immédiate du sol a cependant favorisé le renversement de l'appareil après sa glissade.

**En conséquence, s'agissant des causes d'origine environnementale :**

- les rabattants générés par les phénomènes convectifs qui précèdent les cellules orageuses de l'onde d'Est  
**constituent une cause certaine de l'événement,**

et

- les performances diminuées de la machine découlant de l'autorisation de surcharge qui a augmenté la masse de l'appareil au moment du crash,

**concourent aux causes possibles de l'événement.**

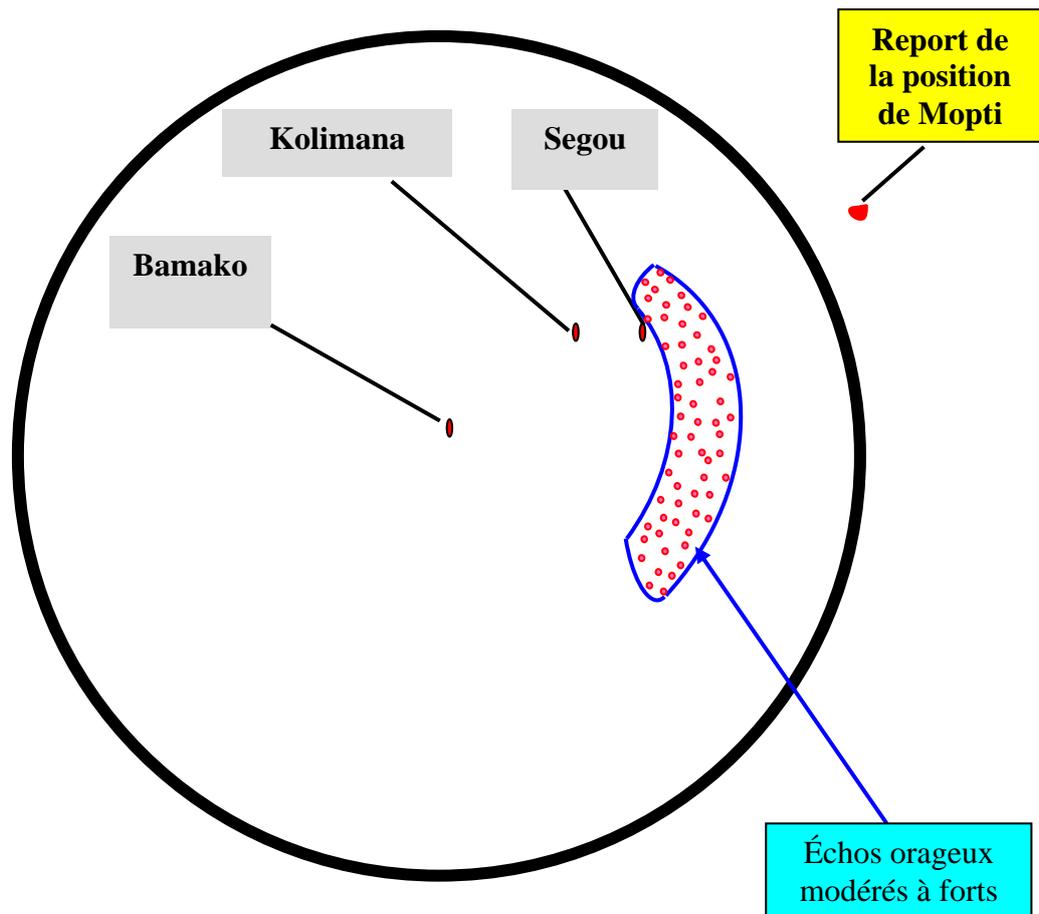
**L'HYPOTHESE RELATIVE À DES CAUSES D'ORIGINE  
ENVIRONNEMENTALE EST RETENUE**

### 2.2.3. Hypothèses liées à des causes d'origine humaine

#### 2.2.3.1. Exploitation des radars météorologiques

- observation du radar météorologique sol de Bamako vers 08h20

Reconstitution du scope du radar sol de Bamako d'après les témoignages recueillis.

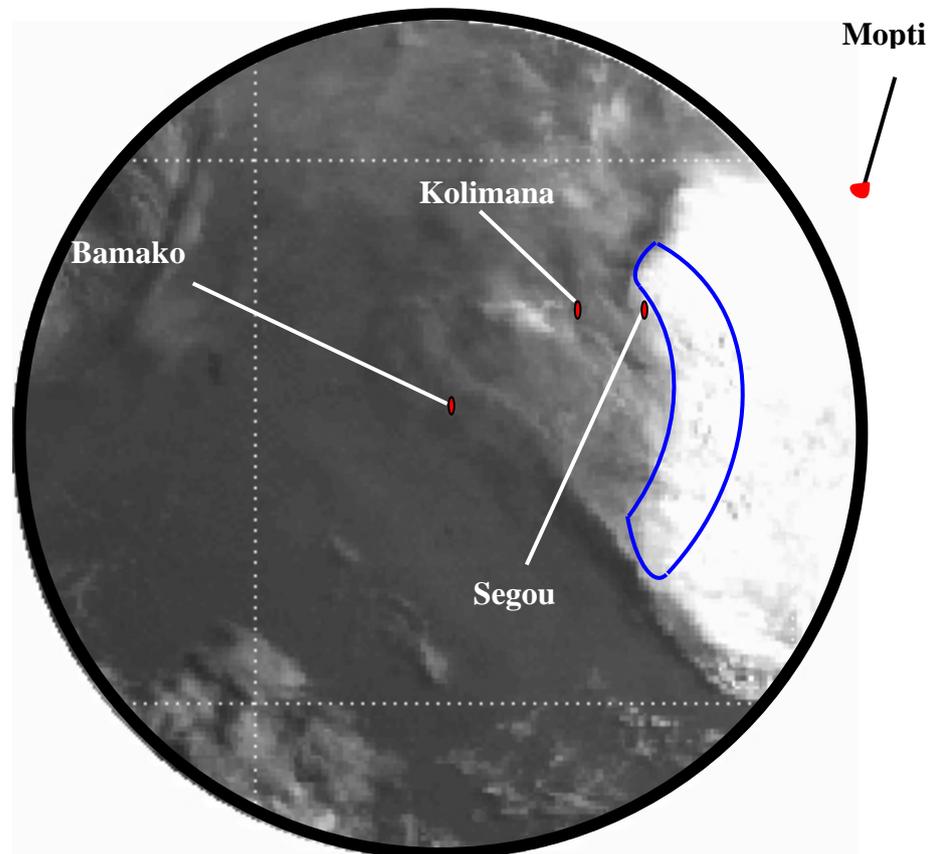


Le commandant de bord estime, à partir de l'observation du scope radar de portée 400 km, que le front orageux se situe au Sud de l'itinéraire. Le météorologiste précise que la ligne de grains se déplace vers l'Ouest.

**Il prend la décision de contourner ce front par le Nord.**

➤ Situation réelle dans le rayon de 400 km de BAMAKO à 08h00 UTC

Cette reconstitution météorologique a été obtenue par intégration de l'image du radar météorologique spatial à 08h00, dans un cercle de 400 km représentant la portée du radar sol de Bamako.



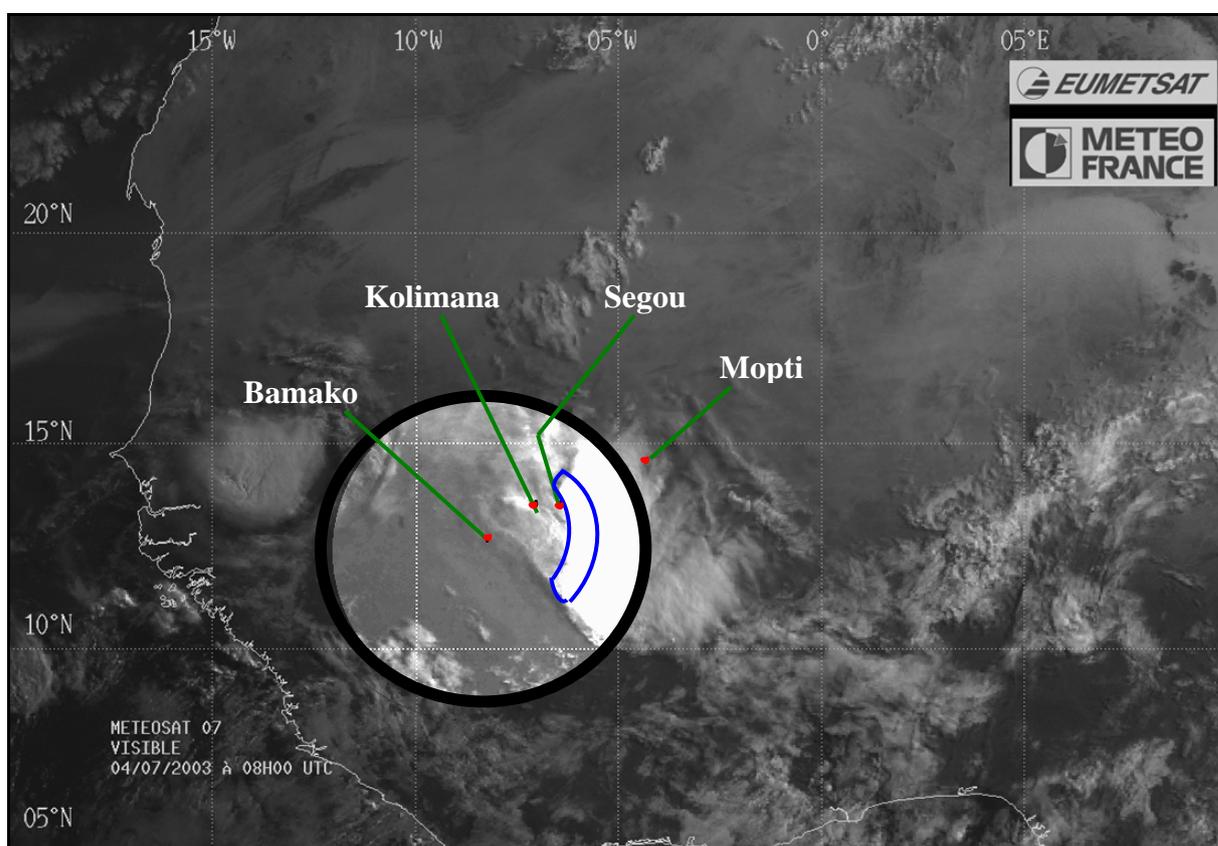
En observant le scope ainsi reconstitué, on constate que la perturbation est beaucoup plus importante que représentée par le radar sol.

Dans le cas d'une zone étendue de fortes précipitations, par effet de réflexion et d'absorption, le faisceau électromagnétique peut ne pas traverser la totalité de la zone pluvieuse, en donnant une représentation tronquée.

Le radar montre alors une zone d'ombre, qui apparaît comme la fin de la zone de précipitation, alors qu'en réalité celle-ci peut s'étendre encore sur plusieurs kilomètres.

**L'imagerie satellitaire comparée aux témoignages des personnels ayant observés le scope du radar météorologique sol de Bamako, met en évidence une interprétation optimiste de la situation.**

- Importance de l'onde d'Est qui se dirige vers Bamako



Sur l'image météorologique de l'Afrique de l'Ouest prise par satellite à 08h00 UTC, a été superposée la trace du scope du radar météorologique sol de Bamako.

**Il est constaté qu'à 08h00 l'onde d'Est s'étend sans discontinuité de Ségou à Mopti.**

➤ Évolution de l'onde d'Est qui se dirige vers Bamako

L'annexe 5 représente l'évolution de l'onde d'Est entre 08h00 et 10h00 UTC.

Il est constaté que l'onde s'est considérablement développée pendant ces deux heures :

⇒ à 08h00 elle s'étendait de Mopti à Ségou sur environ 280 km.

⇒ à 10h00 elle débutait toujours de Mopti, mais s'étendait jusqu'à environ 40 km de Bamako avec un épicentre situé sur Ségou.

Le développement de l'onde d'Est s'explique par le fait qu'après avoir traversé un territoire désertique, elle vient de rejoindre le fleuve Niger.

La perturbation se "nourrit" à présent de ses eaux et prend de l'ampleur rapidement.

Le front avant de l'onde d'Est avance donc beaucoup plus rapidement que son épicentre.

A l'analyse la situation météorologique réelle, telle qu'elle se présentait à 08h00, puis comme elle a évolué jusqu'à 10h00, **il est constaté qu'il n'était pas possible de contourner la perturbation par le Nord.**

Une mauvaise interprétation de l'imagerie du radar météorologique sol, qui n'a pas été suffisamment corrélée avec les informations satellites, est **une cause possible** de l'événement

### **2.2.3.2. Instruction météorologique**

La méconnaissance par l'équipage des spécificités météorologiques de l'Afrique sub-saharienne n'a pas permis d'identifier l'onde d'Est au service météorologique de Bamako.

Son importance réelle et sa force ont donc été sous-évaluées.

C'est également cette méconnaissance qui a permis de prendre la décision de pénétrer dans cette perturbation.

Une fois à l'intérieur, l'hélicoptère avait peu de chance de pouvoir se poser dans de bonnes conditions.

La méconnaissance par l'équipage des spécificités météorologiques de l'Afrique sub-saharienne est **une cause possible** de l'événement.

### **2.2.3.3. Etat d'esprit de l'équipage pour cette mission**

L'équipage était expérimenté et parfaitement qualifié pour cette mission.

Ils avaient tous, particulièrement le commandant de bord, une grande confiance dans leurs capacités, et une estime mutuelle.

Les autorités transportées n'ont émis aucune demande exceptionnelle et ne se sont pas montrées directives dans la préparation ou l'exécution du vol.

Cependant la présence à bord de l'Attaché de Défense, responsable du contrôle opérationnel de cette mission, et tenu par un emploi du temps très serré a pu constituer un enjeu important, partiellement inconscient, pour l'équipage.

Ce fait s'est traduit par une sur motivation pour réussir la mission.

Cette sur motivation a pu favoriser la prise de certaines décisions, telles que de ne pas repousser le décollage et même de pénétrer dans l'onde d'Est plutôt que de se poser ou faire demi-tour.

La présence d'une autorité à bord a pu générer une sur motivation de l'équipage, concourant **aux causes possibles** de l'événement.

#### **2.2.3.4. Travail en équipage (CRM)**

Le *Crew Resources Management* (CRM) se définit comme l'utilisation effective de toutes les ressources disponibles, c'est-à-dire des équipements, des procédures et des hommes, en vue d'assurer la sécurité et l'efficacité des vols.

- La prise des commandes par le PCB.

La qualité du travail en équipage (CRM) a vraisemblablement été diminuée par le fait que le PCB prend les commandes après environ 30 minutes de vol, avant de pénétrer dans l'onde d'Est.

En prenant les commandes, le PCB a cumulé ses fonctions (chef de mission, gestionnaire d'équipage, navigateur) avec celles du PIL (conduite de l'hélicoptère).

*Un mauvais ajustement des statuts<sup>4</sup> et des rôles<sup>5</sup> au sein d'un équipage entraîne un gradient d'autorité trop élevé dans le cockpit et une synergie diminuée.*

**L'équipage est donc en configuration de cockpit "égo-centré".**

Nota : Cette prise des commandes par le PCB peut s'expliquer par le fait que :

*Spontanément, l'homme a tendance à préférer un niveau de charge assez élevé qui a pour avantage de lui apporter une bonne vigilance<sup>6</sup> et une certaine satisfaction.*

**Les conséquences sont :**

⇒ la réduction des performances : le PCB affaiblit la synergie de l'équipage.

Car un équipage est en synergie lorsque la performance du groupe est supérieure à la "somme" des performances des individus composants le groupe.

---

<sup>4</sup> STATUT : attributions de chaque membre d'équipage telle que définie par l'autorité d'emploi (PCB, PIL, Mec, NAV).

<sup>5</sup> ROLE : aspect dynamique du statut.

<sup>6</sup> VIGILANCE : état d'activation du cerveau.

En effet, dans ce cas, chacun des membres de l'équipage utilise les capacités et les compétences des autres pour atteindre un objectif commun

Or, dès que le PCB prend les commandes, les autres membres d'équipage se reposent entièrement sur lui.

⇒ la réduction des performances du PCB avant l'accident.

- alors que le PCB cherche à se poser, en virage autour du village de Kolimana, il choisit le premier point de posé qui se présente dans son champ visuel. Il s'agit d'une langue de sable sur laquelle il commence son approche. C'est alors que le PIL, dégagé de ses charges, lui propose un terrain plus adapté qui est retenu.

C'est donc le PIL à ce moment là, qui assure la navigation.

- alors qu'il contourne le village de Kolimana pour se poser, le PCB est absorbé par ses tâches de pilotage et de navigation. Il ne remarque pas à 1,5 km devant lui, le soulèvement de l'eau du fleuve Niger sur une hauteur d'environ 1 mètre, pouvant l'informer de phénomènes convectifs dangereux.

Alors que le PCB évolue déjà dans un contexte météorologique fortement dégradé, avec une charge de travail élevée par le cumul des fonctions, il débute une phase d'atterrissage. Celle-ci est caractérisée par l'apparition d'un stress<sup>7</sup> généré par la nécessité de se poser rapidement avant l'arrivée de la cellule orageuse, afin d'avoir le temps de fixer les bonnettes d'immobilisation du rotor.

Cette surcharge de travail a entraîné, naturellement, une baisse de ses performances et une réduction de sa perception de l'environnement.

Dans un contexte difficile, la prise des commandes par le PCB qui a pu diminuer ses performances et qui a dégradé la synergie de l'équipage, concourt aux **causes possibles** de l'événement.

---

<sup>7</sup> STRESS : réaction psychologique, notamment face à des situations qui perturbent un plan d'action.

➤ Le manque de communication au sein de l'équipage

⇒ Alors que l'appareil est mis en descente et entoure au sol le village de Kolimana, le MVAVT remarque, sur le fleuve Niger à 1,5 km devant lui, le soulèvement de l'eau sur une hauteur d'environ 1 mètre. Il décrit son observation par l'image : « comme si le fleuve avait pris feu et que les flammes étaient dirigées vers l'aéronef ». Ne doutant pas que le PCB ait fait la même constatation, il ne parle pas aux autres membres d'équipage de cette observation.

**Cette information déterminante n'a donc pas été partagée.**

⇒ L'absence de synergie au sein de cet équipage n'a pas favorisé la communication.

Le MVAVT était absorbé par la gestion des paramètres de vol dans cette phase d'atterrissage. Cette tâche mobilisait entre 10 et 20 % de ses ressources.

Par ailleurs, en l'absence de synergie, il réfléchissait à l'organisation pratique du campement de l'hélicoptère, dès le posé et avant l'arrivée de l'orage.

La construction d'un projet d'action peut mobiliser jusqu'à 90 % des ressources d'un individu.

La perception du soulèvement de l'eau a donc dépassé ses ressources gérables<sup>8</sup>, et a conduit à son oubli de communiquer un élément d'environnement déterminant.

Le déficit de communication au sein d'un équipage en faible synergie concourt  
aux **causes possibles** de l'événement.

---

<sup>8</sup> En situation non anticipée de dépassement de ressources, les oublis se multiplient avec des interactions mutuelles et non contrôlées entre les activités (abandon de tâches, confusion...)

**En conséquence, s'agissant des causes d'origine humaine :**

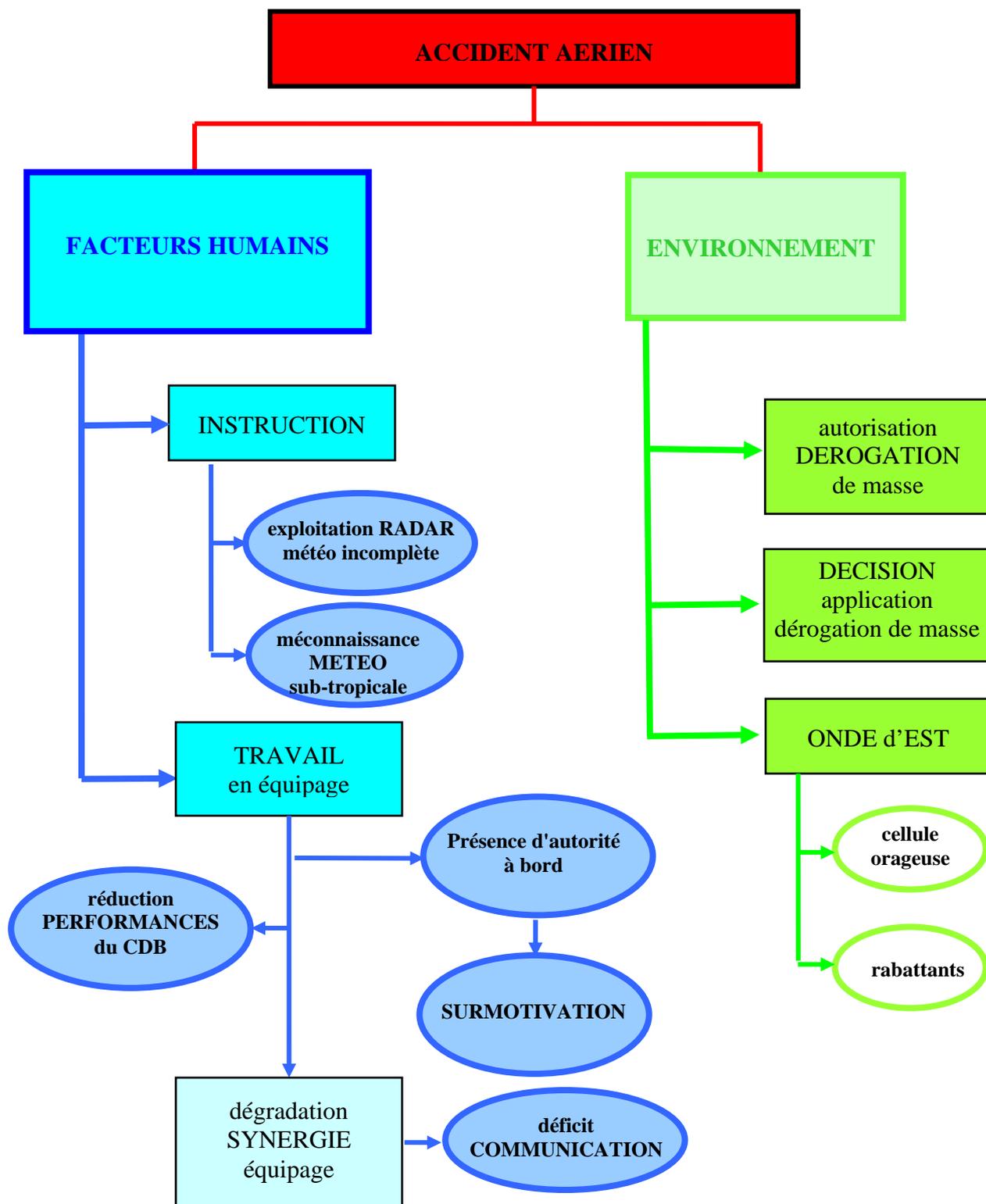
- l'interprétation incomplète de l'imagerie météorologique,
- la méconnaissance des spécificités météorologiques du lieu,
- la présence à bord d'une autorité qui a pu générer une sur motivation de l'équipage,
- la prise des commandes par le PCB qui a pu diminuer ses performances et qui a dégradé la synergie de l'équipage,
- le déficit de communication au sein de l'équipage en faible synergie,

concourent aux causes possibles de l'événement.

**L'HYPOTHESE RELATIVE À DES CAUSES D'ORIGINE HUMAINE EST  
RETENUE**

## 2.3. ARBRE DES CAUSES

### 2.3.1. Arborescence générale



2.3.2. Arborescence détaillée



### **3. CONCLUSION**

#### **3.1. FAITS ETABLIS, UTILES A LA COMPREHENSION DE L'EVENEMENT**

- L'accident s'est produit au cours d'une mission de reconnaissance au Mali au profit du service du Protocole de l'Elysée.
- La mission est effectuée par un détachement aérien de l'Opération "Licorne" en Côte d'Ivoire.
- L'équipage détient les qualifications requises et une solide expérience aéronautique.
- L'hélicoptère était autorisé, par dérogation aux normes d'emploi, à décoller en surcharge.
- L'équipage a utilisé cette autorisation.
- Sur le trajet emprunté pour aller de Bamako à Mopti se trouve une perturbation météorologique spécifique à l'Afrique sub-tropicale : une onde d'Est.
- Dans la dernière partie du vol, le PCB était aux commandes de l'appareil.
- Au moment de l'accident, l'hélicoptère était en parfait état de fonctionnement technique.
- La violence de l'impact avec le sol, malgré un posé "3 points", a sectionné net la tige coulissante de l'atterrisseur auxiliaire et a cassé les deux trains principaux. La cellule a été enfoncée sur toute sa surface ventrale.

### 3.2. CAUSES DE L'ÉVÉNEMENT

Les conclusions de l'enquête technique reposent principalement sur l'analyse des faits, des témoignages et des relevés réalisés sur les lieux de l'accident par la commission d'enquête technique.

Les causes identifiées de l'événement sont liées à l'environnement et au facteur humain.

➤ **s'agissant des causes d'origine environnementale**

⇒ les rabattants générés par les phénomènes convectifs qui précèdent les cellules orageuses de l'onde d'Est

**constituent une cause certaine de l'événement,**

**et**

⇒ les performances réduites de la machine du fait de l'application de la dérogation qui a augmenté la masse de l'appareil au moment du crash,

**constituent une cause possible de l'événement.**

➤ **s'agissant des causes d'origine humaine**

⇒ l'interprétation incomplète de l'imagerie du radar météorologique sol,

⇒ la méconnaissance des spécificités météorologiques du lieu,

⇒ la présence d'une haute autorité à bord qui a pu générer une sur motivation pour l'équipage,

⇒ la prise des commandes par le PCB qui a réduit ses performances et dégradé la synergie de l'équipage,

⇒ le déficit de communication au sein de l'équipage,

**constituent des causes possibles de l'événement.**

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

### 4.1. MESURES AYANT TRAIT DIRECTEMENT A L'ACCIDENT

Compte tenu de l'analyse des faits ayant mené à l'événement, le bureau enquêtes accidents défense émet les recommandations suivantes :

#### 4.1.1. Dans le domaine environnemental

- **De ne pas tenter de traverser une onde d'Est avec un hélicoptère,**
- de sensibiliser les utilisateurs à **l'usage pertinent de normes opérationnelles dérogatoires** en accord avec le caractère impératif d'une mission.

#### 4.1.2. Dans le domaine du facteur humain

- En ce qui concerne l'instruction :
  - ⇒ qu'une **information sur les spécificités météorologiques locales** soit dispensée à tous les équipages lorsqu'ils sont amenés à effectuer des missions sur ce théâtre,
  - ⇒ que **l'instruction professionnelle** (initiale et d'entretien) permette de s'assurer du bon niveau de connaissance des équipages dans le domaine de la météorologie.
- En ce qui concerne le travail en équipage :
  - ⇒ que lors de phases de vol difficiles ou présentant un danger potentiel, la **répartition des tâches à bord** soit respectée et que l'Instruction Ministérielle (IM) n°3000/DEF/EMAT/BPO/3/D/DP20 du 21 OCT 2002 soit modifiée en ce sens au chapitre 3.3. : "membres d'équipage et fonctions à bord des aéronefs",
  - ⇒ que soit rappelé le rôle efficient primordial de la **synergie d'un équipage** constitué.

## **4.2. MESURE DE PREVENTION N'AYANT PAS TRAIT DIRECTEMENT AVEC L'ACCIDENT**

Le bureau enquêtes accidents défense recommande :

### **4.2.1. En ce qui concerne les équipements**

- Que tous les hélicoptères soient progressivement équipés d'enregistreurs de vol :
  - ⇒ pour faciliter les actions de maintenance,
  - ⇒ pour permettre une restitution précise des événements aériens dans une optique de prévention des accidents.
  
- Que l'emploi de matériel personnel dans le cadre des missions opérationnelles (GPS par exemple), soit relayé par le matériel nécessaire en dotation.
  
- Que l'ensemble du personnel navigant soit doté d'une trousse de secours individuelle.

### **4.2.2. En ce qui concerne l'instruction**

- Que l'ensemble du personnel navigant reçoive périodiquement une instruction de rappel sur l'utilisation des trousse de survie individuelles et collectives,
  
- que le personnel navigant porte effectivement en vol le gilet de survie, ainsi que l'impose l'instruction 3000.

## **5. APPENDICES**

- ANNEXE 1 :                   Imagerie satellite du Mali à 08h00 UTC
- ANNEXE 2 :                   Synoptique des vents
- ANNEXE 3 :                   Emplacements et traumatismes des personnels
- ANNEXE 4 :                   Organisation des secours
- ANNEXE 5 :                   Évolution de la météorologie le matin du 04 juillet 2003
- ANNEXE 6 :                   Calcul de la masse du PUMA au moment du crash

**ANNEXE 1** : imagerie satellite du Mali à 08h00 UTC

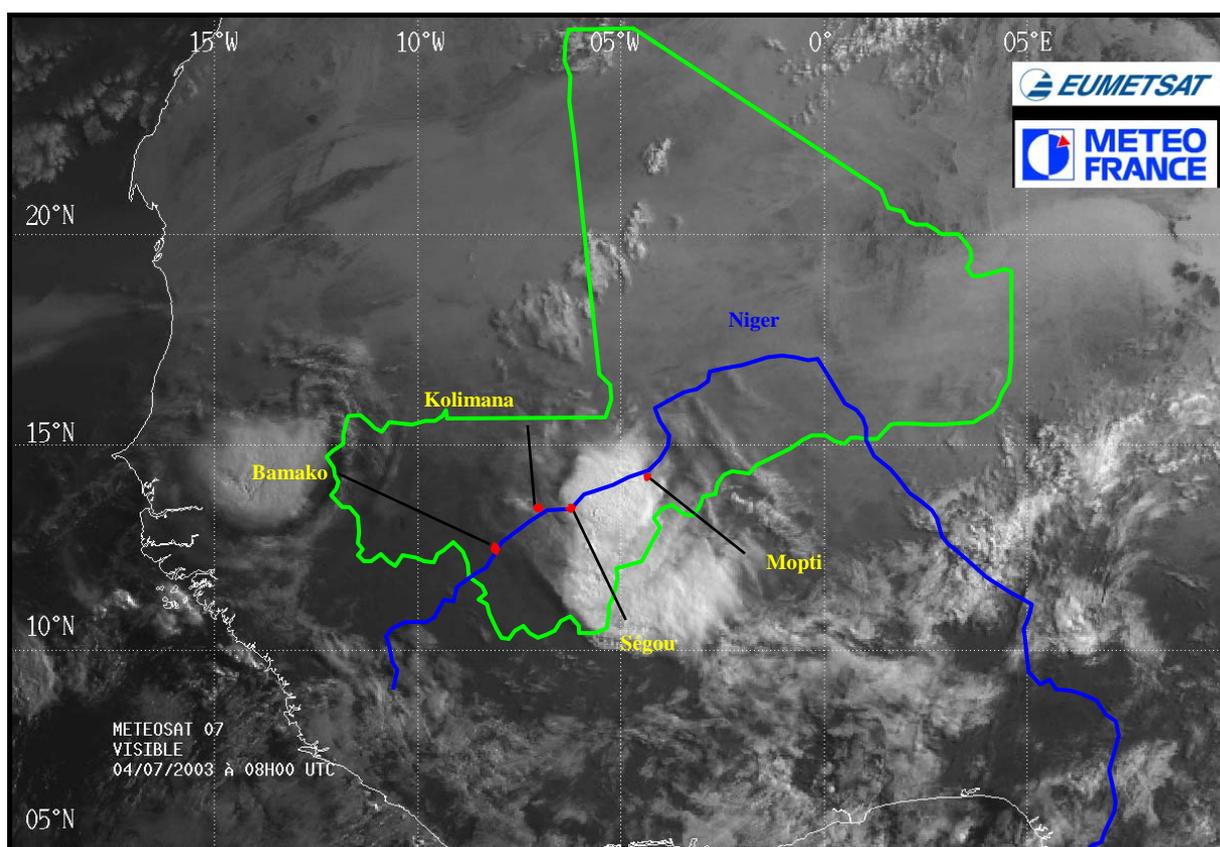
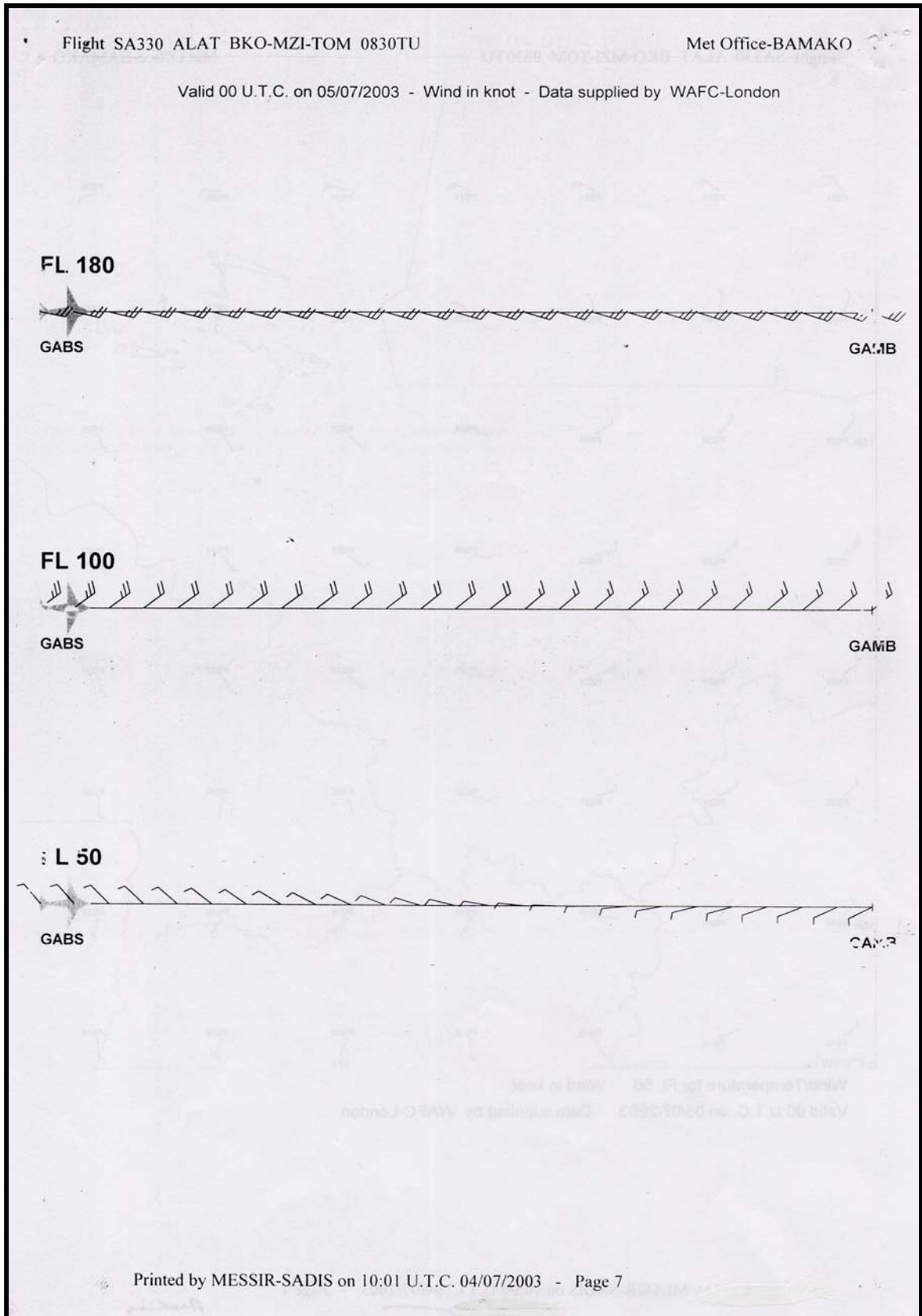


Image enrichie de la frontière du Mali, du fleuve Niger ainsi que des villes concernées par l'enquête technique.

**ANNEXE 2** : synoptique des vents

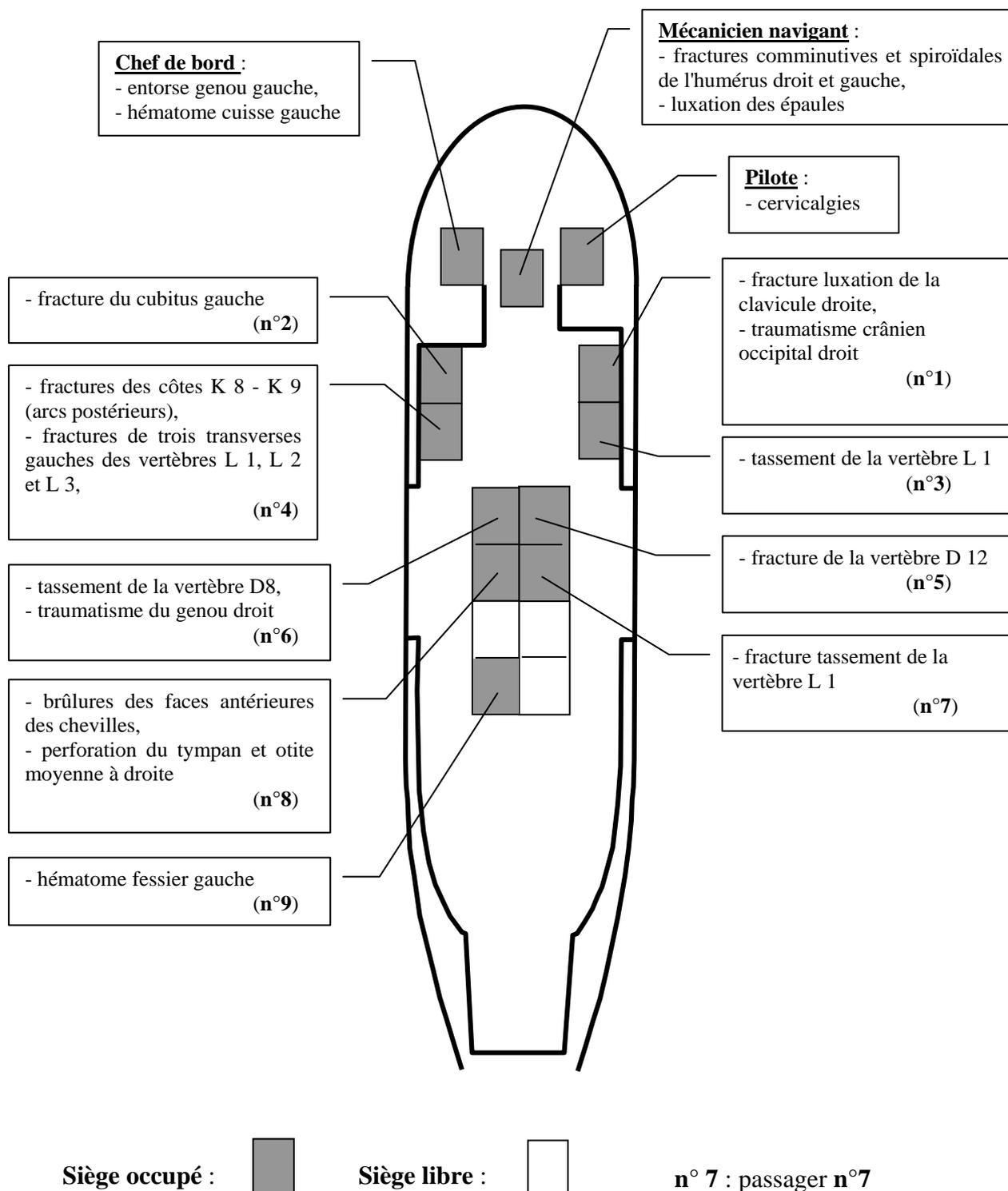


**NOTA :**

GABS : Bamako

GAMB : Mopti

**ANNEXE 3** : emplacements et traumatismes des personnels



## ANNEXE 4 : organisation des secours

### 1 Journée du 4 juillet 2003.

Après avoir quitté l'aéronef, les personnels se sont regroupés et protégés de l'orage, à proximité de l'appareil :

- ❑ deux blessés (passagers 3 et 7) qui souffraient et ne pouvaient se tenir debout se sont allongés côte à côte à dix mètres de l'appareil. Le MVAVT s'est allongé un peu plus loin, protégé du vent et de la pluie par la porte cargo du PUMA,
- ❑ le passager 1, tremblant, présentait des troubles psychiques avec une désorientation temporo-spatiale et une amnésie qui a amené à le faire surveiller en permanence par un membre du groupe qui lui posait des questions simples,
- ❑ le passager 6 avait sa combinaison imprégnée de kérosène qui lui brûlait la peau. Il a cherché à la changer rapidement,
- ❑ les autres personnels se sont abrités sous un arbre.

#### Alerte téléphonique à 10h10.

L'alerte a été donnée grâce à la valise "Immarsat" présente à bord. Elle a été mise en œuvre par l'opérateur radio (passager 2) dont le bras gauche était fracturé, aidé par le PCB (PCB) et par un officier en mission de coopération militaire à Bamako (passager 8)

Ce dernier a donné l'alerte chronologiquement à :

- la tour de contrôle de l'aéroport de BAMAKO (le numéro figurait sur le dossier météo),
- l'ambassade de France. Celle-ci étant inaccessible du fait de perturbations du réseau téléphonique, il a contacté son épouse qui s'est faite le relais pour joindre directement un personnel de la sécurité sans passer par le central.

La position de l'appareil a été précisée par le GPS personnel du chef de bord.

#### Le matériel de survie présent.

Le matériel de survie disponible dans l'appareil comprenait :

- ❑ la trousse de secours d'urgence pour aéronef (modèle LXXXIV BIS / 98),
- ❑ la trousse de secours pour traumatisme « air » (modèle LXXXVI-67 qui ne figure plus au catalogue des approvisionnements de service courant du Service de Santé des Armées),

- ❑ des bouteilles d'eau. Celles-ci étaient conditionnées dans un carton et environ 8 des 12 bouteilles ont éclaté lors du crash,
- ❑ des rations de combat (quatre dont le conditionnement a relativement bien résisté au choc et aux projections de kérosène),
- ❑ les gilets de survie MK3 des membres d'équipage.

#### Arrivée sur les lieux de l'accident de villageois à 10h15.

Rapidement des villageois sont arrivés sur les lieux. Ils venaient du village de Kolimana, distant de 600 mètres. L'un d'entre eux s'exprimait en Français. Ils ont proposé leur assistance et ont amené des moyens pour abriter les personnels (bâches, matelas,...) qu'ils ont tendu au-dessus des blessés allongés pour les protéger de la pluie. Prenant conscience de la proximité du village avec la possibilité de s'abriter, ce qui devenait une nécessité pour les blessés les plus graves qui grelottaient (ils avaient été trempés par le kérosène puis par la pluie), il a été décidé de conduire l'ensemble des personnels au village.

#### Evacuation vers le village à 12h00.

Le passager 1 a été transporté au village sur le brancard endommagé récupéré dans le PUMA. Les autres personnels non valides (passagers 3 et 7) ont été soutenus par des villageois pour effectuer le trajet. Le MVAVT, dont les membres supérieurs étaient fracturés, a préféré se déplacer debout avec les bras bloqués dans ses poches. Le PCB a distribué des gélules d'antalgique aux blessés qui souffraient le plus. Elles provenaient de sa trousse de secours individuelle.

Dans le village, les blessés ont été accueillis dans deux endroits :

- les blessés 3 et 7 qui souffraient de douleurs de la colonne dorso-lombaire ont d'abord été allongés sous un petit porche, puis les habitants de l'habitation à proximité de cet abri les ont accueillis : ils les ont allongés sur des nattes, réchauffés avec des braseros et de l'eau. De la nourriture leur a été proposée par les propriétaires, qu'ils n'ont pas consommée. Le blessé 7 qui souffrait de démangeaisons dorsales a demandé au passager 9 de lui enlever sa combinaison imprégnée de kérosène et de lui nettoyer le dos.
- les autres personnels se sont regroupés dans l'école coranique du village où deux pièces leur ont été réservées (le matériel récupéré dans le PUMA a été regroupé dans l'une d'elles). Le blessé 1 qui présentait une désorientation temporo-spatiale a retrouvé ses « esprits » à 13h00 environ.

Le besoin d'eau a amené les personnels à utiliser l'eau du puits du village (qui dispose d'une pompe à mains bien entretenue et relativement récente) après l'avoir traitée avec les comprimés de purification disponibles dans les boîtes de ration (il semble que personne n'ait pensé que ce type de comprimé existait également dans la trousse de l'appareil).

#### Départ des colonnes de secours de Bamako (12h00 et 13h00).

A la suite des appels téléphoniques, des secours ont été mis en route.

- Par les autorités maliennes qui ont constitué une colonne de secours médicalisée. Celle-ci est partie de Koulikoro avec une ambulance et trois véhicules 4X4 dès 12h00.
- Par l'ambassade de France qui a contacté le médecin chef du centre médico-social français à 12h00. Ce dernier est parti à 13h00 aidé d'une infirmière avec trois véhicules dont une ambulance non 4X4 qui s'est arrêtée à Koulikoro (fin de la route goudronnée, à une heure et demie de route environ du lieu du crash). Au Mali, les ambulances sont très rares et il n'existe pratiquement pas de moyens de réanimation. Ainsi l'ambassade de France ne dispose que d'une ambulance non 4x4, d'une valise de réanimation et de deux matelas coquilles. Tous ces moyens ont été engagés.

#### Arrivée sur les lieux des premiers secours maliens à 14h30.

Composés de deux premiers 4X4 avec des secouristes et un personnel médical malien, les premiers secours maliens sont arrivés vers 14h30 avec très peu de matériel.

L'ambulance de cette équipe de secours a été détruite dans un accident en venant sur les lieux du crash (le conducteur de l'ambulance a perdu le contrôle de son véhicule). On déplore un blessé dans cet accident : un infirmier s'est fracturé un bras.

Le personnel médical malien a fait le tour des blessés. Il a désinfecté les plaies avec un antiseptique qui pourrait être du DAKIN. Il a réduit les luxations des deux épaules du MVAVT sans analgésie. Puis il lui a immobilisé les fractures des membres en utilisant les moyens du lot d'immobilisation pour fracture de l'aéronef (attelles de KRAMER, coton, bandes, ...). Il a immobilisé la fracture du bras gauche du passager 2 avec un moyen de fortune (morceau de carton).

Deux autres véhicules 4X4 avec un médecin sont arrivés vers 15h30. Le médecin malien, en utilisant lui aussi les moyens des trousse d'urgence de l'appareil, a reconditionné les blessés.

Il a fait évacuer en priorité les blessés qui lui paraissaient les plus urgents dans deux 4x4 :

➤ dans le premier :

⇒ le passager 1 (qui se plaignait de douleurs thoraciques et de l'épaule droite),

⇒ le MVAVT (dont une des attelles qui entravait la fermeture d'une porte a été coupée à la disqueuse !),

➤ dans le deuxième :

⇒ le passager 6 (avec des douleurs lombaires),

⇒ les passagers 3 et 7 allongés sur des matelas à l'arrière du 4x4.

Ces deux véhicules quittent le village vers 16h00.

#### Acheminement des premiers blessés vers Bamako.

La colonne française a croisé le premier véhicule avec des blessés vers 17h00. Le médecin français de l'ambassade a réinstallé plus confortablement le passager 1 et le MVAVT. Vers 18h00, le deuxième véhicule avec des blessés a été rencontré. Les passagers 3 et 7 ont été immobilisés sur les deux matelas coquilles. Le passager 6 qui semblait blessé plus légèrement, a été embarqué dans un véhicule de la colonne française. Il est donc revenu sur les lieux de l'accident.

Tous ces blessés ont bénéficié d'antalgiques à base de morphine.

#### Arrivée de la colonne de secours française.

La colonne de secours française est arrivée sur les lieux du crash vers 19h00. Le médecin français de l'ambassade a organisé l'évacuation des blessés encore présents et l'immobilisation de membre supérieur du passager 2 avec une attelle. Il a administré des antalgiques morphiniques aux blessés qui le nécessitaient.

#### Départ des derniers blessés.

Malgré la tombée de la nuit les blessés ont pris la route de Bamako vers 20h00 (au MALI la circulation de nuit est exceptionnelle compte tenu de l'état des routes).

Le premier 4X4 (avec le MVAVT et le passager 1) s'est arrêté sur le trajet pour évacuer le blessé de l'accident de l'ambulance malienne. Il a été déposé au passage à l'infirmerie de Koulikoro.

Les blessés évacués sur Bamako ont tous été hospitalisés à la clinique Pasteur (établissement privé correspondant de la plupart des compagnies d'assurance).

Les premiers blessés, le passager 1 et le MVAVT, sont arrivés à 22h00.

Ils ont été pris en charge par le chirurgien de cet établissement qui leur a fait un bilan radiologique.

Les fractures des membres supérieurs du MVAVT ont été réduites et immobilisées par des plâtres.

Les blessés évacués par le deuxième 4X4 (passager 3 et 7) ont mis plus de temps pour arriver à Bamako, car leur véhicule est tombé en panne d'essence et le ravitaillement a nécessité le passage à deux stations essence. Ils ont finalement été embarqués dans une ambulance de passage qui transportait déjà un blessé vers Koulikoro et qui les a ensuite emmenés jusqu'à Bamako. Ils sont arrivés vers minuit.

Les personnels acheminés avec les véhicules français et le médecin de l'ambassade sont arrivés aux environs de 02h30. A Koulikoro, les blessés 2 et 5 ont été transférés dans l'ambulance de l'ambassade qui les attendait.

#### Organisation du rapatriement des blessés en métropole par voie aérienne.

Dès 13h30, le PC de l'opération Licorne a mis en alerte des moyens médicaux et a commencé à organiser une mission de rapatriement sanitaire (RAPASAN) en C160.

Le C160 médicalisé a décollé à 20h30 d'Abidjan et s'est posé à Bamako à 22h45.

L'équipe médicale d'Abidjan a rejoint la clinique avec des véhicules de l'ambassade. Elle a pris en charge, conjointement avec le chirurgien malien, les blessés dont les arrivées se sont poursuivies jusqu'à 02h30.

Un FALCON utilisé par le ministère de la Coopération, en escale à Bamako, a été envisagé comme moyen d'évacuation des blessés les plus graves vers la France. Après plusieurs échanges téléphoniques pour établir la gravité des blessés, le PC Licorne a préféré demander la mise en place d'un FALCON médicalisé avec une équipe de réanimation. Au profit du MVAVT et des passagers 1, 2 et 7, l'avion décollera de PARIS à 06h00.

#### **2 Journée du samedi 5 juillet 2003.**

Le passager 8, légèrement blessé, est rentré à son domicile à Bamako.

#### Evacuation sur Abidjan en C160 médicalisé.

A 05h00, les passagers blessés 3, 4, 5, 6 et 9, le PCB et le PIL, ont été acheminés vers l'aéroport de Bamako, où ils ont été embarqués à bord du C160 médicalisé.

Le TRANSALL C160 a décollé à 06h00 pour se poser à Abidjan à 08h30. Là, les blessés ont été pris en charge par le service médical des armées. Les blessés ont bénéficié d'un bilan complet et de traitements adaptés (en particulier d'antalgiques).

Evacuation sur la France en FALCON médicalisé.

L'équipe de convoiage médicalisé venant de Paris s'est posée à Bamako à 12h00.

Après avoir conditionné pour le vol le MVAVT, les passagers 1, 2 et 7, elle a décollé à 15h00 pour Paris.

Les blessés se sont posés à Villacoublay à 22h30. Ils sont arrivés à 23h30 à l'hôpital interarmées (HIA) de Percy où ils ont été immédiatement orientés vers les services de chirurgie.

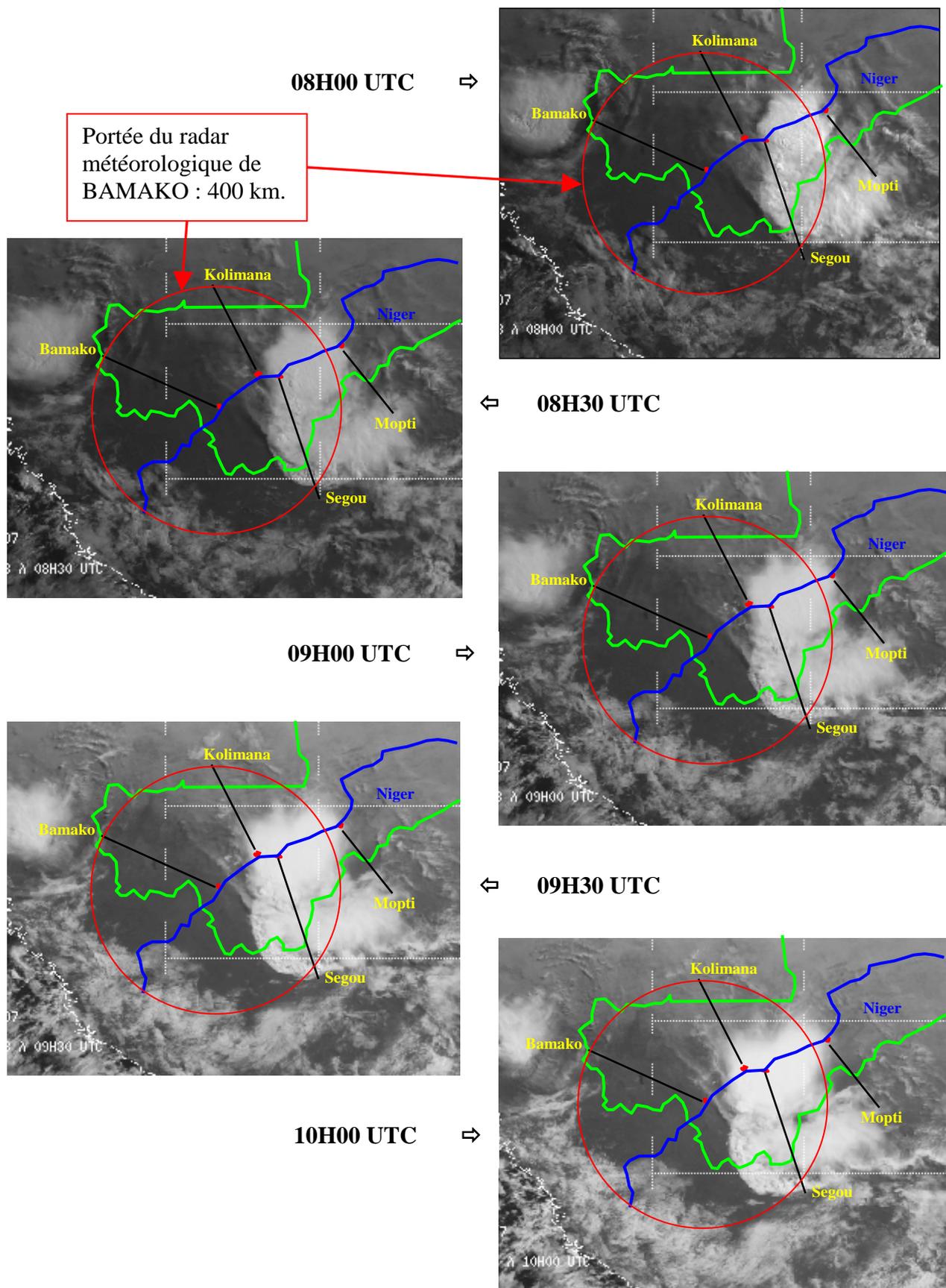
**3 Journée du dimanche 6 juillet 2003.**

Evacuation sur la France de blessés d'Abidjan.

L'état de santé des passagers 3, 5 et 6 a nécessité une nouvelle évacuation, d'Abidjan vers la France. Une mission RAPASAN a été organisée par voie aérienne militaire (AIRBUS A 340). Le vol AIRBUS a décollé d'Abidjan le 6 juillet à 10h00. Il s'est posé à Roissy Charles de Gaulle à 21h30, après une escale à Dakar au Sénégal. Les blessés ont été acheminés ensuite jusqu'à l'hôpital interarmées (HIA) de Percy où ils sont arrivés à 23h00.

Le blessé 4, l'Attaché de Défense, a regagné son domicile à Bamako le 9 juillet.

**ANNEXE 5** : évolution de la météorologie le matin du 4 juillet 2003.



**ANNEXE 6** : calcul de la masse du PUMA au moment du crash.

- la commission d'enquête a recalculé une masse minimum au décollage de **7.230 KG**.
  
- la consommation du PUMA pour cette mission était de **600 litres/heure**  
(consommation calculée d'après les relevés du MVAVT)  
(densité du kérosène : 0,8 KG/litre)
  
- durée du vol : **44 minutes** (08h56 à 09h40)
  
- poids de carburant consommé : **360 KG**

Masse de l'hélicoptère au moment de l'accident : <b>6.870 KG</b>
--