



**Détermination de l'arbre des causes
de l'accident du 27 mars 2003
survenu à Billy Berclau sur le site de
NITROCHIMIE**

Rapport Annexe 4

Rapport final

MEDD/DPPR

S. LIM / J.-C. LE COZE

Direction des Risques Accidentels

Août 2003

Détermination de l'arbre des causes de l'accident du 27 mars 2003 survenu à Billy Berclau sur le site de NITROCHIMIE

Rapport Annexe 4

Rapport final

MEDD/DPPR

AOUT 2003

S. LIM / J.-C. LE COZE

Ce document comporte 24 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Samantha LIM Jean-Christophe LE COZE	Didier GASTON	Jean-François RAFFOUX
Qualité	Ingénieurs à la DRA	Directeur Adjoint de la DRA	Directeur scientifique (DSE)
Visa	Signé	Signé	Signé

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	3
1.1 Objet, contexte et limite de l'étude	3
1.2 Contenu de l'étude.....	3
2. ARBRE DES CAUSES DE L'ACCIDENT DE BILLY BERCLAU.....	5
2.1 Branches n°2 - Détermination du lieu de l'explosion	10
2.2 Branches "4a" et "4c"- Nature de l'explosif mis en cause	12
2.2.1 Détermination de la pâte encartouchée le jour de l'accident.....	12
2.2.2 Branche "4c" - Sources de la sensibilité d'une pâte	13
2.3 Branches "4b" et "4d"- Nature de la source d'énergie.....	16
2.3.1 Branches"5j" et "5k" - Un accident extérieur comme source d'énergie.....	16
2.3.2 Branche "5i" - Electricité/électrostaticité comme source d'énergie	17
2.3.3 Branche "5h" - Echauffement thermique comme source d'énergie.....	17
2.3.4 Branche "5g" - Action mécanique comme source d'énergie.....	18
3. CONCLUSION	21
3.1 Caractéristiques de l'explosif.....	22
3.2 Sources d'énergie	22

1. INTRODUCTION

1.1 OBJET, CONTEXTE ET LIMITE DE L'ETUDE

L'objet du présent rapport vise à déterminer, à travers la méthode de l'arbre des causes, les hypothèses les plus probables qui ont conduit à l'accident de Billy Berclau; et ceci à partir des informations qui ont été à la disposition de l'INERIS au cours de cette analyse.

L'INERIS insiste sur le fait qu'il n'a pu avoir à sa disposition qu'un nombre limité d'informations pour mener à bien cette opération. En effet, l'INERIS n'a pu avoir accès à certaines pièces jugées importantes pour la compréhension de l'accident dans la mesure où celles-ci ont été saisies par la Police Judiciaire dans le cadre de leur enquête.

Au cours de notre étude, la cassette vidéo retraçant les actions qui se sont déroulées dans l'atelier 50 la veille et le jour de l'accident, tout d'abord saisie par la Justice, nous a été transmise. Jusqu'alors, seul un nombre limité de personnes (employés de NITROCHIMIE et experts judiciaires) avait pu visionner la cassette.

L'INERIS s'est basé sur les entretiens qu'il a menés sur site les 17,18, 22 avril, 22 et 27 mai et 5 juin 2003 dont des personnes qui ont pu visionner la vidéo.

1.2 CONTENU DE L'ETUDE

L'analyse par arbre des causes est une méthode de type inductif dont l'objectif principal est de tenter de déterminer les causes qui ont conduit à un accident. L'événement redouté final correspond ici à l'explosion de l'atelier 50.

L'analyse réalisée dans cette étude concerne essentiellement des aspects dits techniques. Les aspects liés à l'organisation de NITROCHIMIE seront certes abordés mais ils seront davantage détaillés dans le rapport Annexe 5.

Cette analyse permet donc de proche en proche d'identifier les causes d'événements intermédiaires jusqu'à remonter aux **événements de base** susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté.

Les événements de base correspondent généralement à des :

- Evénements élémentaires qui sont généralement suffisamment connus et décrits par ailleurs pour qu'il ne soit pas utile d'en rechercher les causes.
- Evénements ne pouvant être considérés comme élémentaires mais dont les causes ne seront pas développées faute d'intérêt,
- Evénements dont les causes seront développées ultérieurement au gré d'une nouvelle analyse par exemple,
- Evénements survenant normalement et de manière récurrente dans le fonctionnement du procédé ou de l'installation.

Quelle que soit la nature des éléments de base identifiés, l'analyse par arbre des causes est fondée sur les principes suivants :

- ces événements sont indépendants,
- ils ne seront pas décomposés en éléments plus simples faute de renseignements, d'intérêt ou bien parce que cela est impossible,
- leur fréquence ou leur probabilité d'occurrence peut être évaluée.

Cette méthode a pour avantage de considérer des combinaisons d'événements. D'ailleurs, l'analyse du retour d'expérience fait apparaître clairement que les accidents majeurs sont le fruit de conjonctions d'événements.

2. ARBRE DES CAUSES DE L'ACCIDENT DE BILLY BERCLAU

La détermination de l'arbre des causes de l'accident de Billy Berclau s'est basée sur :

- la visite de l'INERIS le 9 avril 2003,
- les documents fournis par l'Industriel portant sur l'organisation de l'usine, essentiellement l'étude de sécurité travail de l'unité d'encartouchage 49-50-52-52bis datant de septembre 2002 réalisée par l'usine NITROCHIMIE,
- les entretiens réalisés par l'INERIS les 17, 18 et 22 avril, 22 et 27 mai et 5 juin 2003 auprès de certains membres du personnel de NITROCHIMIE,
- sur le retour d'expérience des incidents et des accidents pyrotechniques.

L'arbre des causes de l'accident de Billy Berclau est représenté dans les Figures 1 à 4 ci-dessous.

A chaque niveau de l'arbre correspond un chiffre et sur un même niveau, à chaque événement correspond une lettre. Ainsi, chaque événement est symbolisé par un binôme (chiffre, lettre).

Rappelons que la signification des symboles utilisés pour la représentation de l'arborescence de l'événement redouté central aux événements de base :

-  : symbole OU : L'événement de sortie est généré si au moins un des événements d'entrée est présent
-  : symbole ET : L'événement de sortie se produit si tous les événements d'entrée surviennent simultanément

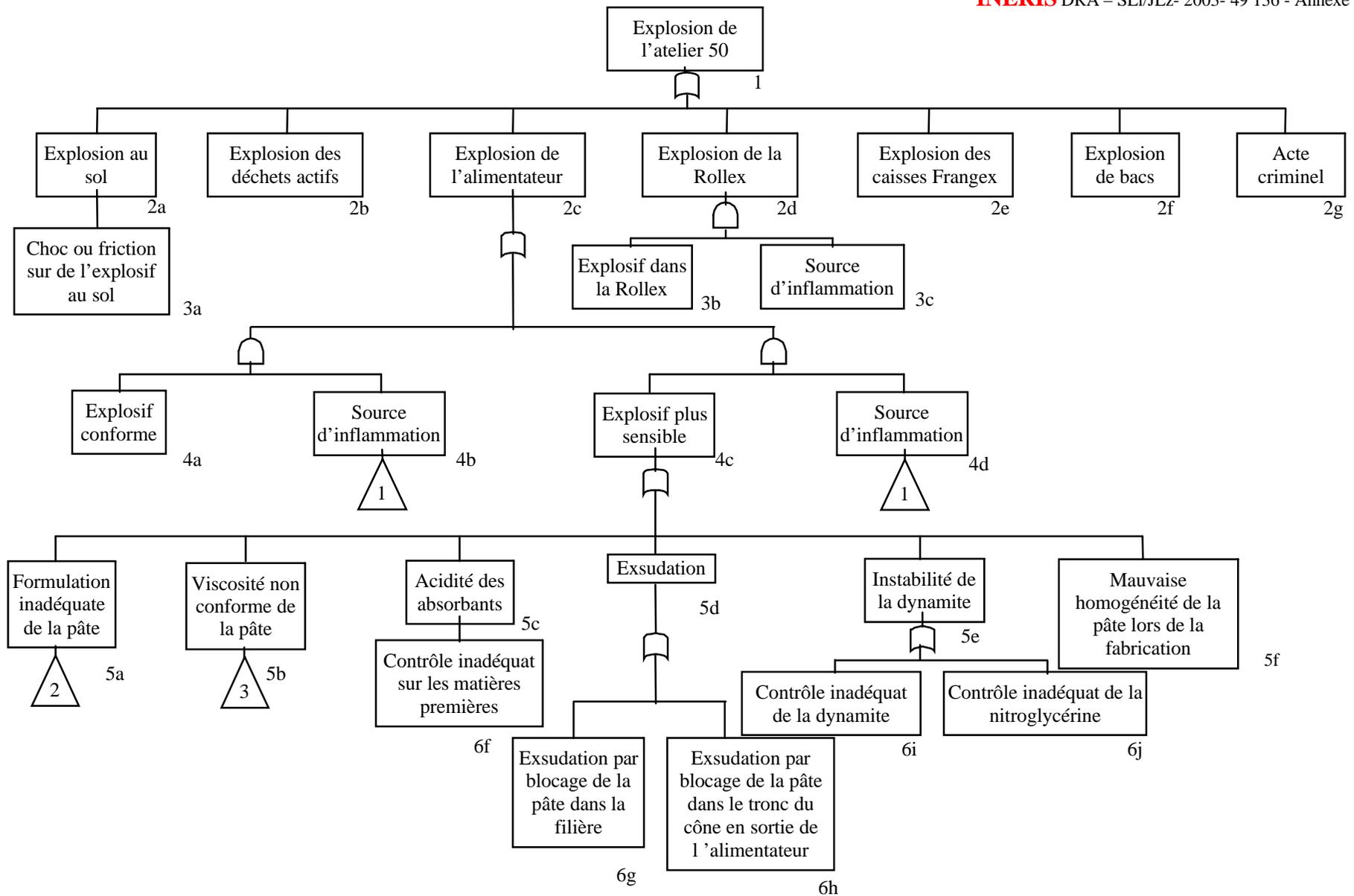


Figure 1 : Arbre des causes de l'accident de Billy Berclau survenu le 27 mars 2003

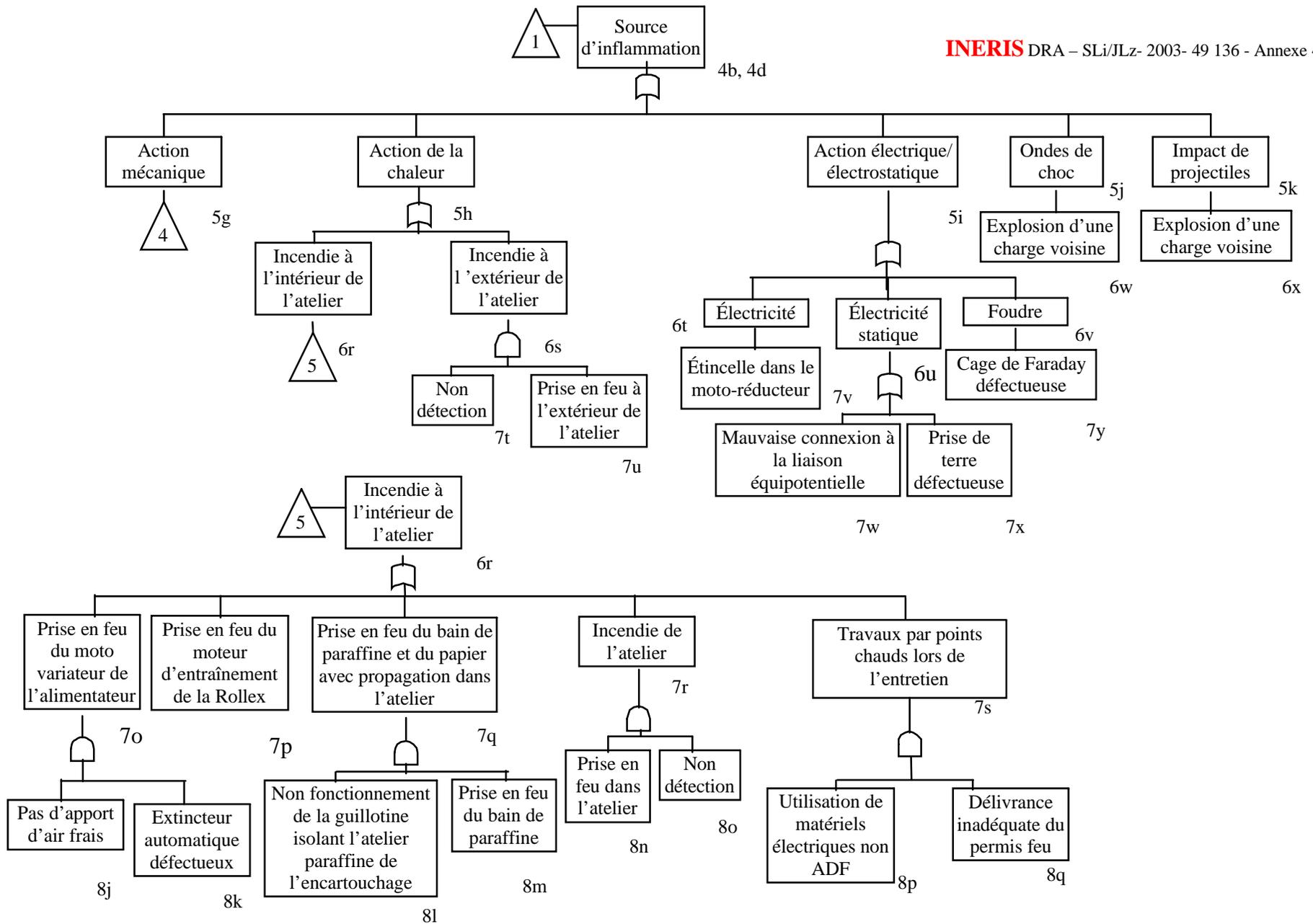


Figure 2 : Arbre des causes de l'accident de Billy Berclau survenu le 27 mars 2003 (suite)

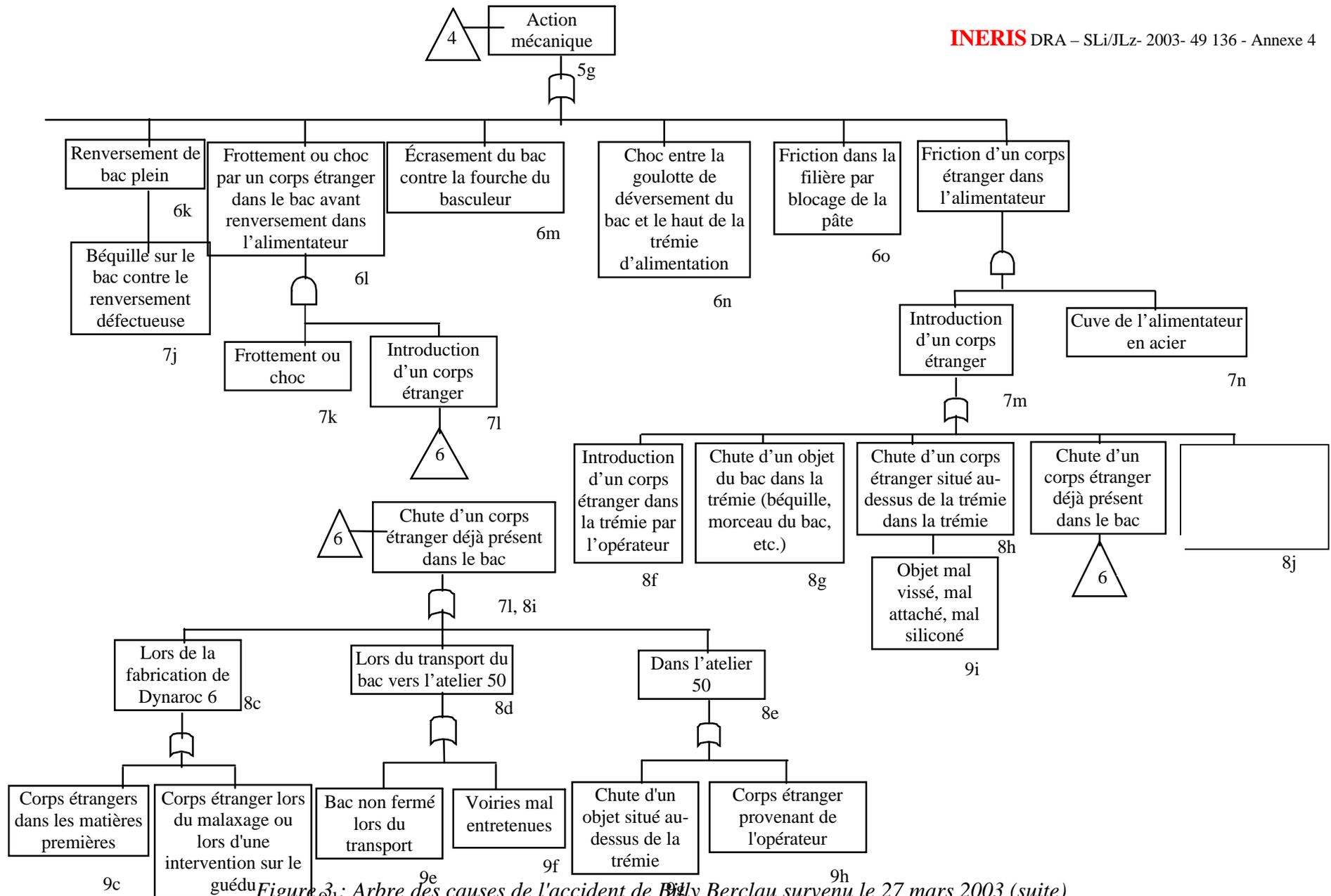


Figure 3d: Arbre des causes de l'accident de Billy Berclau survenu le 27 mars 2003 (suite)

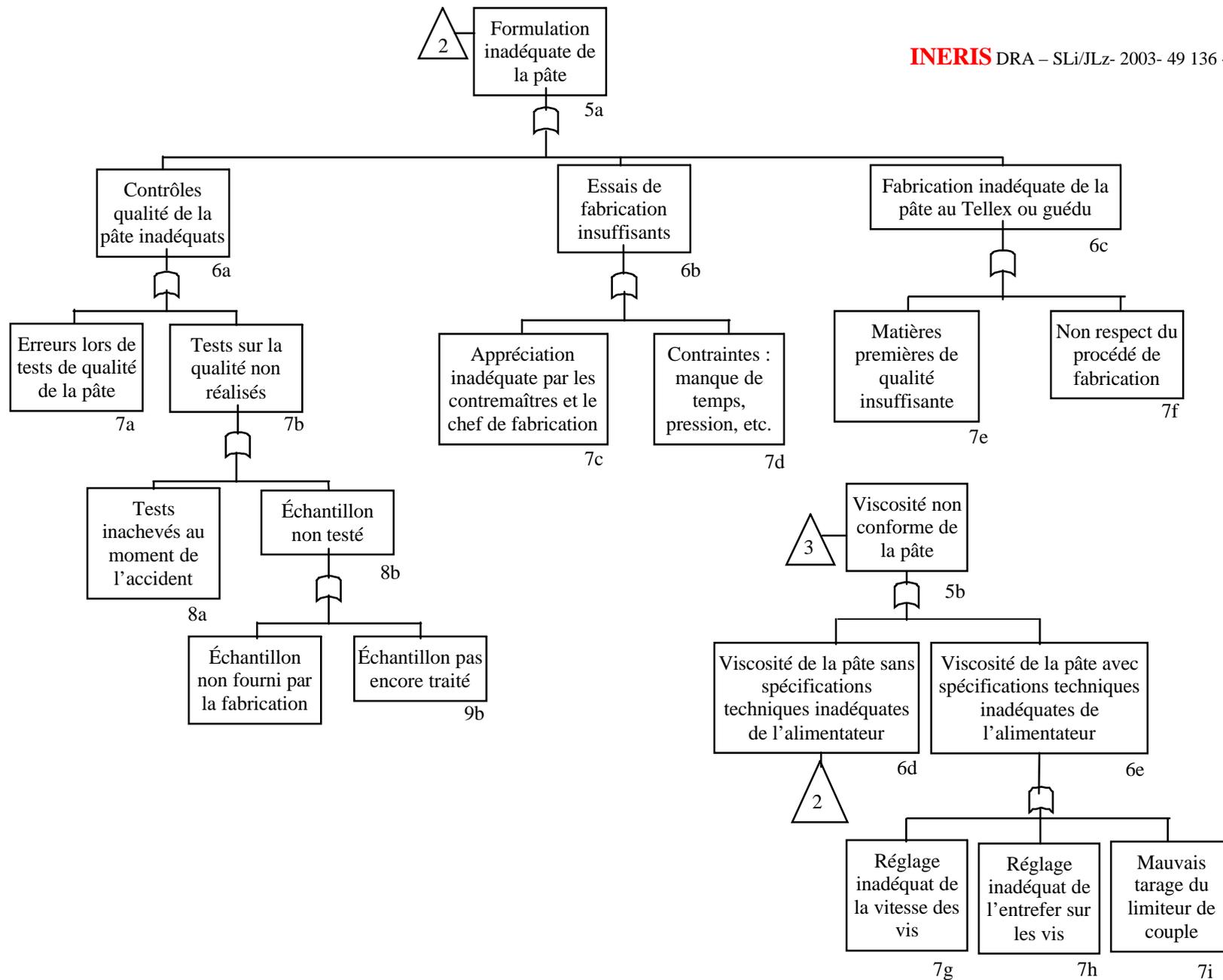


Figure 4 : Arbre des causes de l'accident de Billy Berclau survenu le 27 mars 2003 (suite)

2.1 BRANCHES N°2 - DETERMINATION DU LIEU DE L'EXPLOSION

L'explosion de la cabine 50 peut provenir de différentes sources :

- de pâte collée au sol (branche "2a")
- de bacs présents dans la cabine, dont les caisses en attente de label ou encore la poubelle de déchets pyrotechniques (branches "2b", "2e", "2f")
- de l'alimentateur (branche "2c"),
- de la Rollex (branche "2d"),
- d'un acte criminel (branche "2g")

D'après le récit qui nous a été fait de la cassette vidéo et des divers entretiens réalisés, un certain nombre de ces sources peut être écarté :

- De la pâte aurait pu se trouver au sol et aurait pu être soumis à une friction ou un frottement suffisant pour initier une explosion. D'après la cassette vidéo, durant la phase de vidange de la trémie, de la pâte tombe dans le bac de récupération en dessous de la filière mais également à terre. Mais l'opérateur ramasse le morceau et le met avant le lisseur. Aucun élément ne permet de juger de l'état de propreté de l'atelier. Toutefois, avant de quitter leur poste, les opérateurs sont tenus de nettoyer leur atelier. D'autre part, d'après les conclusions du rapport Annexe 3, l'explosion a pour origine l'alimentateur.

La branche "2a" peut être écartée.

- Le ramasseur de déchets s'était rendu dans l'atelier 50 peu avant l'explosion. D'après le récit de la cassette vidéo, le ramasseur regarde l'intérieur de la poubelle mais ne la vide pas et s'en va de l'atelier. Ceci signifie, selon toute vraisemblance que la poubelle était suffisamment vide pour qu'il ne prenne pas la décision de la vider. La poubelle contient les emballages des cartouches qui n'ont pas les spécifications requises.

La branche "2b" peut être écartée.

- Les quatre caisses de Frangex en attente dans l'appentis étaient situées loin des opérateurs. Elles avaient été entreposées dans la cabine la veille. D'autre part, à aucun moment, il n'a été évoqué que le conducteur ou toute autre personne ait fait une manipulation sur ces caisses. De plus, le conducteur de Rollex savait qu'il devait encartoucher ces caisses à part afin que les cartouches puissent être certifiées ultérieurement. Cette origine peut donc être écartée.

La branche "2e" peut être écartée.

- Le bac dans lequel on mettait la pâte provenant de l'alimentateur était le second bac qui avait été déversé dans l'alimentateur. Après visionnage de la cassette vidéo, il n'y a pas eu de manifestation de frottement ou de friction sur ce bac lors de l'opération de vidange.

La branche "2f" peut être écartée.

- La Rollex était à l'arrêt. D'autre part, le tapis avait été vidé peu avant l'explosion et il n'y avait plus de cartouches dans le barillet de l'encartoucheuse car le conducteur Rollex était en phase de vidange de l'alimentateur. En tout état de cause (cf. rapport Annexe 3), il est alors possible de ne pas considérer la Rollex comme origine de l'explosion. Aucun des éléments de la Rollex retrouvé après l'accident ne portait de traces indiquant que l'explosion a pu s'initier à ce niveau. En effet, il n'y avait pas, notamment, de traces de fusion mais plutôt des traces de projection. Ainsi, à titre d'exemple, le barillet de l'encartoucheuse a été retrouvé projeté mais intact.

La branche "2d" peut être écartée.

- L'acte criminel n'est pas retenu. La constatation des lieux et des dégâts ne permet pas de suivre cette piste. Aucun élément ne peut confirmer ou infirmer l'hypothèse d'un acte criminel ou un acte de malveillance ou encore de vengeance personnelle. Toutefois, aucune justification plausible n'apparaît et aucune revendication n'a été annoncée.

La branche "2g" peut être écartée.

Ainsi, la piste de l'alimentateur comme origine de l'explosion semble la plus probable.

La branche "2c" est retenue.

L'explosion de produits pyrotechniques nécessite deux éléments qui doivent être mis simultanément en présence :

- un produit pyrotechnique,
- une source d'énergie suffisante pour faire détoner le produit pyrotechnique.

Cependant, la quantité d'énergie à mettre en œuvre pour faire détoner l'explosif est différente selon les caractéristiques de cet explosif.

L'étude de sécurité travail doit déterminer, entre autres, les conditions sûres de travail, les sources d'énergie susceptibles d'être présentes dans l'atelier étudié et les mesures de prévention adéquates pour limiter leur présence et leur quantité. Ainsi, le risque vis-à-vis des sources d'énergie doit être maîtrisé.

Ainsi, si l'explosif est dit "conforme", c'est-à-dire qu'il répond positivement aux tests de qualité de NITROCHIMIE, alors cela signifie que l'explosion est due à une quantité d'énergie supérieure à celle prévue dans les conditions nominales de travail. En revanche, si l'explosif est plus sensible alors il est possible que l'apport d'énergie à fournir soit inférieur et que les manipulations réalisées en conditions nominales aient une énergie suffisante pour faire détoner l'explosif.

Ainsi, deux cas seront distingués dans la branche "2c" de l'arbre des causes :

- le produit pyrotechnique est conforme aux spécifications de fabrication,
- le produit pyrotechnique n'est pas conforme aux spécifications de fabrication.

2.2 BRANCHES "4A" ET "4C"- NATURE DE L'EXPLOSIF MIS EN CAUSE

2.2.1 Détermination de la pâte encartouchée le jour de l'accident

Le premier bac qui a été mis dans l'alimentateur - bac mis par un contremaître - contenait de la Dynaroc 6 réalisée à partir de Superdopex. Ce produit avait été fabriqué a priori la veille de l'accident sur guédu.

La nature du second bac reste indéterminée. Cependant, il ne s'agirait :

- ni d'une pâte provenant du Tellex qui aurait été fabriquée le matin même de l'accident puisque la pâte du Tellex n'avait pas encore été amenée à l'alvéole 49,
- ni de Dynaroc 6 préparée à partir de Superdopex fabriquée le matin de l'accident sur guédu car, selon la chronologie de l'accident qui a été établie au moyen des entretiens et du récit de la cassette vidéo, les deux bacs préparés par l'opérateur était toujours devant l'atelier 50 quelques minutes avant l'accident.

Ainsi, le conducteur Rollex de l'atelier 50 a probablement pris un bac dans l'un des dépôts situés à proximité de l'atelier 50, à savoir, le dépôt n°51 ou le dépôt n°53.

D'après l'inventaire de ces dépôts fourni par la maîtrise, l'ensemble des bacs contenait de la Dynaroc 6 à partir de Superdopex, excepté quatre bacs provenant du Tellex mais considérés comme non conformes. Ces bacs portaient une inscription signalant qu'ils ne pouvaient être encartouchés. Cependant, ce même inventaire ne permet pas de trouver la trace du second bac, puisque les bacs de ces dépôts ont soit été utilisés dans d'autres ateliers, soit sont restés dans les dépôts.

D'autre part, d'après les tests réalisés par l'INERIS (cf. *Annexe 2 - Rapport INERIS-DCE-RBk - 2003 - 49132*) sur des cartouches encartouchées le matin de l'accident en les comparant avec les cartouches faites à partir de pâte produite dans le Tellex, aucune différence significative n'a été détectée entre les explosifs fabriqués à partir de gomme mère (échantillons n°2, 3 et 4) et l'explosif témoin fabriqué au Telex (échantillon n°1).

NITROCHIMIE a procédé à des tests de rhéologie en simulant la circulation de la pâte dans l'alimentateur lorsque deux bacs sont chargés dans l'alimentateur, ce qui était la situation au moment de l'accident. La société NITROCHIMIE nous a fait parvenir leurs résultats par courrier électronique du 6 juin 2003.

Il s'avère qu'avant démontage de la filière, la pâte du premier bac est en haut et en avant de l'alimentateur pendant que la pâte du second bac est plutôt en arrière de l'alimentateur et commence à être extrudée. Et, après démontage de la filière, la pâte du second bac est au centre du nez de l'alimentateur et la pâte du premier bac est en périphérie.

Ainsi, les cartouches analysées seraient a priori caractéristique des deux bacs mis dans l'alimentateur.

Et, selon toute vraisemblance, l'explosif mis en cause dans l'accident serait conforme.

Au vu des différents tests menés sur les explosifs présents dans l'alimentateur au moment de l'accident, en et l'absence de tests complémentaires sur les cartouches, **la branche "4a" de l'arbre des causes (explosif conforme) peut être retenue.**

Cependant, étant donné les incertitudes autour de l'origine du second bac (provenance du bac, date de fabrication de la pâte) et autour du lien entre rhéologie (simulation par NITROCHIMIE) et échantillonnage (pour les tests réalisés par l'INERIS sur les cartouches fabriquées le matin de l'accident), **la branche "4c" peut être retenue également.**

2.2.2 Branche "4c" - Sources de la sensibilité d'une pâte

L'explosif peut s'avérer être d'une nature plus sensible que par rapport aux spécifications techniques définies au préalable. A cela, plusieurs raisons possibles :

- La formulation de la pâte peut être inadéquate (branche "5a"),
- La viscosité de la pâte peut être non conforme (branche "5b"),
- Les absorbants peuvent avoir une acidité trop élevée (branche "5c"),
- Un phénomène d'exsudation de l'explosif peut avoir lieu (branche "5d"),
- La dynamite peut être instable (branche "5e"),
- La pâte peut avoir une homogénéité inadéquate (branche "5f").

2.2.2.1 Branche "5a" - Formulation inadéquate de la pâte

La pâte peut avoir une formulation qui ne réponde pas aux exigences requises. Trois cas peuvent être distingués :

- Branche "6a" : les contrôles réalisés sur la qualité de la pâte peuvent ne pas être adéquats soit avant le procédé d'encartouchage au niveau de la pesée des absorbants sur guédu ou Tellex, soit après encartouchage au niveau des tests effectués en laboratoire sur la densité, l'exsudation et la stabilité de la pâte.

Les tests ont soit fait l'objet d'erreurs (branche "7a"), soit les tests n'ont pas été réalisés (branche "7b") car les tests pouvaient être inachevés au moment de l'accident (branche "8a") ou que les échantillons n'étaient pas encore parvenus au moment de l'accident (branche "8b").

En l'occurrence, il semblerait que le laboratoire d'analyse de NITROCHIMIE n'ait pas été au courant du passage à la production de Dynaroc 6 à partir de Superdopex au début de la semaine de l'accident. Ainsi, le personnel du laboratoire ne s'était pas rendu dans les ateliers guédu 44 et 44bis pour prélever des échantillons.

Par conséquent, aucun contrôle au laboratoire n'avait sciemment été fait sur la Dynaroc 6 à partir de Superdopex. Il est probable que des dynamites encartouchées de cette pâte aient été prélevées dans les ateliers d'encartouchage mais sans que le laboratoire soit pleinement conscient qu'il s'agissait de Dynaroc 6 recyclée.

La branche "6a" de l'arbre des causes est écartée.

- Branche "6b" : les essais de fabrication sur la Dynaroc 6 recyclée auraient pu être insuffisants. Un certain nombre de paramètres aurait pu influencer sur cette situation : une appréciation inadéquate du service de fabrication chargé des essais combinée à des contraintes extérieures (manque de temps, pression exercée par le management, par les clients pour recycler ce produit, etc.).

En tout état de cause, la procédure d'essai de fabrication n'a pas été scrupuleusement suivie puisqu'il n'y a pas eu officialisation au moins interne de la mise en production de la Dynaroc 6 à partir de Superdopex. Ceci ne permet cependant pas de se prononcer sur les essais de fabrication, d'autant les derniers contrôles au laboratoire sur les guédus étaient satisfaisants.

Le rapport Annexe 5 relatif à l'analyse organisationnelle de l'accident développe entre autres les facteurs permettant de mieux comprendre le contexte dans lequel ces essais ont eu lieu. Ainsi, **la branche "6b" ne peut être écartée.**

- Branche "6c" : la fabrication de la pâte a pu être inadéquate soit due à une qualité insatisfaisante ou à un contrôle inadéquat des matières premières nécessaires à la fabrication de la pâte (branche "7e"), soit dû à un non respect du procédé de fabrication (branche "7f") que ce soit de façon intentionnelle ou non. Pour le premier point, par exemple, une partie des caisses de Superdopex revenues d'Angleterre ont été réemballées à Baussenq car ces caisses étaient arrivées abîmées. La pâte aurait-elle pu s'altérer entre la Grande-Bretagne et Baussenq, puis entre Baussenq et Billy Berlcou?

Toutefois, un certain nombre de mesures a été mis en place pour s'assurer de la qualité de la fabrication sur guédu (contrôle visuel, tamisage, etc.).

Ces thèmes sont plus largement abordés dans l'analyse organisationnelle de l'accident (cf. rapport annexe 5).

Et, du fait du manque d'informations pertinentes concernant la réalisation de la production de Dynaroc 6 sur guédus, **la branche "6c" ne peut être écartée.**

2.2.2.2 Branche "5b" - Viscosité non conforme de la pâte

Le phénomène de viscosité et donc de sensibilité de la pâte peut être exacerbé par un certain nombre de paramètres techniques (branche "6e") :

- Branche "7g" : la vitesse des vis peut être inadéquate. La vitesse maximale est de 15 tours par minute.
- Branche "7h" : l'entrefer sur les vis (l'écartement entre les deux vis) peut être inadéquat. Un entrefer de 10 mm est imposé sur les vis de gavage.
- Branche "7i" : le tarage du limiteur de couple peut être inadéquat. Celui-ci doit être taré à 180 daNm.

A priori, aucune défaillance n'avait été détectée sur l'entrefer, la vitesse des vis et le tarage du limiteur de couple. Ainsi, **la branche "6e" peut être écartée.**

Par ailleurs, en dehors de ces spécifications techniques de l'alimentateur (branche "6d"), la pâte peut être amenée à atteindre une viscosité en dehors des valeurs requises si on s'attarde sur les caractéristiques de la pâte, on s'intéresse alors de nouveau à la branche "5a" de l'arbre de causes correspondant à la formulation de la pâte.

Par conséquent, **la branche "6d" ne peut être écartée** en l'absence de données claires et précises sur la viscosité des explosifs utilisés au moment de l'accident.

2.2.2.3 Branche "5c" - Acidité des absorbants

L'acidité des absorbants peut être à l'origine de la décomposition chimique de l'explosif, le rendant alors plus sensible à toute sollicitation.

Toutefois, les matières premières sont contrôlées à leur arrivée sur le site par le laboratoire d'analyse, excepté le nitrate d'ammonium contrôlé lui par le service de fabrication.

D'après les entretiens réalisés, les contrôles réalisés sur les matières premières ne mettraient pas en lumière de défauts sur ces matières premières.

La branche "5c" de l'arbre des causes peut être écartée.

2.2.2.4 Branche "5d" - Exsudation

Le phénomène d'exsudation peut se rencontrer pour les deux situations suivantes dans l'alimentateur. L'exsudation peut intervenir suite à :

- Un blocage de la pâte dans la filière (branche "6g").

Toutefois, au moment de l'accident, la filière avait déjà été démontée. Il ne pouvait donc plus y avoir d'exsudation pour la raison évoquée.

Si un phénomène d'exsudation avait eu lieu dans la filière peu avant le démontage, alors l'explosion aurait probablement eu lieu peu après le démarrage de l'alimentateur pour la vidange de l'alimentateur. La pression exercée sur la pâte est moindre, même si les phénomènes de friction contre le nez en acier de l'alimentateur réside.

Dans ce cas-là, le nez de l'alimentateur aurait été fortement endommagé par l'explosion, or d'après les constats qui ont été faits lors du relevé des dégâts, les dommages principaux ont été observés sur l'alimentateur lui-même, les bivis en particulier.

Par conséquent, **la branche "6g" peut être écartée.**

- Un blocage dans le tronc du cône en sortie de l'alimentateur (branche "6h")

Après démontage de la filière, il semble que la pâte n'ait pas eu de difficulté particulière pour sortir de l'alimentateur.

En revanche, il est à noter que la dynamite est restée un long moment dans l'alimentateur, notamment au niveau du nez de l'alimentateur où il y a un rétrécissement car le conducteur Rollex cherchait pendant ce temps-là un assistant pour démarrer l'encartouchage. Ainsi, la pâte aurait pu durcir et exsuder en partie.

Le séjour prolongé de la pâte aurait pu induire une exsudation, la simulation de l'accident par NITROCHIMIE ne laisse pas apparaître d'exsudation mais il s'agissait de pâte factice. Ainsi, devant le manque d'informations probantes, **la branche "6h" ne peut être totalement écartée.**

2.2.2.5 Branche "5e" - Instabilité de la dynamite

L'instabilité de la dynamite doit pouvoir être détectée au niveau des contrôles soit de la nitroglycérine lors de la nitration (branche "6j"), soit de la dynamite après encartouchage (branche "6i").

Or ici, la nitroglycérine utilisée provenait de la Superdopex et non de l'atelier de nitration, ainsi **la branche "6j" peut être écartée.**

Par ailleurs, les contrôles n'avaient pas encore été réalisés sur la pâte utilisée le matin de l'accident car le laboratoire n'avait pas prélevé de cartouches pour les tests.

Les résultats des tests en laboratoire lors de la campagne d'essais donne des résultats compris dans les spécifications de la pâte en terme de stabilité, de densité et d'exsudation.

Cependant, la nature du second bac n'étant pas clarifiée, il est difficile de se prononcer sur le caractère instable ou non de cette pâte.

La branche "6i" ne peut être écartée.

2.2.2.6 Branche "5f" - Mauvaise homogénéité

Une mauvaise homogénéité de la pâte pourrait se traduire par un malaxage insuffisant de deux qualités de pâtes différentes, par un malaxage inadéquat dans un guédu laissant apparaître de la nitroglycérine (Superdopex) dans la pâte.

Cependant, il est difficile d'établir un lien de cause à effet entre une mauvaise homogénéité et un caractère explosif exacerbé en cas de friction dans l'alimentateur. Des tests complémentaires auraient permis d'obtenir davantage d'informations sur ce point.

Malgré le caractère improbable de cet événement, **la branche "5f" ne peut être écartée.**

2.3 BRANCHES "4B" ET "4D"- NATURE DE LA SOURCE D'ENERGIE

Les causes de détonation peuvent être de différentes natures :

- d'origine mécanique par choc, frottement, écrasement (branche "5g"),
- d'origine thermique par des flammes ou un échauffement (branche "5h"),
- d'origine électrique et/ou électrostatique (branche "5i"),
- d'origine extérieure par explosion à proximité avec onde de choc et projections (branches "5j" et "5k").

2.3.1 Branches "5j" et "5k" - Un accident extérieur comme source d'énergie

Il n'a pas été fait état d'une explosion sur le site à proximité de la cabine 50 avant l'explosion de celle-ci.

Dans l'arbre des causes, **les branches "5j" et "5k" peuvent donc être écartées.**

2.3.2 Branche "5i" - Electricité/électrostaticité comme source d'énergie

Le risque électrique/électrostatique peut avoir trois origines :

- L'électricité : l'organe électrique de l'alimentateur est le moto-réducteur à variateur, placé sous l'alimentateur et actionne les vis. Un court-circuit pourrait provoquer une étincelle susceptible de faire détoner l'explosif. Toutefois, le moto-réducteur est placé dans un coffre étanche (cf. p.10 de l'étude de sécurité travail de l'unité d'encartouchage de dynamite "Rollex 50" dans les ateliers n°49-50-52-52bis, Nitrochimie, 30/09/02). Dans les entretiens qui ont été menés, il n'a pas été fait mention d'observations particulières concernant le moto-réducteur de l'alimentateur.

La branche "6t" de l'arbre des causes peut être écartée.

- L'électricité statique : les dynamites sont peu sensibles à l'électricité statique lorsqu'elles sont à l'état plastique. Par ailleurs, un certain nombre de dispositions avaient été prises conformément à la réglementation pyrotechnique (sols, habits, ..).

Ainsi la branche "6u" peut être écartée.

- La foudre : les ateliers sont sous cage de Faraday (p. 11 de l'étude de sécurité travail).

Le matin de l'accident, le temps n'était pas orageux, la branche "6v" peut être écartée.

Ainsi, l'explosion de Billy Berclau ne trouve pas son origine dans l'origine électrique ou électrostatique. **La branche "5i" peut être écartée.**

2.3.3 Branche "5h" - Echauffement thermique comme source d'énergie

Un échauffement de la pâte peut avoir deux origines principales :

- Un incendie à l'extérieur de l'atelier 50 : Le matin de l'accident, il n'y avait pas d'incendie constaté à l'extérieur de la cabine 50.

La branche "6s" de l'arbre des causes peut être écartée.

- Un incendie à l'intérieur de l'atelier 50 (Branche "6r").

Un incendie peut se développer en plusieurs points de l'atelier, au niveau :

- du moto-variateur de l'alimentateur : branche "7o",
- du moteur d'entraînement de la Rollex : branche "7l",
- du bain de paraffine et des bobines de papier avec propagation dans l'atelier : branche "7q",
- de l'atelier lui-même : branche "7r",
- de travaux par points chauds lors de l'intervention du service de maintenance : branche "7s".

D'après les témoignages et le visionnage de la cassette vidéo, aucun des événements qui sont cités ci-dessus ne se sont déroulés. **La branche "6r" de l'arbre des causes peut être écartée.**

Ainsi, la branche "5h" de l'arbre des causes peut être écartée.

2.3.4 Branche "5g" - Action mécanique comme source d'énergie

L'action mécanique peut se manifester de différentes manières, parmi lesquelles par exemple :

- un bac plein de pâte peut se renverser parce que une des béquilles prévue à cet effet est défectueuse (branche "6k")
- avant le renversement d'un bac dans l'alimentateur, un corps étranger dans le bac peut induire un frottement ou un choc conduisant à une explosion (branche "6l"),
- l'écrasement d'un bac de pâte contre la fourche du basculeur peut produire une énergie suffisante pour la détonation de la pâte (branche "6m"),
- lors du déversement de la pâte du bac vers la trémie d'alimentation, il peut y avoir choc entre la goulotte de déversement du bac et le haut de l'alimentateur, idem lors du reversement et de la repose du bac vide (branche "6n"),
- dans l'alimentateur, une friction peut se produire par blocage de la pâte dans la filière (branche "6o"),
- dans l'alimentateur, un corps étranger peut provoquer une friction (branche "6p").

Les faits de la cassette vidéo permettent d'affirmer que les bacs ont été déversés sans problème particulier :

- **Il est possible d'écarter la branche "6k"** car les deux bacs de pâte ne se sont pas renversés au sol peu avant ou au moment du déversement,
- Un frottement ou un choc dans le bac avant renversement dans l'alimentateur aurait pu causer l'explosion de ce bac avant renversement, ce qui n'a pas été le cas. Par ailleurs, aucun phénomène de friction à cette étape du processus n'est observé.

Toutefois, il est possible qu'un corps étranger ait pu se trouver dans le bac sans que pour autant celui-ci explose par manque d'énergie suffisante à la détonation. La branche correspondante, la branche "7l", sera détaillée dans le paragraphe suivant.

Ainsi la branche "6l" peut être écartée dans la mesure où il n'y a pas eu suffisamment d'énergie pour initier l'explosion **mais la possibilité qu'un corps étranger soit déjà présent dans le bac ne peut être écartée.**

- Les bacs ont été déversés dans l'alimentateur sans écrasement de pâte et sans choc. L'un de ces deux derniers événements aurait conduit à ce moment-là à une explosion, ce qui n'a pas été le cas.

Donc, ces branches "6m" et "6n" peuvent être écartées.

- La filière de l'alimentateur a été retirée avant l'explosion ainsi **la branche "6o" peut être écartée.**

2.3.4.1 Branche "6p" - Friction d'un corps étranger dans l'alimentateur

La branche "6p" de l'arbre des causes se rapporte à une friction d'un corps étranger avec la pâte dans l'alimentateur.

Rappelons avant toute chose que plus la pâte sera sensible, moins l'énergie nécessaire pour faire détoner la pâte sera élevée. Les caractéristiques de la pâte sont donc des données essentielles pour l'explication du phénomène physique.

Le corps étranger peut être incorporé à la pâte à différentes étapes (branche "7m")

2.3.4.1.1 Branche "8f" - Introduction d'un corps étranger dans la trémie par l'opérateur

Un corps étranger pourrait être introduit par l'opérateur de façon intentionnelle ou non. De façon non intentionnelle, un corps étranger aurait pu tomber de l'opérateur ou un de ces actes aurait pu mener à la présence d'un corps étranger dans la trémie. Toutefois, il est à noter que les vêtements des opérateurs doivent être sans poches et que des procédures sont là pour réaliser des pratiques sûres.

L'opérateur a, à sa disposition, une pelle pour mettre de la pâte dans l'alimentateur ou agir sur la pâte dans l'alimentateur. Cette pelle a un embout plastique et est en fer tendre.

D'après la cassette vidéo, l'opérateur a remis de la pâte du tapis dans l'alimentateur, mais rien ne laisse supposer un fait particulier au sujet de cette action.

La cassette vidéo nous apprend, par ailleurs que lors de la vidange de l'alimentateur, à deux reprises, le conducteur Rollex jette dans l'alimentateur deux morceaux de pâte collée sur une boîte à outils située devant le tapis. La première fois, d'après le récit de la cassette vidéo, le morceau avait la taille d'une orange; la seconde fois, il s'agissait de miettes.

La boîte à outils sert à déposer les outils, vis, etc. dont il est fait usage lors du poste. Chaque soir, les outils sont rangés dans l'armoire à outils et chaque matin, le conducteur de Rollex doit vérifier que tous les outils s'y trouvent.

Il est à noter que, suite à un changement de calibre l'avant-veille de l'accident sur la Rollex 50, le carter (châssis de protection) n'avait pas été remis. Les vis correspondantes auraient pu se trouver dans la boîte à outils.

En l'absence de preuves permettant de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de la présence d'un corps étranger dans la boîte à outils susceptible d'avoir adhéré à la pâte ou l'hypothèse de la chute d'un objet tombé de l'opérateur, **la branche "8f" peut être retenue.**

2.3.4.1.2 Branche "8g" - Chute d'un objet du bac dans la trémie

Un corps étranger pourrait avoir été introduit par chute d'un objet du bac dans l'alimentateur lors du déversement du bac. Il peut s'agir de la béquille de protection du bac ou encore un corps étranger qui se serait positionné dans une partie creuse du bac. Un système de fixation au niveau des bacs et une campagne contre les corps creux ont été mis en place. Mais, étant donné l'angle de vision de la caméra, la vidéo ne permet pas d'infirmer ou de confirmer cette hypothèse.

La branche "8g" de l'arbre des causes peut être retenue.

2.3.4.1.3 Branche "8h" - Chute d'un objet situé au-dessus de la trémie

Un corps étranger situé au-dessus de l'alimentateur (au plafond) pourrait tomber dans l'alimentateur.

Une campagne de "chasse au corps étranger" a conduit à fixer, visser, siliconer tout objet (vis, boulons, etc.) susceptible d'être en contact avec la pâte.

Cependant, au-dessus de l'alimentateur, il n'y a pas d'éléments susceptibles de tomber dans l'alimentateur, à part les plaques de plafond.

Toutefois, en l'absence de preuves formelles, la cassette vidéo n'ayant pas l'angle approprié, **la branche "8h" de l'arbre des causes ne peut être écartée.**

2.3.4.1.4 Branche "8i" - Chute d'un objet déjà présent dans le bac

Il s'agit également de la branche "7i" car le corps étranger a pu être dans le bac sans que celui-ci n'ait suffisamment d'énergie exercée sur lui pour exploser. L'introduction a pu avoir lieu à différents moments :

- Il peut être introduit lors de la fabrication de la pâte. Il ne nous est pas possible d'établir la provenance et l'origine du second bac. Mais, selon toute vraisemblance, à partir de la chronologie de l'accident et en se fiant à l'inventaire des bacs par la maîtrise, il s'agit d'un bac de dépôt de Dynaroc 6 préparée à partir de Superdopex.

Il n'y avait pas, du moins au dépôts n°51 et 53, d'après l'inventaire, de bacs contenant de la Dynaroc 6 fabriquée au Tellex.

Ainsi, la pâte peut avoir été produite la veille ou les jours précédents au niveau des guédus en 44 ou 44bis.

Lors de cette fabrication, un corps étranger a pu être introduit à travers les matières premières ou lors de l'opération de malaxage ou de toute intervention sur le guédu.

La branche "8c" peut être retenue.

- Un corps étranger peut avoir été introduit dans le bac lors du transport du bac de pâte vers l'atelier 50. Rappelons que le premier bac était déjà présent dans l'atelier 50 quand l'un des contremaîtres charge l'alimentateur. Mais ce bac n'était pas couvert, idem pour le second bac de pâte.

Normalement, les bacs sont fermés durant le transport et les voiries sont entretenues de sorte de limiter le risque de corps étrangers.

Bien qu'improbable, en l'absence de preuves formelles concernant le déroulement du transport des deux bacs, **la branche "8d" correspondante ne peut être écartée.**

- Un corps étranger peut enfin avoir été introduit dans un des deux bacs dans l'atelier 50 lui-même.

A priori, le premier bac déjà présent le matin de l'explosion correspondrait au bac de vidange de la veille. Le bac serait resté durant la nuit dans l'atelier 50. Donc, à moins d'une action malheureuse lors de la vidange de la veille ou lors du déversement du bac par le contremaître le matin de l'accident, il est improbable qu'un corps étranger ait pu s'immiscer dans la pâte. Mais la cassette vidéo montre que ce bac n'était pas recouvert de son couvercle donc la pâte était à nu et un corps étranger aurait pu tomber à l'intérieur.

Quant au second bac, il a été, d'après le récit qu'il a été fait de la cassette, immédiatement déchargé dans l'alimentateur à son arrivée dans l'atelier 50. Toutefois, là encore, la pâte était à nu sur le basculeur avant déversement car son couvercle n'était pas visible sur la cassette vidéo.

Ainsi, il est également fortement improbable qu'un corps étranger ait pu s'introduire au second bac.

La branche "8e" ne peut être écartée.

2.3.4.1.5 Branche "8j" : Corps étranger déjà dans la trémie avant de vider les bacs

Un corps étranger aurait pu déjà être présent avant l'incorporation des deux bacs dans la trémie. Ce corps étranger aurait pu être amené dans la trémie la veille de l'accident par un opérateur (on retrouve alors la branche "8f") ou par la chute d'un objet lors des opérations d'encartouchage (on retrouve les branches "8g", "8h" et "8i").

Les conditions d'énergie auraient pu être différentes entre la veille et le jour de l'accident.

En l'absence d'informations, **la branche "8j" ne peut être écartée.**

3. CONCLUSION

En tout état de causes, relativement aux informations que l'INERIS a pu recueillir, l'explosion de l'atelier 50 provient de l'alimentateur (branche "2c"). Cette explosion se serait propagée aux autres dépôts de pâte contenus dans l'atelier (cf. rapport INERIS-DRA-ELe-NDe-2003-49136).

Pour que l'explosion puisse avoir lieu, deux paramètres doivent être réunis : la présence de pâte dans l'alimentateur et source d'énergie suffisante pour faire détoner l'explosif.

3.1 CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOSIF

Une indétermination réside dans la nature du second bac. En effet, cette information permettrait de statuer sur les caractéristiques de la pâte, sur sa sensibilité, son instabilité, sa propension à l'exsudation et sur sa densité. Ainsi, les branches "4a" et "4b", correspondant respectivement à un explosif conforme et à un explosif sensible, ne peuvent être écartées.

Dans le cas où l'explosif est plus sensible, cette sensibilité pourrait provenir :

- d'une formulation inadéquate : branches "6b" et "6c",
- d'une viscosité non conforme sans spécifications techniques inadéquates de l'alimentateur : branche "6d",
- d'une exsudation de la pâte dans le tronc du cône en sortie de l'alimentateur : branche "6h",
- d'une instabilité de la dynamite en l'absence d'informations concernant la qualité la dynamite produite ce jour-là : branche "6i",
- d'une mauvaise homogénéité de la pâte : branche "5f".

3.2 SOURCES D'ENERGIE

La source d'énergie retenue est l'action mécanique qui par friction ou frottement aurait conduit à l'explosion de la pâte (branche "5g").

Les origines de cette action mécanique qui ont été retenues dans l'arbre des causes sont dues à l'introduction d'un corps étranger (branche "6p"), et ceci aurait été possible à diverses occasions, malgré la politique anti-corps étrangers menés par NITROCHIMIE :

- Ce corps étranger aurait pu être apporté par l'opérateur, notamment lorsque le conducteur jette de la pâte dans l'alimentateur. Ce geste a surpris les employés de NITROCHIMIE qui ont vu la cassette vidéo car a priori, le conducteur aurait pu jeter ces morceaux de pâte dans le bac de vidange situé près de lui. (branche "8f").
- Ce corps étranger aurait pu être apporté par chute d'un objet du bac (béquille, réflecteur, etc.) dans la trémie lors du déversement du bac (branche "8g").
- Ce corps étranger aurait pu être présent avant l'arrivée des bacs dans l'atelier 50 et avant l'encartouchage (branche "8i") :
 - Soit lors de la fabrication de la Dynaroc 6 à partir de Superdopex dans les guédus. Le corps étranger aurait pu ne pas être en contact avec les pales du guédus lors du malaxage (branche "8c"),
 - Soit lors du transport du bac vers l'atelier 50 (branche "8d"),
 - Soit dans l'atelier même (branche "8e") avant l'arrivée des bacs et leur déversement dans l'alimentateur.
- Ce corps étranger aurait pu être déjà présent dans la trémie avant d'y vider les bacs (branche "8j").

En retirant de l'arbre des causes les branches qui ont été écartées au cours de l'analyse, il est obtenu l'arbre des causes réduit suivant sur les Figures 5 et 6.

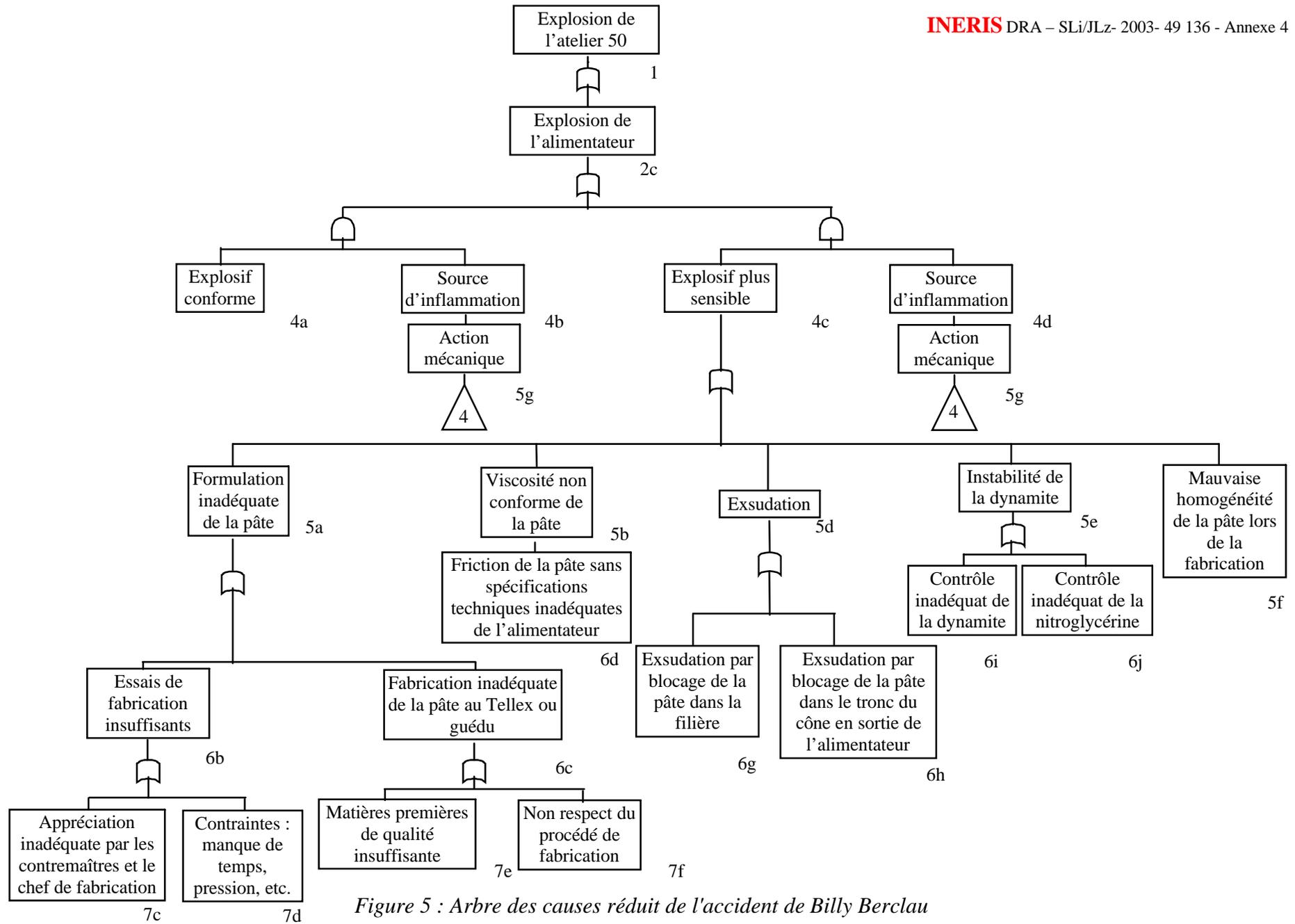


Figure 5 : Arbre des causes réduit de l'accident de Billy Berclau

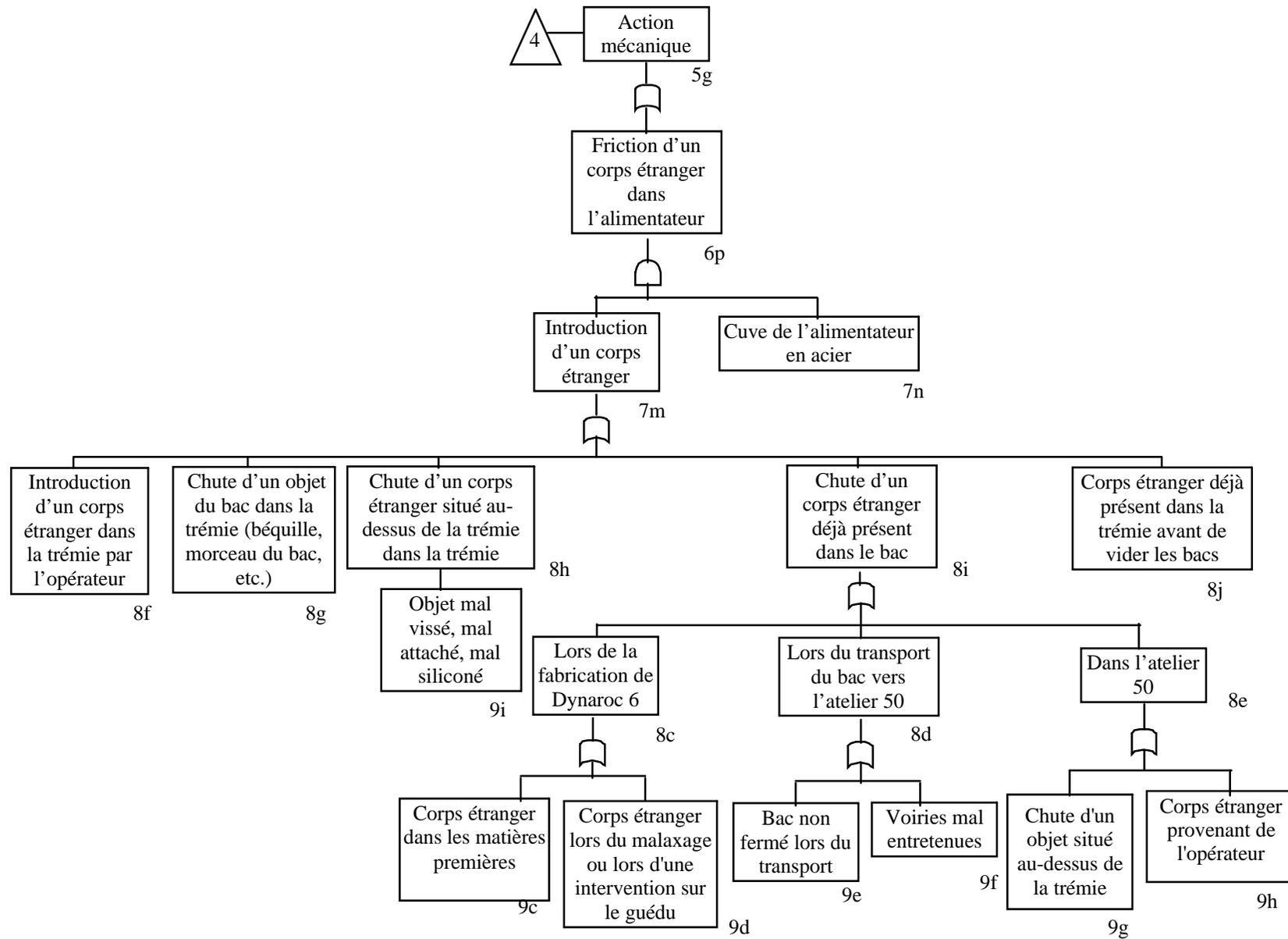


Figure 6 : Arbre des causes réduit de l'accident de Billy Berclau (suite)

