

# REVUE DES RISQUES ET PLAN D' ACTIONS AU NIVEAU DE L'INDUSTRIE DU SUCRE

Azad Marecar,<sup>1</sup> Adrien Mechoulan<sup>1</sup>, Jérôme Mouchebeuf<sup>1</sup>, Alice Pierre<sup>1</sup>, Camille Rabadeux<sup>1</sup>, Amel Sakhi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ecole de Biologie Industrielle (EBI), 13 boulevard de l'hautil 95000 Cergy

*Résumé : Le sucre est une substance extraite principalement de la canne à sucre et de la betterave. Il est principalement formé par une molécule nommée saccharose. Etant très apprécié par le goût qu'il apporte aux aliments, l'industrie sucrière est l'une des industries les plus développées en France grâce aux nombreuses améliorations apportées sur les différentes opérations unitaires. La France est le premier producteur Européen de sucre mais aussi le premier fabricant de sucre à partir de la betterave de sucre. Cependant, de nombreux incidents ont été constatés. Ainsi, l'industrie sucrière nécessite d'être très prudente et le management du risque se doit être préventif et organisé. Par ailleurs, le sucre est listé comme étant une substance possédant des risques ATEX. L'article suivant présente les risques rencontrés dans une usine de raffinerie sucrière Française qui extrait le sucre de la betterave, dans le but d'identifier les mesures de préventions existantes et de déterminer les futures à mettre en place.*

*Mots clés : sucre, management des risques, prévention, ATEX*

## 1 INTRODUCTION

Le sucre, selon la directive européenne 2011/11/CE, désigne les principaux glucides à saveur « sucrée » : le glucose, le fructose et le saccharose. Cependant, dans le langage courant, le sucre désigne essentiellement une poudre constituée de saccharose à un très haut niveau de pureté. C'est un ingrédient de choix, puisqu'il intervient sur la qualité finale d'un produit grâce à ses nombreuses propriétés : exhausteur de goût, texturant, conservateur. [1]

L'industriesucrièreestuneindustrie qui a perduré et atteint de forts niveaux de production au niveau national, notamment sous l'impulsion des réformesfiscalesvisant à avantagerl'exportation du sucrefrançais par rapport au sucreallemandouautrichien. [2]

L'une des forces de cette industrie est d'avoir fait vivre une politique d'amélioration continue à la fois sur les différentes opérations unitaires permettant de transformer ou d'extraire à partir végétal (de la betterave)de la poudre de saccharose et la mise en place d'innovations. Le progrès technologique a certes permis une optimisation permanente du rendement mais il s'est également accompagné de nouveaux risques, voire d'évènements graves en termes économiques mais aussi d'atteinte aux vies humaines.

L'article suivant se propose de refaireune revue des risquesdansunesucreriefrançaise, travaillant à partir de betteraves, et les barrièresexistantesou à mettre au point.

## 2 CONTEXTE

Après analyse de notre outil de production (figure 1), nous avons déterminé les étapes les plus critiques en termes de risques: la cristallisation et le séchage. C'est en effet, au cours de ces deux étapes que les poussières de sucre sont générées en quantité importante et donc que les risques sont les plus grands. [3] [4]

La cristallisation consiste en la séparation du saccharose (sous forme de cristaux) des impuretés (solubles) qui demeurent dans le jus concentré et s'effectue dans notre cas en 3 jets. Chaque jet est constitué de 3 sous-étapes : cuisson, malaxage et centrifugation. [5]  
Il y a ensuite une étape de séchage pour obtenir le produit fini.

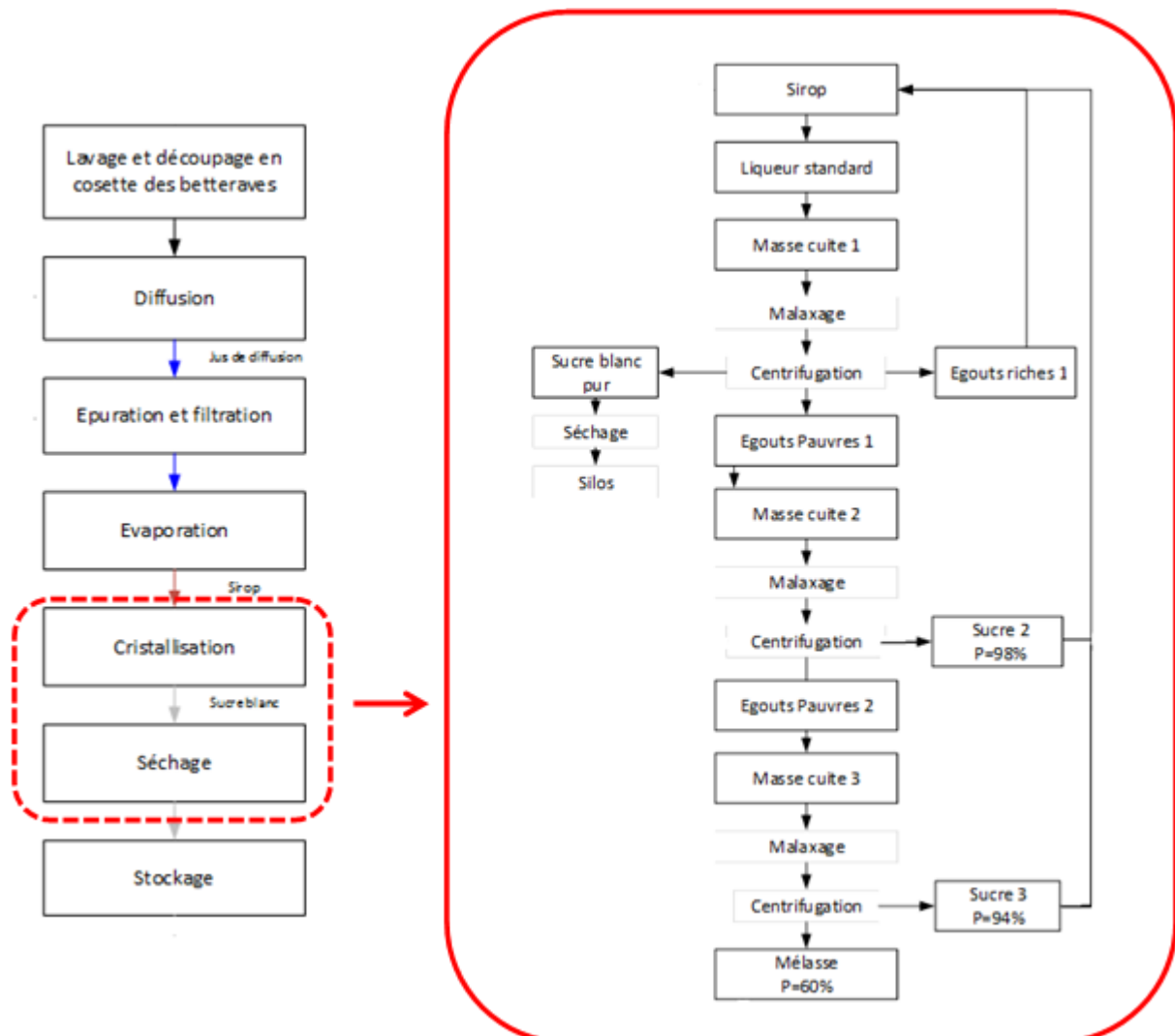


Figure 1. Schéma blocs : à gauche l'ensemble des procédés, à droite le détail de la cristallisation et le séchage

### 3 METHODES

Il existe plusieurs méthodes pour évaluer les risques et réfléchir aux moyens de les maîtriser comme l'AMDEC, l'HAZOP, l'arbre de défaillances, ... Mais, à la base de ces évaluations et ce dès les premiers stades de développement d'un projet, il est nécessaire d'adopter une démarche d'Analyse Préliminaire des Risques.

#### 3.1. APR

Avoir une démarche APR dans un projet, permet dès le début une vision globale des risques dus à des facteurs externes et internes. La démarche APR va donc constituer un critère de faisabilité et va aussi permettre de donner des pistes probantes pour dimensionner correctement l'effort financier. Elle va ensuite fournir une base solide de réflexion pour la mise en place d'outils plus exhaustifs et précis dans l'évaluation des risques et des barrières à mettre en place. [6]

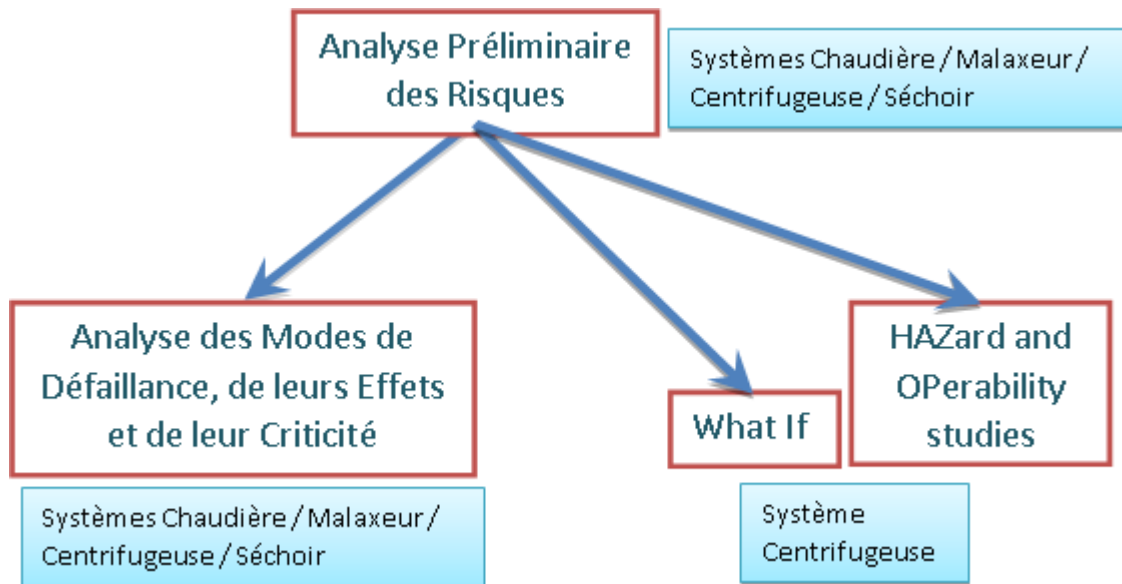


Figure 2. Les différentes méthodes utilisées pour la recherche des risques

L'APR, permet d'avoir une vision globale des risques au sein de notre usine de production. De ce fait, elle nous a permis d'inventorier tous les risques potentiels et les éventuelles barrières existantes, cela nous servira de base pour affiner l'analyse des risques avec d'autres méthodologies plus adaptées avec des critères de cotation.

Ainsi, nous avons choisi de réaliser l'AMDEC, la What If et l'HAZOP sur différents systèmes définis dans le contexte.

### 3.2. L'AMDEC

Nous avons suivi une démarche AMDEC sur la conception d'un Moyen de Production en nous basant sur des plans et des bases de données recensant des accidents précédemment relevés.

Le mode de défaillance correspond à la manière dont un dispositif devient non fonctionnel et la cause renvoie à l'événement initial induisant ce dysfonctionnement. On retranscrit ensuite la conséquence pour l'unité de production et/ou l'utilisateur et la façon dont la défaillance est détectée avant qu'elle ne se produise complètement.[7]

Enfin, on calcule la criticité (C) de la défaillance qui va correspondre à la combinaison de trois facteurs :

- la fréquence d'apparition du couple mode-cause (F)
- la gravité de l'effet (G)
- la possibilité d'utiliser les signes de détection. (D)

$$C = F \times G \times D \quad [1]$$

Nous avons établi que chaque facteur serait coté de 1 à 4 et que toute défaillance ayant une **criticité supérieure ou égale à 15** devait être considérée comme « critique » et donc à considérer obligatoirement dans la mise en place d'une action correctrice.[8]

Tableau 1: Modèle de grille utilisé pour l'AMDEC

Composant	Fonctions	Description de la défaillance	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité indices nominaux				Actions préventives / correctives
							F	G	D	C	

### 3.3 La WHat-If

La méthode What If est une méthode préliminaire à l'élaboration de l'HAZOP. En effet, elle permet de proposer les dérives éventuelles des paramètres de fonctionnement et ainsi d'identifier les scénarios de défaillances associés. Ces dérives sont fondées sur une succession de questions du type : « Que se passe-t-il si tel paramètre ou tel comportement est différent de celui normalement attendu ? »[9]

### 3.3 HAZOP

L'HAZOP est une méthode adaptée à l'analyse des risques dans les procédés industriels. Elle se base sur les déviations potentielles des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation (par exemple la température et la pression) par rapport à la valeur de consigne de ces paramètres lors d'un fonctionnement normal. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation à la différence de l'AMDEC qui est centrée sur les composants. [10]

Tableau 2: Modèle de grille utilisé pour l'HAZOP

Paramètre	Mot-clé	Déviations	Causes possibles	Probabilité	Conséquences	Gravité	Probabilité de défaillances	Risque potentiel	Détection	Barrières préventives existantes ou à ajouter	SIL	Probabilité résiduelle	Risque résiduel	Fréquence résiduelle	Recommandations

### 3.4. Risques ATEX liés au sucre

**Définition :** Une Atmosphère Explosible est une atmosphère qui pourrait devenir explosive dû à des conditions locales ou opérationnelles.

Il y a présence d'une ATEX s'il y a un comburant, un combustible qu'il soit sous forme de poussières ou de gaz, une source d'inflammation, un domaine d'explosivité et un confinement suffisant.[11], [12].

Une législation en cours d'application existe : la directive 2014/34/UE du 26 février 2014. Ainsi, la présence d'un risque d'explosion impose un zonage ATEX pour classer les zones à risques selon 3 niveaux (20 : risque permanent, 21 : risque occasionnel, 22 : risque accidentel). Les appareils électriques devront être choisis selon des caractéristiques spécifiques ATEX.[13], [14]

Le risque lié au sucre est assez faible et il faudra éviter que la température de la poussière de sucre ne dépasse les 460°C au cours du procédé (température d'auto-inflammation de la poussière de sucre). [15]

### 3.5. Plan d'action

Pour finir, un plan d'actions sera réalisé. Pour mettre en place un plan d'actions, plusieurs étapes sont nécessaires. Toutes les actions qui vont participer à l'atteinte de l'objectif fixé à savoir limiter au maximum les risques doivent être listées. Pour atteindre l'objectif du plan d'actions, les ressources

humaines qui participeront aux activités doivent être clairement identifiées. De plus, les différentes dates des activités doivent être définies et leur statut doit être apparent.

## 4. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1. AMDEC

Suite à l'AMDEC, nous pouvons constater que les risques les plus critiques pouvant atteindre notre moyen de production sont d'origine humaine (criticité supérieure à 15). Cette considération sera à prendre en compte lors de l'établissement de notre Plan d'Actions.

Tableau 1 : Extrait de l'AMDEC obtenu

Composant	Fonction	Description de la défaillance	Mode de défaillance	Causes	Effets	Détection	Criticité indices nominaux				Actions préventives /correctives
							F	G	D	C	
<b>Malaxeur</b>	Malaxage	Défaillance d'attention	Exposition d'un ouvrier aux lames/hélices/pâles de malaxage	Inattention de l'opérateur et/ou non-respect des consignes de sécurité	Blessure superficielle voire importante de l'opérateur	L'opérateur n'est plus en mesure de travailler	2	3	3	18	Suivre les protocoles de maintenance et lavage à la lettre
<b>Séchoir</b>	Séchage	Défaillance d'attention	Un ouvrier est tombé lors de l'étape de lavage	Inattention de l'employé, absence de protection pour l'opérateur	Blessure ou mort de l'opérateur, diminution du rendement de la production	L'opérateur est inhabituellement fatigué, distrait, ...	1	4	4	16	Mettre en place un système de secours tel qu'une accroche de sécurité sur l'opérateur pour éviter qu'il ne tombe

## 4.2. HAZOP sur l'étape de centrifugation

Après ajout de barrière, on peut voir que la probabilité de risque devient faible.

Tableau 4 : Extrait de l'HAZOP

Paramètre Mot-clé Déviation	Causes possibles	Probabilité	Conséquences	Gravité	Probabilité défaillances	Risque potentiel	Détection	Barrière préventives existantes ou à ajuster	SIL	Probabilité résiduelle	Risque résiduel	Fréquence résiduel	Recommandations
Vitesse de centrifugation Trop de Vitesse de centrifugation élevée	Défaillance des variateurs de vitesse	Probable	1. Surchauffe du système avec dommages mécaniques 2. Endommagement de la matière (assèchement et risque de solidification de la matière dans la cuve) et pertes de matière (d'où perte économique et financière) 3. Ralentissement considérable de la production 4. Possibilité d'instabilité de l'équipement et atteinte humaine	Sévère	10 <sup>-2</sup> /an	MMR rang 2	Mesure de la vitesse effective du panier de la centrifugeuse par la dynamo tachymétrique D.T 2	Indication locale de la mesure de la vitesse effective de centrifugation et déclenchement d'une alarme de sécurité haute en cas de vitesse dépassant un certain seuil >1700 tr/min avec procédure d'arrêt d'urgence + déclenchement d'une alarme haute en cas d'écart supérieur important et prolongée entre la consigne et la valeur mesurée par D.T2 avec procédure spécifique	2	Possible mais peu probable	MMR rang 1	10 <sup>-5</sup> /an	Vérifier fréquemment que le système d'asservissement de la vitesse de centrifugation est opérationnel (maintenance régulière et contrôle fréquent) et que le personnel est suffisamment qualifié et sensibilisé concernant la surveillance et les mesures à prendre en cas de problème rencontré et de déclenchement des alarmes sécurité haute et haute
	Défaillance du moteur	Probable		Sévère									
	Défaillance du frein mécanique	Peu probable		Modérée									
	Défaillance des A.P.I	Probable		Sévère									
	Défaillance de la dynamo tachymétrique D.T1	Probable		Sévère									
	Défaillance de la résistance R1 et/ou R2	Probable		Sévère									

### 4.3 Plan d'action

Grâce à des analyses précédentes sur les différents points à améliorer, plusieurs actions et activités ont pu être listées. Ces activités ont été ici listées en trois catégories pour faciliter la lecture : une partie « Ajout/modification d'une machine, d'un équipement », une partie « formation HSE du personnel » et une dernière partie « Ajout/modification organisationnelle ». Pour la première catégorie « Ajout/modification d'une machine, d'un équipement », aucune activité n'est pour l'instant en retard. Les ressources sont donc efficaces et ne rencontrent pas de difficultés particulières. Concernant la deuxième catégorie sur les formations, une activité concernant le malaxeur est en retard et devra donc être effectuée le plus rapidement possible afin que le personnel puisse continuer son travail et ce, en toute sécurité. Pour la dernière catégorie « Ajout/modification organisationnelle », une activité liée au malaxeur est en retard et devra donc être réalisée le plus rapidement possible par la ressource concernée afin que cette activité réponde aux exigences du plan d'actions et donc à celles de l'entreprise.

Les preuves de mises en place pour chaque catégorie sont clairement visibles dans le plan d'actions. Pour la preuve de l'efficacité de l'action préventive, un relevé du nombre d'incidents liés aux points critiques relevés et de leur gravité sur un trimestre sont effectués ainsi que des rapports d'audits internes et externes, et ce, pour toutes les activités du plan d'action.

Tableau 5 : Extrait du plan d'action

Ajout/modification d'une machine, d'un équipement	Matériel concerné	Ressources	Date de début	Date de fin	Statut	Preuves de mise en place	Preuves d'efficacité de l'action préventive	
Ajout d'un panneau de mise en garde sur les consignes de sécurité sur le malaxeur	Malaxeur	Responsable de Production et Responsable des Achats gérant le budget de l'Équipement	15/11/2015	30/11/2015	En cours	Bons de commande, de livraison et d'installation par le fournisseur. Si applicable : enregistrements traçant la fonctionnalité des équipements installés, dans le temps.	Relevé du nombre d'incidents liés aux points critiques relevés et de leur gravité sur un trimestre. Rapports d'audits internes et externes	
Ajout d'un système court-circuitant relié à un compteur de vitesse	Centrifugeuse		30/11/2015	15/12/2015	En attente			
<b>Formation HSE du personnel</b>								
Formation du personnel à son arrivée sur le site sur les consignes de sécurité de l'appareil et revue annuelle	Malaxeur	Responsable Ressources Humaines qui gère le Plan de Formation	15/11/2015	30/11/2015	En retard	Attestation de formation initiale et de revue régulière annualisée		
Formation du personnel à son arrivée sur le site sur les consignes de sécurité de l'appareil et revue annuelle	Centrifugeuse		30/11/2015	15/12/2015	En attente			
<b>Ajout/modification organisationnelle</b>								
Inclure sur la fiche de suivi de la machine une surveillance de l'état du joint d'étanchéité	Malaxeur	Ingénieur HSE et Responsable de Production	15/11/2015	30/11/2015	En cours	Registres signés, datés et conservés (archives). Toute modification ou erreur doit être rayée de manière à ce que l'ancienne version soit visible, datée, signée et paraphée.		
Inclure sur la procédure de nettoyage une étape de vérification du tube d'évacuation et de nettoyage, si nécessaire	Malaxeur		15/11/2015	30/11/2015	En retard			
Inclure sur la procédure de nettoyage une étape de vérification du tube d'évacuation et de nettoyage, si nécessaire	Centrifugeuse		30/11/2015	15/12/2015	En attente			

Concernant le chiffrage du plan d'actions, quelques modifications de l'équipement sont effectivement prévues mais elles restent mineures et ne remettent jamais en cause les procédés. Le biais à considérer

avec le plus d'attention reste le facteur humain. Pour se faire, nous avons donc choisi de financer une formation la plus complète possible pour le Responsable HSE. C'est donc au responsable HSE d'organiser des sessions de formation adaptée en interne et de rappels à destination du personnel. Enfin, les équipements ne sont pas à l'abri non plus d'erreurs aléatoires : la meilleure prévention reste la vigilance du personnel. Là aussi, au responsable HSE de donner au personnel les moyens de prévention et de maîtrise en organisant par le biais de procédures et de registres la mise en place de démarches de prévention.

Le total des frais pour la mise en place du plan d'actions est estimé à 1695 euros.

## 5. CONCLUSION

Les risques concernant la fabrication du sucre à partir de betteraves ont pu être étudiés et ont ainsi permis de mettre en place des axes d'amélioration et de prévention. Dans une industrie, il est primordial que des techniques fiables pour identifier les dangers potentiels soient employées, que ce soit pour empêcher des pertes économiques mais surtout pour assurer la sécurité au sein du site. Grâce à de nombreux brainstorming, différents points critiques ont été repérés. Une première démarche, l'Analyse Préliminaire des Risques (ou APR) a servi notamment à mettre en évidence plusieurs dangers avec leurs causes, leurs conséquences, les sécurités déjà existantes et les améliorations pouvant être apportées. Ensuite, plusieurs méthodes ont été mises en œuvre et ont permis d'aboutir à la maîtrise des risques et l'analyse des défaillances : une analyse « What if » réalisée sur la centrifugeuse, une analyse HAZOP effectuée sur cette même machine, et une analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs criticités sur l'ensemble des équipements. Par ailleurs, le plan d'actions mis en place a été utile à la mise en place des chiffrages en vue d'estimer le budget à dépenser dans cette gestion des risques. Ainsi, la majorité des activités qui ont été jugé nécessaire à mettre en œuvre pour limiter au maximum les risques concernent principalement la rédaction de procédures ce qui explique que le budget fixé à la gestion des risques reste faible. Enfin, puisque des poussières de sucre sont engendrées au cours de la production, il est nécessaire que des risques ATEX soient soulevés et étudiés. C'est pourquoi, un zonage ATEX a été clairement défini.

## REFERENCES

- [1] Syndicat National des Fabricants de Sucre, *SNFR*, <http://www.snfs.fr/site/index.php>, 2015
- [2] Le Site Pro du CEDUS, *Sucre Info*, [www.sucre-info.com](http://www.sucre-info.com), 2015
- [3] ARIA, <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/resultat-recherche-accident/page/1/>, 2015
- [4] BARPI, *Retour d'expérience sur les accidents technologiques*, <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>, 2011
- [5] Barbara MATHLOUTI, *L'extraction du sucre*, Université de Reims, 2013
- [6] Yves MORTUREUX, *Analyse préliminaire de Risques*, Techniques de l'ingénieur, 2002
- [7] Michel RIDOUX, *AMDEC Moyens*, Techniques de l'ingénieur, 1999
- [8] Jean FAUCHER, *Pratique de l'AMDEC 2° édition : Assurer la qualité et la sûreté de vos produits, équipements et procédés*, Performance Industrielle, Vol 2, 2009
- [9] Nicholas BUKOWSKI, *L'utilisation des méthodes d'analyse des risques issues de l'industrie dans le domaine des barrages*, Barages CFDR, 2011
- [10] Michel ROYER, *HAZOP : une méthode d'analyse des risques*, Les Techniques de l'ingénieur, 2009
- [11] IDECQ, *Les atmosphères explosibles*, <http://www.idecq.fr/securite/item/183-les-atmospheres-explosibles-atex.html>, 2010
- [12] CCPS, *Le sucre peut-il présenter un risque d'explosion ?* 2008
- [13] INRS, *Explosions sur le lieu de travail : Réglementation et textes de référence*, <http://www.inrs.fr/risques/explosion/reglementation-textes-reference.html>.
- [14] Imaginescience, *Poudre explosive : sucre et farine*,



[http://www.imaginascience.com/actualites/accueil\\_actualites.php?action=fullnews&id=350&showcomments=1](http://www.imaginascience.com/actualites/accueil_actualites.php?action=fullnews&id=350&showcomments=1), 2008

- [15] Georges RONCHAIL, *Hygiène et sécurité au travail : Caractéristiques d'explosivité des poussières industrielles*, INRS, 1998

Contact principal: Nom

Coordonnées