

**DÉVELOPPEMENT D'UNE ANALYSE DU CYCLE DE VIE DYNAMIQUE POUR
L'ÉVALUATION DES EFFETS D'INCENDIE INDUSTRIEL. CAS DE LA
RAFFINERIE DE SKIKDA**

S. Chettouh

Laboratoire de Recherche en Prévention Industrielle (LRPI), Institut d'Hygiène et Sécurité,
Université de Batna 2, Algérie

Received: 14 ecember 2020 / Accepted: 10 Febreury 2021 / Published online: 01 January 2022

ABSTRACT

L'évaluation de l'impact du cycle de vie (EICV) est la troisième phase de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) décrite dans la norme ISO 14042. L'objectif de l'ACV est d'évaluer l'inventaire du cycle de vie (ICV) de produit afin de mieux comprendre son importance pour l'environnement. Cependant, l'EICV exclut généralement les effets spatiaux, temporels, les seuils et la relation dose-réponse et combine les émissions ou les activités dans l'espace et/ou le temps. Cela peut diminuer la pertinence du résultat de la méthode. La méthodologie ACV Dynamique orientée Incendie (ACVDI) proposée dans ce travail a pour objectif de compléter la norme internationale ISO 14042 dans le domaine des incendies, Elle consiste à combiner la méthode ACV-Incendie avec le Modèle Numérique de Dispersion (MND). Cette méthodologie est basée sur l'utilisation du MND pour évaluer les concentrations des polluants et les effets thermiques résultants des scénarios d'accident. Dans cette étude, la méthodologie de l'ACV dynamique - Incendie est appliquée à une étude de cas pour le pétrole la gestion des processus de production.

Author Correspondence, e-mail : chettouh.samia@yahoo.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v14i1.7>



Keywords : l'Analyse du Cycle de Vie-Incendie, l'Analyse du Cycle de Vie Dynamique-Incendie, Modèle Numérique de Dispersion, incendie.

1. INTRODUCTION

Les incendies industriels constituent le désastre le plus dangereux pour la vie humaine [1], pour l'économie et pour l'environnement dans la plupart des pays méditerranéens, entre autres, l'Algérie. Suite aux effets de cet événement accidentel, plusieurs efforts sont mis au point pour les étudier, les évaluer et les réduire. Parmi les fruits de ces études, on peut citer l'Analyse du Cycle de Vie orientée incendie [2]. Cette méthode qui est en pleine évolution, a pour objectif d'estimer les impacts environnementaux qui peuvent être générés par un incendie. Cette estimation repose sur le fait de quantifier les apports des substances polluantes émises lors d'un incendie [2,3].

Cependant, cette méthode montre certaines limites concernant les aspects spatio-temporels des émissions et leur devenir [4]. Pour faire face à cette lacune, on propose une méthode polyvalente, transparente et rigoureuse permettant l'évaluation des impacts résultant des incendies en fonction d'espace et du temps, en tenant compte de la distribution spatiale et temporelle des émissions de façon cohérente ; c'est la méthode Analyse du Cycle de Vie Dynamique orientée incendie (ACVD-Incendie).

2. ANALYSE DU CYCLE DE VIE ORIENTEE INCENDIE

L'Analyse du Cycle de Vie dite ACV traditionnelle est une méthode d'évaluation et de quantification de l'impact environnemental potentiel d'un produit, d'un service ou d'un projet sur tout le cycle de vie de ce dernier [5-7]. Cette méthode qui présente une holistique et systémique du produit ou service étudié par rapport à d'autres méthodes d'évaluation est considérée comme un outil d'aide à la décision qui permet la comparaison des divers impacts environnementaux potentiels de différents produits ou projets occupant la même fonction [8]. Du fait que l'ACV traditionnelle exclut l'étude de l'impact des accidents, tels que les incendies, les explosions [9], ou les incidents de pollution accidentelle, une méthodologie plus récente et plus adéquate à l'étude de ce genre de phénomènes accidentels a été développées. Cette méthode typique à ACV traditionnelle intègre les incendies comme scénario de fin de

vie possible d'un produit donné [2] et prend en compte dans l'évaluation du cycle de vie de l'impact des accidents d'origine incendie. Pour ce faire, cette méthode nommée ACV-Incendie a inclus des modules pour décrire le comportement des différents types d'incendies. En outre, cette méthode devrait inclure des modules pour la manipulation de la production des matériaux de remplacement qui sont nécessaires en raison de la réduction de la durée de vie que les incendies ont causé. Si possible, la méthode ACV-Incendie devrait également inclure des modules pour la manipulation du processus d'extinction des incendies ainsi que le processus de décontamination [10].

La méthode ACV-Incendie a été mise en œuvre par l'Institut National Suédois et apparue pour la première fois dans Simonson et al. (1998) [2]. Plusieurs travaux sont réalisés après en se basant sur cette méthode tels que Simonson et al. (2001) [11], Hamzi (2008) [4].

2.1. Méthodologie de l'ACV - Incendie

Comme pour l'ACV traditionnelle, l'ACV - Incendie est basée sur quatre étapes principales avec l'intégration de l'incendie comme scénario possible de fin de vie du produit. Ainsi, une Analyse du cycle de vie orientée incendie doit inclure : la définition des objectifs, le champ de l'étude, ou le cadrage de l'étude, l'analyse de l'inventaire, l'évaluation des impacts, et l'interprétation des résultats (Fig.1).

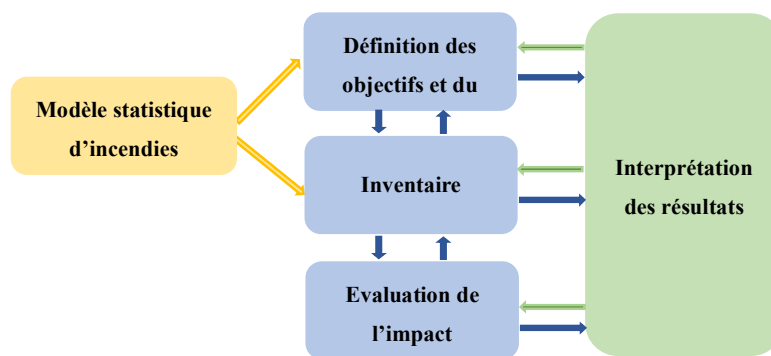


Fig.1. Cadre méthodologique l'Analyse du Cycle de Vie-Incendie.

2.1.1. Cadrage de l'étude

Cette étape consiste à mettre en forme l'étude et lui donner une réflexion sur sa finalité, en permettant de définir l'étude, le champ de l'étude, la fonction du système, l'unité fonctionnelle à laquelle les émissions et les extractions seront ensuite rapportées. Elle définit

également les frontières du système considéré, les catégories d'impacts environnementaux d'intérêt, afin de garantir le bon suivi de la démarche ainsi que les scénarios de base et les alternatives à étudier (Fig.2) [9,12].

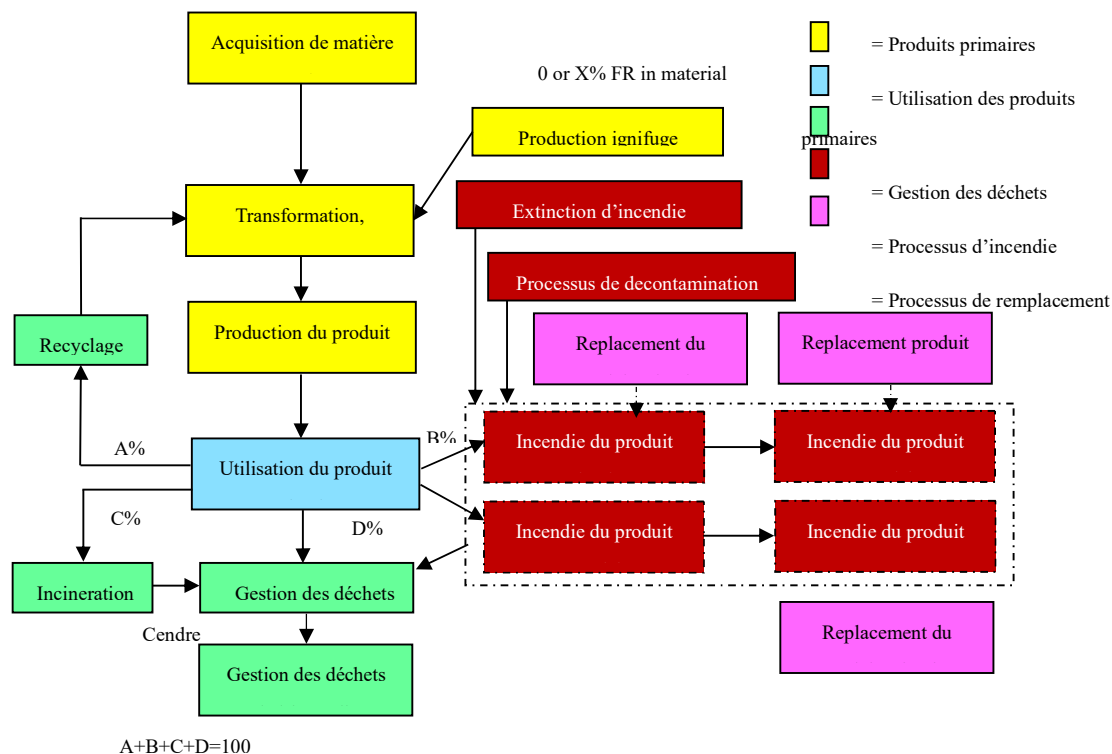


Fig.2. Représentation schématique de la méthode AVC-Incendie [4].

Etude statistique des incendies

Les statistiques sur les incendies doivent être détaillées et en mesure de déterminer le nombre de feux primaires et secondaires chaque année et d'estimer la taille de ces incendies, c'est-à-dire, le nombre des incendies qui se développent pour se propager dans le reste de la pièce et/ou le reste de l'immeuble. Les statistiques sur les incendies n'ont pris en considération que les incendies à grande dimension et qui nécessitent l'intervention des pompiers. Ces incendies sont, cependant, souvent rapportés aux compagnies d'assurance dans le cadre d'une réclamation d'assurance [4].

Modèle de l'incendie

Les statistiques des incendies vont par la suite être utilisées pour élaborer ce qu'on appelle un modèle d'incendie. Dans une ACV-incendie, un modèle d'incendie est conçu, qui est, bien sûr, une représentation du système réel avec diverses approximations et hypothèses. Un

diagramme schématique décrivant la méthode ACV-incendie est montré dans la Fig.2. Afin de faciliter la définition détaillée du modèle d'ACV-incendie représenté sur la Fig.2, il est nécessaire de définir d'abord les objectifs et le champ d'application de l'ACV-Incendie ainsi que les frontières du système et de discuter les choix possibles des émissions à inclure dans la sortie de l'ACV-Incendie. Comme il est déjà mentionné, ce modèle d'incendie repose sur une base de données qui recense les incendies qui ont, ou auraient pu, porter atteinte à la santé ou à la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement (Hamzi 2008).

L'unité fonctionnelle :

L'unité fonctionnelle doit inclure la fonction réelle du produit ou du service qui doit être analysé. Il est également important que l'unité fonctionnelle contient des mesures de l'efficacité du produit, la durabilité ou la durée de vie du produit et la qualité / le rendement du produit [4]. Dans la méthode ACV-Incendie, on procèdera à la comparaison de deux produits avec différents comportements vis-à-vis du risque incendie de la même unité fonctionnelle. Ainsi, on peut déterminer les impacts environnementaux de l'incendie selon les produits et les matériaux impliqués [10].

Les frontières du système :

Une représentation schématique de l'ACV-Incendie est décrite dans la Fig.2.

Cette représentation résume les principales composantes de la méthode ainsi que les frontières du système. Les parties principales à inclure dans le modèle doivent être les suivantes :

- Production de matériaux et de combustibles destinés à être utilisés dans la production ;
- Production du système d'atténuation d'incendie ;
- Production du produit principal (produit à analyser) ;
- Utilisation du produit primaire ;
- Traitement des déchets du produit primaire, y compris :
 - Enfouissement ;
 - Incinération ;
 - Recyclage.
- Modules d'incendie décrivant :
 - Les incendies primaires : Incendies des produits primaires et leur propagation aux produits environnants (définis comme produits secondaires) ;

- Les incendies secondaires : Incendie du produit secondaire, propagé au produit primaire ;
 - Déchets d'Activités de feu, y compris :
 - Démolition ;
 - Décontamination ;
 - Mise en décharge, incinération, recyclage ;
- Production de produits primaires supplémentaires pour le remplacement des produits primaires perdus dans des incendies ;
- Production de produits secondaires pour le remplacement de produits secondaires qui ont été détruits par la propagation des incendies primaires aux produits secondaires ;
- Activités d'extinction des incendies.

2.1.2. Inventaire du Cycle de Vie (ICV)

L'inventaire de l'ACV-Incendie est similaire à l'inventaire de l'ACV traditionnelle. L'ICV présente une compilation et une quantification de tous les flux entrants et sortants du système tel qu'il a été défini dans le champ de l'étude, que ce soit des flux élémentaires (matière ou d'énergie provenant de l'environnement et entrant dans le système étudié (ressources naturelles) ou rejeté dans l'environnement par un des processus du système) [12] ou des flux économiques (les flux de matière, énergie, services, etc. échangés entre les processus élémentaires et avec des systèmes extérieurs) [4].

A ce niveau, les flux économiques et élémentaires associés à chaque processus élémentaire sont qualifiés pour chaque étape du système, considéré comme une boîte noire. Ensuite, il faut mettre à l'échelle tous les flux identifiés en fonction du flux de référence. Ceci consiste à prendre le flux de référence (la quantité étudiée du produit final) et à remonter de processus élémentaires en processus élémentaire tous les flux élémentaires correspondants. Après avoir mis à l'échelle les flux élémentaires et économiques, l'ICV procède à la quantification des émissions et extractions pour chaque processus élémentaire, pour quantifier tous les éléments qui ont un impact environnemental à chaque étape. Enfin, toutes les données pour une source d'impact sont agrégées pour calculer les impacts à l'étape suivante. Par exemple, toutes les émissions de CO₂ de l'ensemble du processus élémentaire sont additionnées en une seule valeur. A ce niveau, une analyse des incertitudes de ces données ainsi qu'une analyse de

sensibilité peuvent être mises en œuvre afin de déterminer l'influence de chacun des flux sur la réponse du système [13].

Les résultats de l'ICV se présentent sous la forme d'un tableau qui récapitule tous les paramètres et qui exprime chacun d'eux dans l'unité voulue. L'ICV d'un produit se réalise suivant la norme NF P 01-010, basée elle-même sur les normes ISO en vigueur (série des normes ISO 14000). Cet inventaire présente une base pour l'étape qui suit : l'évaluation des impacts environnementaux.

2.1.3. Evaluation des résultats

Dans cette étape, les différentes classes d'impacts, comme les changements climatiques, l'eutrophisation, l'effet de serre et l'acidification sont évalués les uns contre les autres. Cela peut être fait de façon qualitative ou quantitative. Plusieurs méthodes d'évaluation ont été élaborées. Les méthodes sélectionnées comme les plus répandues sont les méthodes quantitativement fondées sur des facteurs d'évaluation calculées pour différents types d'émissions et de ressources. L'évaluation des impacts est jugée comme étant l'étape la plus difficile du fait qu'aucune procédure standard unique n'existe pour la mise en œuvre de l'évaluation d'impacts bien que généralement différentes méthodes peuvent être appliquées et les résultats peuvent être comparés.

2.1.4. Interprétation des résultats

L'interprétation est la dernière phase de l'Analyse du Cycle de Vie orientée Incendie. Dans cette étape, les résultats de l'inventaire et de l'évaluation de l'impact du cycle de vie sont combinés. Le but est de vérifier la cohérence des résultats avec les objectifs et le champ de l'étude et de conclure en expliquant les limitations et en fournissant des recommandations.

Il est recommandé d'indiquer les effets environnementaux potentiels sans prévoir ni les effets réels sur les impacts finaux par catégorie, ni les dépassements de seuils, ni les marges de sécurité, ni les risques. La phase d'interprétation du cycle de vie d'une étude type Analyse du Cycle de Vie ou d'une étude type ICV comprend plusieurs éléments :

- L'identification des enjeux significatifs ;
- La vérification par des contrôles de complétude, sensibilité et cohérence ;
- Les conclusions, limitations et recommandations ;

On doit également tenir compte des éléments fixés par les objectifs de l'étude :

- Le caractère approprié des définitions des fonctions du système, de l'unité fonctionnelle et de la frontière du système.
- Les limitations identifiées par l'évaluation de la qualité des données et l'analyse de sensibilité.

La documentation concernant l'évaluation de la qualité des données, les analyses de sensibilité, les conclusions et les recommandations issues des résultats de l'ICV et de l'ACVI doivent être vérifiées. La phase d'interprétation peut entraîner un processus itératif de revue et de révision du domaine d'application de l'Analyse du Cycle de Vie, ainsi que de la nature et de la qualité des données recueillies pour répondre à l'objectif défini.

2.2. Apports de la méthode ACV-Incendie

L'ACV est un outil qui va loin dans la démarche d'évaluation environnementale en évaluant de manière quantitative et scientifique les impacts potentiels sur l'environnement. Cet outil permet de faire le lien entre les aspects environnementaux et les impacts environnementaux potentiels associés et permet de calculer ces impacts à partir des flux de l'inventaire [14].

Du fait que l'industrie pétrolière est dans l'obligation de gérer une multiplicité de risques liée à la nature des matières premières utilisées ainsi que celle des produits finis qui sont extrêmement inflammables, explosifs et toxiques, un accident de petite taille, peut conduire à une perte de plusieurs millions de dollars et plus grave encore à des pertes de vies humaines. Heureusement, avec les progrès réalisés sur la méthode ACV-Incendie et l'innovation de sa méthodologie elle est maintenant capable de prendre dans son analyse, l'aspect accidentel tel que l'incendie comme une fin probable d'un produit. Cette méthode appelée ACV-Incendie peut être utilisée comme un outil d'aide à la décision.

2.3. Limites de la méthode ACV-Incendie

La réalisation de ACV-Incendie peut devenir très compliquée et même infructueuse du fait qu'elle fait appel à un grand nombre de données d'entrée qui incluent non seulement les données statistiques des incendies liés aux produits mais aussi les bilans matière et énergie réalisés pour l'ensemble du système [4] qui sont difficiles à trouver ainsi que les données sur les émissions des incendies qui sont en général caractérisées par des travaux réalisés aux laboratoires et dont l'accès est confidentiel. S'ajoute à ce point, le fait que cette quantification des émissions peut être plus ou moins précise en fonction de la qualité des informations

disponibles. A ce niveau, apparait le problème des incertitudes liées à l'inventaire du Cycle de Vie [15].

Autre lacune rencontrée lors de l'application de l'ACV-Incendie et qui semble être la plus obstructive, la difficulté de prendre en compte précisément les impacts environnementaux du point de vue spatial et temporel, c'est-à-dire la connaissance du devenir des substances dégagées par l'incendie dans l'environnement et leurs propriétés intrinsèques.

3. ANALYSE DU CYCLE DE VIE DYNAMIQUE ORIENTÉE INCENDIE

Suite aux différentes limites qui ont été identifiées concernant les aspects spatio-temporels des émissions dues aux incendies de raffinage du pétrole et l'évaluation de leurs impacts sur l'environnement ainsi que les incertitudes sur les données de l'Inventaire du Cycle de Vie qui peuvent réduire la qualité des résultats des études, le principal objectif de cette section est de développer un cadre méthodologique d'Analyse du Cycle de Vie Dynamique orientée incendie (ACVD-Incendie) en intégrant le Modèle Numérique de Dispersion à l'ACV-Incendie pour prendre en compte les deux dimensions spatiale et temporelle puis l'analyse des incertitudes liées à l'Inventaire du Cycle de Vie et celles rencontrées lors de la prise en compte de l'aspect spatio-temporel par le MND.

Ce cadre méthodologique nous permettra par la suite de pallier les lacunes des méthodes existantes et de démontrer l'importance de considérer de façon cohérente et rigoureuse les aspects spatio-temporels des émissions dues aux incendies du raffinage de pétrole à travers une application à un cas réel.

3.1. Méthodologie de l'Analyse de Cycle de Vie Dynamique orientée incendie

Une méthodologie d'analyse du cycle de vie intégrant la distribution spatiale et temporelle des émissions permettrait de calculer, dans un cadre spatio-temporel cohérent, les impacts des différentes émissions dues à l'incendie. La première étape à réaliser pour l'obtention d'une ACV Dynamique-Incendie est de développer un Inventaire du Cycle de Vie qui tient compte de la distribution spatiale et temporelle des émissions [16].

Le problème de la distribution spatio-temporelle d'ACV a été évoqué depuis plus d'une quinzaine d'années. Plusieurs exemples peuvent être tirés de la littérature tels que les travaux de Herchent (1998) [17]; Udo de Haes et al. (2004) [18]; Reap et al. (2008) [19]; Levasseur (2011) [8]; Laratte (2013) [9]; Beloin - Saint - Pierre et al. (2017) [20];

Cardellini et al. (2018) [5]; Ren et al. (2020) [21] qui ont marqué ce domaine de recherche en proposant une méthode d'analyse du cycle de vie dynamique pour l'évaluation des impacts dans plusieurs domaines. Cependant, la prise en considération de la distribution spatio-temporelle dans l'ACV-Incendie n'est encore pas effective. Cela nous a motivé à proposer une méthode ACV Dynamique orientée Incendie.

La méthode présentée dans cette étude est dénommée ACV Dynamique-Incendie puisque la considération des aspects spatiaux et temporels du cycle de vie se fait par la résolution dynamique du Modèle Numérique de Dispersion afin d'évaluer les impacts environnementaux.

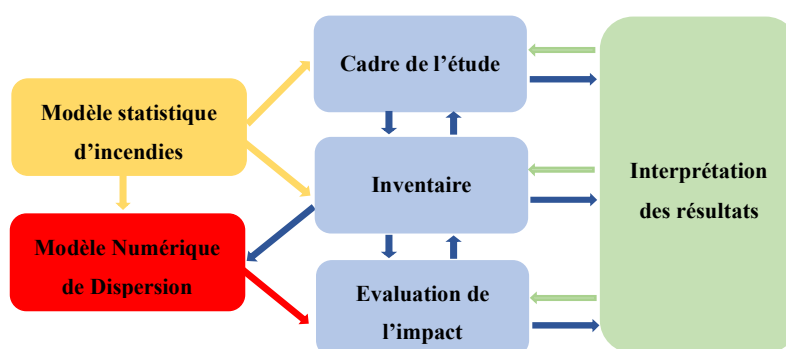
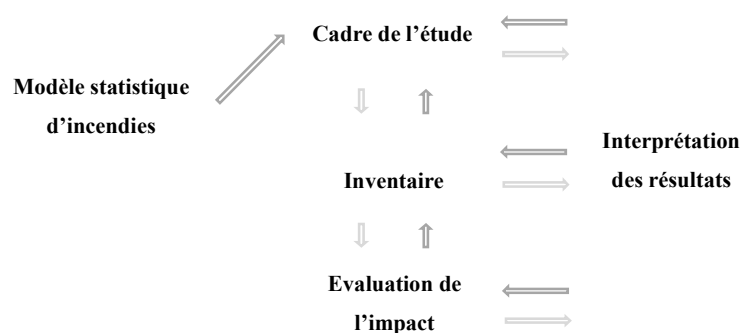


Fig.3. Cadre méthodologique de la méthode ACV Dynamique - Incendie.

Donc l'ACVD-Incendie est une approche proposée qui combine plusieurs outils : ACV-Incendie, le Modèle Numérique de Dispersion (MND), la méthode Monte Carlo (Voir la figure IV.3), afin d'inclure les aspects spatiaux et temporels dans la phase d'évaluation des impacts environnementaux et afin de donner des informations post-traitement crédibles telles que le temps de séjour ou la concentration du polluant résultant de l'incendie. Donc, l'objectif principal de cette combinaison d'outils est de fournir des informations pertinentes et structurées pour les processus de prise de décision.



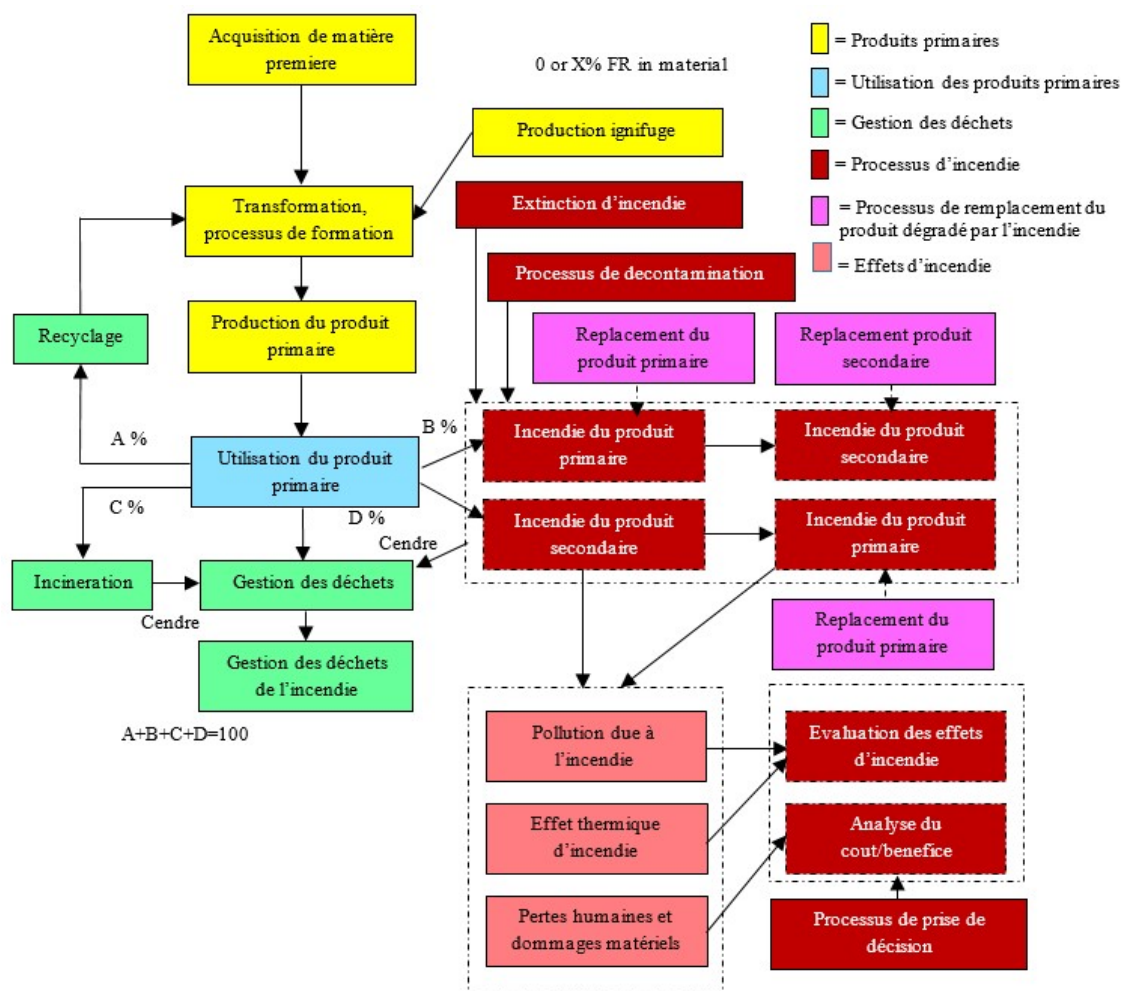


Fig. 4. Représentation schématique de la méthode ACV Dynamique - Incendie.

3.1. Application de l'Analyse de Cycle de Vie Dynamique orientée incendie

La méthode ACV Dynamique-Incendie est essentiellement équivalente à l'approche ACV-Incendie avec la prise en considération des émissions des incendies et de la dispersion des polluants émis dans l'atmosphère. Pendant la durée de vie des produits à analyser, certains produits seront impliqués dans différents types d'incendies. La méthode ACV Dynamique-Incendie est composée des modules suivants : la méthode ACV-Incendie, le modèle statistique d'incendie et le Modèle Numérique de Dispersion (Voir les Fig.3-4). L'ACV Dynamique-Incendie va donc inclure des modules pour décrire le comportement des différents types d'incendies. Les statistiques sur les incendies sont utilisées pour quantifier la quantité de matières impliquées dans les différents types d'incendies (EPA 2009). En outre, la méthode inclut également des modules d'évaluation et quantification de la pollution produite

par l'incendie.

3.1.1. Cadrage de l'étude

Cette étape est primordiale pour toute ACV puisqu'elle fixe la finalité, les frontières des systèmes de l'étude dont vont dépendre les choix faits par la suite.

3.1.1.1. Unité fonctionnelle

Cette première étape de l'ACV Dynamique-Incendie est indispensable et permet la définition des objectifs de l'étude et la description des systèmes. Concernant l'unité fonctionnelle de cette étude, elle est comme suit (Tableau 1) :

Tableau 1. Présentation des données de l'unité fonctionnelle.

Volet qualitatif		Volet quantitatif
Essence	Gaz de Pétrole	Quantité en kg d'essence ou de diesel nécessaires pour générer 5740800 kcal d'énergie.
	Liquéfié	
Essence ou GNL utilisé pour produire l'énergie		Essence : 561.5 Kg GNL : 579 Kg
		Les quantités des produits stockés correspondant à cette unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle est donc la quantité d'Essence et GNL consommé pour produire 5740800 Kcal d'énergie. Notre choix s'est basé sur l'Essence et le GNL puisqu'elles été jugées comme les deux substances les plus impliquées dans les accidents de la raffinerie de Skikda et conduisant à un grand nombre d'incendies.

3.1.1.2. Frontières du système

Dans cette étude, notre intérêt s'est orienté vers le processus de production de l'Essence et le GNL (Voir Fig.4) et cela pour tout le long de leur cycle de vie en prenant en considération le phénomène d'incendie comme un scénario probable de fin de vie d'un produit donné (Fig.4).

3.1.2. Modèle statistique d'incendie

Dans la mesure de pouvoir déterminer le nombre des incendies primaires et secondaires chaque année et d'estimer la taille de ces incendies ainsi que leurs effets, on a réalisé une étude statistique de tous les événements accidentels qui ont eu lieu dans la raffinerie de Skikda sur une période qui s'étale de 2002 à 2013 [22]. Dans cette étude, on a pu présenter la fréquence, les causes ainsi que les conséquences de ces accidents et on a pu conclure aussi que l'incendie est le phénomène accidentel le plus fréquent avec 56% du nombre total des

accidents. La fiabilité de ces statistiques va par la suite nous permettre d'établir un modèle adéquat [22]. En outre, la sortie quantitative de l'analyse statistique d'un scénario constitue des paramètres pour le modèle d'ajustement ; ce qui entraîne une équation qui peut être utilisée pour faire des ajustements conservateurs de prédictions du modèle, par la modélisation des paramètres d'incertitude du modèle au moyen de variables aléatoires puis construire explicitement le modèle probabiliste de ces variables aléatoires en utilisant les informations disponibles [11]. Cette approche est le moyen le plus approprié et le plus efficace pour tenir compte des incertitudes dans les paramètres du modèle lorsque la théorie des probabilités peut être utilisée.

Les données retirées de cette étude, présentées dans le Tableau 2, vont être utilisées comme données d'entrée pour le modèle ACVD-Incendie proposé pour les deux produits Essence et GNL (Voir la Fig.5).

Tableau 2. Intégration des statistiques des incendies de la raffinerie de Skikda dans le modèle ACVD-Incendie pour l'Essence et le GNL.

	Nombre d'incendies	% par rapport à la totalite des incendies	Avec perte humaine	Avec dommage matériel
Incendie dans les unités de reforming	8	29 %	37 %	50 %
Incendies dûs à l'essence	3	11 %	33 %	33 %
Incendies dûs au GNL	5	18 %	40 %	20 %

3.1.3. Modèle Incendie

L'objectif de cette section est d'obtenir une mesure de l'impact environnemental liée au choix d'un niveau donné de la sécurité incendie. Implicitement, dans ce modèle, pour obtenir un niveau élevé de sécurité contre l'incendie, des mesures d'amélioration de la performance face au feu doivent être prises. Celles-ci pourraient être par exemple l'ajout de produits ignifuges (Fire Retardant FR) ou d'un système d'extinction d'incendie ou de changer la conception du produit, on peut même proposer une formation adéquate du personnel sur les incendies dans le domaine du raffinage du pétrole [23].

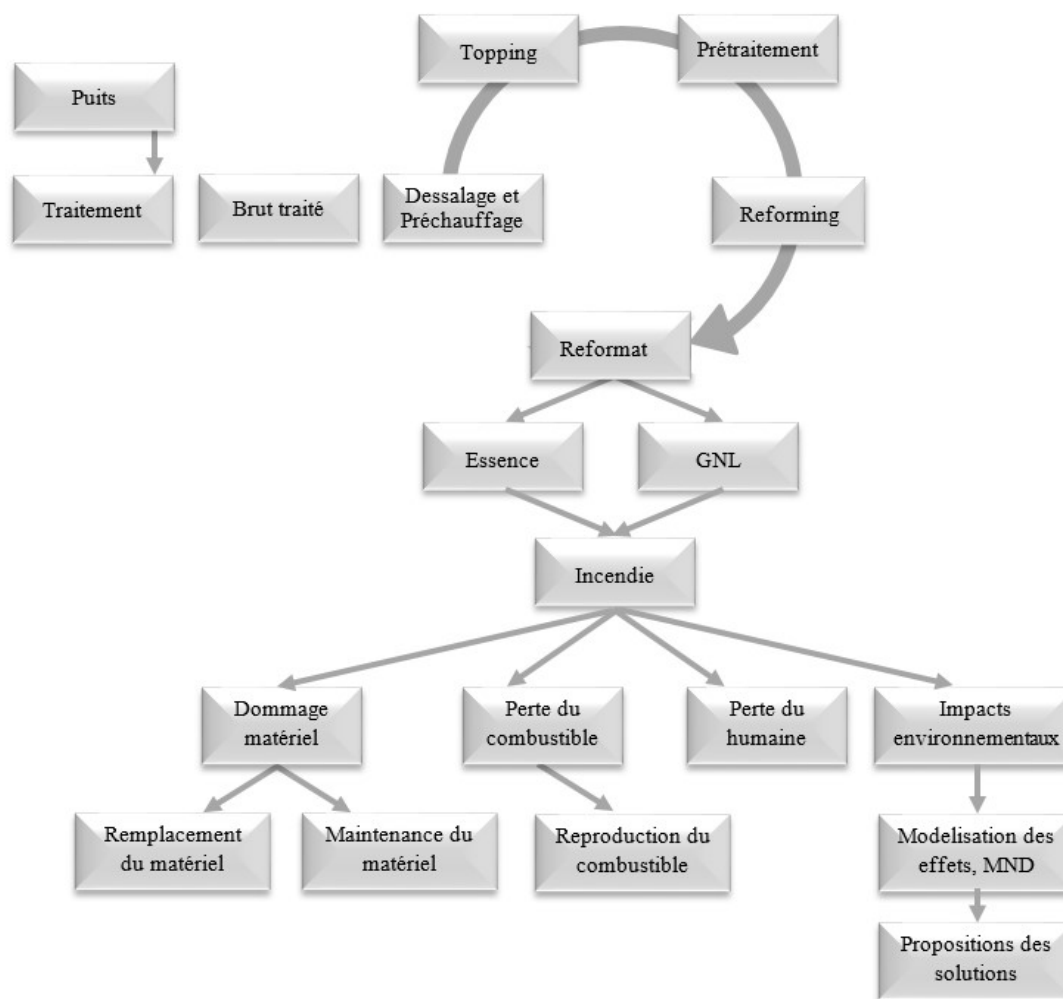


Fig.5. Modèle ACV-Incendie pour les deux produits : Essence et GNL

3.1.4. Inventaire de Cycle de Vie (ICV)

Cette étape consiste à recueillir les données et à calculer les flux entrant et sortant du système de produits par rapport à l'unité fonctionnelle choisie. Dans notre étude, l'Inventaire de Cycle de Vie permet d'identifier les flux élémentaires et intermédiaires entrant et sortant relatifs à l'Essence et au GNL, ces derniers sont :

- Les flux entrant : Les matières premières, les énergies ;
- Les flux sortant : Les émissions et les déchets.

Les données nécessaires pourraient être acquises à partir de la base de données des incendies qui se sont produits dans les raffineries. Pour cela, on a fait référence à un incendie qui a eu lieu dans la raffinerie de Skikda. On s'intéresse toujours dans notre étude à l'incendie qui a eu lieu le 05 Octobre 2005 à la raffinerie de Skikda, dont toutes les données sont mentionnées

dans [22].

Mais du fait que l'Inventaire du Cycle de Vie est représenté par un processus de collecte de données très hétérogènes, leur qualité dépend de la concaténation de plusieurs variables difficiles à maîtriser suite aux critères suivants :

- La diversité et la dispersion des sources et types de données ;
- L'inexactitude et l'imprécision des données.

Par conséquent, ce recueil de données d'entrée est confronté à une lacune qui peut par la suite influencer plus ou moins sur la qualité des résultats obtenus par la méthode ACVD-Incendie. Cette lacune consiste dans l'incertitude connue ou inconnue des données. Récemment, ces incertitudes sont plus ou moins prises en considération dans quelques tentatives pour inclure certaines analyses d'incertitudes et de sensibilité en utilisant des techniques statistiques.

Dans notre cas d'application (incendie de la raffinerie de Skikda), les impacts environnementaux de l'ICV sont identifiés qualitativement à partir des rapports d'investigation et sont principalement les polluants chimiques NO_2 et COV. Dû au fait que les données quantitatives relatives à ces impacts sont indisponibles, on opte dans notre modélisation numérique vers une présentation adimensionnelle.

3.1.5. Evaluation des Impacts Environnementaux par Modèle Numérique de Dispersion

Le MND nous permet a la fois, le calcul des concentrations en substances polluantes en fonction de la distance à la source en prenant en compte les conditions atmosphériques (vitesse du vent, température ambiante, etc.), l'étude des conséquences potentielles d'un incendie ou tout autre événement accidentel sur l'environnement et ainsi prendre les mesures de prévention et de protection adaptées au contexte technique et économique de l'entreprise, soit dans leur propre démarche de sécurité, soit, pour des cas très précis, en liaison avec les ministères concernés. Cependant, l'estimation de la concentration des polluants peut être affectée par les incertitudes qui sont principalement dues aux données d'entrée de ce MND.

La Fig.6.(a, b) présente l'évolution de la concentration de NO_2 pour plusieurs cas : Dans la Fig. 6.(a) on présente la concentration de NO_2 en fixant deux hauteurs ; $y = 100$ m et $y = 200$ m. La Fig.6.(b) illustre l'évolution de la concentration de NO_2 en fixant deux distances ; $x = 0.5$ Km et $x = 1.5$ Km. Dans les deux figures, on peut constater que l'évolution de la concentration diminue en prenant de l'altitude et en s'éloignant du foyer de l'incendie.

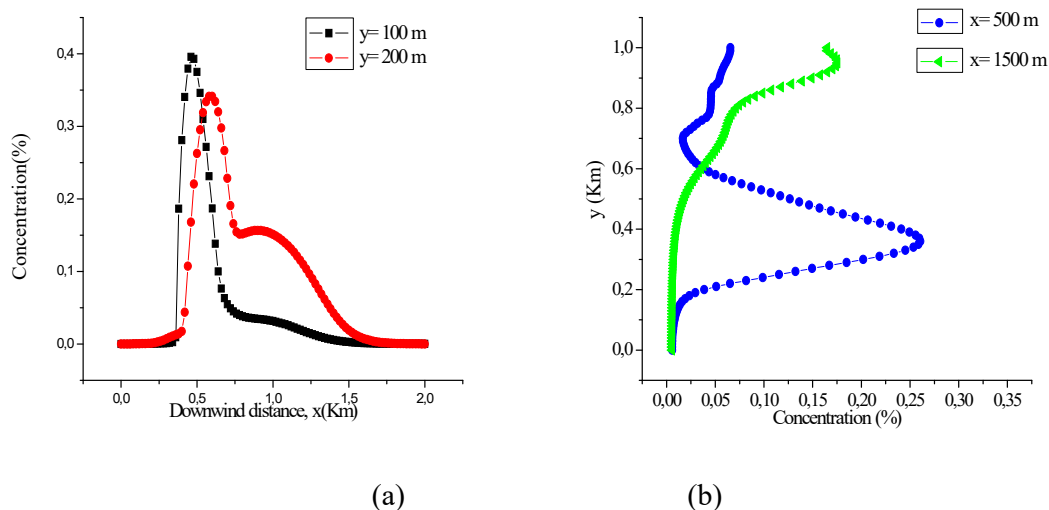


Fig.6. Profil de concentration de NO₂.

4. CONCLUSION

Cette étude présente une synthèse des avantages et des limites de la méthode ACV-Incendie. En se basant sur les limites de l'ACV-Incendie on a proposé l'ACV Dynamique orientée Incendie en couplant deux outils : l'ACV-Incendie qui permet d'estimer les impacts environnementaux engendrés par à un incendie avec le Modèle Numérique de Dispersion qui donne d'autres dimensions à cette évaluation à savoir le temps et l'espace. Ainsi l'ACVD-Incendie est censée estimer le devenir des substances.

La méthode ACV Dynamique orientée Incendie présentée dans cette étude est en quelque sorte une alternative unique à toutes les approches développées ces dernières années visant à intégrer certains aspects spatio-temporels des émissions des incendies industriels dans les ACV. Cette méthode possède les avantages suivants :

- Elle considère le devenir atmosphérique spécifique des polluants générés par l'incendie ;
- Elle évalue l'impact des émissions des incendies dans un cadre temporel cohérent ;

En revanche, les limites qu'on a rencontrées étaient bien évidemment le manque des informations et des données, car il n'existe pas de données réservées à l'usage des ACV ou comme données d'entrée pour la modélisation numérique et si elles sont disponibles, elles peuvent être hétérogènes. Qu'il s'agisse de données extraites de rapports environnementaux, de statistiques, d'ACV antérieures ou encore de publications scientifiques, elles s'appuient en général sur des données issues d'autres sources. A ce niveau, on propose la réalisation des

bases de données au niveau des entreprises par le biais d'enregistrements et d'archivages de tout événement occurrent dans l'entreprise afin de pouvoir les utiliser au futur.

Le deuxième point qu'on a pu remarquer est le fait que la méthode ACV n'a pas encore eu pour objectif la détermination des effets exacts d'une pollution donnée. Dans ce contexte, on propose de définir une cible (homme, écosystème, immeuble, etc.) dont la réponse est fonction de plusieurs paramètres, en particulier la concentration du polluant (Fonction dose-réponse).

6. REFERENCES

- [1] Khan H, Vasilescu L G, Khan A. Disaster management cycle-a theoretical approach. *Journal of Management and Marketing*, 2008, 6 (1), 43-50.
- [2] Simonson M. The incorporation of fire considerations in the life-cycle assessment of polymeric composite materials. A preparatory study. 1998.
- [3] Banks R, Clarke E, Johnson E, Sharratt P. Environmental aspects of fluorinated materials: part 31: comparative life-cycle assessment of the impacts associated with fire extinguishants HFC-227ea and IG-541. *Process safety and environmental protection*, 1998, 76 (3), 229-238.
- [4] Hamzi R. Modélisation et impacts à court terme d'un incendie en milieu ouvert sur l'environnement. In:2008.
- [5] Cardellini G, Mutel C L, Vial E, Muys B. Temporalis, a generic method and tool for dynamic Life Cycle Assessment. *Science of the Total Environment*, 2018, 645, 585-595.
- [6] Payraudeau S, van der Werf H M, Vertès F. Analyse de l'incertitude associée au calcul des émissions azotées sur un groupe d'exploitations agricoles dans le cadre de l'application de l'Analyse du Cycle de Vie. *Evaluation, environnement et développement d'une agriculture durable*, 2005, 20-24.
- [7] Roy P, Nei D, Orikasa T, Xu Q, Okadome H, Nakamura N, Shiina T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of food engineering*, 2009, 90 (1), 1-10.
- [8] Levasseur A. Développement d'une méthode d'analyse du cycle de vie dynamique pour l'évaluation des impacts sur le réchauffement climatique. In: *École Polytechnique de Montréal*; 2011.
- [9] Laratte B. Evaluation dynamique et cumulative des impacts environnementaux dans le

cadre d'une analyse de cycle de vie. In: Troyes; 2013.

- [10] Raluy R G, Dias A C. Life cycle assessment of a domestic gas-fired water heater: Influence of fuel used and its origin. *Journal of environmental management*, 2020, 254, 109786.
- [11] Simonson M. Fire-LCA model: Cables case study. Brandforsk project 703-991. 2001.
- [12] Leroy Y. Développement d'une méthodologie de fiabilisation des prises de décisions environnementales dans le cadre d'analyses de cycle de vie basée sur l'analyse et la gestion des incertitudes sur les données d'inventaires. In:2009.
- [13] Collinge W O, Landis A E, Jones A K, Schaefer L A, Bilec M M. Productivity metrics in dynamic LCA for whole buildings: Using a post-occupancy evaluation of energy and indoor environmental quality tradeoffs. *Building and Environment*, 2014, 82, 339-348.
- [14] Laurent A, Clavreul J, Bernstad A, Bakas I, Niero M, Gentil E, Christensen T H, Hauschild M Z. Review of LCA studies of solid waste management systems–Part II: Methodological guidance for a better practice. *Waste management*, 2014, 34 (3), 589-606.
- [15] Pawelzik P, Carus M, Hotchkiss J, Narayan R, Selke S, Wellisch M, Weiss M, Wicke B, Patel M K. Critical aspects in the life cycle assessment (LCA) of bio-based materials–Reviewing methodologies and deriving recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, 2013, 73, 211-228.
- [16] Asdrubali F, Baggio P, Prada A, Grazieschi G, Guattari C. Dynamic life cycle assessment modelling of a NZEB building. *Energy*, 2020, 191, 116489.
- [17] Herrchen M. Perspective of the systematic and extended use of temporal and spatial aspects in LCA of long-lived products. *Chemosphere*, 1998, 37 (2), 265-270.
- [18] de Haes H A U, Heijungs R, Suh S, Huppes G. Three strategies to overcome the limitations of life-cycle assessment. *Journal of industrial ecology*, 2004, 8 (3), 19-32.
- [19] Reap J, Roman F, Duncan S, Bras B. A survey of unresolved problems in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2008, 13 (5), 374.
- [20] Beloin-Saint-Pierre D, Levasseur A, Margni M, Blanc I. Implementing a dynamic life cycle assessment methodology with a case study on domestic hot water production. *Journal of Industrial Ecology*, 2017, 21 (5), 1128-1138.
- [21] Ren M, Mitchell C R, Mo W. Dynamic life cycle economic and environmental

assessment of residential solar photovoltaic systems. Science of The Total Environment, 2020, 137932.

[22] Chettouh S, Hamzi R, Benaroua K. Examination of fire and related accidents in Skikda Oil Refinery for the period 2002–2013. Journal of loss prevention in the process industries, 2016, 41, 186-193.

[23] Chettouh S, Hamzi R, Innal F, Haddad D. Industrial fire simulation and uncertainty associated with the emission dispersion model. Clean Technologies and Environmental Policy, 2014, 16 (7), 1265-1273.

NOMENCLATURE

EICV	Evaluation de L'impact Du Cycle De Vie
ACV	Analyse du Cycle de Vie
ICV	Inventaire Du Cycle De Vie
ACVDI	Analyse du Cycle de Vie Dynamique orientée Incendie
MND	Modèle Numérique de Dispersion
ISO	International Organization for Standardization
NF	Norme Française
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
FR	Fire Retardant
NO ₂	dioxyde d'azote
COV	composés organiques volatils

How to cite this article:

Chettouh S. Développement d'une ACV Dynamique pour l'évaluation des effets d'incendie industriel. Cas de la raffinerie de Skikda-Algérie. J. Fundam. Appl. Sci., 2022, 14(1), 116-134.