

GUIDE RÉALISER UNE ANALYSE DES COÛTS DES FLUX DE MATIÈRES (ACFM)



ctt*éi*



UNIVERSITÉ
LAVAL

Centre de recherche
en comptabilité
et développement durable

INFORMATION

Pour obtenir plus de renseignements, communiquez avec le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI) ou le Centre de Recherche en Comptabilité et Développement Durable (CerCeDD).

CTTEI

3005, boulevard de Tracy
Sorel-Tracy (Québec)
Canada J3R 1C2
Téléphone : 450 551-8090, poste 3516
Courriel : info@cttei.com
Site Web CTTÉI : cttei.com
Site Web Synergie Québec : synergiequebec.ca

CerCeDD

Faculté des sciences de l'administration
Pavillon Palasis-Prince, local 2630
2325, rue de la Terrasse
Québec (Québec) G1V 0A6
Téléphone : 418 656-3484
Courriel : marc.journeault@fsa.ulaval.ca
Site Web : www.fsa.ulaval.ca/CerCeDD

ISBN : 978-2-9820690-3-9 (PDF)
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022
Dépôt légal - Bibliothèque et Archives Canada, 2022

© CerCeDD, CTTÉI, 2022

CONCEPTION

Auteurs

Julien Beaulieu, ing., M. ing., PMP (CTTÉI)
Marc Journeault, Ph. D., CPA, MBA (CerCeDD, Université Laval)

Direction

Claude Maheux-Picard, ing., M. Sc. A.

Collaborateurs

Michaël Desrochers, ing., M. Env.
Quentin Bourdejeau
Audrey Morris, M. Env.

Droits et responsabilités

Ce guide a été préparé par le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI) et le Centre de Recherche en Comptabilité et Développement Durable (CerCeDD) et les droits d'auteur leur appartiennent. Ce guide peut être sauvegardé, imprimé en tout ou en partie et diffusé à la condition que le CTTÉI et le CerCeDD soient cités comme référence.

Tous les efforts ont été déployés par le CTTÉI et le CerCeDD afin d'assurer l'exactitude de l'information incluse dans le rapport. Les avis et opinions exprimés dans le rapport sont uniquement ceux du CTTÉI et du CerCeDD.

Référence bibliographique

Centre de transfert technologique en écologie industrielle et Centre de Recherche en Comptabilité et Développement Durable (2022). Réaliser une analyse des coûts des flux de matières (ACFM). 40 pages.

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada

Titre: Guide : réaliser une analyse des coûts des flux de matières (ACFM) / Julien Beaulieu, Marc Journeault.

Autres titres: Réaliser une analyse des coûts des flux de matières (ACFM)

Noms: Beaulieu, Julien, auteur. | Journeault, Marc, auteur. | Centre de transfert technologique en écologie industrielle, organisme de publication.

Description: Publié en collaboration avec : CerCeDD. | Comprend des références bibliographiques et un index.

Identifiants: Canadiana 20220025762 | ISBN 9782982069039

Vedettes-matière: RVM: Normes de la série ISO 14000. | RVM: Production–Gestion–Aspect de l'environnement. | RVM: Production–Gestion–Comptabilité. | RVM: Comptabilité analytique.

Classification: LCC TS155.7.B43 2022 | CDD 658.5/67–dc23

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	4
Introduction	5
Vous dites « déchet »?	5
À qui s'adresse ce guide?	6
ACFM : Notions de base	8
Coûts à considérer : les coûts pertinents et significatifs	10
Quels coûts doit-on considérer dans une ACFM?	10
Variations d'une ACFM	11
ACFM préliminaire	13
Définir la portée	14
Calculer le coût de gestion des matières résiduelles	14
Calculer les coûts matières des déchets	16
Calculer les coûts de main d'œuvre	16
Calculer le coût complet des déchets	18
ACFM ciblée	18
Définir la portée	19
Calculer le coût de la gestion des matières résiduelles	19
Calculer les coûts matières des déchets	20
Calculer les coûts de main d'œuvre	20
Calculer le coût complet du déchet	21
ACFM simplifiée	22
Définir la portée et un schéma des procédés	22
Calculer le coût de gestion des matières résiduelles	23
Calculer les coûts matières et coûts systèmes	25
Établir un bilan de masse détaillé	26
Calculer les coûts de production des déchets	27
Calculer le coût complet des déchets	28
ACFM détaillée	29
Autres coûts systèmes	29
Recyclage interne	30
Variations d'inventaire	30
Invendus, eaux usées et rejets atmosphériques	30
Revenus	30
Analyse des opportunités	31
Distinction avec d'autres approches	33
Conclusion	34
Références	35
Annexe 1 – Liste de contrôle des coûts pertinents	36
Annexe 2 – Parcours d'une ACFM	38

AVANT-PROPOS



Affilié au Cégep de Sorel-Tracy, le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI) accompagne les entreprises et organisations dans l'appropriation de pratiques écoresponsables, l'adoption de technologies propres, la valorisation de leurs matières résiduelles et le déploiement de symbioses industrielles. De 2019 à 2022, il a été titulaire de la Chaire de recherche sur l'écologie industrielle et territoriale (CREIT) financée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) du Canada. Cette chaire visait à soutenir les entreprises québécoises dans leur transition vers l'économie circulaire en apportant des solutions innovantes aux enjeux actuels de gestion des matières résiduelles. Les travaux présentés dans ce guide, réalisés de concert avec le Centre de recherche en Comptabilité et Développement Durable (CerCeDD) de l'Université Laval, en sont une retombée concrète.



UNIVERSITÉ
LAVAL

Centre de recherche
en comptabilité
et développement durable

Le Centre de recherche en Comptabilité et Développement Durable (CerCeDD) de l'Université Laval a pour mission de développer des activités de recherche, de formation et de transfert de connaissances sur des problématiques liées à la comptabilité du développement durable afin d'enrichir les connaissances dans ce domaine et contribuer à l'amélioration des pratiques au sein des organisations.



L'élaboration de ce guide a été appuyée par un financement provenant du **Réseau de recherche en économie circulaire du Québec (RRECQ)**. Fruit d'un consortium entre l'ÉTS, HEC Montréal, l'Université Laval et Polytechnique Montréal et soutenu par les Fonds de recherche du Québec, ce réseau mobilise plusieurs centaines de chercheuses et chercheurs interdisciplinaires du Québec, du Canada et de l'international. Le RRECQ vise à mettre à la disposition de toutes et tous un environnement propice au développement des connaissances et à l'innovation, tant sociale que technologique, en plus d'assurer un rôle d'animation du domaine en organisant des activités scientifiques favorisant le maillage, l'avancement et le transfert des connaissances liées à l'économie circulaire.

INTRODUCTION

L'**Analyse des coûts des flux de matières** (ACFM ou *Material flow cost accounting, MFCA*) vise à calculer le « **coût de revient** » du déchet. Elle prend en considération les coûts évidents reliés à la gestion des déchets (ex. : location de conteneurs à déchets, redevances à l'élimination, surcharge pour l'essence, etc.) ainsi que des coûts cachés (ex. : achat de matière, dépenses énergétiques, coût de main-d'œuvre, immobilisation, amortissement de certains équipements, etc.). En moyenne, la facture de collecte ne représente que 10 % du coût réel associé aux déchets (ADEME, 2014).

Cette approche, née en Allemagne et grandement utilisée au Japon, fait maintenant l'objet de la **norme ISO 14051:2011**. Depuis la publication de cette norme, l'approche a connu un regain d'intérêt dans la communauté scientifique et dans le milieu industriel (Christ & Burritt, 2016).

Une fois cette analyse complétée, les gestionnaires peuvent mieux apprécier les impacts économiques associés aux déchets et envisager des mesures d'amélioration telles le remplacement des intrants, la modification des procédés, le recyclage interne ou la vente de sous-produits. Les données d'une ACFM peuvent, entre autres, servir à calculer les taux de rendement internes (TRI) reliés à la modification de procédés ou à l'achat d'équipements.

Une collaboration entre le CTTÉI et le CerCeDD a mené à une simplification de l'ACFM de manière à ce qu'elle soit plus accessible aux entreprises. Le présent guide vise à outiller les entreprises et les consultants qui les accompagnent dans la réalisation d'une telle démarche.

Bénéfices d'une ACFM :

- › Documenter les coûts directs et indirects reliés aux déchets
- › Repérer les opportunités d'amélioration et réduire le coût de fabrication
- › Chiffrer et communiquer les bénéfices de la réduction à la source
- › Justifier l'implantation de mesures de réduction ou l'achat d'équipements

Vous dites « déchet »?

Au Québec, le terme matière résiduelle désigne « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon » (Gouvernement du Québec, 2017). Le terme « déchet »¹ est utilisé ici comme terme englobant pour décrire toute matière ne faisant pas partie de la composition des produits finaux. On peut distinguer les emballages, les résidus de production, les invendus, les pertes atmosphériques et les eaux usées.

1. La norme ISO 14051 utilise les termes pertes de matières (material loss) et sous-produits (by-product) (ISO, 2011). D'autres termes utilisés sont les non-produits (non-product) ou les produits négatifs (negative products).



TABLEAU 1 : Typologie des déchets et exemples

Déchets			
Emballage	Résidus de production	Invendus	Pertes atmosphériques et eaux usées
<ul style="list-style-type: none"> › Boîtes de carton › Palettes › Contenants vides 	<ul style="list-style-type: none"> › Résidus de coupe › Solvants usés › Tournure de fer 	<ul style="list-style-type: none"> › Stock périmé › Non conformes › Retours/annulation 	<ul style="list-style-type: none"> › Rejet de combustion › Eaux de lavage

À qui s'adresse ce guide?

Qui peut réaliser une ACFM?

L'analyse s'adresse principalement aux entreprises manufacturières. Toutefois, elle peut être réalisée par toute organisation générant des matières résiduelles – soit presque toutes les organisations! Toutefois, il convient de souligner que les résidus importants sont ceux générés par les activités de production. En effet, la mise en œuvre de l'ACFM trouve toute sa pertinence auprès des entreprises générant des résidus de production de manière significative. Il faudra par conséquent exclure celles qui produisent uniquement des emballages comme matière résiduelle. En outre, l'organisation pourrait identifier un (ou plusieurs) procédé(s) de production jugé(s) pertinent(s) pour réaliser l'ACFM plutôt que d'analyser l'ensemble des procédés (nouvelle Norme ISO 14053:2021). Cette sélection de procédé(s) peut être réalisée en évaluant l'ampleur des différentes pertes de matières ainsi qu'en identifiant les procédés dont les coûts unitaires sont significatifs.

Le tableau suivant illustre les composantes significatives du coût total des déchets selon le secteur d'activité. L'ACFM est surtout pertinente lorsque la quantité de matières résiduelles générée est significative par rapport à la quantité de produits vendus. C'est le cas des secteurs de l'agriculture, de l'extraction des ressources et des entreprises manufacturières.



TABLEAU 2 : Applicabilité de la méthode ACFM selon le secteur d'activité

Composante \ Secteur	Agriculture	Extraction	Construction	Fabrication	Commerce	Services
Composantes significatives du coût complet des déchets						
Matières premières	●	◐	●	●	◐	◐
Eau	●	●	◐	●	◐	◐
Énergie	●	●	◐	●	◐	◐
Main-d'œuvre directe	●	●	●	●	●	◐
Équipements	●	●	●	●	◐	◐
Déchets						
Emballage	●	●	●	●	●	◐
Résidus industriels	●	●	●	●	◐	○
Invendus	●	◐	◐	●	●	○
Pertes atmosphériques et eaux usées	●	●	◐	●	◐	◐

Légende : ● Sûrement significatif ◐ Peut-être significatif ○ Non significatif

ACFM : NOTIONS DE BASE

L'objectif de cette approche est d'identifier et de mesurer les coûts réels associés aux déchets. Il s'agit donc de l'addition de trois types de coûts : le coût des matières, les coûts systèmes et les coûts de gestion des déchets. La section suivante résume les principes généraux de l'approche. Les différents concepts sont illustrés à l'aide d'un exemple, soit un procédé de fabrication de chaises.

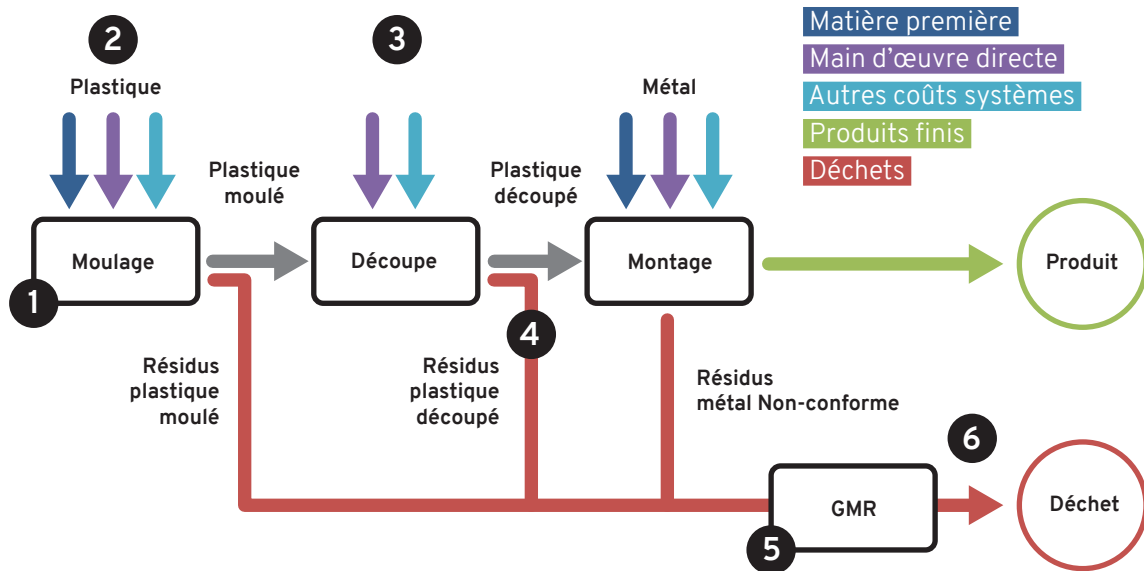


FIGURE 1 : ACFM – Notions de base

- 1 Dans une organisation typique, les matières sont achetées, subissent diverses étapes de transformation, puis sont expédiées. Dans une ACFM, on divise la production entre des **centres de quantité**. Ces blocs peuvent décrire une ou plusieurs étapes de production de l'organisation. Par exemple, l'étape de montage comprend ici à la fois le perçage de métal et l'assemblage final des chaises. Plus on précise de centres de quantité, plus l'information sera représentative; toutefois, l'analyse sera plus complexe et longue à réaliser.
- 2 Les coûts matières concernent l'achat de **matières premières**, de produits semi-finis ou d'autres consommables servant à la production. Ceux-ci peuvent être évalués selon le coût historique ou le coût de remplacement des matières premières, à la discrétion de l'évaluateur.
- 3 Les coûts systèmes incluent les coûts de **main-d'œuvre directe** ou d'**autres coûts associés à la fabrication des produits** (énergie, main d'œuvre indirecte, etc.)². Il arrive fréquemment que les **coûts systèmes** ne soient pas connus pour chaque centre de quantité, mais plutôt évalués pour l'ensemble du procédé de fabrication ou de l'organisation. Pour répartir les coûts entre les centres de quantités, il convient d'utiliser un **critère de répartition** approprié : heures-machines, volume des extrants, espace occupé au sol, etc.

2. La norme ISO 14051 définit les coûts systèmes comme les « coûts engagés dans le cadre du traitement en interne des flux matières, à l'exception des coûts matières, des coûts énergétiques et des coûts de gestion des déchets ». Elle donne comme exemple les coûts de main-d'œuvre, les frais d'amortissement, les frais de maintenance et les frais de transport (ISO, 2011).



- 4 Les procédés faisant partie d'un centre de quantité transforment les intrants en divers extrants, soit les produits intermédiaires, les produits finaux et les déchets. Les produits intermédiaires sont utilisés comme intrants à d'autres centres de quantité, tandis que les produits finaux sont vendus. Les déchets incluent les emballages, les résidus industriels, les invendus/produits non-conformes, les eaux usées et les rejets atmosphériques. Les sous-produits peuvent être traités comme des produits ou des déchets³. L'ensemble des coûts entrant dans un centre de quantité est réparti à l'ensemble de ses extrants. Le critère de répartition à favoriser est la masse : si un procédé génère 20 % de perte, on attribue 20 % des coûts entrant aux déchets et 80 % aux produits intermédiaires. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que l'ensemble des coûts entrants soit réparti aux produits ou aux déchets.
- 5 Pour une organisation, la gestion des matières résiduelles (GMR) désigne l'ensemble des activités dédiées au recyclage ou à l'élimination des déchets. Ces activités peuvent être réalisées à l'interne, par exemple pour le tri, le transport et l'évacuation des matières résiduelles. D'autres activités peuvent être réalisées à l'externe, par exemple pour le transport et l'élimination des matières résiduelles. Dans une ACFM, ces coûts sont attribués à 100 % au coût total des déchets.
- 6 Le coût complet associé aux déchets regroupe donc les coûts de production de ces déchets (c.-à-d. une portion des coûts matières et des coûts systèmes) ainsi que les coûts relatifs à leur gestion.

3. Certains documents sur l'ACFM parlent plutôt de « produit » et de « non-produit » (ISO, 2011).

COÛTS À CONSIDÉRER : LES COÛTS PERTINENTS ET SIGNIFICATIFS

Quels coûts doit-on considérer dans une ACFM?

Pour déterminer si un coût doit être retenu pour l'analyse, il est nécessaire d'en comprendre le comportement. Le tableau suivant éclaire quelques descriptifs normalement utilisés pour différencier les types de coûts.

TABLEAU 3 : Catégories de coûts

Type de coût	Définition	Exemples
Comportement des coûts		
Fixe	Ne varie pas selon le volume de production de l'organisation	<ul style="list-style-type: none"> › Immobilisations › Équipements
Variable	Change selon le volume de production de l'organisation	<ul style="list-style-type: none"> › Matières premières › Main d'œuvre de fabrication
Direct/Indirect		
Direct	Étant attribuable à un produit en particulier	<ul style="list-style-type: none"> › Matière première › Main d'œuvre de fabrication
Indirect	Concernant l'ensemble de l'organisation et pouvant difficilement être attribuable à un produit en particulier	<ul style="list-style-type: none"> › Immobilisations › Main d'œuvre administrative
Évitable/Inévitable		
Évitable	Coûts futurs pouvant être modifiés suite à une décision	<ul style="list-style-type: none"> › Matières premières › Énergie
Inévitable	Coûts ne pouvant être évités ou réduits quelle que soit la décision prise	<ul style="list-style-type: none"> › Immobilisations › Équipements

Dans le domaine de la comptabilité de gestion, les coûts **pertinents** désignent l'ensemble des coûts qui peut être affecté par une décision. C'est le contexte qui dicte à savoir si un coût est pertinent ou non. Dans le cadre d'une ACFM, un coût est pertinent s'il peut être modifié suite à la mise en place de mesures de réduction, réutilisation ou recyclage. Les coûts pertinents portent habituellement sur des dépenses futures, variables et/ou évitables. Par exemple :

- › L'achat de matières premières ou de consommables directement reliés à la production
- › La rémunération de la main d'œuvre directe
- › Les dépenses énergétiques reliées au fonctionnement des équipements de fabrication
- › Les services de gestion des matières résiduelles

À l'inverse, les coûts non pertinents sont ceux qui sont immuables suite à la mise en place de mesures de réduction, de réutilisation ou de recyclage. Ceux-ci portent sur des dépenses déjà engagées, fixes ou inévitables. Par exemple :

- › Dépenses engagées pour l'achat d'un équipement ou d'un bâtiment
- › Traitement des salaires des employés administratifs
- › Achat de matériels de bureau
- › Consommation énergétique pour le chauffage des bâtiments

Un deuxième critère à considérer est le caractère **significatif**. L'ACFM doit inclure les dépenses les plus importantes reliées à la production et peut ignorer celles contribuant marginalement au coût global des déchets. Encore une fois, c'est le contexte qui dicte si un coût est susceptible d'être significatif ou non. Par exemple, il se peut qu'une entreprise utilise des équipements peu énergivores et que les dépenses énergétiques ne soient pas significatives. En priorité, l'analyse doit considérer :

1. L'achat de matières premières
2. Main d'œuvre des activités de fabrication
3. Main d'œuvre et services reliés à la gestion des matières résiduelles

VARIATIONS D'UNE ACFM


L'ACFM peut être adaptée en fonction des informations disponibles, des ressources pouvant être consacrées à l'analyse et du niveau de détail désiré. Dans ce guide, quatre variations sont décrites : l'ACFM préliminaire, l'ACFM ciblée, l'ACFM simplifiée et l'ACFM détaillée.

L'**ACFM préliminaire** vise à donner un ordre de grandeur du coût complet des déchets et ne nécessite pas une analyse approfondie des processus de fabrication de l'organisation. Pour l'**ACFM ciblée**, on commence plutôt en regardant un procédé problématique de l'entreprise. L'**ACFM simplifiée** permet de détailler davantage les coûts associés aux déchets, notamment les coûts de main-d'œuvre et les coûts de gestion des déchets, tout en permettant d'identifier les étapes de production générant ces déchets. Finalement, l'**ACFM détaillée** suit la norme ISO 14051 et permet d'obtenir un portrait précis du coût des déchets.

Les quatre variations sont présentées en détail aux sections suivantes. En annexe 1, la liste de contrôle des coûts pertinents détaille les paramètres qui devront être évalués pour chaque variation ainsi que des sources potentielles de données.

Il est suggéré aux usagers de commencer par une ACFM préliminaire, puis de raffiner les estimations jusqu'au niveau de détail désiré. Un autre parcours est de commencer par une ACFM ciblée, puis d'adjoindre progressivement l'analyse d'autres procédés jusqu'à couvrir l'ensemble de l'entreprise. En annexe 2, le tableau Parcours d'une ACFM détaille le processus d'une ACFM préliminaire jusqu'à une ACFM détaillée.

TABLEAU 4 : Distinction entre les variations

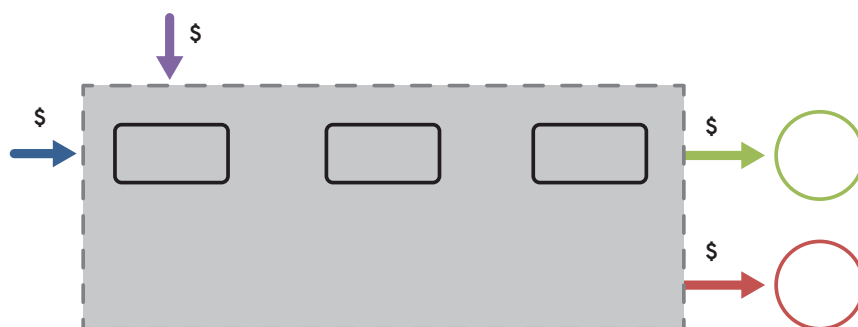
Variante	ACFM préliminaire	ACFM ciblée	ACFM simplifiée	ACFM détaillée
Objectif	Établir un ordre de grandeur du coût complet des déchets	Estimer le coût complet d'un résidu en particulier	Déterminer les étapes contribuant au coût complet des déchets	Obtenir un portrait précis du coût complet des déchets, dans le respect de la norme ISO 14051
Matières	Sommaire	Détaille pour un centre de coût	Détaillé par centre de coût	Détaillé par centre de coût
Main d'œuvre	Main-d'œuvre directe totale	Main d'œuvre directe d'un centre de coût	Main-d'œuvre directe détaillée	Main-d'œuvre directe et indirecte
GMR	Sommaire	GMR d'un centre de coût	Détaillée par centre de coût	Détaillée par centre de coût
Autres points analysés			Ajout de coûts significatifs au besoin	Coût de l'énergie et de l'eau Recyclage interne Variations d'inventaire Invendus, eaux usées et rejets atmosphériques Revenus associés aux matières résiduelles
Complexité				
Utilité				

Plusieurs personnes peuvent être impliquées dans une ACFM. Le tableau suivant liste les responsabilités de chaque partie prenante.

TABLEAU 5 : Rôles et responsabilités

Rôle	Responsabilités
Analyste (interne ou externe)	<ul style="list-style-type: none"> › Animer les réunions › Réaliser la modélisation et l'analyse
Direction	<ul style="list-style-type: none"> › Appuyer le projet › Définir les objectifs › Approuver les opportunités de réduction
Responsable de la production	<ul style="list-style-type: none"> › Fournir des informations sur la production › Identifier des opportunités de réduction › Mettre en place les opportunités de réduction
Responsable de la comptabilité	<ul style="list-style-type: none"> › Fournir des informations sur les coûts
Travailleurs à la production	<ul style="list-style-type: none"> › Fournir des informations sur la production › Identifier des opportunités de réduction
Services informatiques	<ul style="list-style-type: none"> › Fournir des informations sur la production

ACFM PRÉLIMINAIRE



L'ACFM préliminaire vise à donner un ordre de grandeur du coût total des déchets de l'organisation. Les étapes d'une ACFM préliminaire sont les suivantes :

1. Définir la portée
2. Calculer le coût de gestion des matières résiduelles
3. Calculer les coûts matières des déchets
4. Calculer les coûts de main d'œuvre
5. Calculer le coût complet des déchets

Définir la portée

Une première étape consiste à définir les limites physiques et temporelles de l'analyse. Pour une ACFM préliminaire, l'analyse peut porter sur l'ensemble de l'usine ou encore sur un procédé clé. L'utilisation des données disponibles sur une période d'un an est suggérée afin d'inclure les variations saisonnières.

Dans l'exemple qui suit, les coûts se rapporteront à l'ensemble d'une organisation fictive pour une période d'un an.

Exemple d'entretien avec un gestionnaire

Analyste : Tout d'abord, qu'avez-vous présentement comme conteneur à déchet? Et combien payez-vous pour le service?

Gestionnaire : On a un conteneur de 6 verges cubes, levé chaque semaine. L'an dernier on a payé 21 200 \$ au total.

Analyste : Qu'est-ce qu'on retrouve habituellement dans le conteneur? Et en quelle proportion, approximativement?

Gestionnaire : Le conteneur repart toujours plein! C'est variable, il y a environ 50 % de plastique, 20 % de métal, 25 % de carton d'emballage et le reste des palettes.

Analyste : Quelles sont les matières premières que vous achetez annuellement, et à quel prix?

Gestionnaire : Je n'ai pas les chiffres exacts, mais on achète environ 40 tonnes de plastiques à environ 5 \$/kg et 25 tonnes de métal à 10 \$/kg.

Analyste : Côté main d'œuvre, combien avez-vous d'employés directement affectés à la production? Et quel est leur taux horaire?

Gestionnaire : On peut parler de 18 employés temps plein, à 40 h/semaine. Ils sont rémunérés en moyenne 25 \$/h.

Calculer le coût de gestion des matières résiduelles

L'analyste doit évaluer le volume total de matières résiduelles générées pour la période déterminée. Les factures des fournisseurs de services de gestion de ces matières résiduelles peuvent aider à établir ce volume. Dans l'exemple qui suit, on suppose que la gestion des matières représente un coût de 21 200 \$/an.

TABLEAU 6 : Gestion des matières résiduelles

Taille du conteneur	4,59 m ³
Espace occupé par les matières résiduelles	× 100 %
Nombre de levées	× 1 levée/semaine
Nombre de semaines ouvrables	× 50 semaines
Volume total	= 229,5 m ³

En interrogeant l'entreprise, il est possible de déterminer les différentes matières qui sont générées. Il est préférable de distinguer chaque type de déchet : emballage, résidus de productions et produits non conformes. À cette étape, il n'est pas nécessaire de connaître précisément la proportion occupée par chaque matière : des approximations suffisent. Par la suite, les densités apparentes du calculateur - ACFM préliminaire permettent de convertir les volumes en poids.

TABLEAU 7 : **Matières résiduelles**

Matières résiduelles	Proportion (%)	Volume (m ³)	Densité (kg/m ³)	Poids estimé (kg)
Résidus de plastique	50 %	115	× 60	= 6 885
Rognure de métal	20 %	46	× 130	= 5 967
Pellicule plastique	25 %	57	× 14	= 803
Palette	5 %	11	× 150	= 1 721
TOTAL	100 %	229,5		= 15 377

Mise en garde

- › Un conteneur à déchet repart rarement plein : l'analyste doit évaluer le volume effectivement occupé par les matières résiduelles.
- › Les fournisseurs de services peuvent facturer un tonnage minimal pour la collecte des matières résiduelles : le tonnage généré sera alors surévalué.
- › Les conteneurs peuvent inclure des matières générées par les espaces de bureau ou encore des matières ne provenant pas des procédés de fabrication. Il est suggéré d'ignorer ces flux.
- › La densité apparente décrit l'espace occupé par un résidu et est différente de sa densité réelle. Par exemple, alors que l'acier a une densité réelle d'environ 7 500 kg/m³, les retailles d'acier occupent un espace de 130 kg/m³.

Calculer les coûts matières des déchets

En reprenant le poids des matières résiduelles générées, on peut déterminer la valeur des coûts matières.

TABLEAU 8 : Coûts matières des déchets

Matière résiduelle	Poids estimé (kg)	Coût d'achat (\$/kg)	Valeur (\$)
Résidus de plastique	= 6 885	× 5	= 34 425 \$
Rognure de métal	= 5 967	× 10	= 59 670 \$
Pellicule plastique	= 803	-	0 \$
Palette	= 1 721	-	0 \$
TOTAL	= 15 377		= 94 095 \$

Mise en garde

On considère que les emballages ont un coût d'achat nul.

Calculer les coûts de main d'œuvre

Pour compléter le bilan de masse global, l'analyste peut évaluer les intrants de l'organisation.

TABLEAU 9 : Bilan des matières premières

Matières premières	Quantité intrant (kg)	Coût d'achat (\$/kg)	Coût des matières premières (\$)
Plastique	40 000	× 5	= 200 000
Métal	25 000	× 10	= 250 000
TOTAL	65 000		= 450 000

En comparant la masse des déchets à celle des intrants, on peut déterminer le taux de perte global de l'organisation.

Mise en garde

Il est préférable de ne pas comptabiliser les emballages de matières premières.

TABLEAU 10 : Bilan et taux de perte global

Génération de matières résiduelles	15 377
Consommation de matières premières	÷ 65 000
Taux de perte global	= 24 %

Le taux de perte global de l'organisation est utilisé pour déterminer le coût de main-d'œuvre attribuable à la production et à la gestion des matières résiduelles.

TABLEAU 11 : Main d'œuvre - production et gestion des matières résiduelles

Nombre d'employés en fabrication	18
Semaine normale de travail	40 h/semaine
Nombre de semaines ouvrables	50 semaines/an
Taux horaire moyen	25 \$/h
Main-d'œuvre directe	= 900 000 \$
Taux de perte global	× 24 %
Facteur d'imputation (conservateur)	× 25 %
Coût de main-d'œuvre estimé	= 53 226 \$

Pourquoi un facteur d'imputation?

Les déchets sont générés durant tout le cycle de production, que ce soit au début (emballages), au milieu (résidus de productions) ou à la fin (invendus). Les matières générées en début de cycle n'accumulent aucun coût de main-d'œuvre, tandis que les matières générées à la fin cumulent l'ensemble des coûts de main-d'œuvre directe. Puisque l'ACFM préliminaire ne prévoit pas un bilan de masse détaillé, un facteur de correction doit être appliqué. Le taux d'imputation choisi devrait refléter à quel moment du temps total de fabrication des produits les déchets sont générés en moyenne.

Comme la plupart des déchets sont généralement générés en début de cycle, un taux d'imputation de 25 % pourrait être réaliste. Cependant, si on dispose d'information plus précise, un taux d'imputation moyen pour l'ensemble des déchets générés pourrait être calculé et utilisé pour les fins de calculs préliminaires. L'ACFM simplifiée permettra de raffiner cette estimation.

Calculer le coût complet des déchets

Les informations précédemment calculées sont combinées afin d'estimer le coût complet associé aux déchets. Une ACFM simplifiée permettra de raffiner cette estimation.

TABLEAU 12 : Coût complet du déchet

	Coût complet du déchet	%
Gestion des matières résiduelles	21 200 \$	13 %
Matière première	94 095 \$	56 %
Main d'œuvre	53 226 \$	32 %
TOTAL	168 521 \$	100 %

Constats

- › Suite à l'analyse préliminaire, on peut constater que le coût de gestion des matières résiduelles ne représente qu'une portion du coût total des déchets.
- › L'estimation du coût complet des déchets donne également un ordre de grandeur des investissements qui pourraient être faits. Par exemple, un investissement de 250 000 \$ permettant de réduire de moitié le coût complet des déchets aura une période de retour de $250\,000 \div (50\% \times 168\,521) = 3$ ans.

ACFM CIBLÉE

L'ACFM ciblée porte son attention sur un procédé particulier de l'entreprise. C'est l'approche qui est proposée par la norme ISO 14053 : 2001 *Management environnemental – Comptabilité des flux matières – Recommandations pour la mise en application par phases dans les organisations*.

Les étapes pour réaliser une ACFM ciblée sont les suivantes :

1. Définir la portée
2. Calculer le coût de gestion des matières résiduelles
3. Calculer les coûts matières des déchets
4. Calculer les coûts de main d'œuvre
5. Calculer le coût complet des déchets

Définir la portée

Puisque l'ACFM ciblée porte sur un procédé particulier de l'organisation, une première question s'impose : quel procédé cibler? Il peut être pertinent de cibler un procédé :

- › Générant des quantités importantes de déchet, en particulier des résidus de production
- › Pour lequel des données sont déjà disponibles
- › N'ayant pas de boucles de recyclage ou d'autres complexités rendant plus difficile l'analyse
- › Pour lequel des solutions de réduction sont déjà envisagées par l'organisation ou l'analyste

Ces critères permettront de réaliser rapidement une première ACFM et de fournir déjà des recommandations pertinentes à l'organisation. Ils permettront également à l'organisation et à l'analyste de se familiariser avec les principes de l'ACFM et de vérifier si une étude plus poussée est pertinente. Si tel est le cas, les estimations déjà réalisées pourront être reprises dans une modélisation plus complexe.

L'ACFM ciblée peut porter sur un procédé particulier ou regrouper un ensemble de procédés, pour autant que des estimations de coûts et de quantités puissent être établies. Une description des activités incluses et exclues de l'analyse permettra à l'organisation de donner les bonnes estimations.

Pour illustrer la méthode, l'exemple de l'organisation produisant des chaises est repris. L'ACFM ciblée porte alors sur la première étape, soit le moulage du siège en plastique. Le principal résidu généré à cette étape est un résidu de plastique à la suite du découpage. Les données sont rapportées sur une période de 1 an.

Calculer le coût de la gestion des matières résiduelles

La prochaine étape consiste à établir un bilan de masse simple du procédé. En consultant les opérateurs et les données comptables de l'entreprise, l'analyste pourra établir les quantités d'intrants utilisés ainsi que les produits et déchets générés.

Dans l'exemple qui suit, l'entreprise utilise de grandes feuilles de thermoplastique, chacune ayant un poids unitaire de 25 kg. Selon les données d'approvisionnement, 1 600 feuilles sont achetées chaque année, pour un poids total de 40 000 kg. En portant attention aux résidus suite au découpage, on s'aperçoit que le taux de perte est de 17 %, soit 6 800 kg/an. Les informations sont résumées au tableau suivant :

TABLEAU 13 : Bilan de masse

Intrants		Produits		Déchets	
Plastique	40 000 kg	Sièges	33 200 kg	Retailles	6 800 kg
	100 %		83 %		17 %

On estimera par la suite les coûts de gestion reliés aux déchets. Les coûts de gestion des matières résiduelles varient d'une entreprise à l'autre, selon les contrats engagés avec des fournisseurs de service. Des coûts de 100 à 500 \$/t.m. sont généralement observés. Dans certains cas, les coûts peuvent être assumés par la municipalité via la collecte sélective, auquel cas l'entreprise ne paie pas de coût de gestion. Il est également possible que l'entreprise perçoive des revenus pour ses résidus. L'analyste peut se référer aux factures du prestataire de service de collecte pour identifier le prix actuellement payé par l'entreprise.

Dans l'exemple qui nous concerne, l'entreprise paie 100 \$/t.m. Les coûts de gestion des retailles sont donc estimés à 680 \$/an.

Calculer les coûts matières des déchets

Le coût de gestion ne prend pas en compte la valeur de ce qui est jeté. Pour ce faire, on doit multiplier la quantité de matière qui est jetée par le prix qui a été payé pour l'acheter.

Par exemple, l'entreprise paie 125 \$ par feuille de 25 kg, ce qui revient à un prix de 5 \$/kg. Pour les 40 000 kg achetés par année, ceci revient donc à 200 000 \$ en achat de matériaux. Pour calculer le coût matière du déchet, on peut multiplier le prix (5 \$/kg) par la quantité générée (6 800 kg) pour obtenir un coût matière de 34 000 \$. Alternativement, on peut multiplier les achats de matériaux (200 000\$) par le taux de perte (17 %) pour obtenir le même coût matière de 34 000 \$.

TABLEAU 14 : Coûts matières des déchets

Matériaux	Intrant			Extrants			
	Coût unitaire (\$/kg)	Quantité (kg)	Coût (\$)	Produits		Résidus	
				Quantité (kg)	Coût (\$)	Quantité (kg)	Coût (\$)
Plastique	5	40 000	200 000	33 200	166 000	6 800	34 000
Ratio		100 %		83 %		17 %	

Une complexité se rajoute lorsque des produits intermédiaires servent d'intrant au procédé analysé. Par exemple, les sièges de plastique seront l'intrant de l'étape subséquente, soit l'étape de montage. Quel prix alors donner aux sièges de plastique? C'est à l'analyste de choisir un prix approprié. On peut utiliser le prix des matériaux qui le compose (5 \$/kg) ou encore documenter le prix d'un siège sur le marché.

Calculer les coûts de main d'œuvre

La main d'œuvre directe est un coût important pour les entreprises manufacturières. L'analyste doit documenter le taux horaire de la main d'œuvre ainsi que le temps d'ouvrage pour le procédé à l'étude. Le taux de rejet est ensuite utilisé pour imputer une partie des coûts de main d'œuvre aux déchets.

Dans notre exemple, l'étape de moulage-découpage demande 21 000 heures/an. À un taux horaire moyen de 25 \$/h, correspondant à un coût de main d'œuvre directe de 525 000 \$. Puisque le taux de perte est de 17 %, on considère que 89 250 \$ sont imputables à la génération de résidus.

TABLEAU 15 : Coûts de main d'œuvre

Main d'œuvre	Intrant			Extrants			
	Taux horaire (\$/hr)	Temps (hr)	Coût (\$)	Ratio	Coût (\$)	Ratio	Coût (\$)
Opérateurs	25	21 000	525 000	83 %	435 750 \$	17 %	89 250

D'autres coûts systèmes pourraient également être traités de la même façon : énergie, eau, amortissement des équipements, etc. De préférence, seuls les coûts pertinents et significatifs devraient être traités (voir section précédente sur les 'Coûts à considérer').

Calculer le coût complet du déchet

Les estimations sur le coût de gestion des matières résiduelles, le coût matière et les coûts de main d'œuvre peuvent ensuite être combinés pour obtenir le coût complet du déchet. Dans l'exemple présenté, le coût complet est donc de 123 930 \$. Cette estimation correspond aux économies maximales auxquelles l'entreprise pourrait s'attendre si des mesures de réduction étaient mises en place. Elle permet également d'établir un budget pour l'amélioration des procédés.

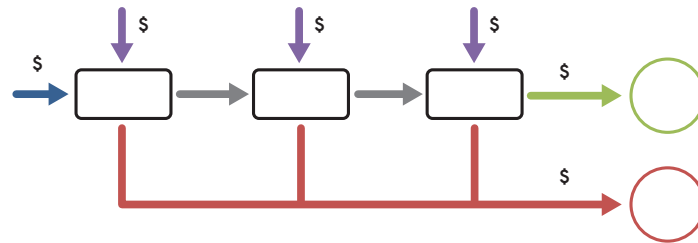
Les informations peuvent être regroupées dans un tableau semblable :

TABLEAU 16 : Coût complet du déchet

	Intrant			Extrants			
	Coût unitaire (\$/kg)	Quantité (kg)	Coût (\$)	Produits		Résidus	
Quantité (kg)				Coût (\$)	Quantité (kg)	Coût (\$)	
Matériaux							
Plastique	5	40 000	200 000	33 200	166 000	6 800	34 000
Ratio		100 %		83 %		17 %	
Coût de gestion							
Conteneur	0,1	6 800	680			6 800	680
Main d'œuvre							
	Taux horaire (\$/hr)	Temps (hr)	Coût (\$)	Ratio	Coût (\$)	Ratio	Coût (\$)
Opérateurs	25	21 000	525 000	83 %	435 750	17 %	89 250
TOTAL			725 680		601 750		123 930

Cet exercice peut être répété pour un autre procédé critique de l'entreprise. De même, il peut être pertinent de modéliser l'ensemble de l'entreprise, tel que proposé dans la section suivante.

ACFM SIMPLIFIÉE



L'ACFM simplifiée permet de détailler davantage les coûts associés aux déchets, notamment les coûts main-d'œuvre et les coûts de gestion des déchets, tout en permettant d'identifier les étapes de production générant ces déchets. Les étapes d'une analyse de flux de matière simplifiée sont les suivantes :

1. Définir la portée et un schéma des procédés
2. Calculer le coût de gestion des matières résiduelles
3. Calculer les coûts matières et coûts systèmes
4. Établir un bilan de masse détaillé
5. Calculer le coût de production des déchets
6. Calculer le coût complet des déchets

Définir la portée et un schéma des procédés

De manière similaire à l'ACFM préliminaire, les limites physiques et temporelles de l'étude doivent être déterminées. Une période de 1 an est suggérée afin d'inclure les variations saisonnières.

Un schéma des procédés détaille les centres de quantité ainsi que les flux (matières premières, produits intermédiaires, déchets et produits finaux). Pour construire le schéma de procédé il faut :

1. Lister l'ensemble des étapes de production de l'organisation. Bonne pratique : inclure une étape pour la gestion des matières résiduelles (GMR).
2. Pour identifier les centres de quantité, exclure les étapes reliées à l'administration ou n'interagissant pas avec les matières premières ou produits intermédiaires.
3. Relier les centres de quantité en identifiant l'utilisation de ressources, le transfert de produits intermédiaires et la génération de matières résiduelles.
4. Au besoin, agréger certains centres de quantité pour simplifier l'analyse.

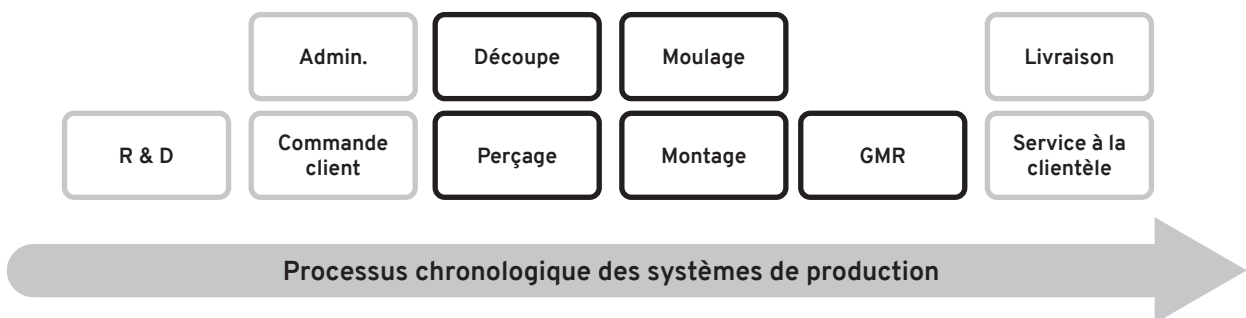


FIGURE 2 : Liste des étapes de production et identification des centres de quantité

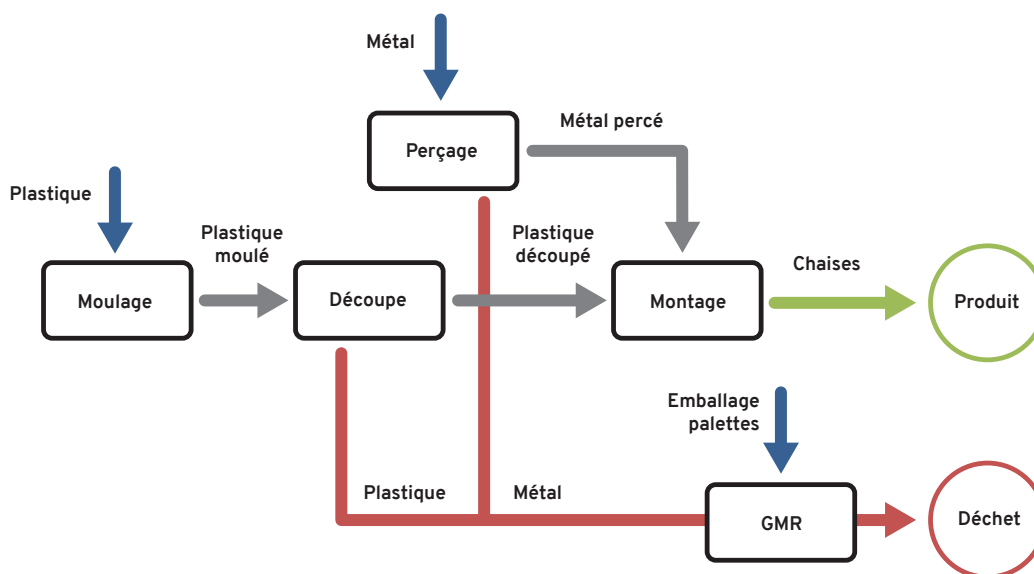


FIGURE 3 : Schéma de procédé

Calculer le coût de gestion des matières résiduelles

L'analyste doit évaluer le temps consacré à l'interne à la gestion des matières résiduelles. Ceci peut inclure le temps pour trier et transporter les déchets.

TABLEAU 17 : Gestion interne des déchets

Main-d'œuvre directe (h/an)	200
Taux horaire interne moyen (\$/h)	25,00
Salaire total (\$/an)	5 000

L'organisation peut avoir plusieurs conteneurs ou espaces prévus pour la gestion des matières résiduelles. Pour chacun d'entre eux, les frais fixes, frais variables et volumes sont détaillés. Les taux fixes et variables pour la location des conteneurs sont habituellement détaillés sur les factures.

TABLEAU 18 : Gestion externe des matières résiduelles

Conteneur ou lot de matières résiduelles	Frais fixe, location du conteneur (\$/an)	Frais variable - transport et élimination (\$/t.m.)	Volume des conteneurs ou espace occupé (m ³)	Proportion occupée par les matières résiduelles (%)	Fréquence des levées (levées/an)	Volume total (m ³ /an)
Conteneur - Matières résiduelles	20 300	50,00	4,59 ×	100 % ×	50 =	229,5
Espace pour palettes	-	-	0,2 ×	100 % ×	50 =	10,0
TOTAL	20 300		4,79			239,5

Une inspection visuelle des conteneurs permet d'établir les différentes matières générées ainsi que la proportion occupée dans le conteneur. Leur poids peut être estimé par pesée ou en utilisant les densités du [calculateur – AFM simplifiée](#). Si davantage de précision est désiré, une caractérisation des matières résiduelles peut être réalisée (CTTÉI, 2021).

Les coûts de gestion interne ainsi que les coûts fixes de location sont imputés aux matières résiduelles selon leur volume, alors que les coûts variables sont attribués aux matières résiduelles selon leur poids.

TABLEAU 19 : Caractérisation des déchets

Matières résiduelles et invendus	Conteneur / lot	Espace occupé (%)	Volume (m ³ /an)	Poids estimé (kg/an)	Coût interne de la GMR (\$/an)	Frais fixe, location du conteneur (\$/an)	Coût transport et élimination (\$/an)	Coût GMR (\$/an)
Résidus de plastique	Conteneur matière résiduelles	50 %	115	6 885	2 396	10 150	344	12 890
Rognures de métal	Conteneur matière résiduelles	25 %	57	7 459	1 198	5 075	373	6 646
Pellicule plastique	Conteneur matière résiduelles	25 %	57	803	1 198	5 075	40	6 313
Palettes	Espace pour palettes	5 %	10	1 500	209	-	-	209
TOTAL		100 %	239,5	16 647	5 000	20 300	757	26 057

Doit-on ignorer certains types de déchet?

À cette étape, il peut être tentant d'écarter certains types de déchet : si les produits non conformes ne représentent que 1 % des matières générées, peut-on alors ne pas les considérer? C'est possible. Toutefois, l'analyse peut révéler que certaines matières peu volumineuses sont responsables d'une grande partie du coût complet des déchets.

Tout comme pour l'analyse préliminaire, il est conseillé d'exclure les matières générées par les espaces de bureau ou encore les matières ne provenant pas des procédés de fabrication. Ces flux ne sont pas susceptibles d'être modifiés suite à des changements dans les processus.

Calculer les coûts matières et coûts systèmes

De manière similaire à l'ACFM préliminaire, le coût d'achat de chaque matière première doit être documenté :

TABLEAU 20 : Coûts matières

Matière ou produits	Achat (\$/an)	Quantité achetée (kg/an)
Plastique	200 000	40 000
Métal	250 000	25 000
TOTAL	450 000	67 000

Les coûts de main-d'œuvre directe sont également estimés pour chaque centre de quantité. Ici, les heures ouvrées et le taux horaire interne sont utilisés. Les heures consacrées à la gestion interne des matières résiduelles ont déjà été comptabilisées à l'étape 2.

TABLEAU 21 : Coûts systèmes

Centres de quantité	Moulage	Découpage	Perçage	Assemblage	TOTAL
Main-d'œuvre directe (h/an)	6 000	15 000	4 800	10 000	35 800
Taux horaire interne moyen (\$/h)	25,00	25,00	25,00	25,00	
Salaire total (\$/an)	150 000	375 000	120 000	250 000	895 000

Si d'autres coûts systèmes apparaissent comme significatifs à l'analyste, il peut être utile de les calculer à cette étape (voir ACFM détaillée).

Établir un bilan de masse détaillé

Une étape cruciale consiste à établir un bilan de masse, suivant le schéma des procédés déterminé plus tôt. Pour chaque centre de quantité, on détermine les intrants utilisés et les extrants générés. Les informations calculées aux étapes 2 et 3 peuvent servir de point de départ.

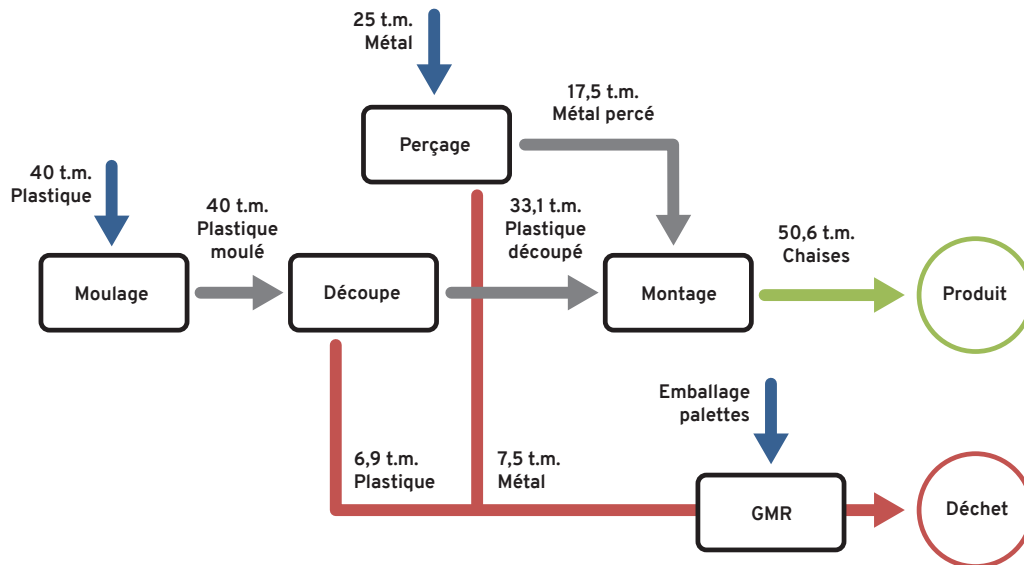


FIGURE 4 : Schéma de procédé

Inclure les emballages?

Selon le type d'emballage, ceux-ci peuvent ou non être pris en compte dans le calcul des coûts de production. Les emballages comptabilisés dans le bilan de masse sont ceux qui requièrent une main d'œuvre particulière, du fait de leur nature ou de la quantité importante qu'ils représentent (exemple : désassemblage de caisses en bois). Pour des emballages usuels, il est préférable de ne pas les inclure à cette étape, puisque cela fausserait l'estimation réelle des coûts.

Mise en garde

En ignorant les variations d'inventaire, les intrants et extrants de chaque centre de quantité doivent balancer. Dans l'exemple plus haut, on peut vérifier que pour le montage, $33,1 + 17,5 = 50,6$.

Calculer les coûts de production des déchets

Pour chaque centre de quantité, le coût total des intrants est calculé ainsi :

$$\text{intrants} \left[\frac{\$}{\text{an}} \right] = \text{coûts matières} + \text{coût de main d'oeuvre} + \text{autres coûts systèmes}$$

Les coûts des intrants sont répartis selon la proportion massique de chaque extrant :

$$\text{coût}_e[\$/\text{an}] = \text{intrants}_c[\$/\text{an}] \times \frac{\text{quantité}_e [\text{kg}/\text{an}]}{\sum \text{quantité}_e [\text{kg}/\text{an}]}$$

Ces calculs sont répétés, de la réception jusqu'à la distribution, jusqu'à ce que les coûts de production de chaque matière résiduelle et produit soient déterminés. L'outil ACFM simplifiée permet de faciliter cette étape.

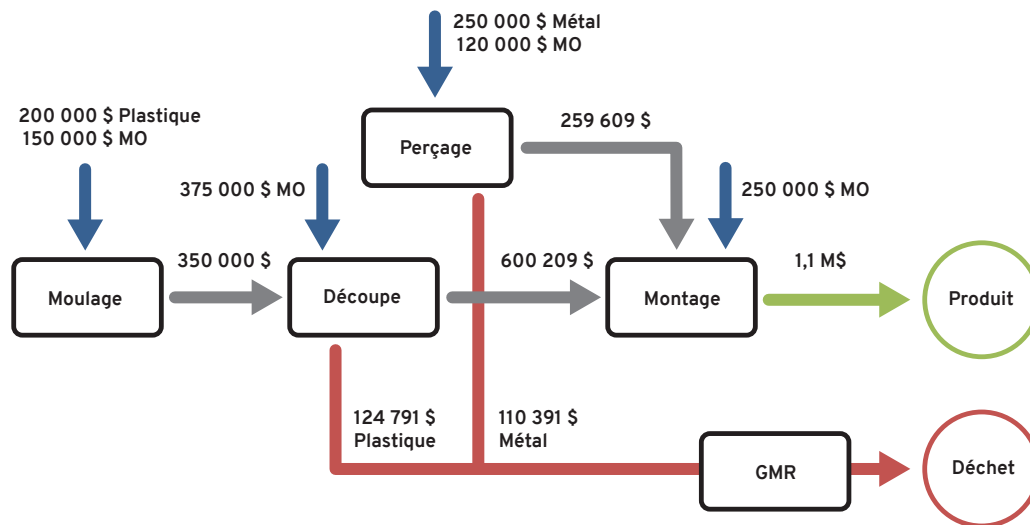


FIGURE 5 : Coût de production des déchets

Calculer le coût complet des déchets

Les données sur la gestion des matières résiduelles (étape 2) et les coûts de production des déchets (étape 5) sont agrégés de manière à obtenir le coût complet des déchets.

TABLEAU 22 : Coût complet des déchets

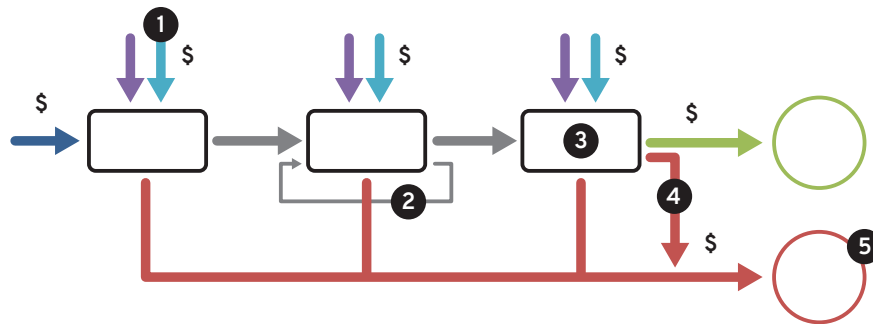
Déchet	Coût de production (\$/période)	Coût de gestion (\$/période)	Coût complet (\$/période)	%
Résidus de plastique	124 791 \$	12 890 \$	137 680 \$	53 %
Rognures de métal	110 391 \$	6 646 \$	117 036 \$	45 %
Pellicule plastique	- \$	6 313 \$	6 313 \$	2 %
Palettes	- \$	209 \$	209 \$	0 %
TOTAL (%)	235 181 \$	26 057 \$	261 239 \$	100 %

Constats

Dans l'exemple plus haut, la pellicule plastique et les palettes ne représentent que 2 % du coût complet des déchets. Une analyse ACFM conclut habituellement que les résidus industriels doivent être priorisés aux emballages.

De manière similaire à l'analyse préliminaire, on trouve que la gestion des matières résiduelles ne représente que 10 % du coût complet des déchets.

ACFM DÉTAILLÉE



Comme son nom l'indique, l'ACFM simplifiée omet certains aspects présentés par la norme ISO 14051. Pour réaliser une ACFM détaillée en conformité avec la norme, les éléments suivants, en plus de ceux déjà inclus à l'ACFM simplifiée, doivent être considérés :

1. Autres coûts systèmes
2. Recyclage interne
3. Variations d'inventaire
4. Invendus, eaux usées et rejets atmosphériques
5. Revenus

Le [calculateur – ACFM détaillée](#) permet d'intégrer l'ensemble de ces éléments.

Autres coûts systèmes

Dans l'ACFM simplifiée, le seul coût système considéré est la main-d'œuvre directe. La norme 14051 permet d'inclure d'autres types de coûts :

- › Main d'œuvre indirecte de fabrication
- › Consommation énergétique des procédés⁴
- › Coûts variables d'approvisionnement en eau

4. La norme ISO 14051 suggère plutôt d'intégrer les coûts énergétiques aux coûts matières ou encore de les considérer séparément des coûts systèmes.

Doit-on considérer les amortissements?

La norme ISO 14051 permet d'inclure l'amortissement des équipements à l'analyse du coût complet des déchets (ISO, 2011). Toutefois, cette approche est découragée par plusieurs auteurs (par exemple, Schmidt, Götze, & Sygulla, 2015). Si l'amortissement permet de témoigner d'investissements passés, aucun flux de trésorerie n'y est associé. Prendre en compte l'amortissement pourrait fausser l'interprétation du coût complet des déchets, puisque ce coût n'est habituellement pas évitable.

Les équipements peuvent être pris en compte lors de la phase d'analyse des opportunités. Par exemple, l'organisation pourrait considérer l'achat d'une machine générant moins de pertes. La valeur résiduelle ou la valeur marchande de l'équipement désuet peut alors être considérée puisqu'il sera vendu.

Recyclage interne

Il peut arriver que des matières soient récupérées à l'interne. Le produit intermédiaire est alors considéré comme un intrant pour un autre centre de quantité. Si le procédé de recyclage génère des coûts systèmes importants, utilise d'autres intrants ou génère lui-même des résidus, il est suggéré de créer un deuxième centre de quantité. Même si le recyclage interne est souhaitable, une ACFM révèle bien souvent qu'une réduction à la source est préférable.

Variations d'inventaire

Pour la période étudiée, des variations d'inventaire peuvent affecter le bilan de masse. La valeur des variations positives ou négatives de stock est évaluée au même prix que les matières premières ou les produits intermédiaires.

Invendus, eaux usées et rejets atmosphériques

Produits intermédiaires non conformes, produits périmés, retours de client... pour diverses raisons, des produits intermédiaires ou finaux peuvent devenir des matières résiduelles. Leur coût de production et de gestion est alors ajouté au coût complet des déchets.

Certaines entreprises procèdent au traitement des eaux usées ou des rejets atmosphériques. Les coûts de ces activités peuvent également être ajoutés au coût complet des déchets.

Revenus

Il est possible que l'entreprise tire des revenus provenant de la vente de matières résiduelles. Ceux-ci peuvent être considérés de deux façons :

- › Comparer le coût complet du déchet au revenu tiré de sa vente
- › Intégrer les revenus à l'ACFM (Schmidt, Götze, & Sygulla, 2015)

Une ACFM peut révéler que le coût complet du déchet excède les revenus et qu'une réduction à la source est préférable.

ANALYSE DES OPPORTUNITÉS

Une fois l'ACFM réalisée, il est important d'analyser les actions qui permettent de diminuer le coût complet des déchets. Si certaines opportunités peuvent être rapidement mises en place, d'autres nécessiteront une adaptation des procédés et des investissements subséquents.

Pour chaque opportunité, deux points doivent être analysés : les investissements initiaux nécessaires (CAPEX) et l'impact sur les coûts de fonctionnement (OPEX). Plusieurs indicateurs permettent ensuite d'évaluer la rentabilité d'un investissement : taux de rentabilité interne (TRI), valeur actuelle nette (VAN) et période de retour sur investissement (PRI). Par exemple, on considérera qu'un projet avec une VAN positive est rentable en absolu.

Les investissements initiaux peuvent inclure :

- › Négociation avec les fournisseurs de matière première
- › Négociation avec des prestataires de gestion des matières résiduelles
- › Achat et vente d'équipements
- › Allocation d'espace de stockage
- › Achat d'équipements de tri à la source
- › Recherche et développement
- › Formation du personnel

Le tableau suivant énumère certaines opportunités pouvant réduire le coût complet des déchets. Les étapes et investissements nécessaires de même que l'impact sur le coût complet des déchets sont précisés.

Pour modéliser l'impact sur les coûts de fonctionnement, le [calculateur](#) peut être employé en modifiant les informations sur les matières résiduelles générées.

Constats

D'un point de vue ACFM, il est préférable de réduire à la source plutôt que de recycler. En effet, la réduction à la source permet de diminuer l'ensemble des composantes du coût complet des déchets (matière première, main d'œuvre, gestion des matières résiduelles, etc.), tandis que le recyclage externe ne diminue que les coûts de la gestion des déchets.

TABLEAU 23 : Impacts des opportunités sur le coût complet des déchets

Opportunité	Étapes et investissements nécessaires	Impact sur le coût complet des déchets				
		Coût des matières premières	Coût de main-d'œuvre directe	Autres coûts systèmes	Coût interne de GMR	Coût externe de GMR
Réduire la génération de retailles	R&D : plans de fabrication Équipements plus performants Formation	-	-	-	-	-
Opter pour des matières recyclables	R&D : matériaux alternatifs Équipement de tri à la source Discussion avec prestataire GMR				±	±
Opter pour des emballages réutilisables	Discussion avec le fournisseur Espace de stockage	±	±		-	-
Assurer un contrôle qualité à chaque étape		-	±	-	-	-
Réduire les invendus	Équipements plus performants Formation	-	-	-	-	-
Revendre les produits avec défauts mineurs		-	-	-	-	-
Réparer les défauts	Équipements de réparation		+	+	-	-
Réaliser une synergie industrielle	Discussion avec organisation à proximité Espace de stockage				+	±
Recycler à l'interne	Espace de stockage Équipement de recyclage	-	+	+	-	-
Recycler à l'externe	Équipement de tri à la source Formation Discussion avec prestataire GMR				+	±
Valorisation énergétique à l'interne	Espace de stockage Conversion des équipements		+	±	-	-
Valorisation énergétique à l'externe	Équipement de tri à la source Formation Discussion avec prestataire GMR				+	±

DISTINCTION AVEC D'AUTRES APPROCHES

L'ACFM se distingue d'autres approches similaires, soit l'analyse des flux de matière, le coût total de propriété et le coût de revient.

L'**analyse des flux de matière (AFM)** vise à retracer le parcours d'une substance ou d'un produit, de l'extraction jusqu'à la fin de vie. Elle porte habituellement sur un secteur d'activité ou une région. Elle permet d'établir une cartographie consolidée à partir de données statistiques, de caractérisations et d'avis d'experts. Par exemple, une AFM sur le fer au Québec a permis d'identifier que les minerais extraits étaient principalement destinés à l'exportation, tandis que les produits semi-finis et finis étaient majoritairement importés (CIRAIG, 2016).

L'approche du **coût total de propriété (CTP)** vise à comparer le coût de deux opérations en prenant en compte l'ensemble des coûts directs et indirects reliés à l'achat et l'utilisation d'un produit ou d'un service (ECPAR, 2019). Par exemple, un fournisseur demandant un coût plus élevé pour son produit peut faire valoir les économies dégagées par le client lors de la phase d'utilisation.

L'approche du **coût de revient** permet d'évaluer le coût de fabrication d'un produit ou d'un service pour en évaluer sa rentabilité. Divers coûts de fabrication sont imputés à chacun des produits afin de connaître leur coût de revient. La gestion des matières résiduelles est perçue comme une activité nécessaire à la production d'un bien ou d'un service.

Cette approche contraste toutefois avec le bilan des flux de matière et d'énergie de l'organisation. En effet, une partie notable des matières achetées et travaillées n'est pas vendue et se retrouve dans les conteneurs à déchets. Également, une partie des opérations n'aura servi qu'à produire une matière qui sera jetée.

Elle peut être utilisée pour analyser les activités d'une organisation dans le secteur du recyclage : par exemple, Éco Entreprises Québec a utilisé cette méthode sur l'ensemble du système de la collecte sélective pour déterminer le coût de revient pour recycler chaque type d'emballage (ÉEQ, 2016).

Les approches de coût total de propriété et de coût de revient prennent en compte les coûts reliés à la production et à la gestion des matières résiduelles. Toutefois, ces dépenses sont perçues comme une dépense normale attribuable aux produits. En comparaison, l'ACFM permet d'isoler les coûts reliés aux inefficacités matérielles et permet de cibler les actions à entreprendre pour améliorer la gestion des matières résiduelles.

TABLEAU 24 : Distinction entre l'ACFM et d'autres approches similaires

Approche	Analyse des coûts des flux de matière	Analyse des flux de matière	Coût total de propriété	Coût de revient
Objectif	Déterminer les coûts directs et indirects reliés aux déchets	Établir une cartographie des flux de matières, de l'extraction/importation jusqu'à leur fin de vie/exportation	Sélection d'un fournisseur basé sur l'ensemble des coûts directs et indirects d'un produit/service; Démontrer les économies reliées à un produit au coût d'acquisition plus élevé	Déterminer le coût de production et la rentabilité d'un produit/service
Portée	Ensemble des flux d'une organisation ou d'une chaîne de valeur	Ensemble des flux d'une chaîne de valeur ou d'une région	Ensemble des coûts sur la durée de vie d'un produit/service	Ensemble des flux relié à la production d'un produit/service

CONCLUSION

L'ACFM s'avère un outil pertinent pour améliorer la gestion des matières résiduelles. Les simplifications qui ont été apportées et les outils qui ont été développés dans ce guide permettront à davantage d'organisations de comptabiliser le coût complet des déchets. L'ACFM représente avant tout un outil d'économie circulaire en permettant de mettre en lumière les enjeux économiques de la production des déchets afin de pouvoir par la suite agir en conséquence (la valorisation des matières résiduelles étant ici la dernière des actions). Cet outil jette donc les premières bases pour développer une approche intégrée visant à une amélioration de l'efficacité de l'utilisation des matières dans la chaîne d'approvisionnement, en (i) optimisant l'utilisation de matières premières et/ou (ii) en modifiant les procédés de fabrication.

En complément d'une ACFM, une entreprise peut réaliser une caractérisation de ses matières résiduelles (CTTÉI, 2021). Avec ces deux approches combinées, l'analyste aura une meilleure compréhension de la génération des déchets et des coûts qui y sont associés.

Si l'ACFM a ici été présenté comme un exercice réalisé de manière ad hoc, l'organisation a tout intérêt à réaliser son bilan de manière régulière, que ce soit pour valider pour analyser des opportunités de réduction ou pour chiffrer les bénéfices encourus. Ceci constitue le premier pas de l'organisation vers une économie plus circulaire!



RÉFÉRENCES

ADEME. (2014). *Coût complet des déchets*. Angers.

Christ, K. L., & Burritt, R. L. (2016). ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. *Revista de Contabilidad-Spanish Accounting Review*, 19(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2015.01.006>

CIRAIG. (2016). *Métaux et économie circulaire au Québec - Rapport de l'étape 2.2 - Analyse de flux de matières du cuivre, du fer et du lithium*.
Retrieved from <https://mern.gouv.qc.ca/publications/mines/AFM-cuivre.pdf>

CTTÉI (2021). Guide des meilleures pratiques – Caractérisation des matières résiduelles, 69 pages.

ECPAR. (2019). *FICHE TECHNIQUE DE PRISE EN COMPTE DES COÛTS TOTAUX DE POSSESSION (CTP)*. 1–7.
Retrieved from https://www.ecpar.org/sites/ecpar.org/files/documents/fiche_technique_ctp_vf_web.pdf

ÉEQ. (2016). *Allocation des coûts par activité - Résultats 2016*.
Retrieved from <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/allocation-couts-activite-2016.pdf>

Gouvernement du Québec. *Loi sur la qualité de l'environnement*. , (2017).

ISO. (2011). *ISO 14051 - Management environnemental – Comptabilité des flux matières – Cadre général*.

Schmidt, A., Götze, U., & Sygulla, R. (2015). Extending the scope of Material Flow Cost Accounting - Methodical refinements and use case. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1320–1332.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.039>

ANNEXE 1 – LISTE DE CONTRÔLE DES COÛTS PERTINENTS

Paramètre/information	Unité	Évaluation	Personne à consulter	AFM préliminaire	AFM ciblée	AFM simplifiée	AFM complète
Approvisionnement							
Coût des matières premières	\$	par matière	comptabilité	●	●	●	●
Quantités achetées	t, un.	par matière	comptabilité, fabrication	●	●	●	●
Coût d'achat	\$/t, \$/un.	par matière	comptabilité, fabrication	●	●	●	●
Procédés utilisant la matière première	% poids, t	pour chaque intrant et par centre de quantité	fabrication			●	●
Coûts énergétiques	\$/kWh	par centre de quantité	comptabilité				optionnel
Coûts variables en eau	\$/m ³	par centre de quantité	comptabilité				optionnel
Fabrication							
Coût de main d'œuvre directe	\$	global	comptabilité	●	●	●	●
Taux horaire moyen	\$/h	global	comptabilité	●			
Taux horaire	\$/h	par centre de quantité	comptabilité		●	●	●
Nombre de semaines ouvrables	sem/an	global	comptabilité	●	●	●	●
Main d'œuvre directe globale	h	global	comptabilité, fabrication	●			
Main d'œuvre directe	h	par centre de quantité	comptabilité, fabrication		●	●	●
Main d'œuvre indirecte de fabrication	\$	par centre	comptabilité				optionnel
Consommation de produits intermédiaires	t	pour chaque produit et par centre de quantité	fabrication		●	●	●
Variation des stocks	t	Par intrant et produits	comptabilité, fabrication				●
Quantité totale des extrants	t	k produits finaux	comptabilité, fabrication		●	●	●

Paramètre/information	Unité	Évaluation	Personne à consulter	AFM préliminaire	AFM ciblée	AFM simplifiée	AFM complète
Gestion des matières résiduelles							
Coût de la gestion des matières résiduelles	\$	global	comptabilité	●	●	●	●
Frais fixes	\$	par conteneur	comptabilité			●	●
Frais variable au poids	\$/t	par conteneur	comptabilité			●	●
Quantité totale des matières résiduelles	t	global	comptabilité	●	●	●	●
Volume total des conteneurs	m ³ , v ³	global	comptabilité	●			
Volume des conteneurs	m ³ , v ³	par conteneur	comptabilité			●	●
Fréquence moyenne des levées	levées/an	global	comptabilité	●			
Fréquences des levées	levées/an	par conteneur	comptabilité			●	●
Espace moyen occupé par les matières résiduelles	% volume	global	fabrication	●			
Espace occupé par les matières résiduelles	% volume	par conteneur	fabrication			●	●
Espace occupé par chaque matière dans les conteneurs	% volume	par déchet	fabrication	●		●	●
Autres coûts systèmes reliés à la GMR	\$	par déchet	fabrication				optionnel
Procédés générant les déchets	% poids, t	pour chaque déchet et par centre de quantité	fabrication		●	●	●
Coût de main d'œuvre interne relié à la GMR	\$	global	comptabilité		●	●	●
Taux horaire interne	\$/h	global	comptabilité			●	●
Temps consacré à la gestion des matières résiduelles	h	global	fabrication			●	●
Autre							
Amortissement des équipements	\$	Par équipements	comptabilité				optionnel
Valeur marchande des équipements	\$	par équipements	comptabilité				optionnel

ANNEXE 2 – PARCOURS D'UNE ACFM

Étapes de l'analyse	Temps estimé
Analyse préliminaire	9 h
Première rencontre virtuelle avec l'entreprise	2 h
Traitement des données et réalisation de l'ACFM	3 h
Rédaction finale du rapport	2 h
Présentation des résultats et dernière validation des données et des recommandations	1 h
Suivis sur recommandations	1 h
Analyse ciblée	18 h
Première rencontre virtuelle avec l'entreprise	2 h
Réalisation de la cartographie	3 h
Traitement des données et réalisation de l'ACFM	5 h
Validation des données et des hypothèses avec l'entreprise	1 h
Rencontre interne pour formulation des recommandations	1 h
Rédaction finale du rapport	3 h
Présentation des résultats et dernière validation des données et des recommandations	2 h
Suivis sur recommandations	1 h
Analyse simplifiée	41 h
Première rencontre virtuelle avec l'entreprise	2 h
Réalisation de la cartographie	5 h
Visite en entreprise	3 h
Traitement des données et réalisation de l'ACFM	15 h
Validation des données et des hypothèses avec l'entreprise	4 h
Rencontre interne pour formulation des recommandations	2 h
Rédaction finale du rapport	4 h
Présentation des résultats et dernière validation des données et des recommandations	5 h
Suivis sur recommandations	1 h
Analyse détaillée	55 h
Première rencontre virtuelle avec l'entreprise	2 h
Réalisation de la cartographie	5 h
Visite en entreprise	3 h
Traitement des données et réalisation de l'ACFM	25 h
Validation des données et des hypothèses avec l'entreprise	5 h
Rencontre interne pour formulation des recommandations	2 h
Rédaction finale du rapport	7 h
Présentation des résultats et dernière validation des données et des recommandations	5 h
Suivis sur recommandations	1 h

ctt*éi*



UNIVERSITÉ
LAVAL

Centre de recherche
en comptabilité
et développement durable

