SCORELCA

ETUDE N° 2020-05

METHODES INNOVANTES DE COMPTABILISATION DES RESSOURCES EN ACV

SYNTHESE

Juin 2022

Responsables scientifiques

Bernard DE CAEVEL - RDC Environment
Antoine BEYLOT - BRGM
Tom HUPPERTZ - RDC Environment

L’association SCORE LCA est une structure d’étude et de recherche dédiée aux travaux relatifs à l’Analyse du Cycle de Vie (ACV) et à la quantification environnementale. Elle vise à promouvoir et à organiser la collaboration entre entreprises, institutionnels et scientifiques afin de favoriser une évolution partagée et reconnue, aux niveaux européen et international, de la méthode d’Analyse du Cycle de Vie et de sa mise en pratique.

- ✓ Ces travaux ont reçu le soutien de l’ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

www.ademe.fr

- ✓ Les points de vue et recommandations exprimés dans ce document n'engagent que les auteurs et ne traduisent pas nécessairement, sauf mention contraire, l'opinion de l’ensemble des membres de SCORE LCA.

- ✓ Les informations et les conclusions présentées dans le présent document ont été établies au vu des données scientifiques et techniques et d'un cadre réglementaire et normatif en vigueur à la date de l'édition des documents.

SOMMAIRE (paginé)

1 Synthèse 4
1.1 Concept fondamental 6
1.2 Mise en œuvre 7
1.3 Opérationnalité 8
1.4 Recommandations par des tierces parties 9
1.5 Synthèse de l'analyse transversale 10
1.6 Conclusions et recommandations 13

1 Synthèse

Cette étude a pour but de faire l'état de l'art des méthodes d'évaluation de l'impact associé à l'utilisation des ressources en ACV, concernant les ressources renouvelables et non renouvelables. Neuf méthodes de caractérisation de l'impact de l'utilisation des ressources non renouvelables ont été présélectionnées pour une analyse plus fine :

- Abiotic Depletion Potential (ADP) Ultimate Reserve
- Environmental Dissipation Potential (EDP)
- Abiotic Resource Project (ARP)
- Average Dissipation Rate (ADR) (et Lost Potential Service Time, LPST)
- Future Welfare Loss
- GeoPolRisk
- Integrated method to assess resource efficiency (ESSENZ)
- JRC LCI[1] approach
- JRC price-based characterization approach

Des cas d'application illustrant la comparaison des méthodes d'évaluation pour les ressources non renouvelables sont évalués dans le rapport complet.

Nous distinguons quatre principaux critères pour évaluer les méthodes :

- Le concept fondamental
- La mise en œuvre
- L'opérationnalité
- Les recommandations par des tierces parties

Le concept fondamental des méthodes est clé car il détermine la pertinence intrinsèque des méthodes.

La mise en œuvre consiste à faire le pont entre le concept fondamental des méthodes et l'opérationnalité. L'analyse de la mise en œuvre est scindée en deux parties : les hypothèses et les données sous-jacentes. Les hypothèses sont cruciales car elles doivent permettre l'application du concept fondamental tout en le respectant. Au niveau des données, l'enjeu est plutôt l'accès aux données pour les développeurs de méthodes que l'existence de celles-ci dans la majorité des cas.

L'opérationnalité est uniquement un enjeu de court terme car si la méthode s'impose, les logiciels existants s'adapteront et les problèmes de compatibilité seront résolus.

Le critère de recommandation par des tierces parties vise à prendre en considération les recommandations passées (par exemple dans le cadre du PEF[2]) ou en cours de discussion (par exemple dans le cadre du GLAM[3] 3) dans l'élaboration des recommandations issues de cette étude.

Ces quatre principaux critères sont subdivisés en sous-critères. Pour chaque méthode, et chacun de ces sous-critères, un « niveau de satisfaction » est associé : satisfaisant, partiellement satisfaisant, partiellement insatisfaisant, ou insatisfaisant. Afin d'être recommandée, une méthode doit être associée à un « niveau de satisfaction » minimum dépendant de chaque sous-critère. Ces seuils ont été définis par avis d'experts par les auteurs de ce rapport, et présentés dans le tableau suivant.

[1] Joint Research Centre Life Cycle Inventory
[2] Product Environmental Footprint
[3] Global Guidance on Environmental Life Cycle Impact Assessment Indicators

Concept fondamental	Niveau seuil	Commentaire
Dissipation/perte d'accessibilité	Partiellement satisfaisant	Sauf si "Rupture d'approvisionnement" >= "Partiellement satisfaisant"
Valeur de la fonction	Partiellement satisfaisant	
Substituabilité	Insatisfaisant	
Rupture d'approvisionnement	Partiellement satisfaisant	Sauf si "Dissipation/perte d'accessibilité" et "Valeur de la fonction" >= "Partiellement satisfaisant"
Générations futures	Insatisfaisant	
Mise en oeuvre		
Hypothèses	Partiellement insatisfaisant	
Données sous-jacentes	Partiellement insatisfaisant	
Opérationnalité		
Logiciels	Partiellement satisfaisant	
Compatibilité avec BDD ICV standards	Partiellement satisfaisant	
Couverture des ressources	Partiellement satisfaisant	
Interprétation des résultats	Partiellement satisfaisant	
Recommandations par des tierces parties		
Recommandations existantes ou en discussions pour l'avenir (évaluation à mi-février 2022)	Partiellement insatisfaisant	

Tableau 1 : Niveaux seuils par sous-critères pour recommandation

Une méthode notée avec un niveau de satisfaction inférieur au niveau seuil ne peut être recommandée. Dans le choix des niveaux seuils, la priorité a été donnée :

1) au concept fondamental : « dissipation/perte d'accessibilité » et « valeur » ; ou « rupture d'approvisionnement » (qui est une dimension de la criticité) ;
2) au niveau d'opérationnalité.

Pour ces critères, le seuil est « partiellement satisfaisant ».

La « mise en œuvre » et les « recommandations existantes » sont aussi importantes, mais laissées à un niveau seuil inférieur (« partiellement insatisfaisant ») car identifiées, au moins à court terme, comme moins importantes que le concept fondamental et l'opérationnalité.

Enfin, deux sous-critères (« substituabilité » et « générations futures ») sont associés à un niveau seuil non-contraignant (« insatisfaisant »). Ces sous-critères correspondent à une plus-value d'une approche par rapport à une autre, sans que leur réalisation ne soit néanmoins nécessaire pour qu'une méthode soit recommandée.

1.1 Concept fondamental

L'évaluation des ressources peut se faire sous différents angles : environnemental, économique, géopolitique… Dans le cadre de cette étude, nous prenons comme point de départ la définition draft du GLAM3[4], à date de mi-avril 2022 :

« How can I quantify the consequences of temporal or permanent loss of the functional values of natural resources caused by its use in a product system? ».

Cette définition se base sur la perte temporaire ou permanente de la valeur de la fonction suite à l'utilisation d'une ressource naturelle dans un système-produit.

Pour comparer le concept fondamental des méthodes ressources non-renouvelables, nous mobilisons les concepts suivants :

- Dissipation/perte d'accessibilité

  Est-ce que la méthode caractérise la perte d'accessibilité des ressources pour de potentiels futurs utilisateurs, amenant éventuellement à leur dissipation, sur le cycle de vie ?

- Valeur de la fonction

  Est-ce que la méthode prend en compte la valeur de la fonction des ressources, par exemple au travers de leurs valeurs d'usage ou leurs prix ?

- Substituabilité

  Est-ce que la méthode prend en compte la substituabilité des ressources ? (Une ressource pouvant éventuellement se substituer à une autre lorsqu'elle peut apporter une fonction similaire).

- Rupture d'approvisionnement

  Est-ce que la méthode prend en compte les risques d'approvisionnements (e.g. géopolitiques) ?

- Générations futures

  Est-ce que la méthode prend en compte la perte de bien-être des générations futures ? Si une ressource est dissipée ou consommée, la valeur de la fonction est perdue. Et ce soit uniquement à court-terme, soit aussi à un plus long-terme (affectant alors plus durablement les générations futures).

Pour la dissipation/perte d'accessibilité, les méthodes « ADR et LPST » et JRC LCI la prennent en compte de manière satisfaisante. Les méthodes basées sur les prix (Future Welfare Loss et JRC price based) ne prennent en compte la dissipation qu'à travers la modélisation ACV (les matières non recyclées sont perdues). Ce sont des approches de caractérisation des impacts qui permettent de prendre en compte la valeur, néanmoins potentiellement compatibles avec des approches de prise en compte de la dissipation en ICV[5] (permettant ainsi de prendre en compte *la perte* de valeur). Les méthodes EDP et ARP considèrent uniquement la dissipation vers l'environnement, et non pas dans la technosphère. La méthode ADP Ultimate Reserve ne prend pas en compte la dissipation mais bien la contribution de perte totale des ressources (sur le cycle de vie d'un système-produit) à l'épuisement du stock géologique. GeoPolRisk et ESSENZ ne prennent pas du tout en compte la dissipation.

Les méthodes basées sur les prix (Future Welfare Loss et JRC price based) couvrent la valeur de la fonction (en particulier, la « perte de valeur » quand combinée à une méthode de prise en compte de la dissipation). « ADR et LPST » et GeoPolRisk ne couvrent pas la valeur de la fonction à ce jour mais des propositions de facteurs de caractérisation intégrant des prix[6] sont en développement. Les méthodes JRC LCI et ARP sont potentiellement compatibles avec des facteurs de caractérisation qui prennent en compte la valeur de la fonction. ADP Ultimate Reserve, EDP et ESSENZ ne prennent pas en compte la valeur de la fonction.

[4] Global Life Cycle Impact Assessment Method.
[5] Inventaire du cycle de vie
[6] Cette proposition est semblable à celle de la méthode JRC price based pour ADR et LPST.

La substituabilité est uniquement prise en compte dans 3 méthodes : les méthodes basées sur les prix (Future Welfare Loss et JRC price based) et ESSENZ. Dans CS-ESSENZ, la vulnérabilité est prise en compte de manière générale. La substituabilité est prise en compte dans les prix pour les méthodes basées sur les prix.

Les risques de rupture d'approvisionnement sont uniquement pris en compte de manière satisfaisante dans GeoPolRisk. La méthode générale ESSENZ analyse ces risques sur base de données globales et donc la dimension régionale du risque de rupture d'approvisionnement n'est pas prise en compte. Néanmoins, cette dimension régionale est prise en compte dans la version CS-ESSENZ. Notons que pour ADP Ultimate Reserve, le stock géologique existant peut être un des éléments de quantification du risque d'approvisionnement mais n'est pas un élément fondamental.

La prise en compte des générations futures est uniquement satisfaisante dans Future Welfare Loss. Dans EDP et ARP, les générations futures sont prises en compte partiellement au regard de certaines hypothèses dans l'approche long-terme.

Pour comparer le concept fondamental des méthodes ressources renouvelables, nous mobilisons les concepts suivants :

- Critère spécifique biodiversité
- Services écosystémiques
- Cadre temporel
- Couverture géographique

LC Impact et Impact World+ ont le même critère de biodiversité spécifique : espèces potentiellement disparues au cours du temps.

Les services écosystémiques sont partiellement couverts par Impact World+ mais pas du tout par LC Impact. Les services écosystémiques couverts par Impact World+ sont la résistance à l'érosion, la recharge en eau douce, la filtration mécanique et la production biotique.

Impact World+ permet de distinguer le court, moyen et long-terme alors que LC Impact uniquement le long-terme.

Au niveau de la couverture géographique, les deux méthodes couvrent global, continental, pays et local. LC Impact couvre également régional contrairement à Impact World+.

1.2 Mise en œuvre

Pour évaluer la mise en œuvre des méthodes ressources renouvelables, nous mobilisons les concepts suivants :

- Hypothèses
- Données sous-jacentes

Les hypothèses associées à la modélisation du chemin d'impact sont partiellement satisfaisantes dans le cas de 5 méthodes :

- Future Welfare Loss et JRC price-based, toutes deux basées sur les prix ;
- GeoPolRisk et ESSENZ, méthodes permettant de capter certaines dimensions de la criticité. Pour cela, elles se basent sur un certain nombre de critères acceptables, mais proposent des niveaux de détails distincts (plus fin dans ESSENZ) ;
- JRC-LCI qui considère un horizon temporel relativement court (25 ans) dans le cadre duquel les hypothèses peuvent être considérées comme relativement robustes au regard du niveau de connaissance actuel.

Au contraire, ADP Ultimate Reserve et « ADR et LPST » sont partiellement insatisfaisantes du point de vue des hypothèses de modélisation. En ce qui concerne ADP Ultimate Reserve, la "réserve ultime" ne

représente pas la réserve ultimement extractible (qui est inconnue), ce qui est problématique à la fois en absolu et en relatif (entre ressources). Pour ce qui concerne « ADR et LPST », les hypothèses sont parfois trop conservatrices sur l'inaccessibilité des ressources, à une échelle temporelle longue. Les FC[7] ont été calculés via les résultats de MFA[8] dynamiques, c'est-à-dire basés sur des valeurs moyennes à l'échelle de la technosphère globale. ADR se base sur le constat d'un Temps de Service « potentiel » selon les conditions d'usage et les technologies d'aujourd'hui. LPST se base sur l'introduction de choix de valeurs sur un "objectif idéal", qui n'a pas de réalité physique.
Enfin, EDP et ARP sont associées à des hypothèses de modélisation insatisfaisantes. Le développement d'EDP a nécessité un nombre relativement élevé d'hypothèses et de simplifications discutables, en ce qui concerne notamment :

i) L'accessibilité des stocks en hibernation sur le long terme,
ii) L'utilisation de la croûte terrestre continentale comme proxy de la réserve ultimement extractible, et
iii) Un certain nombre de contradictions dans les hypothèses faites pour modéliser l'ICV et les FC.

Par ailleurs, dans l'approche ARP, le Critère A (qui permet de définir si une ressource est accessible ou non) est extrêmement discutable. L'utilisation de la concentration moyenne dans la croûte terrestre posée comme seuil d'accessibilité de la ressource dans le futur est une hypothèse pour laquelle le niveau de confiance est extrêmement faible.

Les données sous-jacentes sur lesquelles se basent les méthodes sont fiables pour l'ensemble des méthodes ressources non-renouvelables excepté partiellement pour Future Welfare Loss. En effet, celle-ci utilise peu de coûts d'extraction spécifiques par ressource.

Pour les méthodes ressources renouvelables, Impact World+ s'appuie sur un modèle mi-chemin/dommage, la méthode donne 4 points de vue cohérents et complémentaires pour évaluer le cycle de vie des impacts :

- Indicateurs à mi-chemin
- Indicateurs de dommage
- Dommages sur les aires de protection (santé humaine, qualité des écosystèmes et les ressources et services écosystémiques).
- Dommages sur les aires de préoccupation (eau et carbone)

En ce qui concerne la qualité des écosystèmes, LC Impact étudient 3 types d'écosystèmes (terrestre, marin, eau douce). La méthode se concentre sur 7 catégories d'impact pour étudier les aires de protection.

1.3 Opérationnalité

Pour évaluer l'opérationnalité des méthodes ressources non-renouvelables, nous mobilisons les concepts suivants :

- Logiciels
- Compatibilité avec base de données ICV standards
- Couverture des ressources
- Interprétation des résultats

Au niveau des logiciels utilisés par les membres de SCORELCA (Simapro et Gabi), uniquement la méthode ADP Ultimate Reserve est déjà mise en place. La mise en œuvre serait relativement facile pour de nombreuses méthodes : ARP, ADR et LPST, Future Welfare Loss, JRC price based et GeoPolRisk, tandis que celle des méthodes suivantes : EDP et JRC LCI, serait plus compliquée.

[7] Facteurs de caractérisation
[8] Material Flow Analysis

Et finalement, pour ESSENZ, une mise en œuvre en dehors du cadre des logiciels ACV classique est uniquement possible car le calcul d'impact n'est pas similaire à l'ACV.

La compatibilité avec des bases de données ICV standards est satisfaisante (ou partiellement satisfaisante pour GeoPolRisk) pour l'ensemble des méthodes sauf ESSENZ et JRC LCI. Dans le cas de CS-ESSENZ, des données spécifiques à l'entreprise qui sortent du cadre classique des données d'ICV sont nécessaires. Finalement pour JRC LCI, des efforts potentiellement significatifs sont à fournir pour compiler des données en utilisant des bases de données d'ICV existantes.

La couverture des ressources est satisfaisante pour les méthodes basées sur les prix (Future Welfare Loss et JRC price based). La couverture des ressources est partiellement satisfaisante pour les méthodes suivantes : ADP Ultimate Reserve, EDP, ARP, ADR et LPST et GeoPolRisk. Pour ces méthodes, la couverture est généralement bonne pour les métaux mais pas pour les minéraux. La couverture des ressources est partiellement insatisfaisante pour ESSENZ car elle est seulement « bonne » pour les métaux (en comparaison, la couverture est beaucoup plus large dans les autres méthodes) et partielle pour les minéraux. Etant donné que la méthode JRC LCI s'applique à l'échelle de l'ICV, le critère de la couverture des ressources est non applicable pour cette méthode.

L'interprétation des résultats est satisfaisante pour les méthodes basées sur les prix (Future Welfare Loss et JRC price based). Elle est partiellement satisfaisante pour « ADR et LPST », JRC LCI et GeoPolRisk. La méthode « ADR et LPST » est facilement compréhensible et communicable mais peu de mise en œuvre donc il y a peu de recul. Cette méthode est probablement particulièrement utile pour l'identification de hotspots sur l'enjeu de dissipation mais ne permet pas d'identifier des phases du cycle de vie les plus contributrices (ce qui est problématique dans le PEF). Pour JRC LCI, le concept de dissipation est assez récent, donc il n'y a pas beaucoup de recul. Mais l'approche est a priori facilement communicable si traduite par "perte". Cette méthode permet l'identification des phases du cycle de vie les plus contributrices ("hotspots") à la dissipation ; ce qui est clé par exemple dans le contexte du PEF. GeoPolRisk est relativement simple à interpréter. Il y a peu de cas d'études d'utilisation de cette méthode publiés à ce jour et de retours d'expérience. La méthode ADP Ultimate Reserve est partiellement insatisfaisante car bien que la mise en œuvre soit éprouvée, le niveau de difficulté est moyen pour l'interprétation. De plus, cette méthode ne permet pas de capter l'enjeu de "disponibilité" (des millions d'années de ressources seraient devant nous). Les méthodes EDP, ARP et ESSENZ sont insatisfaisantes car pour EDP et ARP, il y a peu de recul sur l'utilisation de cette méthode et un risque d'orientation vers des mauvaises pratiques tant du point de vue des ressources que de l'environnement. Pour ESSENZ, en plus du manque de retour d'expérience, l'interprétation est complexe du fait du nombre d'indicateurs : 15 indicateurs à analyser individuellement relatifs au seul enjeu de "criticité".

Pour les méthodes ressources renouvelables, Impact World+ est mise en œuvre dans Simapro et dans Brightway 2 alors que LC Impact est uniquement présente dans Brightway 2.

La compatibilité avec des bases de données ICV standards est partielle pour les deux méthodes et uniquement au niveau pays.

Pour l'interprétation des résultats, des nuances spécifiques sont à apporter à l'analyse pour LC Impact. La méthode Impact World+ ne propose pas de méthode recommandée pour la pondération des dommages (DALY, PDF en m^2*an et $).

1.4 Recommandations par des tierces parties

Le critère des « recommandations par des tierces parties » permet de prendre en considération les recommandations respectivement passées et en cours d'élaboration. Trois des méthodes étudiées ont été recommandées en 2020 par l'UNEP (Task Force Mineral Resources) :

i) ADP Ultimate Reserves pour répondre à la question relative à la contribution d'un système-produit à la déplétion des ressources minérales (niveau de recommandation : "Recommandée") ;

ii) GeoPolRisk et ESSENZ respectivement « suggérée » et « recommandée interim » sur l'enjeu de criticité (c'est-à-dire pour « quantifier les problèmes potentiels d'accessibilité d'un système-produit liés aux aspects géopolitiques et socio-économiques à court-terme (criticité) »).

La méthode ADP Ultimate Reserve est aussi recommandée dans le cadre du PEF. Toutefois il est attendu qu'aucune de ces trois méthodes ne soit recommandée dans le cadre des travaux du GLAM 3 actuellement en cours. De fait, ces méthodes sont considérées comme « partiellement satisfaisantes » sur ce critère dans cette étude.

Au contraire, les méthodes ARP, Future Welfare Loss et JRC-LCI n'ont pas été recommandées dans le cadre du GLAM 2, car pas encore développées au moment de ces travaux. Au vu des discussions à ce jour (mi-avril 2022), il est possible que les méthodes ARP et Future Welfare Loss soient recommandées pour l'évaluation à "long-terme" de la dissipation (prise en compte de la dissipation à l'échelle de l'ICV via ARP, et quantification de la perte de valeur associée via Future Welfare Loss). Par ailleurs il est possible que l'approche JRC-LCI soit recommandée pour l'évaluation à "court-terme" de la dissipation, et ce en combinaison avec des FC basés sur les prix (via une approche encore à définir). Dans ce contexte, le niveau « partiellement satisfaisant » est associé aux méthodes ARP, Future Welfare Loss et JRC-LCI dans cette étude.

De plus, les méthodes EDP, « ADR et LPST » et JRC price-based sont en cours de discussion dans le cadre des travaux de l'UNEP GLAM3, mais à ce jour il est possible qu'elles ne soient pas recommandées. En ce qui concerne l'approche JRC price-based, c'est notamment le fait qu'elle soit à ce jour non-publiée dans un article révisé par les pairs (peer-reviewed) qui fait qu'elle est exclue des méthodes recommandables. Dans ce rapport, ces trois méthodes sont donc considérées comme partiellement insatisfaisantes sur ce critère.

Enfin, à ce jour, aucune des méthodes actuellement en cours de discussion dans le cadre des récents travaux du PEF sur un possible nouvel indicateur d'impact associé à l'utilisation des « ressources minérales », n'a été retenue.

1.5 Synthèse de l'analyse transversale

Le Tableau 2 synthétise l'analyse transversale pour les ressources non-renouvelables.

Le Tableau 3 synthétise l'analyse transversale pour les ressources renouvelables.

	ADP Ultimate Reserve	EDP	ARP	ADR et LPST	Future Welfare Loss	GeoPolRisk	ESSENZ	JRC LCI	JRC price-based
Concept fondamental									
Dissipation/perte d'accessibilité									
Valeur de la fonction									
Substituabilité									
Rupture d'approvisionnement									
Générations futures									
Mise en oeuvre									
Hypothèses									
Données sous-jacentes									
Opérationnalité									
Logiciels									
Compatibilité avec BDD ICV standards									
Couverture des ressources									
Interprétation des résultats									
Recommandations par des tierces parties									
Recommandations existantes ou en discussions pour l'avenir (évaluation à mi-février 2022)									

Tableau 2 : Synthèse de l'analyse transversale pour les méthodes ressources non renouvelables

Satisfaisant
Partiellement satisfaisant
Partiellement insatisfaisant
Insatisfaisant

	LC Impact	Impact World +
Concept fondamental		
Critère spécifique biodiversité		
Services écosystémiques		
Cadre temporel		
Couverture géographique		
Mise en oeuvre		
Données sous-jacentes		
Opérationnalité		
Logiciels		
Compatibilité avec BDD ICV standards		
Interprétation des résultats		

Tableau 3 : Synthèse de l'analyse transversale pour les méthodes ressources renouvelables

Satisfaisant
Partiellement satisfaisant
Partiellement insatisfaisant
Insatisfaisant

1.6 Conclusions et recommandations

Une méthode est recommandée si :

- Elle atteint le seuil minimum établi pour chacun des sous-critères (seuils définis dans le Tableau 1) ;
- Elle obtient un bon score global d'évaluation, basé sur l'évaluation des sous-critères (voir les tableaux de synthèse de l'analyse transversale).

Trois méthodes sont recommandées :

- **Deux qui évaluent la perte de valeur des ressources minérales**. Elles calculent un indicateur d'impact ACV classique.

  Une méthode est recommandée à court terme : elle est utilisable avec les bases de données et les logiciels actuels.

  Une autre méthode est recommandée à moyen terme : elle est plus satisfaisante en termes de robustesse et d'aide à la décision, mais pas suffisamment opérationnelle à ce jour.

- **Une qui calcule le risque de rupture d'approvisionnement** auquel un système est soumis ; c'est un **indicateur complémentaire** aux indicateurs ACV, ne rendant pas compte de l'impact d'un système sur son environnement mais bien d'un risque auquel le système est soumis.

Question : quantification de la perte de valeur induite par l'utilisation de ressources minérales par un système-produit sur son cycle de vie (c'est-à-dire la question du GLAM3 en cours : *« How can I quantify the consequences of temporal or permanent loss of the functional values of natural resources caused by its use in a product system? »*)

La "perte de valeur" est le concept clé que l'approche recommandée doit capter. Pour ce faire, la combinaison de deux méthodes est recommandée :

- Une méthode permettant de capter la "perte" de ressources minérales induite par un système sur son cycle de vie. Certaines[9] méthodes « dissipation » permettent d'expliquer à quelles étapes du cycle de vie (e.g. pour l'écoconception) ont lieu les pertes de ressources, calculées dans l'ACV par bilan massique des ressources. Dans l'approche classique d'ICV, la consommation nette d'une ressource en ACV est la différence entre la consommation de matière première et l'économie de matière première grâce au recyclage. C'est cette quantité-là de matière qui est alors considérée comme « dissipée ».
- Une méthode permettant de capter la "valeur" de la matière perdue.

Méthodes recommandées :

- ***Ad interim*** : **méthode ADR combinée à la méthode Future Welfare Loss ;** dans les faits malheureusement aucun cas d'étude ne teste cette combinaison et il y a donc un risque de difficultés pratiques non-identifiées ; des tests sont donc encore nécessaires pour confirmer cette recommandation
- **A terme** (quand JRC-LCI sera mise en œuvre dans les bases de données d'ICV) **: méthode JRC-LCI[10] combinée à la méthode Future Welfare Loss**

Les facteurs de caractérisation de la méthode ADR sont recommandés plutôt que ceux de la méthode LPST. Les deux méthodes ont été développées par Charpentier-Poncelet et al. et reposent sur un socle méthodologique commun. Néanmoins, la méthode LPST est une méthode "distance à l'objectif" se basant sur l'introduction de choix de valeurs sur un "objectif idéal" (hypothétique absence de dissipation sur une perspective temporelle donnée). ADR se base au contraire sur le constat d'un Temps de Service

[9] Pas ADR et LPST.

[10] Joint Research Centre Life Cycle Inventory

« potentiel » selon les conditions d'usages et les technologies d'aujourd'hui. Son usage est recommandé.
L'approche JRC-LCI est intrinsèquement plus satisfaisante que l'ADR car les choix et hypothèses supportant le modèle sont plus satisfaisants. La méthode JRC-LCI considère un horizon temporel relativement court (25 ans) dans le cadre duquel les hypothèses peuvent être considérées comme relativement robustes au regard du niveau de connaissances actuelles. En ce qui concerne ADR, les hypothèses sont parfois trop conservatrices sur l'inaccessibilité des ressources, à une échelle temporelle longue. Les Facteurs de Caractérisation ont été calculés via les résultats de MFA dynamiques, c'est-à-dire basés sur des valeurs moyennes à l'échelle de la technosphère globale. La méthode JRC-LCI permet aussi une interprétation des résultats plus fine ; cependant, l'approche ADR permet une meilleure identification de « hotspots ». En pratique, comme l'approche JRC-LCI n'est pas implémentée dans les Logiciels et bases de données d'ICV, elle ne peut pas être recommandée. Quand cette lacune sera comblée, son application sera recommandée (et non plus seulement « suggérée »).
La méthode Future Welfare Loss est préférée à la méthode JRC price-based car elle prend en compte les générations futures. Les méthodes ADP Ultimate Reserve, EDP et ARP sont exclues de cette recommandation car elles ne permettent pas de quantifier de façon satisfaisante la « perte de valeur ». Les méthodes EDP et ARP sont insuffisantes en ce qui concerne les critères Hypothèses et Interprétation des résultats (méthodes « insatisfaisantes » sur ces critères). Le développement d'EDP a nécessité un nombre relativement important d'hypothèses et de simplifications discutables, en ce qui concerne notamment

i. L'accessibilité des stocks en hibernation sur le long terme,
ii. L'utilisation de la croûte terrestre continentale comme proxy de la réserve ultimement extractible, et
iii. Un certain nombre de contradictions dans les hypothèses faites pour modéliser l'ICV et les FC.

Par ailleurs, dans l'approche ARP, le Critère A (qui permet de définir si une ressource est accessible ou non) est extrêmement discutable. L'utilisation de la concentration moyenne dans la croûte terrestre (posée comme seuil d'accessibilité de la ressource dans le futur) est une hypothèse pour laquelle le niveau de confiance est extrêmement faible.

Question : « Quantifier les problèmes potentiels d'accessibilité d'un système-produit liés aux aspects géopolitiques et socio-économiques à court-terme (criticité) »

Approche recommandée : méthode GeoPolRisk
Niveau de recommandation : suggérée

L'approche GeoPolRisk est privilégiée par rapport à l'approche ESSENZ, car cette dernière n'atteint pas un niveau de satisfaction suffisant en ce qui concerne les sous-critères : Logiciels, Compatibilité avec les bases de données d'ICV et Interprétation des résultats. A ce jour, seule une mise en œuvre en dehors du cadre des logiciels ACV classique est possible pour ESSENZ car le calcul d'impact n'est pas similaire à l'ACV. Par ailleurs, des données spécifiques à l'entreprise qui sortent du cadre classique des données d'ICV sont nécessaires. Les FC de GeoPolRisk sont en cours de finalisation (espérés à l'horizon fin 2022 – début 2023) et permettront d'appliquer la méthode relativement facilement.

Pistes de recherches futures

Actuellement, les méthodes « dissipation » sont des méthodes on/off : une ressource est dissipée ou elle ne l'est pas. Pourtant, la dissipation est plutôt une notion continue.

La valeur ajoutée sociétale d'une ressource est la différence entre la valeur d'usage d'une ressource et le coût sociétal (économique, environnemental et social) pour la rendre utilisable à partir de sa source initiale (par exemple, le minerai) ou de son lieu final (par exemple, les déchets). La valeur marchande (ou sa valeur à long terme lorsqu'elle est entièrement dissipée) est une limite inférieure de la valeur d'usage d'un matériau directement utilisable. Si le coût sociétal est supérieur à la valeur d'usage de la ressource, celle-ci est dissipée. Si la valeur d'usage est supérieure au coût sociétal, la ressource n'est pas dissipée. Il ne s'agit pas d'une fonction booléenne (on/off) mais plutôt d'une fonction continue de l'étendue de la dissipation ou de la non-dissipation.

La perte de valeur due à la dissipation est plafonnée par la valeur d'usage de la ressource car le coût sociétal pour rendre la ressource utilisable entraînerait un impact sociétal défavorable. Il existe un lien entre le coût sociétal pour rendre la ressource utilisable et la qualité, qui peut être considérée comme un terme générique englobant la qualité, la quantité, l'état chimique, etc. d'une ressource.

Cette approche d'évaluation de la dégradabilité de l'accessibilité permettrait de :

- Développer l'approche de la dissipation, car elle devient une évaluation continue de la dissipation (coût sociétal du traitement pour revenir à une forme prête à l'emploi) au lieu d'une analyse on/off (dissipation ou non) comme c'est le cas dans les méthodologies actuelles de « dissipation »
- Tenir compte de l'importance (valeur ajoutée) du matériau car, en cas de perte définitive (dissipation), la perte est plafonnée à la valeur marchande du matériau
- Tenir compte de la substituabilité, car elle comprend une valeur d'usage à long terme qui prend en compte les générations futures

La valeur ajoutée ou détruite du matériau par le produit au cours de son cycle de vie est la différence entre :

- Le coût sociétal pour la rendre utilisable à partir de sa source d'origine (par exemple, un minerai)
- Le coût sociétal pour la rendre utilisable à partir de son lieu final (par exemple, un déchet, une émission)

Notez que l'utilisation de la ressource peut créer de la valeur dans certains cas (par exemple, la bauxite transformée en aluminium réduit la dissipation car le coût sociétal de l'utilisation de l'aluminium métal post utilisation est inférieur au coût sociétal de l'utilisation de la bauxite).

En pratique, pour les ressources dissipées aujourd'hui, le coût sociétal est supérieur à la valeur d'usage et la perte de valeur est plafonnée par cette valeur d'usage. En revanche, pour les ressources non-dissipées, il faudrait modéliser le coût sociétal pour rendre ces ressources utilisables. Le coût économique est connu (du moins par les acteurs utilisant ces ressources) et les coûts environnementaux et sociaux peuvent être modélisés.

De plus, la notion d'occupation des ressources en utilisation n'est considérée par aucune méthode à l'heure actuelle. En particulier, Beylot et al. (2021)[11] discutent de ce sujet dans une section dédiée *(« 3.3.3 Occupation-in-use is not a form of dissipation »).* Les auteurs reconnaissent que l'occupation en utilisation pose un enjeu d'accessibilité des ressources pour des utilisateurs actuels et futurs. Mais dans le même temps, par définition de l'occupation en utilisation, les ressources « occupées » sont fonctionnelles pour des utilisateurs ; donc non « dissipées ».

Il reste nécessaire de réfléchir au niveau de la modélisation de l'inventaire pour aborder ce sujet. Il pourra par exemple être envisagé d'aborder le sujet dans le contexte de la modélisation dynamique des ICV.

[11] Beylot, A., et al. 2021. Mineral resource dissipation in life cycle inventories. Int J Life Cycle Assess 26, 497–510. https://doi.org/10.1007/s11367-021-01875-4