

ADEME

*Direction Communication, Formation,
Développement*

Analyse comparée des impacts environnementaux de la communication par voie électronique

Présentation des résultats

Juillet 2011

Contact BIO Intelligence Service

Yannick Le Guern

 + 33 1 53 90 11 80

yannick.leguern@biois.com

aissa.boukary@biois.com

Sommaire

1. Contexte et objectifs.....	4
1.1. Objectifs.....	4
2. Scénarios et Paramètres étudiés	5
3. Présentation des scénarios et résultats	10
3.1. Courrier électronique.....	10
3.1.1 Scénario de référence : envoi d'un mail de 1 Mo à une personne	10
3.1.1.1 Paramètres et hypothèses.....	10
3.1.1.2 Résultats	10
3.1.2 Scénario 1 : Envoi d'1 mail de 1 Mo a plusieurs personnes.....	11
3.1.2.1 Contexte	11
3.1.2.2 Résultats	12
3.1.3 Scénario 2 : Envoi d'1 mail de 1 Mo a une personne avec impression de la pièce jointe par le destinataire	13
3.1.3.1 Contexte	13
3.1.3.2 Résultats	13
3.1.3.3 Impression ou lecture à l'écran ?.....	15
3.1.4 Scenario 3 : Gestion de la boîte mail de réception	16
3.1.4.1 Contexte	16
3.1.4.2 Résultats	17
3.2. Requête web.....	19
3.2.1 Scénario de référence : recherche d'une information sur internet- Navigation via un moteur de recherche	19
3.2.1.1 Paramètres et hypothèses.....	19
3.2.1.2 Résultats	19
3.2.2 Scénario 1 : Recherche Ciblée d'une information sur internet.....	20
3.2.2.1 Contexte	20
3.2.2.2 Résultats	21
3.2.3 Scénario 2 : Allongement de la durée de vie de l'ordinateur utilisé.....	22
3.2.3.1 Contexte	22
3.2.3.2 Résultats	23
3.3. Clé USB.....	24
3.3.1 Scénario de référence : Enregistrement du documents transmis et survol du document – Pas d'impression.....	24
3.3.1.1 Paramètres et hypothèses.....	24
3.3.1.2 Résultats	24
3.3.2 Scénario 1 : Lecture complète du document a l'écran	25
3.3.2.1 Contexte	25

3.3.2.2	Résultats.....	26
3.3.3	Scénario 2 : Impression du document par l'utilisateur	27
3.3.3.1	Contexte.....	27
3.3.3.2	Résultats.....	27
3.3.3.3	Impression ou lecture à l'écran ?.....	31
3.3.4	Scénario 3 : Transmission d'un document via une clé publicitaire de 128 Mo	32
3.3.4.1	Contexte.....	32
3.3.4.2	Résultats.....	32
3.3.5	Conclusions	33

4. Annexes 34

4.1.	Résultats Courrier électronique	34
4.1.1	Scénario de référence : envoi d'un mail de 1 Mo à une personne	34
4.1.2	Scénario 1 : Envoi d'1 mail de 1 Mo a plusieurs personnes	35
4.1.3	Scénario 2 : Envoi d'1 mail de 1 Mo a une personne avec impression du mail par le destinataire 36	
4.1.4	Scénario 3 : Gestion de la boîte mail de réception	37
4.2.	Résultats requête web	38
4.2.1	Scénario de référence : recherche d'une information sur internet- Navigation via un moteur de recherche	38
4.2.2	Scénario 1 : Recherche Ciblée d'une information sur internet.....	39
4.2.3	Scénario 2 : Allongement de la durée de vie de l'ordinateur utilisé.....	40
4.3.	Résultats clé USB.....	41
4.3.1	Scénario de référence : Enregistrement du documents transmis et survol du document – Pas d'impression.....	41
4.3.2	Scénario 1 : Lecture complète des documents a l'écran.....	42
4.3.3	Scénario 2 : Impression du document par l'utilisateur	43
4.3.4	Scénario 3 : Transmission d'un document via une clé publicitaire de 128 Mo	44

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

BIO Intelligence Service a récemment réalisé une analyse de cycle de vie sur les nouvelles technologies d'information et de communication. Elles couvrent différents moyens de communication : mail, e-commerce, requête internet et transmission de document par clé USB. Une revue critique conduite par un comité d'experts a permis d'attester de la conformité de l'étude. L'ADEME souhaite aujourd'hui communiquer les résultats de cette étude.

Dans le cadre de cette communication, l'ADEME souhaite que les résultats s'appuient sur des scénarios sur lesquels pourront être explicités les enjeux et les paramètres de variation des impacts environnementaux.

1.1. OBJECTIFS

L'objectif de l'étude est d'évaluer les conséquences environnementales de l'échange d'information par courrier électronique, d'une requête web et de l'échange d'information par clé USB, selon **différents comportements d'utilisation**. Cette étude est relative :

- **A l'envoi d'un mail à une personne**, en se plaçant dans un contexte d'utilisation « professionnel », et un contexte géographique français. Le comportement choisi sera par exemple celui d'un employé d'une entreprise qui envoie un mail d'une taille moyenne d'1 Mo (pour mieux illustrer certains résultats, on pourra se baser sur un envoi de 33 mails par jour en moyenne¹). Les comportements alternatifs qui sont proposés sont : le nombre de destinataires, l'impression de la jointe, la gestion de la boîte mail de réception : envoi d'un mail non compressé et fréquence de suppression des mails de la boîte de réception.
- **A la recherche d'une information sur un moteur de recherche**. Les résultats seront présentés pour un contexte d'utilisation « particulier », et un contexte géographique français. Les scénarios proposent d'évaluer la comparaison entre une personne qui a une idée vague de ce qu'elle cherche vs. une personne ayant anticipé sa requête et la faisant de manière plus précise. Nous proposons également d'intégrer le comportement lié à l'utilisation de l'équipement et notamment sa durée de vie.
- **A la transmission d'un document de 10 Mo (document scientifique de 200 pages ou 40 planches de présentation en format PDF) par clé USB** dans un contexte « professionnel » et un contexte géographique français. Le contexte choisi sera celui d'une conférence avec présentation à la suite de laquelle des documents type rapports d'études ou présentation Powerpoint sont remis au public sous forme numérique, via une clé USB de 512 Mo. On comparera l'impression des documents et la lecture à l'écran ; il s'agira également d'identifier le point d'équilibre en temps à partir duquel les impacts entre l'impression et la lecture à l'écran sont identiques.

¹ Email Statistics Report, 2011-2015. THE RADICATI GROUP, INC.

Pour chacun des trois moyens de communication étudiés, un scénario de référence et des scénarios alternatifs sont donc construits afin d'étudier **l'influence des différents comportements d'utilisation sur les impacts environnementaux.**

2. SCENARIOS ET PARAMETRES ETUDIES

Les scénarios, présentés ci-après, permettent d'évaluer la portée des conclusions obtenues en étudiant la sensibilité des résultats à la variation de certains paramètres clés.

Les paramètres clés identifiés dans l'étude ACV pour les trois moyens de communication étudiés sont rappelés dans le tableau suivant:

Table 1 – Paramètres clés identifiés pour les trois moyens de communication

	Paramètres clés
Envoi d'un mail à une personne	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de destinataires • Impression ou non du mail par le destinataire. Type d'impression utilisée : Noir & Blanc ou Couleur, Recto Seul ou Recto-verso, Nombre de page par feuille • Gestion de la boîte mail <ul style="list-style-type: none"> - Durée de stockage du mail par le destinataire sur sa boîte mail - Taille du mail envoyé
Recherche d'une information sur un moteur de recherche	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de pages consultées • Durée de vie de l'ordinateur utilisé pour la requête.
Transmission d'un document de 10 Mo par clé USB	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de lecture à l'écran du document transmis • Impression ou non du mail par le destinataire. Type d'impression utilisée : Noir & Blanc ou Couleur, Recto Seul ou Recto-verso, Nombre de page par feuille (1 ou 2) • Taille et composition de la clé

Les tableaux suivants présentent l'ensemble des scénarios qui pourront être étudiés pour chaque moyen de communication, selon les critères qui les définissent :

Table 2 – Scénarios et variables étudiés pour l'échange d'information par courrier électronique

	Variable étudiée	Taille du mail	Temps de lecture à l'écran par le destinataire	Impression Type d'impression	Durée de stockage du mail par le destinataire	Type d'équipement utilisé (pour l'émetteur et le récepteur)	Nombre de destinataires
Scénario de référence	-	1 Mo	5 minutes	Non	1 an	Mix représentatif du parc français d'ordinateurs (CRT, LCD, portable).	1
Scénario 1 : Plusieurs destinataires	Nombre de destinataires	1 Mo	5 minutes	Non	1 an	Mix représentatif du parc français d'ordinateurs (CRT, LCD, portable).	- 10 - 100
Scénario 2 : Impression du mail par le destinataire	Impression mail	1 Mo	30 secondes	Oui Tout type d'impression	1 an	Mix représentatif du parc français d'ordinateurs (CRT, LCD, portable).	1
Scénario 3 : Gestion de la boîte mail de réception	Durée de stockage du mail dans la boîte de réception	1 Mo	5 minutes	Non	- 6 mois - 3 mois	Mix représentatif du parc français d'ordinateurs (CRT, LCD, portable).	1
	Taille du mail envoyé	10 Mo	5 minutes	Non	1 an	Mix représentatif du parc français d'ordinateurs (CRT, LCD, portable).	1

Ces scénarios permettent d'évaluer les bénéfices ou préjudices environnementaux associés à l'envoi d'un mail à plusieurs personnes, à son impression, et à la gestion de sa boîte mail : les impacts liés à l'envoi d'un mail plus lourd (10 Mo au lieu de 1 Mo), ainsi qu'au tri plus fréquent de sa boîte mail seront évalués.

Table 3 - Scénarios et variables étudiés pour la requête web

	Variable étudiée	Temps passé par page consultée	Nombre de pages consultées	Durée de vie de l'ordinateur utilisé (pour l'émetteur et le récepteur)
Scénario de référence	-	1 minute	5	Ecran CRT et LCD: 6 ans Autres (portable, unité centrale, clavier souris, chargeur : 4 ans)
Scénario 1 : Recherche ciblée d'une information	Nombre de pages consultées	1 minute	1	Ecran CRT et LCD: 6 ans Autres (portable, unité centrale, clavier souris, chargeur : 4 ans)
	Utilisation de « Mes Favoris »	1 minute	1	Ecran CRT et LCD: 6 ans Autres (portable, unité centrale, clavier souris, chargeur : 4 ans)
Scénario 2 : Allongement de la durée de vie de l'ordinateur utilisé	Durée de vie de l'équipement utilisé	1 minute	5	7 ans

Ces scénarios permettent de comparer les impacts environnementaux générés par :

- une personne qui navigue sur Internet sans savoir précisément ce qu'elle recherche
- une personne qui recherche une information précise en connaissant par avance une adresse internet.

Ils permettront aussi d'évaluer les bénéfices environnementaux liés à un comportement plus responsable (utiliser un ordinateur plus longtemps, éviter les effets de mode).

Table 4 - Scénarios et variables étudiés pour la transmission d'information par clé USB

	Variable étudiée	Taille de la clé	Type de document	Temps de lecture à l'écran	Impression Type d'impression
Scénario de référence	-	512 Mo	Document scientifique 200 pages	Survol du document 30 secondes par page 50 % du document lu	Non
Scénario 1 : Lecture complète à l'écran	Temps de lecture à l'écran du document transmis	512 Mo	Document scientifique 200 pages	Lecture complète : 3 minutes par page 100 % du document lu	Non
			40 planches de présentation au format PDF contenant très peu de texte	Lecture complète : 10 secondes par page 100 % du document lu	Non
Scénario 2 : Impression du document par l'utilisateur	Impression du document : Type d'impression	512 Mo	Document scientifique 200 pages	-	Oui Tout type d'impression
	Impression du document : Type de document	512 Mo	40 planches de présentation au format PDF contenant très peu de texte	-	Oui Impression N/B Recto-verso 2 ppf
Scénario 3 : Clé USB publicitaire	Taille de la clé Composition de la coque	128 Mo		Pas de lecture	Non

Grâce à ces scénarios, il est ainsi possible de comparer les impacts environnementaux des cas où :

- les documents présents sur la clé sont enregistrés et survolés par l'utilisateur ;
- la clé est utilisée et les documents transmis sont enregistrés et lus complètement à l'écran ;
- la clé est utilisée et les documents sont enregistrés et imprimés.

Il est aussi possible d'évaluer au bout de combien de temps de lecture à l'écran il est préférable d'opter pour l'impression.

Les impacts environnementaux liés à la production d'une clé de type publicitaire de plus petite capacité sont aussi évalués.

3. PRESENTATION DES SCENARIOS ET RESULTATS

Note : Pour l'ensemble des scénarios étudiés, les résultats de l'étude en termes d'impacts potentiels sont illustrés à travers la lecture de trois indicateurs :

- **Le potentiel de changement climatique ;**
- **L'épuisement potentiel des métaux**, reflétant la consommation des ressources ;
- **L'épuisement potentiel des ressources fossiles**, lié notamment au mix énergétique utilisé.

L'ensemble des indicateurs environnementaux sont présentés en annexes.

3.1. COURRIER ELECTRONIQUE

3.1.1 SCENARIO DE REFERENCE : ENVOI D'UN MAIL DE 1 MO A UNE PERSONNE

3.1.1.1 Paramètres et hypothèses

Paramètres et Hypothèses

- Envoi d'un mail de 1 Mo à une personne dans un contexte d'utilisation « professionnel » et un contexte géographique français
- Lecture du document à l'écran par le destinataire – Pas d'impression. Un temps de lecture de 5 minutes est considéré.
- La durée de stockage du mail par le destinataire est estimée à 1 an
- Un mix représentatif du parc français d'ordinateurs est pris en compte (composé de PC à écran CRT, LCD, et de PC portables) pour modéliser les équipements informatiques de l'émetteur et du destinataire.
- La durée de vie retenue de chaque équipement constitutif des ordinateurs considérés dans le mix du parc français est :
 - 4 ans : pour l'unité centrale, l'ordinateur portable, le clavier, la souris et le chargeur de portable.
 - 6 ans : pour les écrans de type CRT et LCD.

3.1.1.2 Résultats

Le tableau suivant présente les résultats pour trois indicateurs d'impact :

Table 5 – Résultats de l'ACV du courrier électronique pour le scénario : Envoi d'un mail d'1 Mo à une personne

Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne
Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	19
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2

Si l'on replace ces résultats dans le contexte d'une entreprise française de 100 personnes, dont le personnel envoie en moyenne 33² mails par jour (dont la taille est en moyenne de 1 Mo) et sur la base de 220 jours ouvrés par an, les émissions de gaz à effet de serre représentent 13,6 tonnes équivalent CO₂. Les résultats pour l'indicateur de changement climatique par employé par an et pour les 100 employés de l'entreprise par an sont présentés ci-dessous (voir Table 6).

Table 6 – Potentiel de changement climatique par an associé à l'envoi de mails de 1 Mo

Indicateur	Unité	Envoi mails de 1 Mo pour une entreprise de 100 personnes
Potentiel de changement climatique par an et par employé	Kg éq CO ₂ / an / employé	136
Potentiel de changement climatique par an pour l'entreprise (100 pers)	T éq CO ₂ / an	14

3.1.2 SCENARIO 1 : ENVOI D'1 MAIL DE 1 MO A PLUSIEURS PERSONNES

3.1.2.1 Contexte

On se place dans un contexte proche du précédent où l'employé de l'entreprise envoie un mail de 1Mo mais cette fois-ci à plusieurs destinataires : 10 personnes afin par exemple de confirmer une réunion, ou 100 personnes pour un envoi de documentation à l'ensemble des employés de son entreprise.

Paramètre étudié : Nombre de destinataire pour l'envoi d'un mail de 1 Mo.

On considère qu'une personne envoie un mail de 1 Mo à 10 personnes puis à 100 personnes.

² Email Statistics Report 2011-2015, Executive Summary, the Radicati Group, Inc

3.1.2.2 Résultats

Le tableau suivant présente les résultats de l'ACV pour le scénario de référence et les deux variantes du scénario 1 : Envoi d'un mail d'1 Mo à plusieurs personnes.

Table 7 – Résultats de l'ACV du courrier électronique pour le scénario : envoi d'un mail de 1 Mo à plusieurs personnes

Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 10 personnes	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 100 personnes
Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	19	73	615
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8	7,0	29
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2	22	186

Les résultats montrent que décupler le nombre de destinataires multiplie par un facteur 4 l'impact sur le changement climatique.

Pour plus de précision, le tableau suivant présente les impacts annuels sur le potentiel de réchauffement climatique liés à l'envoi de mails de 1 Mo pour deux et trois destinataires afin d'estimer l'impact marginal associé à chaque destinataire supplémentaire :

Table 8 – Potentiel de changement climatique annuel lié à l'envoi de mails de 1 Mo par employé (33 mails envoyés par jour / 220 jours ouvrés par an)

	1 destinataire	2 destinataires	3 destinataires
Potentiel de changement climatique pour l'envoi d'un mail	19	25	31
Potentiel de changement climatique par employé par an (kg CO ₂ /an/employé)	136	180	224

Environ 6 g éq. CO₂ supplémentaires sont émis pour chaque destinataire supplémentaire, ce qui représente environ 44 kg éq. CO₂ par an et par employé.

Quels impacts environnementaux sont générés si 10% des employés d'une entreprise de 100 personnes envoient leurs mails avec systématiquement en copie leur responsable et la personne avec qui elle travaille ?

Le tableau suivant présente les résultats annuels sur l'indicateur de changement climatique lié à l'envoi de mails d'1 Mo pour l'entreprise de 100 personnes en fonction du pourcentage de mails avec trois destinataires.

Table 9 – Potentiel de changement climatique associé à l’envoi de mails de 1 Mo pour une entreprise de 100 personnes sur un an en fonction du pourcentage d’envoi à 3 destinataires

Pourcentage de mails à 3 destinataires envoyés dans une entreprise de 100 employés	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Potentiel de changement climatique associé (t CO ₂ éq)	13,6	14,5	15,4	16,3	17,1	18,0	18,9	19,8	20,6	21,5	22,4
Ecart par rapport à l’envoi de mails à 1 destinataire(t CO ₂ éq)	-	0,9	1,7	2,6	3,5	4,4	5,2	6,1	7,0	7,9	8,7

Ces résultats montrent que réduire de 10 % l’envoi de mails incluant systématiquement le responsable et un collègue au sein d’une entreprise de 100 personnes permettrait un gain d’environ 1 tonne de CO₂ éq sur l’année (soit environ 1 aller/retour Paris/New-York³).

3.1.3 SCENARIO 2 : ENVOI D’1 MAIL DE 1 Mo A UNE PERSONNE AVEC IMPRESSION DE LA PIECE JOINTE PAR LE DESTINATAIRE

3.1.3.1 Contexte

On peut se placer par exemple dans un contexte proche du scénario de référence où le courrier électronique d’1 Mo à envoyer comprend une invitation (1 page) et un document présentant les activités et conférences qui auront lieux au cours d’un événement (3 pages). L’émetteur ne précise pas dans son mail qu’il n’est pas nécessaire d’imprimer les documents. Ces derniers sont donc imprimés par le destinataire.

Paramètre étudié : Impression des pièces jointes du courrier électronique envoyé : **4 pages au total.**

On considère que le destinataire imprime les pièces jointes du courrier électronique.

Plusieurs modes d’impression sont étudiés : Noir & Blanc ou Couleur, Recto Seul ou Recto-verso, 1 ou 2 pages par feuille. Le temps de traitement du courrier électronique est estimé à 30 secondes au lieu des 5 minutes considérées dans le scénario de référence (les documents ne sont pas lus à l’écran puisqu’ils sont imprimés).

3.1.3.2 Résultats

Les résultats de l’étude en termes d’impacts potentiels pour les différentes variantes du scénario 2 et le scénario de référence sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les variantes correspondent à différents modes d’impression possibles.

³ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/aviation/eco-calculateur/index.php>

Table 10 – Résultats de l'ACV du courrier électronique pour le scénario : envoi d'un mail de 1 mo à une personne avec impression de la pièce jointe par le destinataire

Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne sans impression	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression N/B recto 1 page par feuille	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression N/B recto verso 1 page par feuille	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression N/B recto verso 2 pages par feuille	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression couleur recto 1 page par feuille
Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	19	56	38	26	56
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8	4,3	3,5	3,0	4,3
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2	13	9,5	6,9	14

L'impression a une forte influence sur les résultats obtenus, de même que le type d'impression utilisée. Pour l'ensemble des indicateurs à l'exception de l'épuisement potentiel des métaux, les impacts sont 2 à 3 fois plus élevés. Pour l'indicateur d'épuisement potentiel des métaux, les impacts environnementaux diminuent pour les scénarios avec impression des pièces jointes du mail. Ceci est lié à la durée de lecture des pièces jointes considérée comme quasi nulle pour les scénarios d'impression: 30 secondes au lieu de 5 minutes (la contribution de l'ordinateur, principal facteur d'impact pour cet indicateur, est donc plus faible).

On se place une nouvelle fois dans le contexte d'une entreprise de 100 personnes. D'après l'étude statistique suivante : *Email Statistics Report 2011-2015, Executive Summary, the Radicati Group, Inc*, un professionnel reçoit en moyenne 58 mails par jour. En supposant que les employés de l'entreprise travaillent 220 jours (nombre de jours ouvrés dans l'année), il est possible d'estimer les impacts liés à la réception de mails avec impression de la pièce jointe sur un an pour chaque employé de l'entreprise (voir Table 11).

Table 11 - Potentiel de changement climatique par an et par employé associé à l'impression de mails de 1 Mo

	Sans impression	Impression du mail en N/B recto 1 page par feuille	Impression du mail en N/B recto verso 1 page par feuille	Impression du mail en N/B recto verso 2 pages par feuille	Impression du mail en couleur recto 1 page par feuille
Potentiel de changement climatique par employé par an (kg CO2/an/employé)	240	708	480	335	715

L'influence du taux d'impression des courriers électroniques reçus par les employés de cette entreprise sur le potentiel de changement climatique est étudiée. On considère que l'ensemble des employés lisent les documents qu'ils reçoivent par mails à l'écran. Quels impacts environnementaux sont générés si 10% des documents reçus par les employés sont imprimés (en couleur recto et 1 page par feuille) ?

Le tableau suivant présente les impacts sur le changement climatique liés à la transmission d'information par mails d'une entreprise de 100 personnes sur un an, en fonction du taux d'impression des documents reçus par les employés.

Table 12 – Impacts sur le potentiel de changement climatique en fonction du taux d'impression des mails reçus sur un an pour une entreprise de 100 employés

Taux d'impression des mails au sein d'une entreprise de 100 employés	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Potentiel de changement climatique associé (t CO ₂ éq)	24	29	34	38	43	48	53	57	62	67	72
Ecart par rapport au cas sans impression (t CO ₂ éq)	-	5	10	14	19	24	29	33	38	43	48

Ces résultats montrent que diminuer de 10 % le taux d'impression des mails reçus par les employés d'une entreprise de 100 personnes permettrait un gain de 5 tonnes équivalent CO₂ sur un an (soit l'équivalent d'environ 5 A/R New-York/Paris).

A titre informatif, le tableau suivant présente le cumul des impacts supplémentaires sur le changement climatique liés à l'envoi du mail à 10 destinataires qui impriment tous la pièce jointe.

Table 13 - Résultats de l'ACV du courrier électronique pour la variante : envoi d'un mail de 1 Mo à 10 personnes avec impression des pièces jointes par les 10 destinataires

Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 10 personnes qui impriment la pièce jointe en recto couleur 1 page/feuille
Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	19	480
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8	24
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2	112

3.1.3.3 Impression ou lecture à l'écran ?

Les impacts de la lecture à l'écran du document reçu sont directement liés au temps de lecture qui détermine le temps d'utilisation de l'ordinateur tandis que dans le cas d'un document papier les impacts sont identiques quel que soit le temps passé à la lecture. L'analyse réalisée a pour but d'évaluer **au bout de combien de temps de lecture à l'écran il est préférable d'opter pour l'impression du document reçu par mail.**

Pour cette analyse, un document de 4 pages est toujours considéré. Afin de pouvoir généraliser les résultats à des documents dont le nombre de pages est différent, les résultats sont également présentés en fonction du temps de lecture par page.

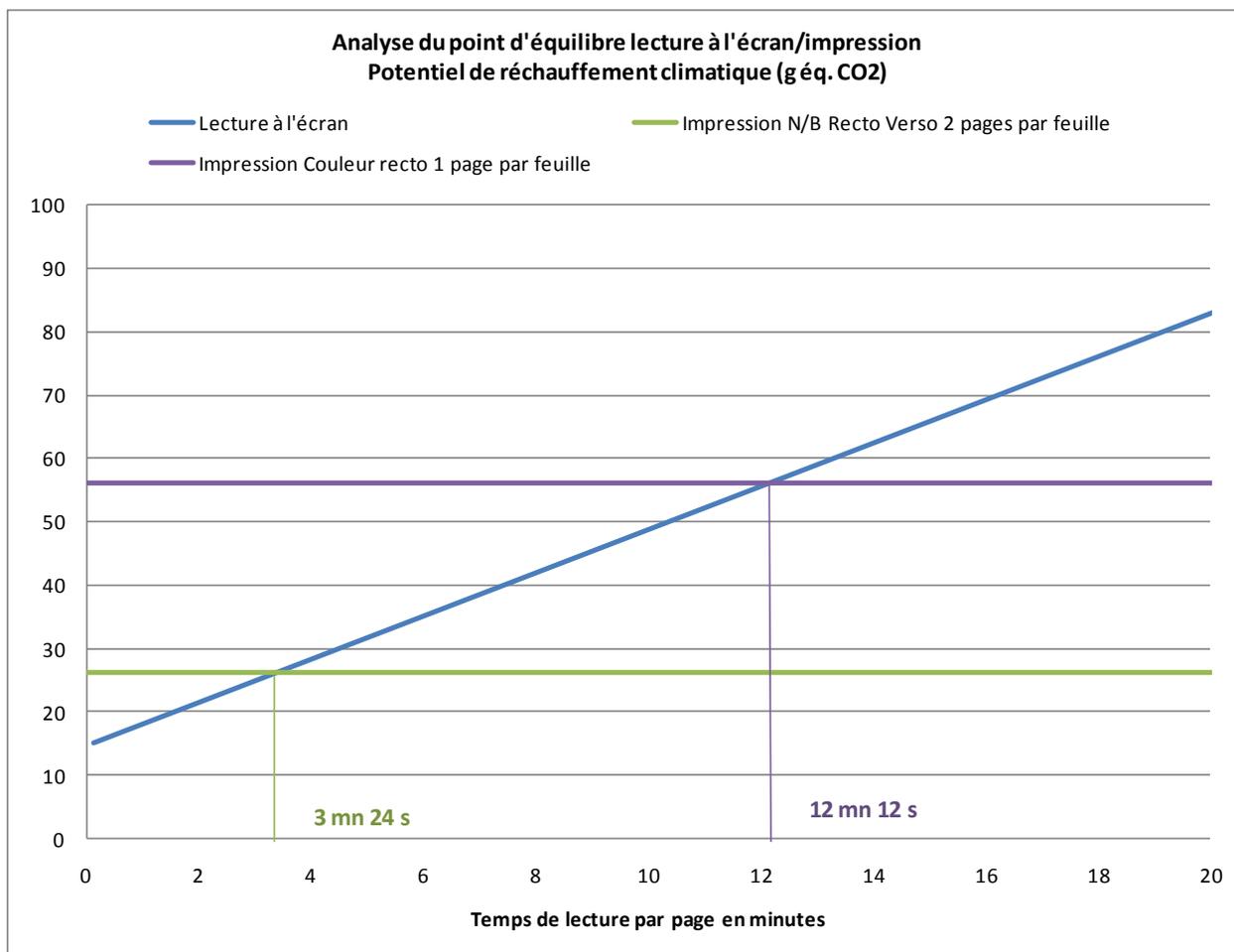


Figure 1 - Analyse de point d'équilibre sur le temps de lecture, potentiel de réchauffement climatique pour l'envoi d'un mail d'1 Mo à une personne

Il apparaît que la lecture à l'écran a moins d'impact sur cet indicateur que l'impression pour un temps de lecture d'environ 3 à 4 minutes par page, soit pour le document de 4 pages considéré dans le scénario à environ 15 minutes au total.

Au-delà l'impression noir et blanc, recto verso et 2 pages par feuille devient préférable.

Ainsi, si l'on considère un document de 8 pages, on peut en première approche estimer qu'il est préférable d'imprimer le document en noir et blanc, recto verso, 2 pages par feuille si le temps de lecture totale estimée dépasse environ 30 minutes.

3.1.4 SCENARIO 3 : GESTION DE LA BOITE MAIL DE RECEPTION

3.1.4.1 Contexte

- **Variante 1** : Taille du courrier électronique envoyé

On se place dans le même contexte que précédemment, mais l'auteur de la pièce jointe ne compresse pas le document ou ne fait pas en sorte de limiter sa taille (insertion d'image en haute résolution par exemple). La pièce jointe pèse 10 Mo.

Paramètre étudié : Taille du courrier électronique envoyé

Envoi d'un mail de 10 Mo à une personne dans un contexte d'utilisation « professionnel », et un contexte géographique français.

- **Variante 2 :** Fréquence de nettoyage de la boîte mail de réception

Le contexte suivant peut être choisi : un employé d'une entreprise conserve ses mails en moyenne 1 an sur sa boîte de réception, avant de les supprimer. Dans la plupart des cas, les messages qu'il reçoit ne dépassent pas 1 Mo. Il décide d'augmenter la fréquence de nettoyage, pour pouvoir libérer de l'espace sur sa boîte mail. Il décide de supprimer les messages de sa boîte de réception plus régulièrement (tous les trois ou six mois).

Paramètre étudié : Durée de stockage des messages dans la boîte de réception.

Le destinataire stocke le message qu'il reçoit sur sa boîte mail et le supprime au bout de 6 mois ou 3 mois.

3.1.4.2 Résultats

Le tableau suivant présente les résultats pour les variantes du scénario 3 et le scénario de référence en termes d'impacts potentiels pour ces trois indicateurs d'impact :

Table 14 - Résultats de l'ACV du courrier électronique pour le scénario : Gestion de la boîte mail

Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne	Envoi d'un mail de 10 Mo à 1 personne	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Sauvegarde du mail par le destinataire pendant 6 mois sur le serveur avant suppression	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Sauvegarde du mail par le destinataire pendant 3 mois sur le serveur avant suppression
Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	19	126	16	14
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8	9,1	4,7	4,7
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2	38	4,3	3,9

L'impact du stockage sur serveur des courriers électroniques et pièces jointes associées est un enjeu important. Afin de minimiser les impacts associés au stockage d'information, il est préférable :

- Si l'on doit transmettre un document de taille importante, de le compresser ou de concevoir un document de taille optimisée afin de réduire la taille du message et donc la quantité d'informations transmises et stockées.
- De ne conserver que les courriers électroniques nécessaires et faire un tri régulier de sa boîte mail.

On se place à nouveau dans le contexte d'une entreprise de 100 personnes. 100 % des employés envoient des mails de 1 Mo. Quels impacts environnementaux sont générés si 10 % des employés ne compressent pas les documents qu'ils envoient (passage à 10Mo) ?

Le tableau suivant présente les impacts environnementaux sur le changement climatique liés à l'envoi de mails d'une entreprise de 100 personnes sur un an en fonction du taux d'employés envoyant des mails de plus grande taille (10 Mo au lieu de 1Mo).

Table 15 – Impacts sur le potentiel de changement climatique en fonction du taux d'envoi de mails non compressés (10 Mo) pour une entreprise de 100 employés sur 1 an

Pourcentage d'employés envoyant des mails de 10 Mo au sein d'une entreprise de 100 personnes	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Potentiel de changement climatique pour associés (t CO ₂ éq)	14	22	29	37	45	53	61	68	76	84	92
Ecart par rapport à un envoi avec compression de la pièce jointe (1 Mo) (t CO ₂ éq)	-	8	16	23	31	39	47	55	63	70	78

Diminuer de 10 % la proportion d'envoi de mail de 10 Mo au sein d'une entreprise de 100 personnes permet un gain de 8 tonnes équivalent CO2 sur un an (équivalent de 8 A/R New-York/Paris).

3.2. REQUETE WEB

3.2.1 SCENARIO DE REFERENCE : RECHERCHE D'UNE INFORMATION SUR INTERNET- NAVIGATION VIA UN MOTEUR DE RECHERCHE

3.2.1.1 Paramètres et hypothèses

Paramètres et Hypothèses

- Recherche d'une information sur un moteur de recherche dans un contexte d'utilisation « particulier », et un contexte géographique français.
- On considère que la personne a une idée vague de ce qu'elle cherche et navigue sur internet via un moteur de recherche. Elle consulte 5 pages avant d'obtenir l'information qu'elle recherche.
- L'utilisateur passe en moyenne 1 minute par page consultée.
- Un mix représentatif du parc français d'ordinateurs est pris en compte (composé de PC à écran CRT, LCD, et de PC portables) pour modéliser les équipements informatiques de l'utilisateur.
- La durée de vie retenue de chaque équipement constitutif des ordinateurs considérés dans le mix du parc français est :
 - 4 ans : pour l'unité centrale, l'ordinateur portable, le clavier, la souris et le chargeur de portable.
 - 6 ans : pour les écrans de type CRT et LCD.

Le contexte choisi est le suivant : une personne décide de naviguer sur Internet à la recherche d'un pays où il pourrait passer ses vacances. Cette personne n'a pas d'idée précise de ce qu'il recherche. Il utilise le mot clé « vacances » sur son moteur de recherche. Avant de trouver un voyage qui lui plaît, elle aura cliqué sur 5 liens et aura passé en moyenne 1 minute par page consultée.

3.2.1.2 Résultats

Le tableau suivant présente les résultats en termes d'impacts pour trois indicateurs d'impact liés au scénario de référence.

Table 16 – Résultats de l'ACV de la requête web pour le scénario : Recherche d'une information sur internet – Navigation via un moteur de recherche

Indicateur	Unité	Méthode	Recherche d'une information sur internet- Navigation via un moteur de recherche
Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	10
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	5,5
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	2,7

Si l'on replace ces résultats dans le contexte d'un internaute français qui effectue en moyenne 2,6⁴ recherches internet par jour soit 949 recherches par an (365 jours/an) et sur la base de 29 millions d'internautes⁵ en France, les émissions de gaz à effet de serre représenteraient 287,6 kilotonnes équivalent CO₂. Le tableau suivant présente les résultats pour l'indicateur de changement climatique par internaute et par an et pour l'ensemble des internautes en France.

Table 17 – Potentiel de changement climatique par an associé à la recherche d'une information sur internet via un moteur de recherche

Indicateur	Unité	Recherche d'une information sur internet- Navigation via un moteur de recherche
Potentiel de changement climatique par an et par internaute	Kg éq CO ₂ / an / internaute	9,9
Potentiel de changement climatique par an pour l'ensemble des internautes en France	Kt éq CO ₂ / an	288

3.2.2 SCENARIO 1 : RECHERCHE CIBLEE D'UNE INFORMATION SUR INTERNET

3.2.2.1 Contexte

On se place dans le cas où la personne connaît déjà ce qu'elle recherche. Elle connaît un site internet pour ce type de voyage.

- **Variante 1 : Recherche d'une adresse internet via un moteur de recherche**

Elle entre dans son moteur de recherche le nom du site internet cherché. Ce dernier va s'afficher parmi la liste de résultats et elle n'aura eu à cliquer que sur un seul lien.

⁴ <http://www.generation-nt.com/mediametrie-recherche-internet-requetes-actualite-265401.html>

⁵ Valeur estimée pour l'année 2009 - <http://www.commentcamarche.net/news/5848987-le-nombre-d-internautes-multiplie-par-10-en-10-ans-en-france>

Paramètre étudié : Nombre de pages consultées

L'utilisateur ne consulte qu'une page pour obtenir l'information recherchée. Il y passe 1 minute.

- **Variante 2 : Recherche d'une adresse internet via l'utilitaire « Mes favoris »**

La personne navigue souvent sur le site internet recherché et a enregistré le lien dans « ses favoris » de son explorateur Internet. Elle n'utilise pas de moteur de recherche.

Paramètre étudié : Recherche via « Mes favoris »

L'internaute n'utilise pas de moteur de recherche pour accéder au site internet qu'il recherche. Il passe 1 minute sur la page qu'il consulte.

3.2.2.2 Résultats

Le tableau suivant présente les résultats de l'ACV pour le scénario de référence et les deux variantes du scénario 1 : Recherche ciblée d'une information sur internet.

Table 18 - Résultats de l'ACV de la requête web pour le scénario : Recherche ciblée d'une information sur internet

Indicateur	Unité	Méthode	Recherche d'une information sur internet - Navigation via un moteur de recherche	Recherche d'une adresse internet via un moteur de recherche	Recherche d'une adresse internet via l'utilitaire « Mes favoris »
Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	10	5,2 ⁶	1,3
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	5,5	1,9	0,88
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	2,7	1,4	0,31

Pour plus de précision, le tableau suivant présente les impacts annuels d'un internaute sur le potentiel de réchauffement climatique lié à une recherche ciblée sur internet :

⁶ Les résultats obtenus pour ce scénario diffèrent de ceux présents dans le rapport final du volet requête web datant de février 2011. Nous avons modifié l'hypothèse du temps passé par page consultée lors d'une recherche d'une adresse internet : passage de 5 secondes à 1 minute.

Table 19 – Potentiel de changement climatique par an associé à la recherche ciblée d'une information sur internet

Indicateur	Unité	Recherche d'une information sur internet- Navigation via un moteur de recherche	Recherche d'une adresse internet via un moteur de recherche	Recherche d'une adresse internet via "Mes favoris"
Potentiel de changement climatique par an et par internaute	Kg éq CO ₂ / an / internaute	9,9	4,9	1,2
Potentiel de changement climatique par an pour l'ensemble des internautes en France	Kt éq CO ₂ / an	288	143	36

L'impact du a la sollicitation des serveurs du moteur de recherche est un enjeu important. D'après les résultats, il est possible de réduire manière significative les impacts liés à une requête web en:

- Enregistrant les sites fréquemment consultés en tant que favoris dans l'explorateur Internet ou en tapant directement l'adresse dans la barre si celle-ci est déjà connue ;
- Ciblant ses recherches de manière à limiter la sollicitation des serveurs du moteur de recherche utilisé.

En effet, réduire le nombre de pages consultées lors d'une recherche via un moteur de recherche en utilisant des mots clés précis ou, lorsque que l'on connaît un site Internet, saisir directement l'adresse dans la barre de navigation plutôt que passer par un moteur de recherche permet un gain de 5 kg éq. CO₂ par an, ce qui représente annuellement les émissions de CO₂ équivalentes à environ 40 km parcourus en voiture.⁷

3.2.3 SCENARIO 2 : ALLONGEMENT DE LA DUREE DE VIE DE L'ORDINATEUR UTILISE

3.2.3.1 Contexte

On compare ici le comportement de la même personne qui a décidé de conserver son ordinateur plus longtemps (7 ans).

Paramètre étudié : Durée de vie de l'équipement utilisé

La durée de vie retenue pour l'ensemble des équipements constitutifs des ordinateurs considérés dans le mix du parc français est rallongée à 7 ans.

⁷ En 2009, la moyenne des émissions de CO₂ par km parcourus était de 133 gCO₂/km. <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=69915&ref=23980&p1=B>

3.2.3.2 Résultats

Les résultats de l'étude en termes d'impacts potentiels pour le scénario 2 : Allongement de la durée de vie de l'ordinateur utilisé et le scénario de référence sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Table 20 – Résultats de l'ACV de la requête web pour le scénario : Recherche d'une information sur internet – Navigation via un moteur de recherche

Indicateur	Unité	Méthode	Recherche d'une information sur un moteur de recherche - Navigation via un moteur de recherche	Recherche d'une information sur un moteur de recherche - Navigation via un moteur de recherche Allongement de la durée de vie de l'équipement utilisé : 7 ans
Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	10	8,0
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	5,5	3,5
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	2,7	2,1

Allonger au maximum la durée d'utilisation de son ordinateur permet de limiter les impacts qui sont générés pour la production de nouveau matériel. En passant de 4 ans à 7 ans d'utilisation, on réduit d'environ 20 à 35 % les impacts environnementaux d'une requête web classique. En effet plus la durée de vie de l'ordinateur est allongée, plus les impacts de production et de la fin de vie de l'ordinateur sont amortis.

On se replace dans le contexte d'un internaute qui effectue 2,6 recherches via moteur de recherches par jour (selon les hypothèses du scénario de référence). La Table 1 suivant présente les résultats pour l'indicateur de changement climatique par internaute et par an et pour l'ensemble des internautes en France.

Table 21 – Potentiel de changement climatique par an associé à la recherche ciblée d'une information sur internet avec allongement de la durée de vie de l'ordinateur utilisé

Indicateur	Unité	Recherche d'une information sur un moteur de recherche - Navigation via un moteur de recherche	Recherche d'une information sur un moteur de recherche - Navigation via un moteur de recherche Allongement de la durée de vie de l'équipement utilisé : 7 ans
Potentiel de changement climatique par an et par internaute	Kg éq CO ₂ / an / internaute	9,9	7,6
Potentiel de changement climatique par an pour l'ensemble des internautes en France	Kt éq CO ₂ / an	288	220

Un internaute qui fait l'effort d'utiliser son ordinateur plus longtemps et ainsi de rallonger sa durée de vie de 3 ans évite l'émission de 2,3 kg éq. CO₂ par an, ce qui représente annuellement à l'échelle de la France les émissions de CO₂ équivalentes à environ 500 millions de km parcourus en voiture.

3.3. CLE USB

3.3.1 SCENARIO DE REFERENCE : ENREGISTREMENT DU DOCUMENTS TRANSMIS ET SURVOL DU DOCUMENT – PAS D'IMPRESSION

3.3.1.1 Paramètres et hypothèses

Paramètres et Hypothèses

- Transmission d'un document de 10 Mo (document scientifique de 200 pages) par clé USB dans un contexte « professionnel » et un contexte géographique français.
- Temps de lecture : 30 secondes par page
- Pas d'impression du document
- Taux de remplissage de la clé : 25 % (hypothèse identique à l'étude initiale)
- Un mix représentatif du parc français d'ordinateurs est pris en compte (composé de PC à écran CRT, LCD, et de PC portables) pour modéliser les équipements informatiques de l'émetteur et du destinataire.
- La durée de vie retenue de chaque équipement constitutif des ordinateurs considérés dans le mix du parc français est :
 - 4 ans : pour l'unité centrale, l'ordinateur portable, le clavier, la souris et le chargeur de portable.
 - 6 ans : pour les écrans de type CRT et LCD.

Le contexte choisi est par exemple celui du responsable d'une entreprise. Il assiste à un colloque avec conférence à la suite de laquelle un document de type rapport d'étude lui est remis sous forme numérique (document de 200 pages), via une clé USB de capacité 512 Mo. Il transfère le contenu de la clé sur son ordinateur et survole le document : il passe 30 secondes par page.

3.3.1.2 Résultats

Les résultats en termes d'impacts pour trois indicateurs associés au scénario de référence sont présentés dans la Table 22.

Table 22 - Résultats de l'ACV de la clé USB pour le scénario de référence : Enregistrement et survol du document transmis sur ordinateur

Indicateur	Unité	Méthode	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis survol du document de 200 pages - Clé de 512 Mo
Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	100
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	58
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	25

On considère l'hypothèse selon laquelle un colloque de professionnels regroupent en général jusqu'à 100 personnes. Les émissions de gaz à effet de serre liés à la transmission d'information par clé USB (avec lecture partielle de l'information) lors d'un tel colloque représentent alors 10 kg équivalent CO₂ soit l'équivalent d'environ 75 km parcourus en voiture.

A titre d'information, l'empreinte carbone d'une conférence organisée sur une journée en région parisienne où 100 personnes sont attendues est estimée à 400 kg équivalent CO₂⁸ (sans les impacts de distribution de clés USB).

Note : Les valeurs pour les indicateurs d'impact étudiés diffèrent de celles contenues dans le rapport final de l'étude ACV datant de février 2011. Une clé de 2 Go avait été considérée dans les derniers calculs.

3.3.2 SCENARIO 1 : LECTURE COMPLETE DU DOCUMENT A L'ECRAN

3.3.2.1 Contexte

On considère le contexte suivant : un collègue, qui aurait souhaité assister à la conférence, demande au responsable de lui transmettre les documents dont il dispose. On lui donne la clé USB.

- **Variante 1 : Lecture complète du document scientifique de 200 pages**

Le collègue en question doit faire une synthèse du document scientifique, il le lit donc complètement et passe ainsi en moyenne 3 minutes par page.

- **Variante 2 : Lecture complète de 40 planches de présentation au format PPT**

Le document transmis sur la clé USB est un document regroupant 40 planches de présentation au format PPT, avec très peu de texte (et non plus un document scientifique de 200 pages). L'utilisateur passe en moyenne 10 secondes par page.

⁸ D'après le calculateur Climat Mundi http://www.climatmundi.fr/Ing_FR_srub_65-calculateur-co2-conferences-et-evenements.html, Hypothèses retenues : Événement régional, Salle de 500 m², Chauffage par électricité, Restauration non comprise dans le calcul.

Paramètre étudié : Temps de lecture à l'écran du document

L'utilisateur de la clé USB lit :

- Un document de 200 pages complètement et passe en ainsi en moyenne en 3 minutes par page.
- Une présentation PowerPoint avec très peu de texte et y passe 10 secondes par page en moyenne.

3.3.2.2 Résultats

La Table 23 présente les résultats de l'ACV de la transmission par clé USB pour le scénario 1 : Lecture complète du document à l'écran, pour trois indicateurs d'impacts.

Table 23 – Résultats de l'ACV de la clé USB pour le scénario 1 : Lecture complète du document à l'écran

Indicateur	Unité	Méthode	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis survol du document de 200 pages - Clé de 512 Mo	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis lecture complète du document de 200 pages - Clé de 512 Mo	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis lecture complète du document de 40 pages - Clé de 512 Mo
Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	100	804	44
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	58	490	24
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	25	191	12

La lecture sollicite l'utilisation d'un ordinateur pendant un temps relativement long dans le cas d'une lecture complète (10 h, pour lire 200 pages lors d'une lecture complète). On constate que diviser par 12 le temps de lecture du document permet de diviser les impacts par 8 sur le potentiel de changement climatique.

On se replace dans le contexte l'empreinte carbone d'une conférence organisée sur une journée en région parisienne où 100 personnes sont présentes. Si ces dernières décident de lire complètement sur leur ordinateur le document scientifique qu'on leur transmet, les émissions de gaz à effet de serre uniquement liées à la transmission de l'information sont multipliées par 8 (pour une lecture complète) par rapport à un simple survol du document. Elles représentent alors **80 kg équivalent CO₂, ce qui correspond à une augmentation de 20 % de l'empreinte carbone d'une conférence classique (400 kg équivalent CO₂ sans distribution de clé).**

Ces résultats montrent qu'afin de réduire les impacts environnementaux liés à la transmission d'information par clé USB, il est nécessaire d'optimiser le temps de lecture à l'écran du document transmis et donc faciliter la recherche de l'information dans l'ensemble des documents (indexation des documents, recherche par mots-clés...).

3.3.3 SCENARIO 2 : IMPRESSION DU DOCUMENT PAR L'UTILISATEUR

3.3.3.1 Contexte

On se place dans le contexte suivant : le collègue souhaite imprimer les documents pour pouvoir les lire.

- **Variante 1 : Type d'impression**

Il imprime le document de 200 pages. Plusieurs modes d'impression sont étudiés.

Paramètre étudié : Type d'impression du document

On considère que l'utilisateur de la clé USB imprime le document de 200 pages. En combinant les paramètres couleur/Noir&Blanc, recto/recto verso, 1 page/2 pages par feuille, les deux types d'impression extrêmes suivant ont été considérés pour étudier l'influence de l'impression : Couleur Recto 1 page par feuille, Noir&Blanc Recto verso 2 pages par feuille

- **Variante 2 : Type de document (Nombre de page par Mo)**

Le document transmis est composé de 40 planches de présentation au format PowerPoint et non plus de 200 pages de document scientifique.

Paramètre étudié : Nombre de page du document étudié

On considère que le document ne contient plus que 40 pages (présentation PowerPoint). L'utilisateur de la clé l'imprime en couleur recto 1 page par feuille.

3.3.3.2 Résultats

Le tableau suivant présente les impacts environnementaux générés pour le scénario 2 : impression du document par l'utilisateur.

Table 24 – Résultats de l'ACV de la clé USB pour le scénario 2 : Impression du document par l'utilisateur

Indicateur	Unité	Méthode	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis survol du document de 200 pages - Clé de 512 Mo	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis impression du document - 200 pages - couleur - Recto 1ppf	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis impression du document - 200 pages - NB - RV 2ppf	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis lecture complète du document de 40 pages - Clé de 512 Mo	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis impression du document - 40 pages - NB - RV 2ppf
Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	100	2089	601	44	149
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	58	116	48	24	25
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	25	468	140	12	36

Pour l'indicateur d'épuisement potentiel des métaux, les impacts environnementaux diminuent pour les scénarios avec impression des pièces jointes du mail en version N/B. Ceci est lié à la durée de lecture des pièces jointes considérée comme nulle pour ce scénario tandis qu'elle est de 50 minutes pour le scénario de référence (la contribution de l'ordinateur, principal facteur d'impact pour cet indicateur, est donc plus faible).

Les impacts environnementaux de l'impression en couleur recto 1 page par feuille quand à eux sont supérieurs à ceux liés à l'impression en N/B RV 2 pages par feuille: lorsqu'on passe d'une impression N/B 2 pages par feuille à une impression couleur recto 1 page par feuille, on réduit la quantité de papier nécessaire à l'impression et indirectement la « part » d'imprimante allouée à l'impression des pages du document. Le changement de type d'impression nous permet aussi d'utiliser moins longtemps l'imprimante : l'impression couleur demande plus de temps d'impression.

- **Variante 1 : Type d'impression**

Le potentiel de changement climatique est fortement affecté par l'impression du document. La production de l'imprimante est à l'origine de l'essentiel des impacts associés à l'étape d'impression. Néanmoins, il faut noter que chaque lecture à l'écran implique la sollicitation de l'ordinateur pendant la durée de la lecture tandis que la lecture du document imprimé n'entraîne pas d'impacts supplémentaires. Une étude comparative entre l'impression et la lecture à l'écran est présentée est réalisée dans la partie 3.3.3.3.

Ces résultats montrent qu'en effectuant un simple réglage par défaut de son imprimante en mode N/B recto verso 2 page par feuille, il est possible de diviser par 3 les émissions de gaz à effet de serre.

On se replace dans le contexte où 100 personnes assistent à la conférence. Supposons que l'ensemble des personnes présentes lors du colloque décident d'imprimer le document de 200 pages présent sur la clé en Noir&blanc recto verso 2 pages par feuille. Quels impacts environnementaux sont générés si 10 % des personnes ne font pas l'effort d'imprimer leur document en version brouillon et l'imprime en couleur recto 1 page par feuille ?

Table 25 – Impacts sur le potentiel de changement climatique en fonction du taux d'impression en couleur recto 1 ppf du document de 200 pages transmis aux 100 personnes présentes au colloque

Pourcentage de personnes imprimant en couleur recto 1 ppf	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Potentiel de changement climatique pour un colloque regroupant 100 personnes (kg CO ₂ eq)	60	75	90	105	120	135	149	164	179	194	209
Equivalent km parcourus en voiture	-	112	224	336	447	559	671	783	895	1007	1119

Si 10 % des personnes présentes au colloque font l'effort d'imprimer leur document en version brouillon, l'émission d'environ 15 kg CO₂ équivalent est évitée, ce qui correspond à environ 110 km parcourus en voiture.

- **Variante 2 : Type de document (Nombre de page par Mo)**

Les impacts potentiels associés à l'impression sont directement liés au nombre de pages du document transmis. Les impacts sont multipliés par environ 5 lorsqu'on passe d'un document de 40 pages à 200 pages.

Ce scénario montre que pour **des documents de type planches de présentation Powerpoint contenant très peu de texte et nécessitant ainsi peu de temps de lecture, il est préférable de favoriser la lecture à l'écran par rapport à l'impression.**

Ce scénario illustre que les impacts potentiels associés à l'impression du document transmis varient de manière importante en fonction du type d'impression (recto verso, 1 ou 2 pages par feuille) et du type de document considéré (déterminant le nombre de pages correspondant au 10 Mo considérés).

Il faut noter que l'objectif de l'impression du document est de permettre sa lecture. Par conséquent, il est intéressant d'évaluer si d'un point de vue environnemental il vaut mieux imprimer le document ou le lire à l'écran.

3.3.3.3 Impression ou lecture à l'écran ?

L'analyse suivante vise à évaluer au bout de combien de temps de lecture à l'écran il est préférable d'opter pour l'impression du document présent sur la clé USB.

Pour cette analyse, le document de 200 pages est considéré. Afin de pouvoir généraliser les résultats à des documents dont le nombre de pages est différent, les résultats sont présentés en fonction du temps de lecture par page.

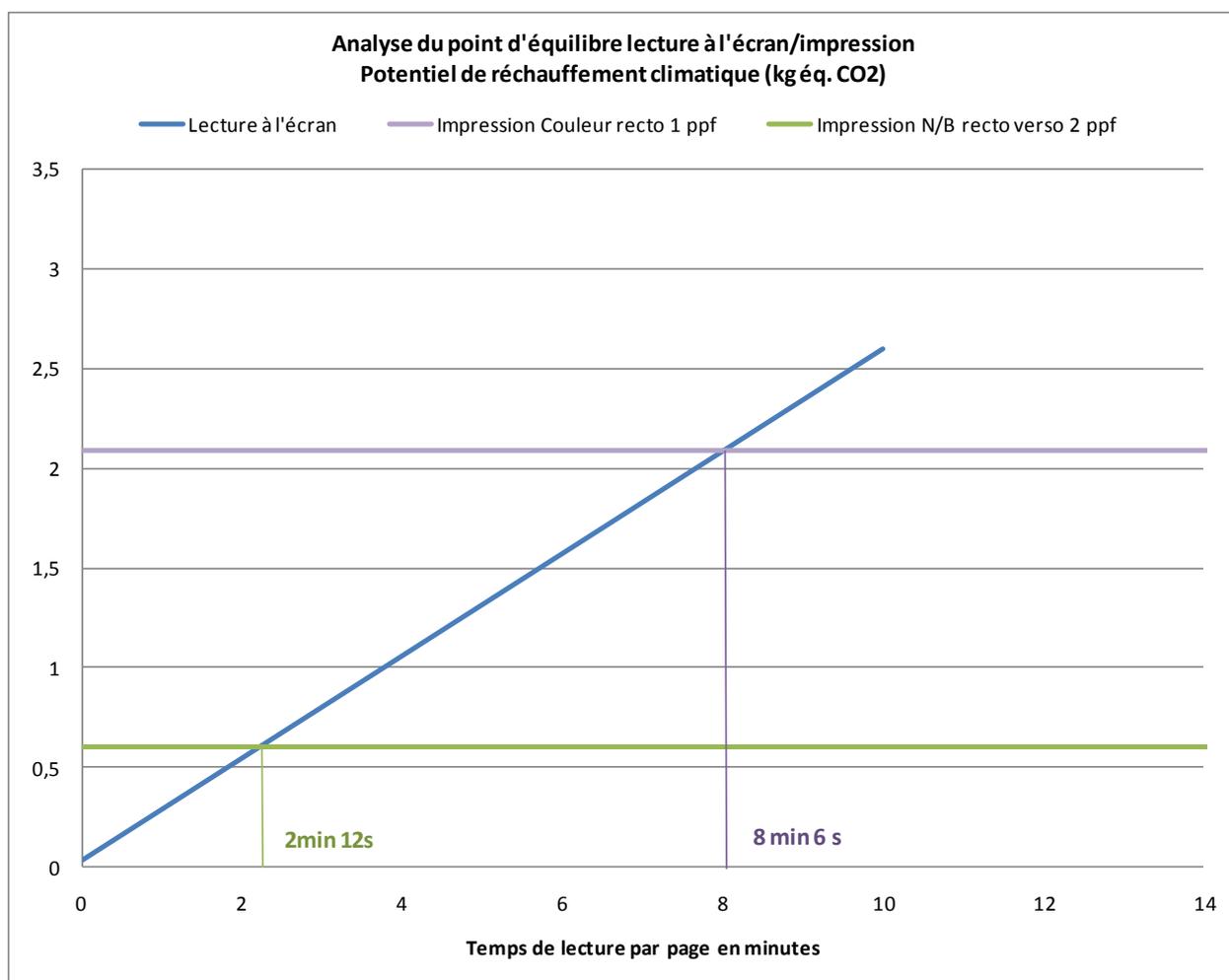


Figure 2 - Analyse de point d'équilibre sur le temps de lecture, potentiel de réchauffement climatique pour la transmission d'un document de 10 Mo par clé USB

Il apparaît que la lecture à l'écran a moins d'impact sur le potentiel de réchauffement climatique que l'impression pour un temps de lecture de 2 min 12 s par page, soit pour le document de 200 pages considéré dans le scénario à 7h20 au total.

Au-delà l'impression noir et blanc, recto verso et 2 pages par feuille devient préférable.

3.3.4 SCENARIO 3 : TRANSMISSION D'UN DOCUMENT VIA UNE CLE PUBLICITAIRE DE 128 Mo

3.3.4.1 Contexte

On souhaite calculer les impacts de production d'une clé USB de type publicitaire de 128 Mo ne contenant pratiquement pas d'informations. Les trois types de clés suivantes sont étudiés :

- Clé USB de 128 Mo en PVC/Aluminium (coque extérieure)
- Clé USB de 128 Mo en PVC uniquement
- Clé USB de 128 Mo en bois

Paramètre étudié : Taille de la clé et composition de la coque

Le but de ce scénario est d'évaluer les impacts d'une clé USB de type publicitaire, n'ayant pas de véritable vocation à transmettre une information et d'évaluer les bénéfices environnementaux potentiels associés à un changement de matériau de la coque externe.

3.3.4.2 Résultats

Le tableau suivant présente les résultats d'impacts potentiels associés à la production des trois types de clés publicitaires transmis lors de la conférence.

Table 26 - Résultats de l'ACV étape de production de clés de composition et de capacité différentes

Indicateur	Unité	Méthode	Production Clé de 128 Mo PVC/Aluminium	Production - Clé de 128 Mo PVC	Production - Clé de 128 Mo Bambou
Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	424	406	398
Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	221	220	220
Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	124	120	117

On constate que les résultats ne varient pas de manière importante d'un matériau à l'autre.

Afin de limiter l'impact environnemental associé à la transmission d'un document par clé USB. **Le changement de matériau constitutif de la coque n'est pas l'enjeu prioritaire, en effet les impacts liés à la production de la coque ne représente qu'environ 2 % des impacts de production de la clé.**

Il est possible de réduire les impacts environnementaux de colloque ou de conférence en évitant la distribution systématique de clés USB qui ne contiennent pratiquement pas d'informations.

3.3.5 CONCLUSIONS

Afin de limiter les impacts environnementaux associés à la transmission d'information par clé USB, il est nécessaire :

- D'éviter la distribution systématique de clés USB de type publicitaire, n'ayant pas de véritable vocation à transmettre une information ;
- D'utiliser des clés de taille optimisée : de grande capacité ou contenant un grand nombre de fichiers (recommandation reprise de l'étude initiale) ;
- D'optimiser le temps de lecture du document à l'écran ;
- De rationaliser les impressions, l'impression en mode « brouillon » est préférable.

4. ANNEXES

4.1. RESULTATS COURRIER ELECTRONIQUE

4.1.1 SCENARIO DE REFERENCE : ENVOI D'UN MAIL DE 1 Mo A UNE PERSONNE

Table 27 – Résultats de l'ACV du courrier électronique pour l'envoi d'un mail de 1 Mo à une personne

	Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	19
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	2,3E-06
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,051
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,027
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	17
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO ₂	ReCiPe	0,083
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,1E-03
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,017
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,13
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	4,1E-04
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,13
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,39
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,023
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	10
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	7,2
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	23212
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,084
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	18

4.1.2 SCENARIO 1 : ENVOI D'1 MAIL DE 1 MO A PLUSIEURS PERSONNES

Table 28 - Résultats de l'ACV du courrier électronique pour l'envoi d'un mail de 1 Mo à plusieurs personnes

	Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 10 personnes	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 100 personnes
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	19	73	615
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	2,3E-06	6,5E-06	4,9E-05
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,051	0,18	1,5
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,027	0,093	0,76
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	17	33	183
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO ₂	ReCiPe	0,083	0,30	2,5
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,1E-03	1,7E-03	8,0E-03
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,017	0,033	0,19
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8	7,0	29
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2	22	186
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,13	0,55	4,7
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	4,1E-04	5,5E-04	2,0E-03
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,13	0,55	4,7
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,39	1,3	9,8
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,023	0,081	0,66
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	10	23	146
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	7,2	19	132
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	23212	62554	455971
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,084	0,22	1,6
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	18	46	326

4.1.3 SCENARIO 2 : ENVOI D'1 MAIL DE 1 Mo A UNE PERSONNE AVEC IMPRESSION DU MAIL PAR LE DESTINATAIRE

Table 29 - Résultats de l'ACV du courrier électronique pour l'envoi d'un mail de 1 Mo à une personne avec impression par le destinataire

Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression du mail en N/B recto 1 page par feuille	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression du mail en N/B recto verso 1 page par feuille	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression du mail en N/B recto verso 2 pages par feuille	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne - Impression du mail en couleur recto 1 page par feuille	
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	19	56	38	26	56
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	2,3E-06	4,2E-06	3,0E-06	2,3E-06	4,2E-06
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,051	0,19	0,12	0,078	0,19
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,027	0,084	0,055	0,037	0,084
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	17	18	15	12	22
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO2	ReCiPe	0,083	0,21	0,14	0,10	0,21
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,1E-03	6,6E-03	3,7E-03	2,1E-03	6,7E-03
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,017	0,16	0,087	0,048	0,16
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8	4,3	3,5	3,0	4,3
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2	13	10	7	13
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,13	0,31	0,22	0,17	0,31
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	4,1E-04	2,6E-04	2,3E-04	2,1E-04	2,6E-04
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,13	0,31	0,22	0,17	0,31
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,39	0,75	0,56	0,42	0,80
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,023	0,73	0,38	0,20	0,74
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	10	32	22	14	32
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	7,2	13	10	7,1	13
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	23212	41916	30536	22788	42155
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,084	0,25	0,17	0,11	0,26
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	18	30	23	17	30

4.1.4 SCENARIO 3 : GESTION DE LA BOITE MAIL DE RECEPTION

Table 30 - Table 31 - Résultats de l'ACV du courrier électronique pour le scénario gestion de la boîte mail de réception

	Indicateur	Unité	Méthode	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne	Envoi d'un mail de 10 Mo à 1 personne	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne -	Envoi d'1 mail de 1 Mo à 1 personne -
						Sauvegarde du mail par le destinataire pendant 6 mois sur le serveur avant suppression	Sauvegarde du mail par le destinataire pendant 3 mois sur le serveur avant suppression
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	19	126	16	14
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	2,3E-06	1,1E-05	2,1E-06	1,9E-06
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,051	0,31	0,044	0,041
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,027	0,16	0,023	0,022
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	17	47	17	16
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO2	ReCiPe	0,083	0,52	0,072	0,066
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,1E-03	2,3E-03	1,0E-03	1,0E-03
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,017	0,048	0,016	0,016
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	4,8	9,1	4,7	4,7
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	5,2	38	4,3	3,9
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,13	0,97	0,11	0,10
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	4,1E-04	6,9E-04	4,0E-04	4,0E-04
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,13	0,96	0,11	0,10
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,39	2,1	0,35	0,32
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,023	0,14	0,020	0,019
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	10	35	10	10
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	7,2	30	7,1	7,1
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	23212	101351	21201	20195
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,084	0,35	0,078	0,075
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	18	74	18	17

4.2. RESULTATS REQUETE WEB

4.2.1 SCENARIO DE REFERENCE : RECHERCHE D'UNE INFORMATION SUR INTERNET- NAVIGATION VIA UN MOTEUR DE RECHERCHE

Table 32 – Résultats de l'ACV de la requête web pour la recherche d'une information sur internet via un moteur de recherche

	Indicateur	Unité	Méthode	Recherche d'une information sur internet - Navigation via un moteur de recherche
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	10
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	2,0E-06
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,033
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,018
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	12
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO ₂	ReCiPe	0,052
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,2E-03
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,021
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	5,5
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	2,7
	CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML
- Métaux rares		g éq Sb	CML	4,6E-04
- Ressources énergétiques		g éq Sb	CML	0,064
Consommation d'énergie primaire non-renouvelable		MJ primaire	IMPACT 2002+	0,23
Consommation d'énergie primaire renouvelable		MJ primaire	IMPACT 2002+	0,013
Potentiel de toxicité humaine		g éq 1,4-DB	CML	10
Potentiel d'écotoxicité en eau douce		g éq 1,4-DB	CML	6,1
Potentiel d'écotoxicité marine		g éq 1,4-DB	CML	22120
Potentiel d'écotoxicité terrestre		g éq 1,4-DB	CML	0,073
Potentiel d'écotoxicité sédimentaire		g éq 1,4-DB	CML	15

4.2.2 SCENARIO 1 : RECHERCHE CIBLEE D'UNE INFORMATION SUR INTERNET

Table 33 - Résultats de l'ACV de la requête web pour le scénario 1 : Recherche ciblée d'une information sur Internet

	Indicateur	Unité	Méthode	Recherche d'une information sur internet - Navigation via un moteur de recherche	Recherche d'une adresse internet via un moteur de recherche	Recherche d'une adresse Internet via "Mes favoris"
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	10	5,2	1,3
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	2,0E-06	8,2E-07	3,0E-07
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,033	0,015	0,0044
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,018	0,0080	0,0024
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	12	4,7	1,9
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO ₂	ReCiPe	0,052	0,024	0,0070
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,2E-03	4,2E-04	1,9E-04
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,021	0,0076	0,0033
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	5,5	1,9	0,88
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	2,7	1,4	0,31
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,068	0,036	0,0080
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	4,6E-04	1,6E-04	7,4E-05
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,064	0,035	0,0075
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,23	0,11	0,032
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,013	0,0063	0,0018
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	10	3,8	1,6
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	6,1	2,1	1,0
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	22120	8697	3356
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,073	0,028	0,011
Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	15	5,3	2,4	

4.2.3 SCENARIO 2 : ALLONGEMENT DE LA DUREE DE VIE DE L'ORDINATEUR UTILISE

Table 34 - Résultats de l'ACV de la requête web pour le scénario 2 : Allongement de la durée de vie de l'ordinateur utilisé

	Indicateur	Unité	Méthode	Recherche d'une information sur un moteur de recherche - Navigation via un moteur de recherche	Recherche d'une information sur un moteur de recherche - Navigation via un moteur de recherche Allongement de la durée de vie de l'équipement utilisé : 7 ans
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	10	8,0
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	2,0E-06	1,3E-06
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,033	0,025
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,018	0,013
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	12	12
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO2	ReCiPe	0,052	0,039
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,2E-03	7,9E-04
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,021	0,017
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	5,5	3,5
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	2,7	2,1
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,068	0,053
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	4,6E-04	2,8E-04
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,064	0,051
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,23	0,20
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,013	0,011
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	10	7,0
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	6,1	3,9
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	22120	17690
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,073	0,050
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	15	10

4.3. RESULTATS CLE USB

4.3.1 SCENARIO DE REFERENCE : ENREGISTREMENT DU DOCUMENTS TRANSMIS ET SURVOL DU DOCUMENT – PAS D'IMPRESSION

Table 35 - Résultats de l'ACV de la clé USB pour le scénario de référence

				Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis survol du document de 200 pages - Clé de 512 Mo
	Indicateur	Unité	Méthode	
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	100
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	1,9E-05
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,35
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,24
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	117
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO ₂	ReCiPe	0,80
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,7E-02
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,19
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	58
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	25
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,64
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	7,4E-03
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,60
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	2,2
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,13
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	133
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	47
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	197486
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,98
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	115

4.3.2 SCENARIO 1 : LECTURE COMPLETE DES DOCUMENTS A L'ECRAN

Table 36 - Résultats de l'ACV de la clé USB pour le scénario 1 : lecture complète du document à l'écran

Indicateur	Unité	Méthode	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis survol du document de 200 pages - Clé de 512 Mo	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis lecture complète du document de 200 pages - Clé de 512 Mo	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis lecture complète du document de 40 pages - Clé de 512 Mo	
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO ₂	ReCiPe	100	804	44
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	1,9E-05	1,9E-04	5,9E-06
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,35	2,7	0,17
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,24	1,5	0,14
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	117	1170	34
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO ₂	ReCiPe	0,80	4,5	0,51
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,7E-02	1,2E-01	9,0E-03
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,19	2,0	0,044
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	58	490	24
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	25	191	12
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,64	4,9	0,31
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	7,4E-03	4,5E-02	4,4E-03
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,60	4,6	0,29
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	2,2	20	0,87
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,13	1,1	0,052
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	133	974	66
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	47	365	22
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	197486	1977906	57210
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,98	7,2	0,49
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	115	889	54

4.3.3 SCENARIO 2 : IMPRESSION DU DOCUMENT PAR L'UTILISATEUR

Table 37 - Résultats de l'ACV de la clé USB pour le scénario 2 : impression du document par l'utilisateur

Indicateur	Unité	Méthode	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis survol du document de 200 pages - Clé de 512 Mo	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis impression du document - 200 pages - couleur - Recto 1ppf	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis impression du document - 200 pages - NB - RV 2ppf	Enregistrement des documents de la clé sur l'ordinateur puis impression du document - 40 pages - NB - RV 2ppf	
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	100	2089	601	149
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	1,9E-05	1,4E-04	4,1E-05	1,1E-05
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	0,35	7,5	2,1	0,53
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	0,24	3,3	1,0	0,30
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	117	652	170	51
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO2	ReCiPe	0,80	7,8	2,5	0,9
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	1,7E-02	3,1E-01	8,6E-02	2,4E-02
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,19	7,7	2,0	0,41
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	58	116	48	25
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	25	468	140	36
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	0,64	10	3,1	0,82
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	7,4E-03	7,1E-03	4,8E-03	4,1E-03
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	0,60	10	3,1	0,81
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	2,2	27	7,8	2,1
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,13	36	9,1	1,8
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	133	1373	465	138
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	47	440	146	44
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	197486	1391437	423065	113116
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	0,98	11	3,3	1,0
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	115	959	327	101

4.3.4 SCENARIO 3 : TRANSMISSION D'UN DOCUMENT VIA UNE CLE PUBLICITAIRE DE 128 Mo

Table 38 - Résultats de l'ACV de la clé USB pour le scénario 3 : transmission d'un document via une clé publicitaire de 128 Mo

	Indicateur	Unité	Méthode	Production Clé de 512 Mo	Production Clé de 128 Mo	Production - Clé de 128 Mo - PVC	Production - Clé de 128 Mo - Bambou
ReCiPe	Potentiel de changement climatique	g éq CO2	ReCiPe	424	424	406	398
	Potentiel de déplétion de la couche d'ozone	g éq CFC-11	ReCiPe	4,2E-05	4,2E-05	4,1E-05	3,9E-05
	Potentiel d'oxydation photochimique	g éq NMVOC	ReCiPe	1,6	1,6	1,6	1,6
	Potentiel de formation de matière particulaire	g éq PM10	ReCiPe	1,5	1,5	1,5	1,5
	Potentiel de radiation ionisante	g éq U235	ReCiPe	220	220	215	213
	Potentiel d'acidification terrestre	g éq SO2	ReCiPe	5,8	5,8	5,8	5,7
	Potentiel d'eutrophisation en eau douce	g éq P	ReCiPe	9,5E-02	9,5E-02	9,3E-02	9,3E-02
	Potentiel d'eutrophisation marine	g éq N	ReCiPe	0,20	0,20	0,19	0,19
	Epuisement potentiel des métaux	g éq Fe	ReCiPe	221	221	220	220
	Epuisement potentiel des ressources fossiles	g éq pétrole	ReCiPe	124	124	120	117
CML & IMPACT 2002+	Epuisement potentiel des ressources naturelles :	g éq Sb	CML	3,1	3,1	3,0	2,9
	- Métaux rares	g éq Sb	CML	4,9E-02	4,9E-02	4,9E-02	4,9E-02
	- Ressources énergétiques	g éq Sb	CML	2,9	2,9	2,8	2,8
	Consommation d'énergie primaire non-renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	7,6	7,6	7,3	7,2
	Consommation d'énergie primaire renouvelable	MJ primaire	IMPACT 2002+	0,47	0,47	0,43	0,42
	Potentiel de toxicité humaine	g éq 1,4-DB	CML	679	679	610	606
	Potentiel d'écotoxicité en eau douce	g éq 1,4-DB	CML	219	219	212	210
	Potentiel d'écotoxicité marine	g éq 1,4-DB	CML	373184	373184	330605	326065
	Potentiel d'écotoxicité terrestre	g éq 1,4-DB	CML	5,1	5,1	4,9	4,8
	Potentiel d'écotoxicité sédimentaire	g éq 1,4-DB	CML	532	532	514	509