

PERFECTO 2018 NEGAOCTET

ÉLABORATION ET TEST
D'UN RÉFÉRENTIEL D'ÉVALUATION
DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE
DES SERVICES NUMÉRIQUES
EN VUE DE LEUR ÉCOCONCEPTION
– *Rapport final* –

Novembre
2021

REMERCIEMENTS

AUTRET Erwan	(ADEME)
RETHORE Olivier	(ADEME)
LEGENDRE Jean-Francois	(AFNOR)
MESPLEDE Thomas	(Alliance Green IT)
RIBAULT Romuald	(Alliance Green IT - Ecologic)
MOREL Lucie	(APL Datacenter)
ATTALI Soumia	(APL Datacenter)
OUFFOUE Georges	(APL Datacenter)
FOURBOUL Eric	(Boavizta)
MEDCALF Isaline	(Collectif Conception Numérique Responsable)
PRIOL Romuald	(Collectif Conception Numérique Responsable)
LECERF Anthony	(Collectif Conception Numérique Responsable)
GUIBARD Denis	(C3D)
STARLANDER Jan-Erik	(CCI France)
FERNIQUE Christophe	(CCI France)
BERTHOUD Françoise	(EcoInfo)
LEFEVRE Laurent	(EcoInfo)
CUENO Laurène	(Ecosystem)
COTTET Guilhem	(France Data center)
ROUYER André	(GIMELEC)
MICHEL Valérie	(IGNES)
ROUSILHE Gauthier	(Indépendant)
COURBOULAY Vincent	(Institut Numérique Responsable)
PRUNEL Damien	(LCIE)
GUILLAUME Lucas	(LCIE)
D'ORNANO Marie Elisabeth	(LCIE)
VAIJA Samuli	(Orange)
Nicolas BORDIER	(OCTO)
MOREIRA Lois	(Pôle éco-conception)
MAYER Samuel	(Pole éco-conception)
HAROC Gonzalo	(Pole éco-conception)
PIRSON Thibaut	(UC Louvain)
DECROCQ Pierre	(Worldline)

CITATION DE CE RAPPORT

Julie DELMAS ORGELET, Etienne LEES PERASSO, Caroline VATEAU, Frédéric BORDAGE, Firmin DOMON, Georges OUFFOUE, Damien PRUNEL, 2021. ÉLABORATION ET TEST D'UN RÉFÉRENTIEL D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DES SERVICES NUMERIQUES EN VUE DE LEUR ÉCOCONCEPTION – Rapport de projet.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2020MA000091

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : APL Datacenter, DDemain, GreenIT.fr, LCIE

Coordination technique - ADEME : AUTRET Erwan

Direction/Service : Direction Economie Circulaire / Service écoconception et recyclage

SOMMAIRE

SOMMAIRE	4
RÉSUMÉ	7
ABSTRACT	8
1. LE CONSORTIUM.....	9
1.1. APL.....	9
1.2. DDeMain.....	9
1.3. GreenIT.fr.....	9
1.4. LCIE.....	10
2. CONTEXTE DU PROJET	10
2.2. Rappel des verrous à lever	11
2.2.1. Premier verrou – Manque de données – Manque de connaissance de l’impact réel des services numériques	11
2.2.2. Deuxième verrou – Incertitudes liées à l’utilisation de données disparates et mal documentées.....	12
2.2.3. Troisième verrou – Comparabilité des résultats et manque de référentiel d’évaluation.....	13
2.2.4. Quatrième verrou – Coût de réalisation des ACV de service numérique.....	13
2.3. Objectifs du projet	13
2.4. Périmètre technique du projet	13
2.4.1. Ce qui est couvert par le référentiel.....	13
2.4.2. Ce qui n’est pas couvert par le référentiel	13
2.4.3. Pistes d’ouverture.....	14
2.5. Meilleure prise en compte du cloud (PaaS et SaaS), une fois que les référentiels seront complétés et mis à disposition par les GAFAM - Périmètre normatif et méthodologique	14
3. RAPPEL METHODOLOGIQUE	14
3.1. Méthodologie de l’ACV.....	14
3.1.1. Principes généraux de l’ACV	14
3.1.2. Approche méthodologique de l’ACV.....	15
3.1.2.1. Les différentes étapes d’une ACV	15
3.1.2.2. Définition de l’objectif et du périmètre.....	15
3.1.2.3. Analyse de l’inventaire du cycle de vie	16
3.1.2.4. Évaluation de l’impact du cycle de vie	16
3.1.2.4.1. Sélection, classification et caractérisation des impacts	16
3.1.2.4.2. Normalisation et pondération.....	16
3.1.2.4.4. Analyse de sensibilité et incertitude.....	16
3.1.3.1. Sélection, classification et caractérisation des impacts	16
3.1.3.2. Normalisation et pondération	17
4. PROGRAMME DE TRAVAIL	19
4.1. RAPPEL - Programme scientifique et structuration du projet	19
4.1.1. Phase 1 - Création du référentiel	19
4.1.2. Phase 2 - Test du référentiel	19
4.1.3. Lots transverses	19
5. PILOTAGE DU PROJET - METHODOLOGIE ET RESULTATS	21
6. TRAVAUX.....	23

6.1. Phase 1 – Développement du référentiel.....	23
6.1.1. Lot 2 – État de l'art.....	23
6.1.1.1. Déroulement de la tâche.....	23
6.1.1.2. Principaux enseignements.....	26
6.1.1.3. Ouverture.....	28
Apport du lot 2 au-delà du projet NegaOctet.....	28
6.1.2. Lot 3 – Création d'une base de données d'inventaires du cycle de vie.....	29
6.1.2.1. Déroulement de la tâche.....	29
6.1.2.2. Articulation de la base de données.....	32
6.1.2.3. Création d'une donnée d'équipement – Du niveau 0 au niveau 2.....	32
6.1.2.3.1. Introduction.....	33
6.1.2.3.2. Étape 1 – Travail au niveau du composant (Niveaux 0/1)	33
Résumé du processus.....	33
Principaux enseignements.....	33
6.1.2.3.3. Étape 2 – Travail au niveau des sous-ensembles	34
Éléments techniques	34
Présentation des impacts.....	35
6.1.2.3.4. Étape 3 – Travail au niveau de l'équipement.....	36
Éléments techniques de modélisation	36
Principaux résultats.....	37
6.1.2.3.5. Étape 3 – Configuration des références	37
Éléments techniques de modélisation	37
Principaux résultats.....	38
6.1.2.4. Création d'une donnée de tiers d'infrastructure – Le cas des datacenters.....	38
6.1.2.5. Revue des données	40
6.1.2.6. Ouverture	40
Apport du lot 3 au-delà du projet NegaOctet.....	40
6.1.2.7. Contenu de la base de données.....	42
6.1.3. Lot 4 – Création d'un modèle générique paramétrable pour l'évaluation de l'impact environnemental des logiciels/ services numériques.....	42
6.1.3.1. Déroulement de la tâche.....	42
6.1.3.2. Quelques exemples	44
6.1.3.2.1. Vision synthétique	44
6.1.3.2.2. Le cas CYME.....	44
6.1.3.2.3. Le cas Worldline – Accompagnement DDeMain – GreenIT.fr.....	46
6.1.3.3. Ouverture	48
Apport du lot 4 au-delà du projet NegaOctet.....	48
6.2. Phase 2 – Test du référentiel.....	49
6.2.1. Lot 5 – Cas pilote - Mise en œuvre de la méthode	49
6.2.1.1. Déroulement de la tâche.....	49
6.2.1.2. Cas d'étude mail – Synthèse	49
6.2.1.3. Cas d'étude logiciel client serveur versus SaaS– Synthèse.....	Erreur ! Signet non défini.
6.2.1.4. Ouverture	54
Apport du lot 4 au-delà du projet NegaOctet.....	54
6.2.2. Lot 6 – Action collective - Dissémination de la méthode	54
6.2.2.1. Déroulement de la tâche.....	54
6.2.2.2. Résultats.....	55
6.2.2.3. Ouverture	60
Apport du lot 6 au-delà du projet NegaOctet.....	60
6.2.3. Lot 7 – Capitalisation	60
6.2.3.1. Déroulement de la tâche.....	60
6.2.3.2. Quelques focus.....	61
6.2.3.2.1. Les supports de communication.....	61

6.2.3.2.2. Participation aux comités d’experts et articulation avec les travaux d’affichage environnemental	62
6.2.3.2.3. Participation à des séminaires et évènements	62
7. SYNTHÈSE.....	64
Pilier 1 - Etat de l’art	64
Pilier 2 - Règles méthodologiques	64
Pilier 3 - Base de données d’inventaires du cycle de vie	65
Pilier 4 - Test dans le cadre des pilotes	66
8. OUVERTURE ET PERSPECTIVES.....	66
8.1. Mise à disposition des données	66
8.2. Transfert de compétence.....	67
8.3. Point méthodologique à creuser dans le cadre de projets de recherche	67
8.3.1. Affectation des impacts.....	67
8.3.1.1. Impact de la connectivité des produits du quotidien – Coût de possession vs coût d’usage	67
8.3.1.2. Coût environnemental moyen et coût environnemental marginal – Mieux intégrer les nouveaux usages	68
8.3.2. Prise en compte des effets indirects – Mise en place d’une méthode d’analyse du cycle de vie conséquentielle dédiée aux services numériques.....	68
8.3.3. Usages multiples d’un service numérique	69
CALENDRIER DU PROJET	71
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	72
GLOSSAIRE.....	73
SIGLES ET ACRONYMES.....	74

RÉSUMÉ

La dernière décennie a vu s'accroître l'essor de nouvelles technologies qui ont marqué le paysage numérique de leur apport en rapidité, qualité et connectivité pour les contenus multimédias et les outils de communication. Alors que de nombreux domaines d'activité ont su profiter de ces nombreuses innovations (industrie 4.0, e-commerce, télécommunications etc.) pour se développer, cette croissance a toujours été couplée avec une augmentation significative des pressions sur l'environnement et les ressources naturelles.

Depuis 2018, la prise de conscience des impacts environnementaux du numérique s'est accentuée, tant au niveau des individus (développement d'outils tels que la Fresque du numérique, guide d'un numérique plus responsable, publication dans des magazines et journaux grand public, ...), des sociétés et organismes professionnels (feuilles de route de l'ARCEP, du CNUMM, du Syntec numérique ; création de nombreux groupes de travail par l'ARCEP, l'INR, Planet tech care, ...) que des pouvoirs publics (loi AGEC, feuille de route numérique responsable, rapport du haut conseil pour le climat sur la 5G, loi REEN...).

Cette prise de conscience basée sur peu de chiffres et de publications a aussi permis de mettre en lumière un manque d'informations fiables, robustes et homogènes sur le sujet et la nécessité de disposer d'outils objectifs et partagés pour traiter ce sujet.

Dans ce cadre, NegaOctet, référentiel développé conjointement par APL Datacenter, DDEmain, GreenIT.fr et LCIE propose une méthode et des outils encadrant la comptabilisation des impacts environnementaux du numérique en vue de la réduction de ces derniers. Le projet s'est articulé autour de quatre piliers :

- L'amorçage d'un état de l'art qui a été la base d'autres projets annexes non financés dans le cadre de Perfecto, tels que l'étude ADEME ARCEP sur l'impact environnemental du numérique en France
- La proposition de règles méthodologiques qui ont pu être mise en œuvre de manière concrète à la fois lors des pilotes mais aussi pour la mise en œuvre de l'article 13 de la loi AGEC
- La création d'une base de données d'inventaires du cycle de vie selon quatre niveaux de profondeur et ayant remis en question les données d'impacts sur les composants semi-conducteurs : Niveau 0 - Semiconducteurs, Niveau 1 - Composants numériques, Niveau 2 - Équipements génériques et spécifiques, Niveau 3 - Niveau tiers de l'infrastructure et Niveau 4 - Services numériques
- Le test du référentiel NegaOctet dans le cadre d'une douzaine d'études de cas pilotes pour le compte d'acteurs publics et privés (ADEME, Airbus, BLADE, CYME, OVEA, OVH, Orange Business Service, RTE, Teads, Worldline) ainsi que dans deux études externes au champ initial de NegaOctet : Mise à jour de l'étude « mail » réalisée par l'ADEME en 2014 et création d'un cas d'étude comparatif sur deux solutions de mise à disposition d'un logiciel d'Analyse du cycle de vie – EIME

Ce projet identifie également des sujets à approfondir, comme la variabilité de la durée de vie des équipements de stockage ou des impacts de la RAM en fonction de la technologie et recommande de creuser les points méthodologiques suivants via des projets de recherche : l'affectation des impacts (coût de possession versus coût d'usage, coût environnemental moyen versus marginal), la prise en compte des effets indirects avec une analyse de cycle de vie conséquente, les usages multiples du numérique, ou encore le développement de référentiel complet d'affichage environnemental.

ABSTRACT

The last decade has seen an acceleration in the growth of new technologies that have marked the digital landscape with speed, quality and connectivity through multimedia content and communication tools. While many areas of activity have been able to take advantage of these numerous innovations (industry 4.0, e-commerce, telecommunications, etc.) to develop, this growth has always been coupled with a significant increase in pressure on the environment and natural resources.

Since 2018, awareness of the environmental impacts of digital technology has increased, both at the level of individuals (development of tools such as the *Fresque du numérique*, publication of “*Le guide d'un numérique plus responsable*”, publication in magazines and newspapers for the general public: *Le Monde*, *Kaizen*, *Usbek et Rica*, *Alternatives Economiques*, etc.), companies and professional organisations (ARCEP, CNUMM, Syntec numérique roadmaps, Creation of numerous working groups: ARCEP, INR, Planet tech care,) and public authorities (AGEC law, Responsible digital roadmap, Report of the High Council for the Climate on 5G, etc.)

This awareness based on few figures and publications has also highlighted a lack of reliable, robust and homogeneous information on that topic and the need for objective and shared tools to address this issue.

In this context, NegaOctet, a reference framework developed jointly by APL Datacenter, DDeMain, GreenIT.fr and LCIE, aims to propose a method and tools for accounting for the environmental impacts of digital technology with a view to reducing them. The project is based on 4 pillars:

- The initiation of a state of the art which was the basis for other related projects, such as the ADEME ARCEP study on the environmental impact of digital technology in France
- The proposal of methodological rules which could be implemented in a concrete way both during the pilots and in the implementation of Article 13 of the AGEC law
- The creation of a life cycle inventory database with 4 levels of depth and having questioned the impact data on semiconductor components: Level 0 – Semiconductors, Level 1 - Digital component, Level 2 - Generic and specific equipment, Level 3 - Infrastructure tier, Level 4 - Digital Services
- Testing of the NegaOctet framework in a dozen pilot case studies for public and private actors (ADEME, Airbus, BLADE, CYME, OVEA, OVH, Orange Business Service, RTE, Teads, Worldline) as well as in two studies outside the initial scope of NegaOctet: Update of the "mail" study carried out by ADEME in 2014 and creation of a comparative case study on two solutions for providing Life Cycle Assessment software - EIME

This project also identifies subjects to be studied in depth, such as the variability of the lifespan of storage equipment or the impacts of AMR depending on the technology, and recommends that the following methodological points be explored through research projects: the allocation of impacts (cost of ownership vs. cost of use, average vs. marginal environmental cost), the consideration of indirect effects with a consequential lifecycle analysis, the multiple uses of digital technology, and the development of a complete green-claim labelling scheme.

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

1. LE CONSORTIUM

Le consortium NegaOctet est composé d'acteurs aux compétences complémentaires et d'horizons différents, rassemblés autour d'un sujet : le numérique responsable, son outillage et sa généralisation. Travaillant ensemble depuis 2005, le consortium a décidé de porter ce projet afin de mettre ses compétences en commun au service d'outils consolidés et adéquats pour la mise en œuvre d'une quantification objective et documentée des impacts environnementaux du numérique.

1.1. APL

Compétences clés :

Expertise technique, notamment sur la question des datacenters - Gestion de projet - Connaissance de l'écosystème

APL Datacenter, par l'intégration de Neutreo by APL, a permis le mariage entre deux compétences clés qui sont :

- La mise en œuvre de systèmes numériques complexes. APL Datacenter orchestre la construction de datacenters à travers le monde depuis plus de 25 ans, ce qui lui confère une expertise technique indéniable
- La participation active au développement du numérique responsable et à sa diffusion dans les entreprises et les collectivités : évaluation initiale, construction de programmes d'actions, mise en place d'indicateurs, audits, certifications (ISO 14001, ISO 9001, ISO 50001, RSE), réalisation d'ACV, démarche de communication environnementale (à l'inverse du greenwashing !)

Notre objectif est d'accompagner nos clients dans la conception de produits et services **ayant moins d'impacts sur l'environnement, sur l'ensemble du cycle de vie.**

1.2. DDemain

Compétences clés :

Expertise sur la mise en pratique de l'analyse du cycle de vie - Gestion de projet - Transmission et montée en compétence des acteurs - Vulgarisation - Prise de recul

L'activité de DDEmain s'articule autour de l'évaluation environnementale, et plus spécifiquement sur les questions numériques. DDEmain propose une approche par le transfert de compétence et un dialogue permanent avec les commanditaires des études afin que ceux-ci acquièrent le niveau de compétence qui leur permettra de pérenniser leur démarche de manière autonome.

Porté par la conviction que la transmission des connaissances sur l'évaluation des impacts environnementaux est un véritable levier de mise en action dans les organisations, la question de la co-création, du transfert de compétence, de l'adaptation des outils et de la formation est centrale dans le travail de DDEmain.

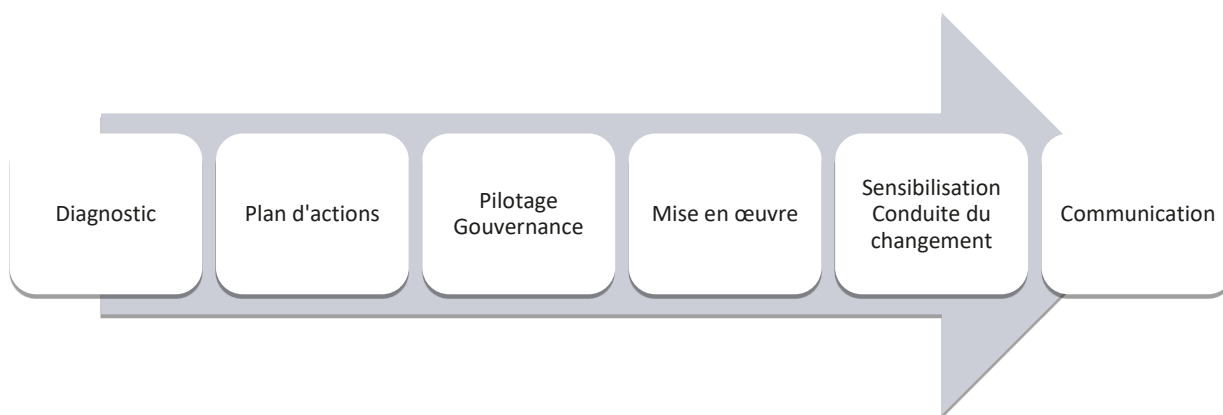
1.3. GreenIT.fr

Compétences clés :

Écoconception de services numériques - ACV de systèmes d'information – Publication - Accompagnement d'entreprises - Création de référentiels, certifications et d'outils d'écoconception

À l'origine des démarches de sobriété numérique et de numérique responsable, GreenIT.fr est un collectif d'experts indépendants créé en 2004. Piloté par Frédéric Bordage, il regroupe les meilleurs spécialistes français dans des domaines tels que l'audit green IT, le bilan environnemental des systèmes d'information, l'écoconception de services numériques, etc.

GreenIT.fr accompagne les organisations tout au long du cycle de vie des projets de sobriété numérique :



L'expertise de GreenIT.fr et de son réseau est reconnue par des organismes tels que l'Ademe, le Cigref, l'Afnor, etc. GreenIT.fr a par exemple coélaboré la méthode officielle en France pour d'évaluation et la réduction des émissions de gaz à effet de serre des systèmes d'information, pour le compte de l'Ademe et du Cigref. GreenIT.fr conseille l'Afnor pour la normalisation Green IT et intervient fréquemment sur des dossiers des pouvoirs publics français (indice de réparabilité par exemple) et de la Commission européenne.

1.4. LCIE

Compétences clés :

Expertise sur la mise en pratique de l'analyse du cycle de vie - Création de bases de données -Création de méthodologie conforme à la réglementation nationale et supranationale - Affichage environnemental

Filiale du groupe Bureau Veritas, le LCIE (Laboratoire Central des Industries Électriques) dispose d'une équipe (anciennement société CODDE) dédiée à l'accompagnement des industriels dans leur démarche d'analyse environnementale et d'écoconception.

Depuis plus de 15 ans, la société développe des outils et données environnementales pour la caractérisation des impacts environnementaux des produits et services numériques au travers d'EIME et de sa base de données, mais aussi au travers de l'assistance à la réalisation de documents méthodologiques (RCP, PSR, affichage environnemental).

2. CONTEXTE DU PROJET

2.1. Généralités

La transition numérique, initialement perçue comme vectrice d'emplois, de croissance et de nouveaux modèles économiques, modifie profondément les codes de l'ensemble des secteurs d'activité. Du domicile au travail, en passant par l'entreprise, la ville et les services publics, les services numériques sont au cœur de notre quotidien et ont bouleversé nos comportements et nos modes de consommation.

L'immatérialité des services proposés est de plus en plus remise en cause par la matérialité sous-jacente des équipements et infrastructures nécessaires au secteur numérique (énergie, ressources, etc.) Les parties prenantes (entreprises, grand public, institutions, État, administrations) demandent à présent plus de transparence sur le sujet. Celle-ci ne pourra cependant être mise en place que par la publication de données robustes et consensuelles.

Les études et projets menés ces dix dernières années ont porté sur des thématiques précises, s'intéressant par exemple aux consommations d'énergie des datacenters, à l'obsolescence prématurée des terminaux ou encore à la gestion des déchets électroniques. Depuis plusieurs années, des publications (Empreinte environnementale du numérique mondial- EENM 2019 et Impacts du numérique en France – iNUM 2020 de GreenIT.fr, Rapport du Shift Project, Étude commandée par le Sénat, Rapport du haut conseil pour le climat sur la 5G, etc.) éclairent le débat et mettent en évidence la nécessité d'adopter une approche plus globale qui soit à la fois :

- **Multicritères**, car les impacts environnementaux du numérique ne se réduisent pas aux émissions de gaz à effet de serre
- **Multiétapes**, afin d'intégrer les impacts générés lors de toutes les étapes du cycle de vie des équipements et sur les trois tiers d'un service numérique (terminal, réseau, datacenter)

- **Multicomposants**, afin d’appréhender ces systèmes complexes que sont l’association des terminaux utilisateurs, datacenters et réseaux de télécommunications, tous composés d’une multitude d’équipements ayant chacun des cycles de vie propres

C’est là tout l’intérêt et la pertinence de la méthode standardisée que constitue l’analyse du cycle de vie, méthode au cœur du projet NegaOctet mais aussi au cœur des travaux d’évaluation des impacts environnementaux et d’affichage environnemental menés au niveau national.

Or, pour prendre des décisions éclairées et proposer des communications non biaisées, il est nécessaire de s’accorder sur les données d’inventaires, les données d’impacts, les flux, les méthodes et les scénarios d’usage liés au déploiement des services du secteur numérique à un instant donné. Ainsi, les quatre piliers du projet NegaOctet que sont :

- L’état de l’art
- Les règles méthodologiques
- La création d’une base de données d’inventaires du cycle de vie
- La mise en œuvre de la méthode

s’inscrivent dans cette dynamique.

2.2. Rappel des verrous à lever

2.2.1. Premier verrou – Manque de données – Manque de connaissance de l’impact réel des services numériques

L’une des conclusions principales des travaux commandés en 2016 par l’ADEME sur le « Potentiel de contribution du numérique à la réduction des impacts environnementaux »¹ est que la connaissance de l’impact environnemental des TIC se limite la plupart du temps aux impacts de la phase d’utilisation des équipements terminaux. Peu d’analyses du cycle de vie (multiétapes et multicritères) ont été réalisées afin de disposer d’une vision plus complète de l’impact des TIC.

De plus, l’ensemble des feuilles de route proposées par les différents acteurs de l’écosystème font un focus sur la nécessité de mieux évaluer l’impact du développement du numérique et de disposer de données solides à l’évaluation, comme le montre la figure suivante.

¹ http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ademe_contribution_du_numerique_synthese.pdf



Chantier 1

Un numérique sobre

Adopter le concept de sobriété numérique comme principe d'action pour réduire l'empreinte environnementale du numérique

- D'ici 2030 : Atteindre zéro émission nette de gaz à effet de serre sans compensation et 100% de biens et services numériques éco-conçus afin de réduire significativement l'empreinte environnementale du numérique

Objectifs

- I. Mieux évaluer et quantifier l'empreinte environnementale du numérique**
 1. S'accorder sur les méthodes de quantification des impacts environnementaux du numérique
 2. Systématiser la quantification des impacts environnementaux du numérique
 3. ***Anticiper les impacts environnementaux du numérique et atteindre la neutralité carbone sans compensation d'ici 2030 pour faire de la transition numérique une transition exemplaire
- II. Moins et mieux produire et concevoir les biens et services numériques**
 4. ***Gérer les ressources liées à la fabrication des biens numériques de façon plus soutenable
 5. ***Rendre la production des biens numériques plus durable en fixant des objectifs européens ambitieux
 6. Optimiser la consommation énergétique des data centers et réduire leurs impacts environnementaux
 7. Limiter l'empreinte environnementale de la conception et du déploiement des réseaux et des infrastructures numériques
 8. ***Lutter contre l'obsolescence programmée, en y intégrant l'obsolescence logicielle et indirecte
 9. Généraliser les démarches d'écoconception des services publics en ligne et des services en ligne des grandes entreprises

Figure 1- Feuille de route gouvernementale sur l'environnement et le numérique

2.2.2. Deuxième verrou – Incertitudes liées à l'utilisation de données disparates et mal documentées

Avec le développement des offres de types SaaS et des solutions associées à des objets connectés (80 milliards à l'horizon 2020 selon l'IDATE), l'impact environnemental d'un service ne se limite plus à l'impact de sa conception et de son usage sur les terminaux. Il est aujourd'hui nécessaire de considérer un service numérique comme un véritable écosystème puisque son usage fait appel à des ressources délocalisées telles que le réseau et le datacenter. Cet élargissement du périmètre nécessite donc la combinaison d'un très grand nombre de données qui ne sont pas toujours disponibles ou de qualité suffisante.

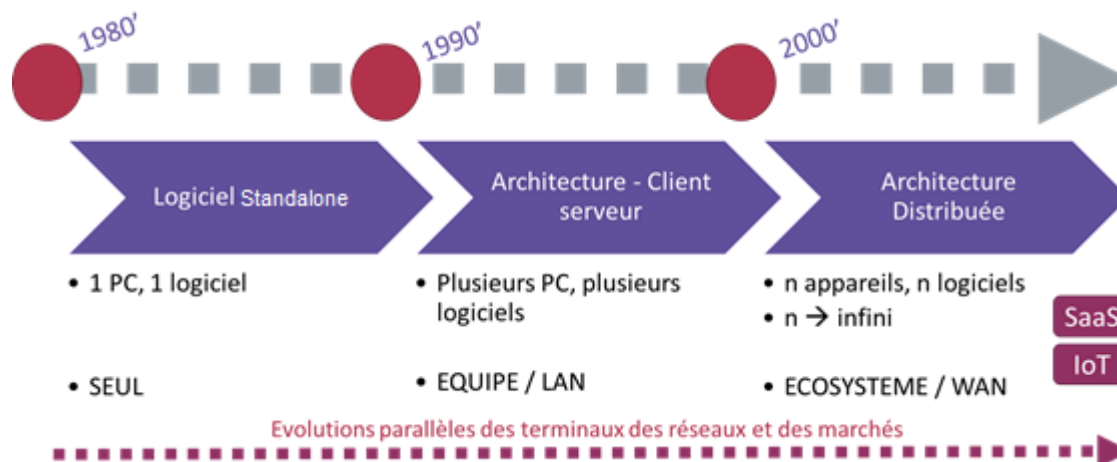


Figure 2 - Évolution de l'industrie du numérique vers services numériques et IoT

De plus, lorsque les données sont disponibles, elle peuvent être d'ordres de grandeur différents sans que ne soit clarifié la différence entre amélioration de la performance effective ou différence méthodologique :

- Différence de périmètre : intégration du cycle de vie complet, intégration des infrastructures
- Différence de localisation
- Différence méthodologique dans la comptabilité des crédits carbone

On notera que l'étude commandée par l'ADEME², citée précédemment, pointe :

- Une vétusté des données relatives aux équipements alors que les technologies évoluent rapidement

² « Potentiel de contribution du numérique à la réduction des impacts environnementaux » ADEME, 2016

- Une absence quasi systématique d'évaluation de la qualité des données

2.2.3. Troisième verrou – Comparabilité des résultats et manque de référentiel d'évaluation

Réaliser un projet d'écoconception et évaluer les gains environnementaux induits nécessitent souvent de faire appel à des évaluations comparatives. Cependant, réaliser de telles évaluations sous-entend que les résultats de chacune d'elles est obtenues via des méthodes comparables notamment en termes de : —périmètre, —données, — et indicateurs. Ainsi, l'étude commandée par l'ADEME préconise un travail de standardisation, que le projet NegaOctet devrait permettre d'amorcer.

2.2.4. Quatrième verrou – Coût de réalisation des ACV de service numérique

Pour finir, l'élargissement du périmètre des ACVs de services numériques induit par le développement des offres «aaS» rend la réalisation de celles-ci plus complexe et donc plus coûteuse. Par la réalisation d'un référentiel d'évaluation défini (méthode, données, outils), le projet NegaOctet devrait permettre la simplification de la réalisation des ACVs de services numériques.

2.3. Objectifs du projet

Les objectifs du projet NegaOctet sont les suivants :

- Mieux définir le périmètre d'étude (cadre) approprié pour réaliser une évaluation des impacts environnementaux des services numériques en vue de leur écoconception
- Produire des données d'inventaires du cycle de vie harmonisées pour réaliser des analyses du cycle de vie fiables et identifier les paramètres sensibles
- Produire un modèle d'évaluation paramétrable de l'impact environnemental des services numériques d'aide à la décision en vue de leur écoconception (aspect testé mais non finalisé)
- Produire des résultats d'évaluations sur la base de ces trois premiers éléments afin de disposer de données sur des usages numériques courants et identifier des bonnes pratiques d'évaluation, de conception et d'usage.

Ainsi, ce projet constitue un premier pas vers l'élaboration d'un référentiel d'affichage environnemental des services numériques.

Le cadre, les données et le modèle formeront ce que nous désignerons par la suite comme le référentiel NegaOctet.

2.4. Périmètre technique du projet

2.4.1. Ce qui est couvert par le référentiel

Le référentiel NegaOctet permettra de quantifier **les impacts environnementaux directs** des services numériques, au travers d'**analyses du cycle de vie attributionnelle**, conformément aux trois briques présentées ci-dessous :

- Les **terminaux** fixes et mobiles tels que les téléviseurs, ordinateurs, tablettes, objets connectés, smartphones, etc
- Les **réseaux** déjà déployés en France et en Europe
- Les **centres informatiques** tels que définis par les normes ISO 30134 et EN 50600 et tout ce qu'ils contiennent (notamment les équipements informatiques tels que les serveurs, les équipements réseaux et baies de stockage)

2.4.2. Ce qui n'est pas couvert par le référentiel

La prise en compte des développements des logiciels, au travers de l'impact des ressources humaines qui sont employées (transport, bureau, repas, etc.) n'est pas considérée de manière systématique dans le référentiel dans son état actuel. Ce sujet pourra faire l'objet d'un élargissement du champ de l'étude mais pose des questions d'éthique et d'impacts indirects que nous avons fait le choix d'écarter de cette première phase.

Les impacts indirects du numérique : effet d'induction, effet d'efficacité et effet rebond ne sont pas traités dans le cadre de ce référentiel, bien que ce sujet soit central dans le cadre des changements systémiques engendrés par le numérique.

2.4.3. Pistes d'ouverture

Les pistes d'ouverture pour les prochains travaux à mener seraient :

- Prise en compte de la ressource humaine
- Développement d'une méthodologie pour la prise en compte des impacts indirects des développements du numérique d'un point de vue environnemental et social. Ce point pourrait être traité par le développement de l'analyse du cycle de vie conséquente.
- Élargissement du périmètre d'évaluation aux impacts économiques (ACCV) et sociaux (ASCV)

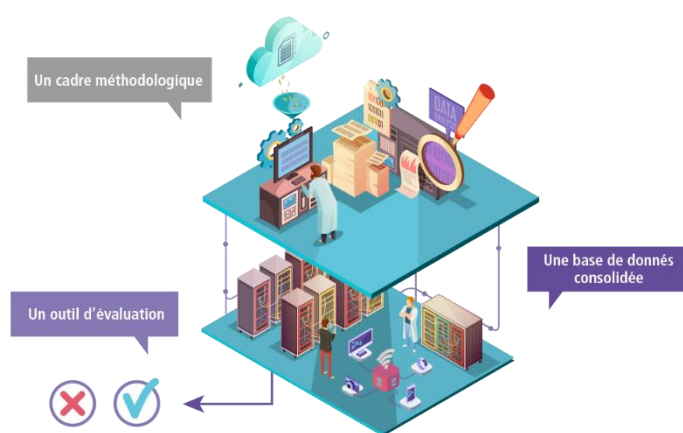
2.5. Meilleure prise en compte du cloud (PaaS et SaaS), une fois que les référentiels seront complétés et mis à disposition par les GAFAM - Périmètre normatif et méthodologique

Construit dans une optique de standardisation, le référentiel NegaOctet est en ligne avec les normes applicables à l'analyse de cycle de vie, notamment :

- ISO 14040 : 2006 Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre
- ISO 14044 : 2006 Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices

Mais aussi les référentiels français, européens et mondiaux d'évaluation et d'affichage environnemental tels que :

- ITU L1410 – Méthodologie pour les évaluations environnementales du cycle de vie des biens, réseaux et services des technologies de l'information et la communication³
- Référentiel PEF⁴ et PEFCR relatifs aux équipements IT⁵



3. Rappel Méthodologique

3.1. Méthodologie de l'ACV

3.1.1. Principes généraux de l'ACV

L'analyse du cycle de vie est une méthode utilisée pour évaluer l'impact environnemental de produits, de services ou d'organisations. Il existe d'autres méthodes d'évaluation de l'impact environnemental, telles que l'empreinte carbone ou les études d'impact mais l'ACV présente des spécificités qui rendent son approche holistique unique. En effet, utilisée depuis la fin des années 1990 et normalisée dans les séries ISO 14040:2006⁶ et ISO 14044:2006⁷, cette méthode propose d'établir le bagage écologique d'un produit ou service selon plusieurs concepts clés :

- **Multicritères** : plusieurs indicateurs environnementaux sont à considérer de manière systématique en passant par le potentiel de réchauffement climatique, l'épuisement des ressources abiotiques, la création d'ozone photochimique, la pollution de l'eau, de l'air, des sols, l'écotoxicité humaine, la biodiversité. La liste des indicateurs n'est pas fixe mais dépend des secteurs d'activité.

³ <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1410/en>

⁴ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_guidance_v6.3.pdf

⁵ https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_ITequipment_Feb2020_2.pdf

⁶ ISO 14040:2006 – Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadres

⁷ ISO 14044:2006 – Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Exigences et lignes directrices

- **Cycle de vie** : afin d'intégrer les impacts générés lors de toutes les étapes du cycle de vie des équipements, depuis l'extraction des ressources naturelles souvent peu accessibles jusqu'à la production des déchets en passant par la consommation d'énergie en phase d'usage.
- **Quantitative** : chaque indicateur est qualifié de manière chiffrée afin de pouvoir mettre sur une même échelle l'ensemble des externalités d'un produit ou d'un service et de prendre des décisions objectives.
- **Fonctionnelle** : l'objet d'étude est défini par la fonction qu'il remplit afin de pouvoir comparer différentes solutions techniques.
- **Attributionnelle ou conséquentielle** :
 - o Attributionnelle : il décrit les impacts environnementaux potentiels qui peuvent être attribués à un système (par exemple un produit) au cours de son cycle de vie, c'est-à-dire en amont le long de la chaîne d'approvisionnement et en aval après l'utilisation du système, et la chaîne de valeur en fin de vie. Se concentre sur les effets directs liés à un système.
 - o Conséquentielle : il vise à identifier les conséquences qu'une décision dans le système d'avant-plan a pour d'autres processus et systèmes de l'économie ; à la fois dans le système d'arrière-plan du système analysé et sur d'autres systèmes. Il modélise le système analysé autour de ces conséquences. Il comprend les effets indirects liés à un système.

Même si l'ACV est initialement plus appliquée sur le champ des produits, son périmètre d'actions a été élargi ces dernières années. Tout d'abord grâce à la norme ETSI 203 199⁸ et aujourd'hui grâce aux nombreux travaux menés par les organisations professionnelles des télécommunications telles que l'ITU, par le consortium NegaOctet pour les services numériques ou encore par le Pôle écoconception pour les services en général.

Passer d'un produit à un service, c'est conserver la philosophie multicritères et fonctionnelle mais passer d'une approche circulaire (du berceau à la tombe) à une approche matricielle intégrant le cycle de vie de l'ensemble des équipements qui composent les trois tiers (équipements, réseaux, datacenter) qui permettent au service numérique de fonctionner.

Ainsi, un tel diagnostic environnemental permet d'identifier et d'éviter les transferts de pollution d'une phase à l'autre et également d'un tiers du service à l'autre. Par exemple, lors du passage d'une solution locale à une solution SaaS dans le cloud, l'analyse du cycle de vie garantira que les impacts évités au niveau des terminaux utilisateurs ne seront pas compensés par des impacts supplémentaires sur le réseau.

3.1.2. Approche méthodologique de l'ACV

3.1.2.1. Les différentes étapes d'une ACV

Comme présenté dans la norme ISO 14040:2006⁹, une étude ACV se compose de quatre étapes interdépendantes :

1. Définition de l'objectif et du périmètre
2. Analyse d'inventaire du cycle de vie (ICV)
3. Analyse d'impact sur le cycle de vie (LCIA)
4. Interprétation des résultats du cycle de vie

L'ACV est une technique itérative dans laquelle chaque phase utilise les résultats des autres, contribuant à l'intégrité et à la cohérence de l'étude et de ses résultats. Il s'agit d'une approche holistique et, par conséquent, la transparence dans son utilisation est cruciale pour assurer une interprétation adéquate des résultats obtenus.

REMARQUE : L'ACV traite des impacts environnementaux potentiels et ne prédit donc pas les impacts environnementaux réels ou absolus.

3.1.2.2. Définition de l'objectif et du périmètre

La définition de l'objectif de l'étude doit décrire le but de l'étude et le processus décisionnel pour lequel elle fournira un soutien dans la prise de décision environnementale. L'objectif d'une ACV doit déterminer l'application envisagée, les raisons de la réalisation de l'étude, le public visé, c'est-à-dire les personnes auxquelles les résultats de l'étude sont censés être communiqués, et si les résultats doivent être utilisés à des fins comparatives qui seront divulguées au public.

Le périmètre d'une ACV - y compris les limites du système, le niveau de détail, la qualité des données, les hypothèses formulées, les limites de l'étude, etc. - dépend du sujet et de l'utilisation prévue de l'étude. La profondeur et l'étendue d'un champ d'application peuvent varier considérablement selon l'objectif particulier poursuivi.

Une ACV a une approche structurée, relative à une unité fonctionnelle et/ou une unité déclarée. Toutes les analyses ultérieures sont donc liées à cette unité. Si une comparaison est nécessaire - uniquement des produits ou services remplissant la même fonction - il est nécessaire de choisir une unité fonctionnelle référée à la fonction que les produits ou services en question remplissent.

⁸ https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203100_203199/203199/01.03.00_50/es_203199v010300m.pdf

⁹ ISO 14040:2006 - Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework

3.1.2.3. Analyse de l'inventaire du cycle de vie

Collecte de données

Cette phase consiste en la collecte de données et de procédures de calcul pour quantifier les entrées et sorties du système pertinentes à l'étude. Les données à inclure dans l'inventaire doivent être collectées pour chaque processus unitaire considéré, dans les limites du système à l'étude.

Inventaire des flux élémentaires

Dans une ICV, les flux élémentaires doivent être comptabilisés dans les limites du système, c'est-à-dire les flux de matières et d'énergie qui proviennent de l'environnement, sans transformation préalable par l'être humain (ex. consommation de pétrole, de charbon, etc.) ou qui vont directement à la nature (ex. émissions atmosphériques de CO₂, SO₂, etc.) sans autre transformation. Les flux élémentaires comprennent l'utilisation des ressources, les émissions atmosphériques et les rejets dans l'eau et le sol associés au système.

Les données collectées, qu'elles soient mesurées, calculées ou estimées, permettent de quantifier l'ensemble des entrées et sorties de matière et d'énergie des différents processus.

Règles d'attribution et d'affectation

La réalité confirme que peu de procédés industriels produisent une seule sortie ; en fait, et normalement, les procédés industriels produisent plus d'un produit et/ou des produits intermédiaires ou alors leurs déchets sont recyclés. Dans ce cas, l'application de critères d'attribution de la charge environnementale aux différents produits est requise, comme c'est le cas dans l'étude réalisée.

Évaluation de la qualité des données

Les données ACV et LCI liées aux services et équipements numériques restent un défi. La plupart des études inspirées de l'ACV utilisent des données monocritères (telles que l'énergie ou le réchauffement climatique) ou des ensembles de données hétérogènes. Dans ce projet, nous avons développé notre propre base de données.

3.1.2.4. Évaluation de l'impact du cycle de vie

3.1.2.4.1. *Sélection, classification et caractérisation des impacts*

Cette phase vise à évaluer l'importance des impacts environnementaux potentiels à partir des résultats de l'inventaire. Ce processus implique la sélection de catégories d'impact et l'association des données d'inventaire avec des catégories d'impact (par exemple le changement climatique) et avec des indicateurs de catégorie d'impact (par exemple le changement climatique dans 100 ans selon le modèle d'impact CML) via le facteur de caractérisation. Cette phase fournit des informations pour la phase d'interprétation.

3.1.2.4.2. *Normalisation et pondération*

Les résultats numériques des indicateurs peuvent également être éventuellement ordonnés, normalisés, regroupés et pondérés. Cette approche permet de faciliter l'interprétation mais aucun consensus scientifique n'existe sur une manière robuste d'effectuer une telle évaluation.

3.1.2.4.3. *Interprétation des résultats du cycle de vie*

L'interprétation est la phase finale de l'ACV.

Elle inclut les résultats de l'inventaire ou de l'évaluation où/ou alors ? les deux sont résumés et discutés de manière compréhensible. Cette partie est utilisée par les destinataires de l'étude comme base pour les conclusions, les recommandations et la prise de décision, conformément à l'objectif et du périmètre établis.

3.1.2.4.4. *Analyse de sensibilité et incertitude*

Considérant qu'une partie de la collecte de données est basée sur une revue de la littérature, le modèle est basé sur des données secondaires qui peuvent être incertaines. Afin de qualifier l'ordre de grandeur de la variation des résultats, une analyse de sensibilité et d'incertitude doit être effectuée.

3.1.3. Critères et méthode d'évaluation environnementale

L'intérêt de développer notre propre base de données d'inventaire du cycle de vie est de permettre l'évaluation de nombreux indicateurs environnementaux, sous réserve que ceux-ci soient robustes. Ainsi, l'atout du référentiel NegaOctet est de permettre l'évaluation des indicateurs ci-dessous.

À NOTER : Dans le cadre du projet, nous avons intégré dans le logiciel EIME, l'indicateur MIPS dont l'approche pragmatique est complémentaire à celles des modèles classiques.

3.1.3.1. Sélection, classification et caractérisation des impacts

Dans notre contexte, nous baserons nos analyses sur tout ou partie des indicateurs proposés par la commission européenne dans le cadre du projet Product Environmental Footprint (PEF), en utilisant le PEF 3.0.¹⁰

Catégorie d'impact	Modèle	Unité	Méthode niveau de recommandation	LCIA de
Changement climatique	IPCC 2013 , GWP 100	kg CO ₂ eq	I	
Appauvrissement de la couche d'ozone	World Meteorological Organisation (WMO), 1999	kg CFC-11 eq	I	
Émissions de particules fines	Fantke et al., 2016	disease incidence	I	
Acidification	Posch et al., 2008 ; Seppälä et al. 2006	mol H ⁺ eq	II	
Eutrophisation aquatique, eaux douces	Struijs et al, 2009	kg P eq	II	
Eutrophisation aquatique, marine	Struijs et al, 2009	kg N eq	II	
Eutrophisation, terrestre	Posch et al., 2008; Seppälä et al. 2006	mol N eq	II	
Rayonnements ionisants, santé humaine	Frischknecht et al., 2000	kBq U235 eq	II	
Formation d'ozone photochimique, santé humaine	Van Zelm et al., 2008, as applied in ReCiPe, 2008	kg NMVOC eq	II	
Toxicité humaine, effets non cancérigènes	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUh	III	
Occupation des sols/Qualité du sol	Soil quality index (based on Beck et al. 2010; LANCA, Bos et al., 2016)	pt	III	
Épuisement des ressources abiotiques, combustibles fossiles	ADP for energy carriers, based on van Oers et al. 2002 as implemented in CML, v. 4.8 (2016)	MJ	III	
Épuisement des ressources abiotiques, minéraux et métaux	ADP for mineral and metal resources, based on van Oers et al. 2002 as implemented in CML, v. 4.8 (2016)	kg Sb eq	III	
Besoin en eau	AWARE 100 (based on Boulay et al., 2018)	m ³ world eq	III	
Écotoxicité, eaux douces	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUe	III/Interim*	
Toxicité humaine, effets cancérigènes	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUh	III/Interim*	

Figure 3 - Ensemble complet d'indicateurs d'impact recommandés dans la méthodologie PEF

Dans les différents pilotes, une sélection d'indicateurs a été opérée. Par exemple, dans le cas de l'étude menée pour OBS, nous avons sélectionné les indicateurs suivants :

Catégorie d'impact	Modèle	Unité	Méthode niveau de recommandation	LCIA de
Changement climatique	IPCC 2013 , GWP 100	kg CO ₂ eq	I	
Émissions de particules fines	Fantke et al., 2016	disease incidence	I	
Acidification	Posch et al., 2008	mol H ⁺ eq	II	
Rayonnements ionisants, santé humaine	Frischknecht et al., 2000	kBq U235 eq	II	
Formation d'ozone photochimique, santé humaine	Van Zelm et al., 2008, as applied in ReCiPe, 2008	kg NMVOC eq	II	
Épuisement des ressources abiotiques, combustibles fossiles	ADP for energy carriers, based on van Oers et al. 2002 as implemented in CML, v. 4.8 (2016)	MJ	III	
Épuisement des ressources abiotiques, minéraux et métaux	ADP for mineral and metal resources, based on van Oers et al. 2002 as implemented in CML, v. 4.8 (2016)	kg Sb eq	III	
Écotoxicité, eaux douces	USEtox (Rosenbaum et al., 2008)	CTUe	III/Interim*	

Figure 4 - Sélection d'indicateurs pertinents sur la base de normalisation et de pondération

Certains indicateurs présentant des résultats aberrants ont été écartés ; c'est le cas de l'indicateur « consommation d'eau ».

3.1.3.2. Normalisation et pondération

¹⁰ <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developEF.xhtml> (last retrieved: 19/08/2021)

Quand cela est pertinent, les résultats numériques des indicateurs ont été ordonnés, normalisés, regroupés et pondérés. Cette approche permet de faciliter l'interprétation, mais aucun consensus scientifique n'existe sur une manière robuste d'effectuer une telle évaluation.

Dans notre étude, nous avons utilisé les facteurs de normalisation et de pondération fournis par le JCR dans la méthode PEF/OEF (EF 3.0), publiée le 20 novembre 2019, tels que rapportés dans le tableau ci-dessous.

Catégorie d'impact	Facteur de normalisation	Unité
Changement climatique	8,10E+03	kg CO ₂ eq./person
Appauvrissement de la couche d'ozone	5,36E-02	kg CFC-11 eq./person
Émissions de particules fines	5,95E-04	disease incidences/person
Acidification	5,56E+01	mol H ⁺ eq./person
Eutrophisation aquatique, eaux douces	1,61E+00	kg P eq./person
Eutrophisation aquatique, marine	1,95E+01	kg N eq./person
Eutrophisation, terrestre	1,77E+02	mol N eq./person
Rayonnements ionisants, santé humaine	4,22E+03	kBq U-235 eq./person
Formation d'ozone photochimique, santé humaine	4,06E+01	kg NMVOC eq./person
Toxicité humaine, effets non cancérogènes	2,30E-04	CTUh/person
Occupation des sols/qualité du sol	8,19E+05	pt/person
Épuisement des ressources abiotiques, combustibles fossiles	6,50E+04	MJ/person
Épuisement des ressources abiotiques, minéraux et métaux	6,36E-02	kg Sb eq./person
Utilisation de l'eau	1,15E+04	m3 water eq of deprived water/person
Écotoxicité, eaux douces	4,27E+04	CTUe/person
Toxicité humaine, effets cancérogènes	1,69E-05	CTUh/person

Figure 5 -Facteurs de normalisation proposés par la JRC

Catégorie d'impact	Facteur de pondération (%)
Changement Climatique	21.06
Appauvrissement de la couche d'ozone	6.31
Émissions de particules fines	8.96
Acidification	6.20
Eutrophisation aquatique, eaux douces	2.80
Eutrophisation aquatique, marine	2.96
Eutrophisation, terrestre	3.71
Rayonnements ionisants, santé humaine	5.01
Formation d'ozone photochimique, santé humaine	4.78
Toxicité humaine, effets non cancérogènes	1.84
Occupation des sols/qualité du sol	7.94
Épuisement des ressources abiotiques, combustibles fossiles	8.32
Épuisement des ressources abiotiques, minéraux et métaux	7.55
Utilisation de l'eau	8.51
Écotoxicité, eaux douces	2.8
Toxicité humaine, effets cancérogènes	2.13

Figure 6 -Facteurs de pondération proposés par la JRC

4. PROGRAMME DE TRAVAIL

4.1. RAPPEL - Programme scientifique et structuration du projet

Le projet est donc décomposé en 2 grandes phases opérationnelles composées de plusieurs lots et de deux lots indépendants transverses, relatifs à la gestion du projet (**Lot 1**) et à la capitalisation sur les résultats (**Lot 7**).

4.1.1. Phase 1 - Création du référentiel

Afin de garantir pertinence et robustesse des résultats obtenus par son biais, le référentiel NegaOctet est constitué :

- **D'un cadre d'évaluation - méthodologie** des services numériques évalués (réflexion sur la notion de cycle de vie logiciel, définition du périmètre de l'étude, règle de coupure, règle de substitution, indicateurs environnementaux pertinents, etc.) – **Lot 2**
Cette partie a permis de faciliter l'élaboration (hors projet Perfecto 2018 NegaOctet) du RCP relatif aux services numériques
- **D'une base de données d'inventaires du cycle de vie** permettant de mettre en correspondance les éléments du cycle de vie définis précédemment et les impacts environnementaux – **Lot 3**
- **D'outils pour la bonne mise en œuvre de la méthodologie et des données** – Cette phase n'a pas été réalisée dans sa totalité. Différents outils spécifiques ont été réalisés dans le cadre des pilotes mais la mise à disposition tardive de la base de données n'a pas permis la création d'un outil générique. – **Lot 4**

Ces travaux ont eu des valorisations à différents niveaux :

- Création du RCP pour la mise en application de l'article 13 de la loi AGEC
- utilisation de la base de données dans le cadre de l'étude ADEME ARCEP sur l'évaluation de l'impact environnemental du numérique en France

4.1.2. Phase 2 - Test du référentiel

Cette phase a pour objet de consolider (**Lot 5**) et de déployer la méthode (**Lot 6**).

La consolidation de la méthode a été réalisée par deux biais :

- **Réalisation de deux cas d'étude test** :
 - o Mise à jour de l'étude mail réalisée par l'ADEME en 2014
 - o Création d'un cas d'étude comparatif sur deux solutions de mise à disposition d'un logiciel d'Analyse du cycle de vie – EIME
- **Réalisation de cas d'étude pour le compte d'acteurs publics ou privés** financés par ces derniers, mais faisant l'objet de retours d'expérience dans le cadre de NegaOctet. Les entreprises pilotes ayant souhaité voir leur contribution apparaître sont les suivantes : ADEME, Airbus, BLADE, CYME, OVEA, OVH, Orange Business Service, RTE, Teads, Worldline.

4.1.3. Lots transverses

La gestion de projet est incluse dans un lot spécifique (**Lot 1**) qui s'étend sur l'ensemble de la durée du projet.

Afin d'assurer la reconnaissance du projet et son adéquation avec les besoins du marché, une dissémination continue des résultats est indispensable, c'est donc l'objet du **lot 7** – Capitalisation.

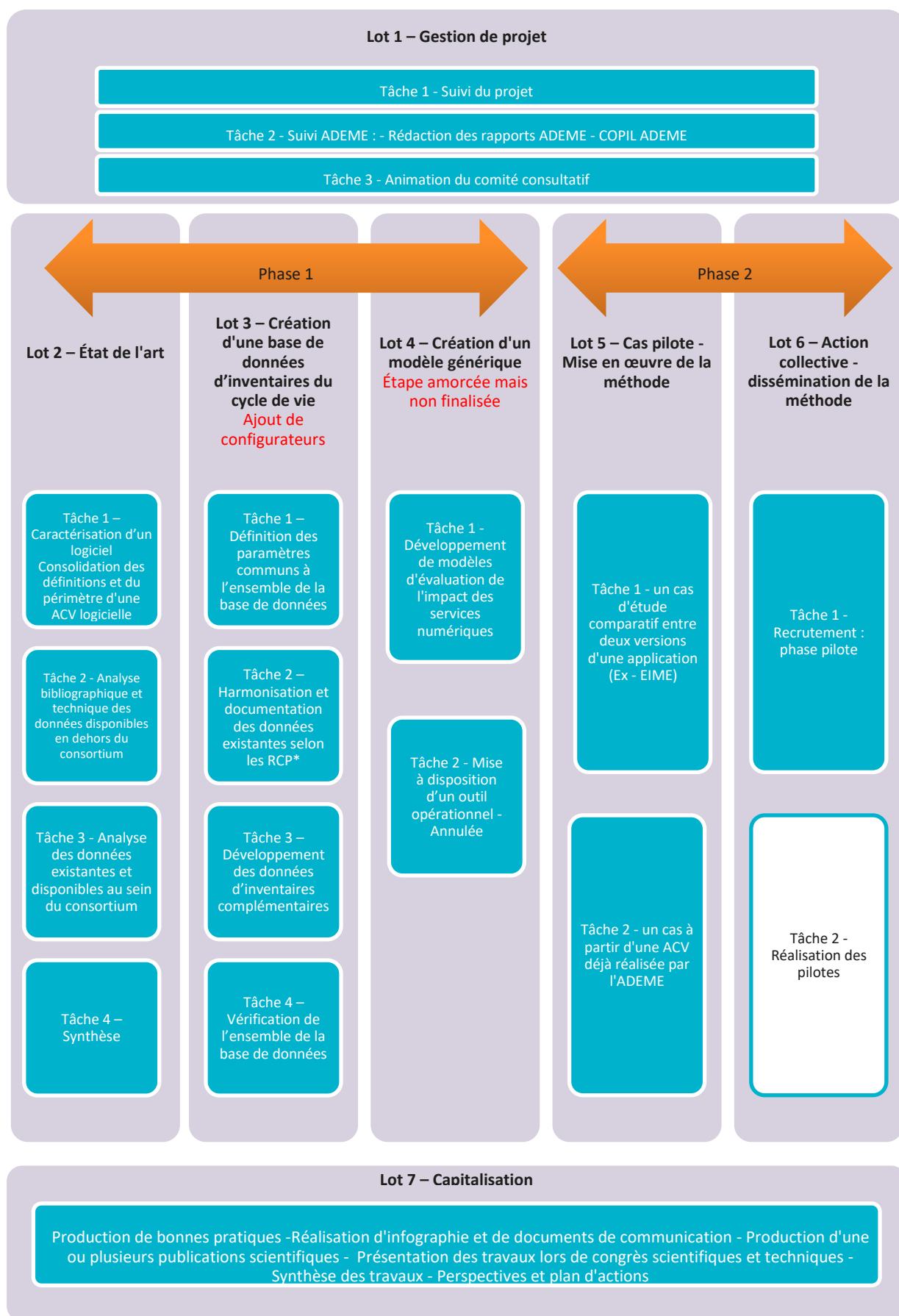


Figure 7- Articulation des différentes phases du projet

*RCP – règle par catégorie de produit

5. Pilotage du projet - méthodologie et résultats

Compte tenu de la dimension collaborative et pluridisciplinaire du projet, la gestion de projet est un axe central.

Lot 1 : Gestion de projet				
Responsable du lot	DDemain			
Durée	Toute la durée du projet			
Début	Juin 2018			
Partenaires impliqués	DDemain	LCIE	NEUTREO BY APL	GreenIT.fr
Livrable(s) associé(s)	Comptes rendus des réunions d'équipes, des réunions du comité consultatif, des Copil ADEME Rapport intermédiaire à destination de l'ADEME Rapport final à destination de l'ADEME			

Contenu

Objectifs

La bonne gestion du projet a permis de fournir les livrables de qualité dans les délais impartis :

- d'assurer la coordination des acteurs pour la réalisation des différentes lots et tâches, d'assurer l'organisation matérielle des points réguliers entre les partenaires, entre les partenaires et l'ADEME, entre les partenaires et le comité consultatif
- de produire les livrables de suivi associés au projet : compte rendu, rapport ADEME
- de documenter toutes les discussions et décisions pouvant avoir un impact sur le déroulement du projet

Réalisation

Au cours du projet, les membres du consortium ont réalisé :

- Un point mensuel d'une à deux heures de gestion de projet. Ces points ont eu lieu tous les premiers lundis du mois puis tous les troisièmes jeudis du mois
- Un point mensuel de travail collectif, tous les deuxièmes lundis du mois puis tous les premiers jeudis du mois. Ce temps de travail collectif permet d'avancer sur des sujets nécessitant la validation du consortium et/ou une réflexion commune.

Par ailleurs, durant les deux premières années de projets, quatre comités consultatifs ont été organisés :

- Le premier a eu lieu le **13 janvier 2019 dans les locaux d'APL datacenter** – THÈME : fédération des acteurs – Définition du périmètre des services numériques
- Le second a eu lieu le **18 juin 2019 dans les locaux d'EcoInfo** – THÈME : contenu de la base de données à prévoir – Collecte des besoins des partenaires
- Le troisième comité consultatif a eu lieu le **17 janvier 2020 dans les locaux d'APL datacenter** – THÈME : Présentation de la bibliographie – Contenu de la base de données
- Le quatrième a eu lieu le **9 novembre 2020 à distance** (suite à différents reports lié à la crise COVID) – THÈME : actualités règlementaires et articulations du projet avec la réglementation en cours – Gestion de la partie ressources humaines – Annonce de la rallonge du projet



Pour assurer le suivi du projet avec l'ADEME, différents comités de pilotage ont eu lieu :

- le 5 février 2019
- le 17 janvier 2020
- le 5 juin 2020
- le 29 septembre 2021

L'ensemble des comités de pilotage ont eu lieu par visioconférence.

Compte tenu de l'élargissement du périmètre d'actions du projet, de l'actualité réglementaire et des besoins de reprise de la base de données EIME pour assurer l'homogénéité et l'actualité des modélisations des équipements, une demande d'allongement du projet d'un an a été faite au premier semestre 2020.

Par ailleurs, le suivi de projet intègre :

- la réponse aux sollicitations des différents membres du CoCon, le suivi temporel, administratif et financier (notamment la création des outils de suivi du projet : plan de charges ?)
- la création des supports permettant d'assurer le bon déroulement des rencontres (les supports présentés lors des différentes rencontres ont été transmis à l'ADEME et aux membres du CoCon et sont disponibles sur simple demande)
- la rédaction des comptes rendus

6. Travaux

6.1. Phase 1 – Développement du référentiel

6.1.1. Lot 2 – État de l'art

6.1.1.1. Déroulement de la tâche

Lot 2 – État de l'art					
Responsable du lot	DDemain				
Partenaires impliqués	DDemain	LCIE	GreenIT.fr	NEUTREO BY APL	
Livrable(s) associé(s)	Synthèse de l'état de l'art Tableau de suivi de l'état de l'art à fin 2019				

Contenu

Objectifs

- Identifier et consolider la caractérisation des services numériques
- Synthétiser les connaissances à disposition au sein du consortium mais aussi à l'extérieur, afin d'obtenir une vision globale et actualisée des travaux réalisés sur le sujet de l'évaluation environnementale des logiciels au vu de la mutation du marché (augmentation de l'offre Saas et diminution de l'offre desktop)
- Identifier et consolider la liste des données disponibles et leur niveau de qualité
- Identifier et consolider la liste des données à développer ainsi que les sources potentielles à étudier dans le lot 2

Cette tâche a été réalisée sous la forme d'une méta-analyse des définitions existantes. Un document de synthèse a été produit. Les définitions ont été validées par le consortium et présentées et validées par le CoCon.

Les termes suivants ont fait l'objet d'une définition consolidée et adaptée au périmètre de notre projet : ACV, Allocation, API "Application Programming Interface", Cloud, Cycle de vie, Écoconception, Édition logicielle / Conseil en technologie / Conseil et service IT, IaaS, Impacts environnementaux, Infrastructure, IoT, LAN, Logiciel, MAN, PaaS, PAN, Réseau, SaaS, Scénario d'usage, Serveur, Service numérique, SMACS, Terminal, TIC / ICT, Unité déclarée, Unité fonctionnelle, WAN.

Afin d'aboutir à ces définitions, pas moins de 23 référentiels généralistes ou sectoriels ont été étudiés, comparés et consolidés, à savoir : ILCD handbook, Larousse, NF X 30 264, ISO 14 040/44, ETSI 103 199, ETSI 203 199, GHG Protocol ICT Sectoral Guidance Hardware, GHG Protocol ICT Sectoral Guidance Software, NF EN 62075, PEFCR IT Equipment, PEFCR UPS, PEFCR Battery, PEP Ecopassport®, International EPD System, Livre blanc AGIT (écoconception des services numériques), Livre vert Syntec Numérique, Livre blanc ecolog Greenspector, GHG Protocol ICT Sectoral Guidance TNS, GHG Protocol ICT Sectoral Guidance DMS, GHG Protocol ICT Sectoral Guidance Cloud Computing & Datacenter, The NIST Definition of Cloud Computing, Réalisation d'un Bilan des émissions de gaz à effet de serre, Technologies Numériques, Information et Communication, GUIDE SECTORIEL 2012.

L'ensemble des travaux a permis d'alimenter les travaux sur le RCP services numériques.

On peut considérer que la bibliographie a été réalisée en deux phases :

- Analyse du contexte – niveau macroscopique
- Complément des constats associés aux pilotes et complément par rapport à la base de données – niveaux systémique et microscopique

Initialement prévue sur une période de cinq mois, l'analyse bibliographique a finalement été complétée sur la totalité de la première année et a été reprise en 2020 dans le cadre des études pilotes. Ces travaux ont été réutilisés et prolongés dans le cadre du projet ScoreLCA : impacts environnementaux des objets connectés, ainsi que dans le cadre de la tâche 1 de l'étude ADEME ARCEP.

En phase 1, une analyse complète d'une centaine d'études a été réalisée et a fait l'objet d'une publication qui a été présentée dans le cadre du congrès Avnir 2019. À l'issue du projet NegaOctet, un corpus documentaire de plus de 250 publications a été analysé et exploité afin de :

- **Consolider la méthodologie**
- **Alimenter la base de données d'inventaires du cycle de vie**
- **Comparer les résultats obtenus dans le cadre des études pilotes aux autres expérimentations.**

[...] Après l'analyse de plus de 90 publications, normes et outils, les principales conclusions sont les suivantes. À ce jour, bien que la méthode d'analyse du cycle de vie soit présentée comme la plus reconnue en termes de pertinence, elle est appliquée dans sa globalité majoritairement au niveau des équipements uniquement. L'évaluation de l'impact environnemental des services numériques ou des tiers de l'infrastructure hors équipements (réseau, datacenter) se focalise majoritairement sur la consommation d'énergie et le potentiel de réchauffement climatique. Les connaissances sur l'impact des réseaux sont très faibles et doivent être consolidées.[...] Extrait de l'abstract article Avnir.

Seules les études portant sur l'évaluation des impacts environnementaux directs associés au numérique ont été référencés. Nous avons exclu :

- Les études technologiques sectorielles portant uniquement sur les aspects de fonctionnement technique des logiciels et des services
- Les études associées à des phénomènes spécifiques non quantifiable par l'ACV telle que l'électrosensibilité
- Les études macroéconomiques du secteur

On notera que sur la seconde phase de notre analyse, des sujets d'actualité semblent commencer à attirer l'attention, c'est le cas de :

- L'IOT et les services numériques complexes telles que les blockchains (spécifiquement le bitcoin)

- Les effets indirects et les effets rebonds dans le numérique

On notera aussi différentes publications permettant de valider l'approche NegaOctet mettant au centre la production des Wafer de silicium intégré dans les composants tels que CPU, RAM, Stockage :

- The Environmental Footprint of Logic CMOS Technologies - A DTCO-based analysis
- Green Cloud Computing Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing de Jens Gröger, Ran Liu Öko-Institut e.V., Berlin Dr. Lutz Stobbe, Jan Druschke, Nikolai Richter Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Berlin, 2021

Tâche 3 - Analyse des données existantes et disponibles au sein du consortium (notamment au sein du club GreenIT, AGIT, GreenConcept)

Tâche 3.1. – Étude des outils existants

Cette tâche a été réalisée sous la forme d'analyse via des matrices SWOT des outils existants en 2019 :

	Type d'outil	Organisation	Service	Equipement	Réseau	Datacenter
Barometre AGIT	Sondage + Outil d'autoévaluation	X				
BDD REN	BDD Facteur d'émission			X	X	X
BenchMark WeGreenIT	Outil d'autoévaluation	X				
Carbonalyser	Extension		X			
Cleermodel	Outil en ligne					X
Ecolindex	Site Web		X			
EcoMeter	Site Web		X			
EIME	Outil ACV ISO 14040			X		
GreenConcept	Outil ACV screening		X	X	X	X
GreenIT Analysis – Extension	Extension		X			
PIAI	Base de données I/O			X		
Self Assessment Tool – ICT Footprint	Outil d'autoévaluation en ligne	X				

Tableau 1 - Résumé des outils identifiés et analysés

Comme pour les publications, nous observons l'apparition d'un foisonnement de nouveaux outils.

Pour la quasi-totalité de ces outils, un enjeu majeur **est la qualité et l'homogénéité des données environnementales utilisées pour parvenir à une évaluation et à une réduction des impacts**. L'ensemble de ces outils se base, soit sur des extrapolations basées sur une conversion de la consommation d'électricité en geqCO_2 , soit sur des données issues de la littérature, de la base Impacts® ou de déclaration environnementale dont la méthodologie n'est pas homogène.

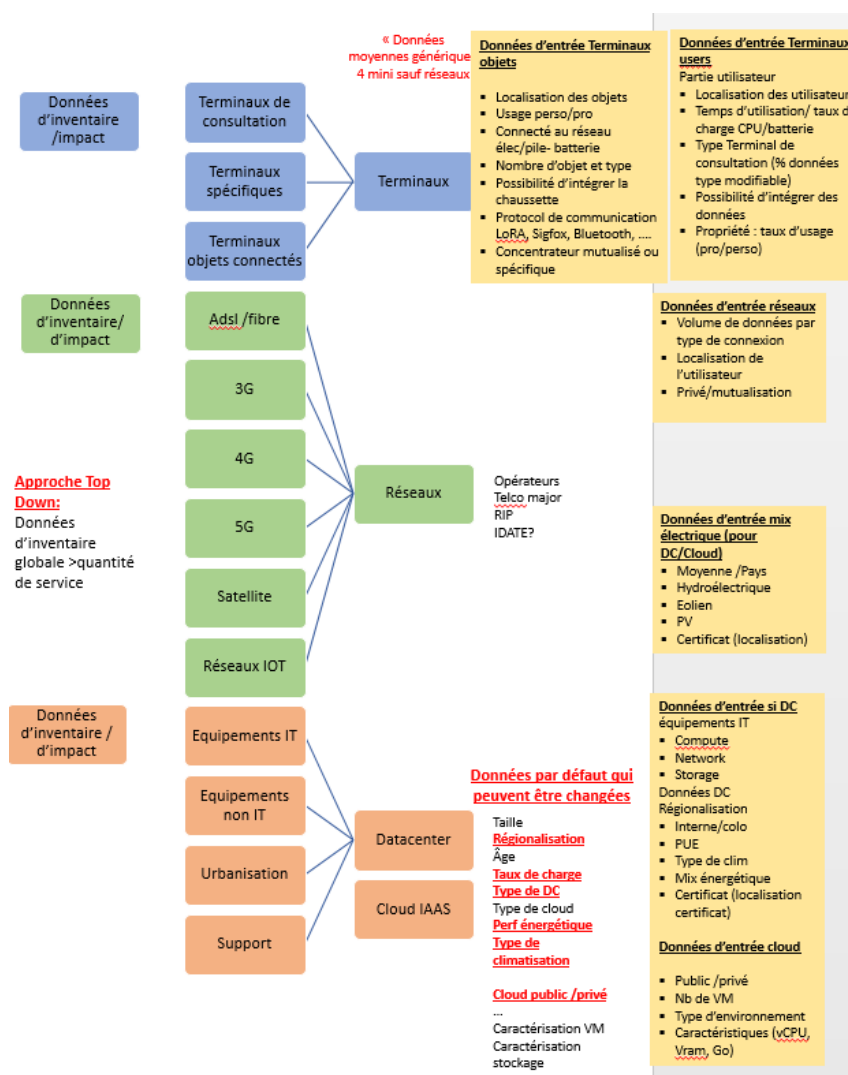
Nous avons donc fait le choix de recentrer le projet sur son cœur, à savoir :

- **La méthode d'évaluation pour aboutir à des résultats multicritères intelligibles** via l'alimentation des projets de RCP, la mise à disposition de l'indicateur MIPS et le test de l'applicabilité de la méthode PEF
- **La création de données homogènes à tous les niveaux du service numérique : du composant semiconducteur au tiers paramétré de l'infrastructure**

Tâche 3.2. – Étude des données d'inventaires existantes et disponibles

Afin d'anticiper les travaux à réaliser dans le cadre du lot 3, une liste des données nécessaires à l'évaluation des impacts environnementaux des services numériques a été réalisée sur la base :

- Des réflexions associées au périmètre et aux définitions
- Des paramètres de variations/facteurs d'allocations qui peuvent être identifiés a priori :



À l'issue de la tâche 3, le constat suivant a été fait : la majorité des données disponibles dans les bases de données usuelles sont les données associées aux terminaux de consultation.

Pour les impacts du réseau, aucune donnée publique fiable n'était disponible.

Concernant les impacts du datacenter, le modèle CleerModel propose une approche de paramétrage dans un contexte américain mais l'outil a un fonctionnement « boîte noire » qui n'est pas en accord avec les prérequis du projet.

Les bases de données d'ICV telles que EcoInvent, Gabi, EIME proposent uniquement des données à l'échelle équipement/terminaux voire composants mais il n'existe pas de données accessibles pour les deux autres tiers de l'infrastructure.

De plus, la mise à disposition de nouvelles données sur la production des semi-conducteurs et des écrans ont conduit à la reprise complète de la base de données EIME qui aurait dû être le socle de la base de données.

Pour finir, l'approche présentée dans cet état de l'art sera remise en cause lors du développement de la base de données.

Tâche 4 – Synthèse

Réalisation : Consortium – Validation : Comité consultatif

Voir paragraphes principaux enseignement ci-après

6.1.1.2. Principaux enseignements

Phase 1 – Analyse de la bibliographie générale - 2019-2020

Compte tenu des résultats des travaux précédents, nous pouvons affirmer que :

Le niveau de granularité « service numérique » est le niveau adapté. En effet, il permet de prendre en considération les impacts associés à la numérisation des pratiques et des services avec une approche systémique et exhaustive et donc, de mettre en lumière d'importantes voies d'écoconception.

La méthode d'analyse du cycle de vie est la méthode la plus appropriée afin de garantir une approche systémique, cycle de vie et multicritères. À ce jour, les données disponibles sont pour la majorité d'entre elles monocritères (GES ou énergie).

La méthode devrait permettre de répondre de manière documentée à des questions aujourd'hui non traitées telles que : Vaut-il mieux stocker dans le cloud ou en local ? Comment écoconcevoir un service numérique ?

On peut considérer l'article présenté à Avnir comme une synthèse intermédiaire et incomplète mais qui donne la teneur de l'analyse initiale.

Phase 2 – Analyse de la bibliographie spécifique - 2019-2020

Question de l'impact au niveau microscopique :

La modélisation des équipements IT doit intégrer une prise en compte fine de la partie semi-conducteurs, et les paramètres dimensionnant de l'impact environnemental pour les équipements IT sont notamment : la surface de silicium, l'implantation sur le die de silicium et le taux de chute. Ces trois paramètres conduisent à devoir paramétrer les impacts environnementaux des équipements IT en fonction de leurs CPU, GPU, RAM et capacité de stockage en complément de paramètres précédemment connus tels que la taille et le type d'écran.

Question de la prise en compte des effets indirects :

La prise en compte des effets indirects est essentielle, de par l'importance relative de ceux-ci, aussi bien concernant le potentiel de réduction d'impact (IT for green) que le risque d'effets indésirables d'augmentation des impacts. L'ordre de grandeur de ces effets indirects est peu connu à l'heure actuelle, mais certaines études l'estiment supérieur aux effets directs. À titre d'illustration, l'étude « Étude sur la caractérisation des effets rebond induits par le télétravail » de l'ADEME montre que les effets rebond et la façon de gérer la mise en place de services physiques et numériques autour du télétravail peut fortement faire varier les impacts, jusqu'à rendre le télétravail bénéfique, ou au contraire empirant les impacts environnementaux. Ces impacts sont cependant difficiles à quantifier dans des délais et des ressources abordables pour la plupart des praticiens ACV, et demandent l'intervention d'experts de domaines variés (économistes, sociologues, comportementalistes, etc.). D'autre part, ils génèrent une forte incertitude du fait de leur caractère prévisionnel, dans un domaine comme les services numériques soumis à de fortes évolutions et des sauts technologiques. Il est cependant possible de les identifier et de les catégoriser. Pour cela, différentes classifications sont possibles. L'étude « Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology » est à ce jour l'étude la plus poussée sur la classification des impacts indirects des services numériques. Si elle se concentre sur une approche énergétique, sa méthodologie est applicable pour la réalisation d'ACV.

Question de la méthode d'affectation : coût environnemental de possession et coût environnemental d'usage

Les services numériques sont souvent utilisés en substitution de services classiques. Leurs profils d'impact sont différents, avec des causes et des conséquences spécifiques. Parmi ces différences, il y a notamment un report des impacts depuis les phases de production, distribution, installation et fin de vie, vers la phase d'utilisation. En effet, les services numériques font appel à des équipements consommateurs d'électricité et de données qui génèrent des impacts environnementaux. Cela produit une modification d'une partie des causes d'impact, depuis un coût de possession (les impacts sont conditionnés à l'acquisition du produit) vers un coût d'usage (les impacts sont conditionnés à l'usage du produit). Si cette modification est à relativiser (une partie importante, voire majoritaire des impacts, reste associée à la fabrication des terminaux), l'usage détermine également le dimensionnement des infrastructures réseaux (de manière cumulative pour l'ensemble des consommations) et serveurs (de manière ciblée sur le service numérique concerné). Cette vision revient à considérer la consommation et l'usage de données (réseau et serveurs) comme une ressource générant des impacts, au même titre que la consommation d'électricité. Ressource dont il convient de limiter l'usage dans une démarche d'écoconception.

Aujourd'hui, l'approche des services numériques que nous proposons inclut à la fois le coût de possession et d'usage

Question du coût environnemental moyen et coût environnemental marginal

Les services numériques sont généralement interconnectés de par l'utilisation d'équipements partagés. Ces équipements sont parfois présents de manière indépendante au service étudié. Par exemple, un service de mail utilise des équipements terminaux (ordinateurs, tablettes, smartphones) mais n'est pas directement la cause de leur production. Ces équipements seraient acquis et produits de toute façon.

Deux visions sont ainsi possibles :

- Calcul du coût moyen : il correspond au calcul classique réalisé en ACV : les impacts liés à la production des équipements déjà utilisés sont alloués au service par rapport à une clé d'allocation qui dépend de chaque situation
- Calcul du coût marginal : il correspond au coût lié à l'accroissement des impacts environnementaux suite à la mise en place du service par rapport à la situation précédente. Il exclut la production des équipements déjà utilisés.

À noter que dans le cadre du calcul du coût marginal, un équipement peut avoir une partie des impacts associés au service (consommation d'électricité en mode actif), et d'autres non (fabrication, consommation d'électricité en mode veille, etc.)

Se pose ainsi la question de la responsabilité des parties prenantes par rapport aux impacts des équipements partagés et des leviers d'actions envisageables dans le cadre d'une démarche d'écoconception :

- Si l'infrastructure n'est pas installée préalablement au service, ou si elle est dédiée intégralement à celui-ci sur une période donnée, le coût marginal et le coût moyen sont confondus. La réduction des impacts implique de limiter la nécessité de nouveaux équipements, et peut entraîner la recherche de mutualisation des fonctions sur des équipements déjà existants, par exemple en favorisant un affichage déporté sur smartphone plutôt qu'un afficheur dédié.
- Si l'infrastructure est installée et non dédiée intégralement au service sur une période donnée, le praticien doit déterminer s'il choisit une approche de coût marginal ou de coût moyen. Idéalement, il peut calculer les impacts selon les deux approches pour disposer de prismes de lecture complémentaires ? . La réduction des impacts implique d'optimiser le service afin que celui-ci limite l'utilisation de ressources de bande passante, de calcul et/ou de stockage sur les équipements utilisés afin de réduire la consommation d'énergie et de limiter l'obsolescence des équipements et ainsi leur remplacement.

Cette problématique n'est pas traitée dans les pilotes mais est revenue systématiquement dans les phases d'interprétation. C'est un point d'ouverture clé dans le cadre de la réalisation d'ACV de services numériques à terme et d'ouverture vers l'ACV conséquente.

Questions des usages multiples d'un service numérique :

Comme tout bien couvert par une ACV, les services numériques peuvent couvrir plusieurs fonctions, ou plusieurs scénarios d'usages relatifs à une fonction commune. Cependant, la multiplicité des acteurs œuvrant autour d'un même service numérique entraîne une forte variété d'usages potentiels par rapport à un bien classique.

La compréhension de ces différents usages effectifs et fonctions est essentielle afin de déterminer les impacts environnementaux de ces services de manière pertinente. Plus encore, identifier les acteurs impliqués dans ces usages permet d'identifier les leviers d'action permettant de réduire les impacts avec plus de précision.

Deux éléments sont à différencier :

- Usage différent : un même service numérique remplit une fonction via plusieurs scénarios d'usage différent. Exemple : un service de vidéo à la demande peut être utilisé via un ordinateur, une tablette, un smartphone, grâce à un réseau filaire ou mobile, et sur différentes architectures serveur.
- Fonction différente : un même service numérique peut remplir plusieurs fonctions. Exemple : un réseau social peut avoir pour ses utilisateurs une fonction d'échange d'informations au format texte, photo ou vidéo, et pour son gestionnaire une fonction de collecte de données et de maximisation des revenus publicitaires.

Ces éléments ne sont pas spécifiques aux services numériques, mais l'explosion des usages, dont beaucoup sont très spécifiques (ex : ACV de la lecture du journal sur le smartphone avec le wifi du train), ainsi que parfois l'impossibilité de séparer les fonctions à travers des règles d'allocation, entraîne une importance accrue à la prise en compte de cet aspect.

6.1.1.3. Ouverture

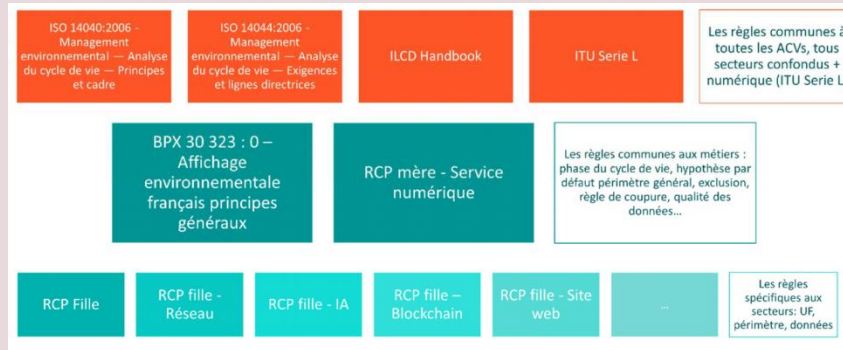
Apport du lot 2 au-delà du projet NegaOctet

Les travaux réalisés dans le cadre du projet NegaOctet ont permis une élaboration plus aisée des règles par catégories de produit nécessaire à l'élaboration d'un affichage environnemental pour les services numériques, et particulièrement les réseaux de télécommunication, répondant ainsi aux exigences de l'article 13 de la loi AGECE :

III.-Après le 1 du I de l'article 6 de la loi n° 2004-575 du 21 juin 2004 pour la confiance dans l'économie numérique, il est inséré un 1 bis ainsi rédigé :

« 1 bis. À compter du 1er janvier 2022, et dans le respect de la loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, les personnes mentionnées au 1 informent également leurs abonnés de la quantité de données consommées dans le cadre de la fourniture d'accès au réseau et indiquent l'équivalent des émissions de gaz à effet de serre correspondant.

« Les équivalents d'émissions de gaz à effet de serre correspondant à la consommation de données sont établis suivant une méthodologie mise à disposition par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. »



En effet, deux RCP ont pu être élaborés sur la base des travaux réalisés ici :

- Le RCP mère pour les services numériques : référentiel méthodologique d'évaluation environnementale des services numériques
- Le RCP fille relatif aux réseaux de télécommunication : référentiel méthodologique d'évaluation environnementale de la Fourniture d'Accès Internet (FAI)

Disponibles ici : <http://www.base-impacts.ademe.fr/gestdoclist>

D'autres référentiels sont en cours d'élaboration.

6.1.2. Lot 3 – Création d'une base de données d'inventaires du cycle de vie

6.1.2.1. Déroulement de la tâche

Lot 3 – Création d'une base de données d'inventaires du cycle de vie					
Responsable du lot	LCIE				
Durée	36 mois				
Début	Novembre 2018				
Partenaires impliqués	LCIE	DDemain	NEUTREO BY APL	GreenIT.fr	
Livrable(s) associé(s)	Note de cadrage pour l'homogénéité de la base de données (publique) Base de données d'inventaires du cycle de vie (privée + données pour intégration dans la base impacts®)				
Contenu					
Objectifs					
- Développer une base de données d'inventaires du cycle de vie : complète, robuste, homogène (notamment en terme de périmètre, de frontières du système et d'indicateurs), documentée (source, représentativité temporelle, technologique, qualité) permettant l'alimentation de l'outil développé dans le cadre du lot 3 et le respect de la méthode issue du lot 1.					
Constat – Alerte					
Les données d'impacts, notamment dans la littérature, sont peu disponibles et les données nécessaires à une évaluation fine des impacts d'un service numérique, quant à elles, sont nombreuses. Ce sont plus d'une centaine de données qui devront être mises à jour ou développées (contre 40 initialement prévues) pour évaluer et proposer des pistes d'écoconception. À partir de cette centaine de briques de base, nous avons réussi à établir environ 500 ICV. De plus, il s'agit de faire des collectes de données primaires, ce qui nécessite la mobilisation de partenaires extérieurs dont les partenariats se concluent dans un temps long.					
Méthode					

La méthode de développement des inventaires du cycle de vie est largement basée sur les recommandations issues du ILCD handbook et des travaux du PEF afin de permettre une utilisation dans un contexte large et international.

Critères de réussite

Possibilité de réaliser une ACV comparative de logiciels (lot 4) avec des données conformes aux exigences du référentiel ISO 14040 avec une règle de coupure au moins égale à 5%.

Programme détaillé des travaux

NOTE Les tâches initialement prévues dans le dossier ont été modifiées afin de pouvoir répondre au mieux au nouveau contexte.

Tâche 1 – Définition des paramètres communs à l'ensemble de la base de données

Pilotage et réalisation : LCIE – Validation : DDemain – NEUTREO BY APL – GreenIT.fr

Afin de garantir homogénéité et compatibilité entre les **frontières du système, la granularité, les représentativités (géographique, technologique, temporelle)** et de permettre à l'organisme de vérification Tierce Partie de faire ses vérifications selon un référentiel établi et fiable, un rapport méthodologique de développement des données a été élaboré.

Tâche 2 – Harmonisation et documentation des données existantes selon les paramètres définis en tâche 1

Réalisation : LCIE

Il s'est agi ici d'adapter et de mettre à jour les données qui sont déjà en la possession du consortium selon le format défini dans la tâche précédente. Ce travail a été réalisé sur deux données notamment afin de lancer les vérifications effectuées par EcoInfo et de consolider la méthodologie.

Cette tâche a finalement porté sur l'ensemble des données de semi-conducteurs.

Tâche 3 – Développement des données d'inventaires complémentaires

Réalisation : LCIE – Aide à la collecte : NEUTREO BY APL – DDemain – GreenIT.fr

Le développement des données s'est effectué à quatre niveaux :

- **Niveau 0 - Semiconducteurs**
- **Niveau 1 - Composants numériques** : Dalle écran tactile et non tactile, SSD, HDD, RAM, processeur, carte mère, cartes graphiques, châssis, ventilateur, lecteur DVD, alimentations, etc.
- **Niveau 2 – Équipements génériques et spécifiques** : Équipement terminaux (TV, PC, Smartphone, etc.), équipements réseaux (box, DSLAM, ONT, OLT, etc.), équipement du datacenter IT (serveur, baie, etc.), équipement du datacenter non IT (climatisation, groupe électrogène, etc.)
- **Niveau 3 - Niveau tiers de l'infrastructure** : Datacenter par typologie/ technologie et niveau de performance, réseaux fixes (ADSL, FTTX par ligne et par Go), réseaux mobiles (3G, 4G, (5G) par ligne et par Go), services cloud dans le datacenter par type (cloud public, cloud privé + localisation : IAAS (VM, stockage), PAAS (BDD) données moyennes)
- **Niveau 4 – Niveau Services numériques** : Envoi d'un email, streaming vidéo, téléchargement de fichier, stockage de données dans le cloud, utilisation d'une montre connectée, webconférence, requête web

Pour chaque niveau, une revue de quelques données a été réalisée afin de valider la méthodologie.

Tâche 3.0 – Mobilisation des partenaires

Réalisation : APL

Afin de disposer d'un maximum de données primaires, nous avons :

- Sollicité le comité consultatif
- Sollicité nos réseaux
- Rencontré des acteurs du réseau et du datacenter
- Discuté de contrats de partenariats sur le sujet
- Signé des accords de confidentialité.

Les acteurs sollicités à ce jour dans le cadre de partenariat **pour le développement de la base de données** et ayant répondu présent sont les suivants :

- Terminaux et équipements : Nodixia & Ecologic
- Réseau : Orange (validation par les comités décisionnaires, négociations des conditions de partenariat), SFR (première rencontre), Sigfox (première rencontre)
- Datacenter : Eolas – Business et Décision (présentation du projet et visite du datacenter ; partant pour un partenariat)

Tâche 3.1 – Collecte de données

La collecte des données est réalisée par (en ordre d'intérêt décroissant) :

- La collecte de données de terrain au sein du comité consultatif
- La mise en forme de données existantes chez l'un des partenaires projet selon les exigences définies en tâche 1
- La compilation de données de terrain et de données issues de la littérature technique
- La mise en forme de données issues de la littérature

Nous avons privilégié le développement de données primaires ou la mise à jour de données primaires en notre possession, les autres pistes seront explorées uniquement si nous n'obtenons pas ces dernières.

Collecte de données sur les équipements



Pour ce faire, nous avons organisé le premier atelier de rétro-ingénierie OU reverse engineering en juin 2019. Lors de cet atelier, plus de 30 équipements ont été mis à disposition par Nodixia et démontés afin de réaliser une collecte de données primaires. Voir vidéo ici : <https://youtu.be/VPq4FA2eAIs>

Collecte de données sur le réseau

Les impacts du réseau sont probablement les impacts les moins connus mais nous avons la chance de travailler avec un partenaire de qualité, à savoir Orange. De plus, dans le cadre des travaux réalisés pour le compte de l'ADEME sur le RCP fille pour les fournisseurs d'accès internet, nous avons pu récolter des informations qui nous ont permis d'élargir notre vision. Nous disposons donc d'une vision macroscopique des impacts des réseaux filaire et mobile (sans possibilité de distinguer les technologies à ce stade).

Dans le cadre de ces travaux, plus de 320 kg d'équipements ont été démontés et analysés pour parvenir à la réalisation de la base de données.

Tâches 3.2 et 3.3 – Développement des données et mise à disposition des données

Les données ont été développées dans le logiciel EIME. Chaque donnée majeure fait l'objet d'une fiche de documentation au format ILCD entry level.

Une fois les données majeures développées, des modèles ont permis de réaliser des déclinaisons en fonction des références de matériel ou de service au travers de configurateurs.

Les données seront mises à disposition, à la fois dans un node ILCD au format inventaire du cycle de vie, et à la fois dans un fichier excel sous la forme de facteurs d'émissions.

Tâche 4 – Vérification de l'ensemble de la base de données

Réalisation : NEUTREO BY APL – DDemain – GreenIT.fr – Prestataire externe de revue critique

La vérification des données est réalisée :

- En interne et en premier lieu par les acteurs du projet n'ayant pas participé à la réalisation des inventaires (NEUTREO BY APL, DDeMain)
- En externe, par Ecoinfo

La vérification effectuée par Ecoinfo a permis de valider la méthodologie à chacun des niveaux 1 à 4. Elle ne porte pas sur l'ensemble des données mais sur des données stratégiques :

- Fabrication des semi-conducteurs
- Fabrication des terminaux et des équipements
- Fabrication des équipements DC et réseau
- Articulation des tiers de l'infrastructure : réseau, datacenter

Cette vérification a permis de renforcer la robustesse des données et la cohérence de la base de données.

Figure 8

6.1.2.2. Articulation de la base de données

Les données développées sont présentées selon cinq niveaux. Chaque niveau successif étant assuré par la combinaison des données du niveau antérieur :

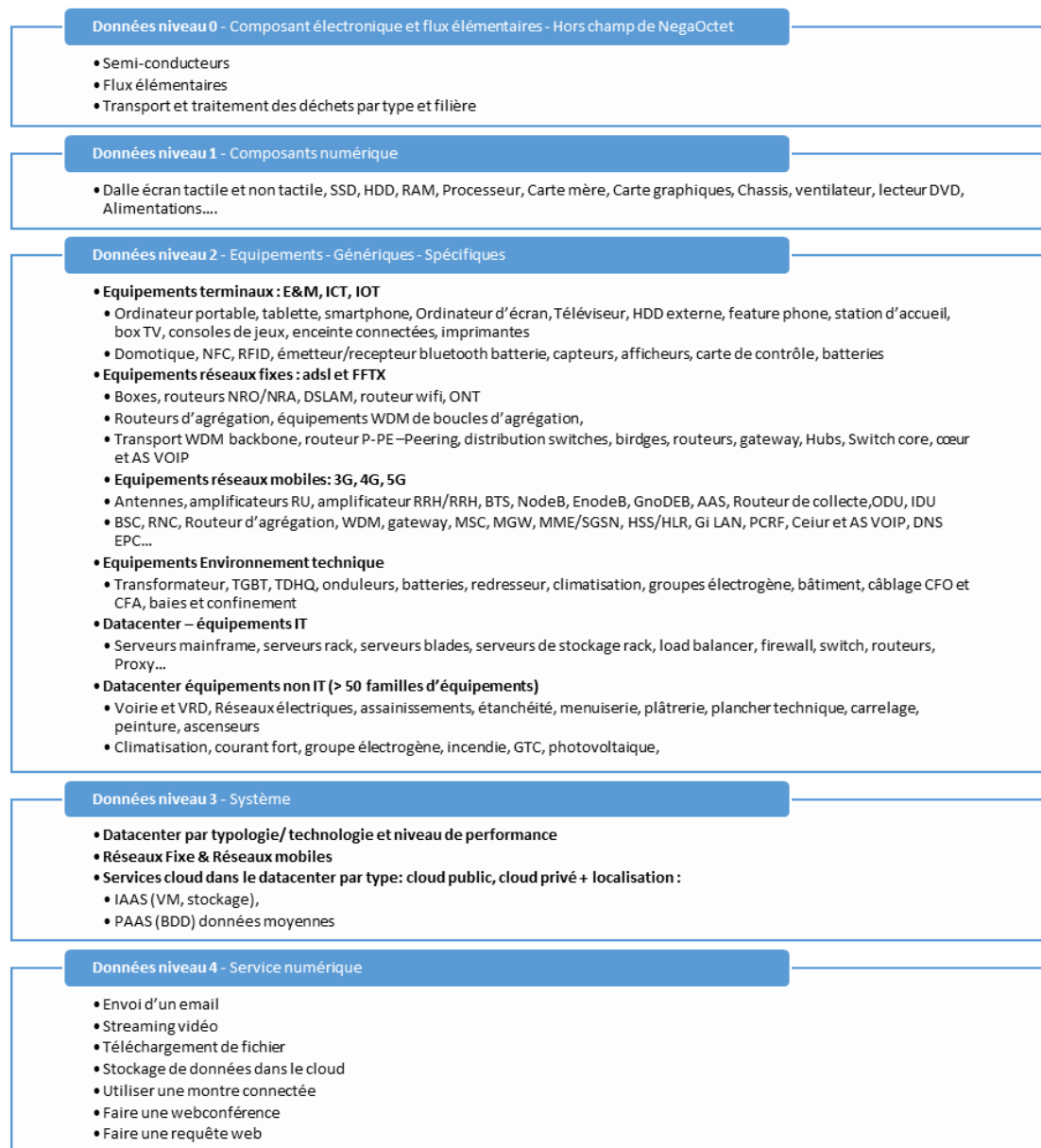


Figure 9 - Synthèse articulation de la base de données

6.1.2.3. Création d'une donnée d'équipement – Du niveau 0 au niveau 2

6.1.2.3.1. *Introduction*

Un équipement numérique (qu'il soit terminal ou intégré dans un datacenter) est composé de manière relativement similaire, il présente :

- Un boîtier
 - o Carte mère
 - o Carte graphique
 - o Mémoire
 - o Carte de puissance
 - o Autres cartes
- Des équipements de stockage
 - o Disque dur : SSD ou HDD
- Carte mémoire
- Un écran (optionnel)
 - o LCD ou OLED
- Une/Des alimentations
 - o Alimentation interne ou externe
 - o Pile/Batterie + chargeur
- Des connecteurs
- De la filerie
 - o Câble cuivre ou fibre

Au cours de nos analyses, nous avons pu identifier que la majorité des impacts au niveau de la fabrication provenait :

- Des composants de puissance : CPU
- Des composants de mémoire : RAM
- Des équipements de stockage : SSD en particulier
- Des écrans.

Les écrans ont fait l'objet d'une mise à jour spécifique que nous ne détaillerons pas ici. Les autres composants ont ensuite tous en commun l'utilisation de semi-conducteurs en silicium dont la production a un impact prépondérant qu'il a fallu consolider.

6.1.2.3.2. *Étape 1 – Travail au niveau du composant (Niveaux 0/1)*

Résumé du processus

Au cours de nos travaux, nous avons pu consolider nos données à tous les niveaux de la production d'un composant semi-conducteur. Rendant celui-ci paramétrable et permettant ainsi de paramétrer des types de CPU, RAM et composant de stockage. Le processus est résumé ci-dessous :

Étape 1: Fabrication du wafer de silicium

La première étape de création de la puce semiconductrice (die) consiste en la création du wafer (disque de 200 à 300 mm de diamètre étant dopé pour créer les puces).

Étape 2 : Paramétrage de la taille de la puce et du nombre de masques

Pour un composant donné, il faut définir :

- La surface de la puce
- Le nombre de masques

Une abaque a été créée pour faciliter ce paramétrage.

Étape 3 : Découpage de la puce et pertes

Une fois la surface de la puce connue, il faut déterminer le rendement (yield). En effet, de par les pertes de coupe (kerf), les pertes de bord, et les puces ayant des défauts (considérant une densité de défaut de 0,15 défauts par cm²), il est possible de calculer la quantité de pertes.

Étape 4 : Encapsulation

Enfin, la puce est encapsulée afin d'être utilisable par les concepteurs de cartes. Il existe différents designs d'encapsulation. À titre d'exemple, on pourra citer les composants de type PBGA, utilisés pour les mémoires et processeurs.

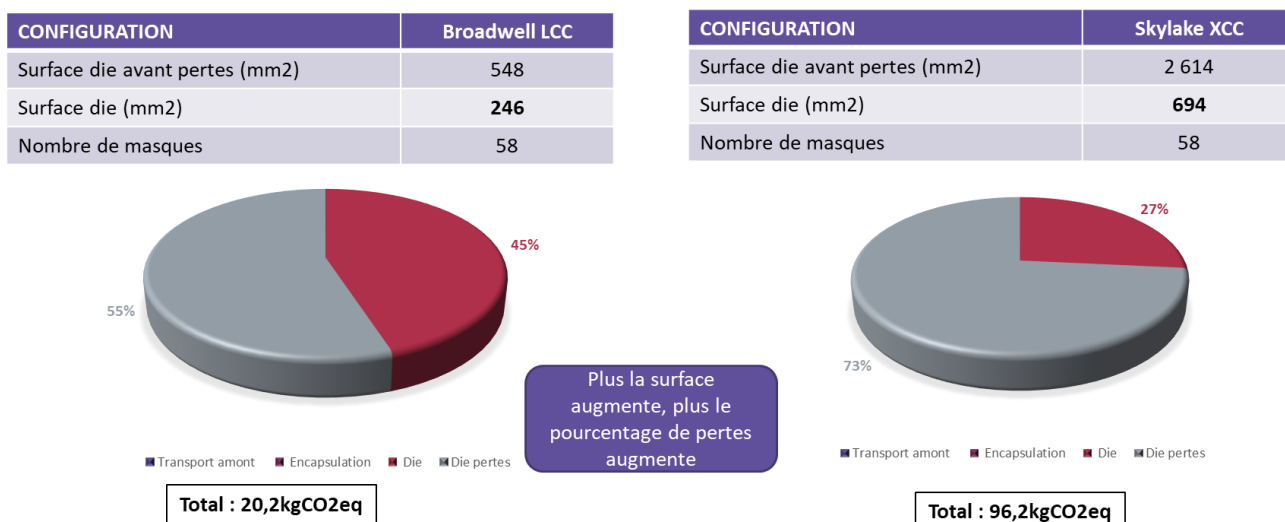


Figure 12 – Évolution des impacts en fonction de la surface de die

- Le second paramètre dimensionnant de l'impact est la surface de die :
 - o de manière directe : plus celle-ci est grande, plus l'impact augmente
 - o de manière indirecte, chaque surface est à l'origine de pertes dont la quantité n'évolue pas de manière linéaire mais en fonction de la place disponible sur un wafer

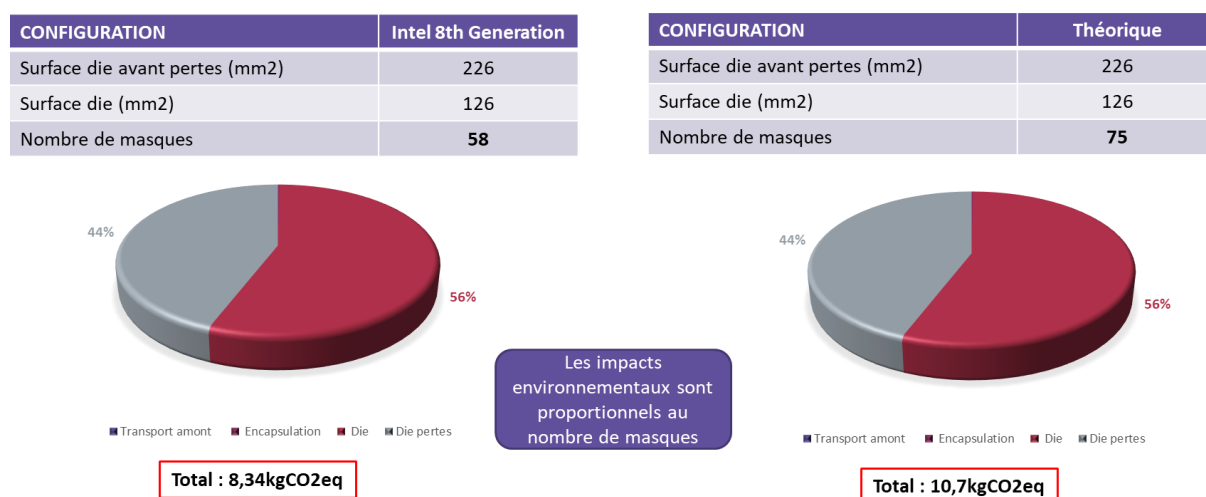


Figure 13 - Répartition des impacts de la production des semiconducteurs à surface équivalente - Variation en fonction du nombre de masques

6.1.2.3.3. Étape 2 – Travail au niveau des sous-ensembles

Éléments techniques

Une fois les composants caractérisés, ceux-ci sont parfois intégrés au niveau de sous-ensembles, tels que les disques durs. Un travail particulier a été fait sur le sujet. En effet, au cours de l'étude, il est apparu qu'une différence significative était à considérer entre un stockage sur disque dur SSD (technologie basée sur des composants semiconducteurs) et sur disque dur HDD (technologie basée sur la gravure sur galette d'aluminium – plus mécanique).

De plus, les technologies de SSD sont variables, ce qui entraîne une variabilité importante des impacts environnementaux.

	Bits par cellule	Vitesse d'écriture	Durée de vie	Prix	Utilisation
Single Level Cell (SLC)	1	++++	++++	++++	Industrie Entreprise
Multi Level Cell (MLC)	2	+++	+++	+++	Utilisateur Joueur
Triple Level Cell (TLC)	3	++	++	++	Utilisateur
Quad Level Cell (QLC)	4	++	++	+	Utilisateur stockage

Figure 14 - Description des différents types de technologie SSD

La technologie SSD Triple Level Cell est la plus courante. Chaque technologie nécessite un nombre de puces différent pour réaliser le stockage des données.

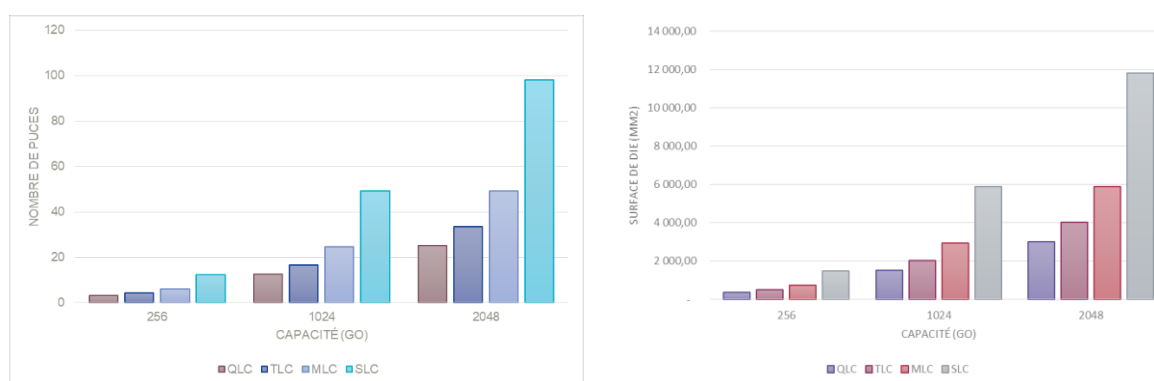


Figure 15 -Corrélation entre capacité de stockage et nombre de puces , entre capacité de stockage et surface de die en fonction des technologies

Suite à l'analyse de la littérature, il apparaîtrait que les différentes technologies aient une durée de vie variable ; nous n'avons pu approfondir ce point. Mais la durée de vie des supports d'archivage est une question centrale car, en plus d'être plus impactants, il semblerait que les disques durs SSD aient une durée de vie plus faible.

Le même raisonnement (en termes de capacité vs taille de die) est appliqué à la RAM.

Présentation des impacts

On observe une variation d'impacts significative entre les différentes technologies de stockage et de mémoire. En effet, au sein d'une même famille de stockage (à savoir le stockage SSD) et pour une même capacité, on observe une variation d'impacts allant jusqu'à 3,8, portant ainsi l'impact de la fabrication d'un disque dur SSD de 2To de 137 kgeqCO₂ à 525 kgeqCO₂.

La durée de vie des supports de stockage est un sujet à creuser, car en parallèle il semblerait que le SLC ait une durée de vie plus importante, mais ce sujet n'a pu être investigué plus avant. L'augmentation de la durée de vie pourrait compenser en partie l'écart, mais il ne semble pas réaliste que la différence soit de l'ordre d'un facteur 4.

En revanche, l'impact de la RAM évolue de manière linéaire. Nous n'avons pas été en mesure de mesurer l'impact des différentes technologies de RAM. On observe un impact de l'ordre de 2,3 kgeqCO₂/Go de RAM.

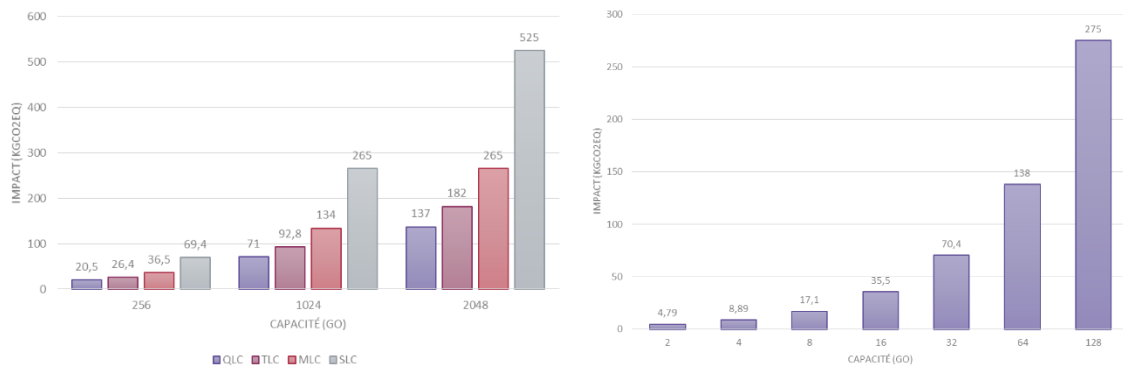


Figure 16 - Variabilité de l'empreinte carbone des SSD et RAM en fonction de la capacité et de la technologie

Ouverture et perspective

Compte tenu de l'impact conséquent des technologies de stockage SSD et de l'enjeu de résilience de notre système d'information, un travail devrait être mené sur la qualification de la durée de vie des différents équipements. En effet, on notera que l'évolution des technologies de stockage (du papier au disque dur) est à l'origine :

- D'une augmentation des volumes de données stockables
- D'une meilleure disponibilité des données

Mais a contrario, on notera :

- Une augmentation du volume de données à stocker
- Une non-distinction entre données importantes et données non désirés (spams, photos ratées, etc.)
- Une diminution de la fiabilité du support avec une diminution de la durée de stockage avant besoin de duplication

Par ailleurs, il semblerait pertinent de mener le même travail d'analyse des technologies pour la RAM que pour le SSD.

6.1.2.3.4. Étape 3 – Travail au niveau de l'équipement

Éléments techniques de modélisation

Une fois les composants caractérisés, ceux-ci sont intégrés au niveau des équipements selon l'architecture type définie en introduction. Cette architecture a été intégrée dans le logiciel EIME, permettant ainsi un paramétrage des données pour obtenir différentes configurations.

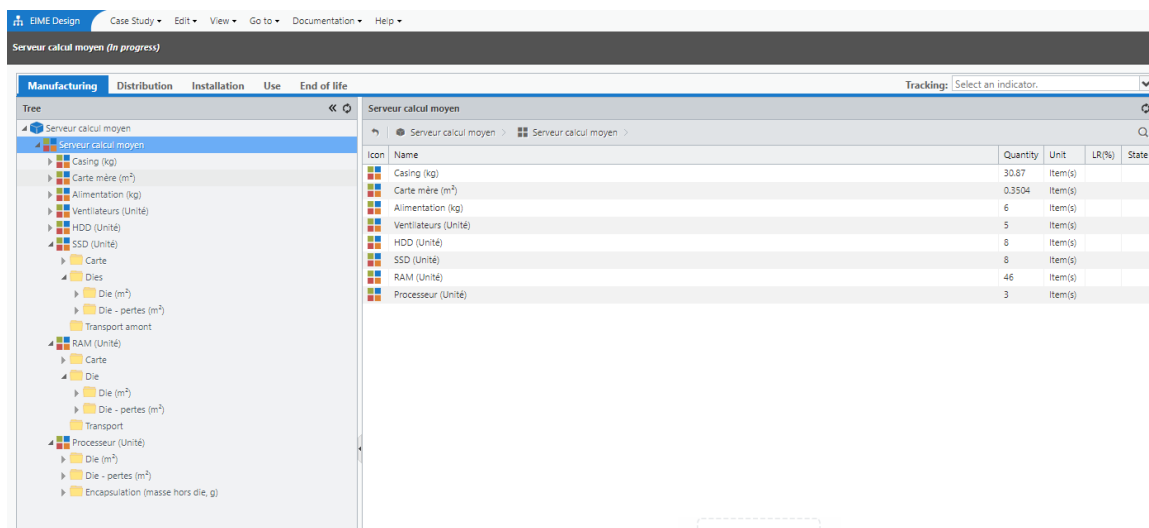


Figure 17 - Modèle paramétrable intégré dans EIME

L'intégration dans le logiciel EIME permet le calcul des indicateurs, le tracking des contributeurs et la compréhension des sources d'impacts.

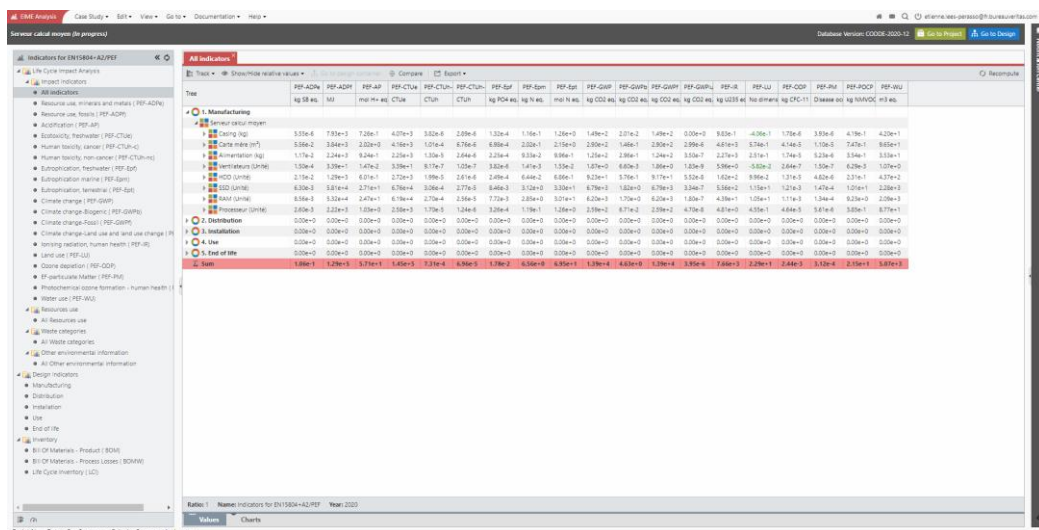


Figure 18 - Résultat d'impact pour un équipement

Principaux résultats

L'analyse des résultats obtenus dans le cadre de ces modélisation nous a permis de remarquer que :

- Pour des équipements sans écran, les impacts étaient répartis entre stockage (si SSD), RAM, CPU et carte mère
- Pour des équipements avec écran, l'écran occupe une place prépondérante mais non majoritaire

6.1.2.3.5. Étape 3 – Configuration des références

Éléments techniques de modélisation

On observe de fortes variations d'impacts (changement d'ordre de grandeurs) entre différentes configurations. Ainsi, grâce aux configurateurs issus du logiciel EIME, il est possible d'extraire les impacts de différentes configurations d'équipements. Les données nécessaires à la configuration des impacts pour un ordinateur sont les suivantes :

Données nécessaires pour les serveurs et PC			
Général			
Masse totale	kg	Optionnel	
Surface carte mère	m ²	Optionnel	
Surface autres cartes	m ²	Optionnel	
Processeur			
CPU : surface du die	mm ²	Optionnel	
Référence du/des CPU		Obligatoire	
Carte graphique			
GPU : surface du die	mm ²	Optionnel	
Référence du/des GPU		Obligatoire	
SSD			
Technologie de SSD (SLC, MLC, TLC...)		Obligatoire	
Nombre de SSD		Obligatoire	
Capacité des SSD (total)	Go	Obligatoire	
HDD			
Nombre de HDD		Optionnel	
Capacité des HDD (total)	Go	Optionnel	
RAM			
Nombre de RAM		Obligatoire	
Capacité des RAM (total)	Go	Obligatoire	
Autres			
Masse de l'alimentation	kg	Optionnel	
Nombre de ventilateurs		Optionnel	

Figure 19 - Paramètres d'entrée pour configurer les impacts d'un PC

Principaux résultats

Des analyses détaillées ont pu être pratiquées pour l'ensemble des équipements personnels et professionnels. Deux exemples sont présentés ci-dessous.

Il en ressort une prépondérance de l'impact de l'électronique en général dans l'impact des équipements (l'impact des boîtiers est souvent très faible, même si leur masse peut être importante). On observe une forte variation des impacts au sein d'une même famille de produits en fonction de la configuration du matériel, facteur 1 à 5 pour les PC à usage personnel, facteur pouvant aller jusqu'à 50 pour un serveur.

La répartition des impacts est très différente en fonction des indicateurs considérés, notamment entre l'épuisement des ressources naturelles et le dérèglement climatique.

UN EXEMPLE COMPLET : LE PC FIXE TYPE FAMILIALE

CONFIGURATION	PC fixe Familial
Boîtier- Masse (kg)	2,4
Ventilateur- Masse (kg)	0,084
Alimentation- Masse (kg)	1,2
Carte mère- Surface (cm2)	359
Processeur	Intel Core i5
Surface die (mm2)	150
Nombre de masques	58
Mémoire RAM - Nombre x Capacité (Go)	2x4
Carte Graphique	
Surface(cm2)	12 558 cm2
Poids Casing (g)	266g
Surface die (mm2)	132
Nombre de masques	58
SSD- Capacité (Go)	250
Disque dur HDD – Capacité (Go)	2 000
Graveur DVD- Masse (kg)	0,7

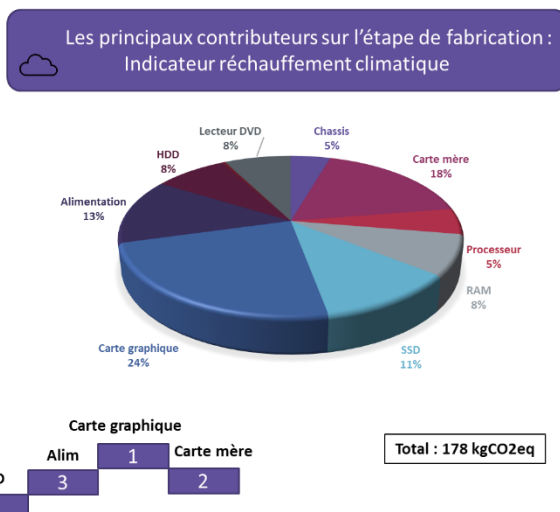


Figure 20 - Exemple de résultats pour un PC fixe (hors écran) – Dérèglement climatique

UN EXEMPLE COMPLET : LE PC FIXE TYPE GAMING

CONFIGURATION	PC fixe GAMING
Boîtier- Masse (kg)	6,8
Ventilateur	Inclus dans la carte graphique
Alimentation- Masse (kg)	1,7
Carte mère- Surface (cm2)	686
Processeur	Intel Core i9
Surface die (mm2)	192
Nombre de masques	58
Mémoire RAM - Nombre x Capacité (Go)	2x8
Carte Graphique	
Surface(cm2)	30 972 cm2
Poids Casing (g)	587g
Surface die (mm2)	545
Nombre de masques	58
SSD- Capacité (Go)	500
Disque dur HDD – Capacité (Go)	2 000
Graveur DVD- Masse (kg)	0,7

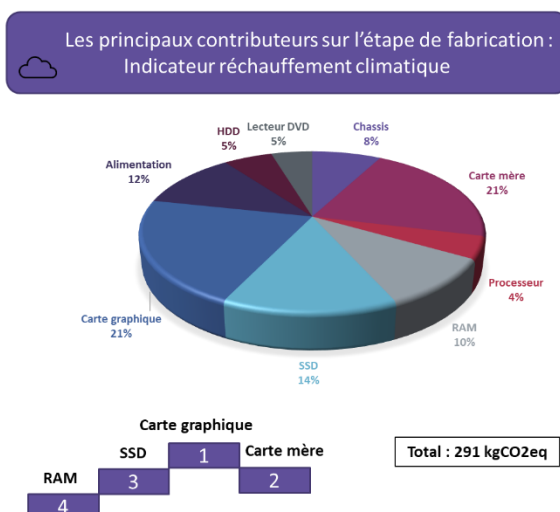


Figure 21 - Exemple de résultats pour un PC fixe type gaming (hors écran) – Dérèglement climatique

6.1.2.4. Création d'une donnée de tiers d'infrastructure – Le cas des datacenters

Les centres de données ou datacenters sont définis par la norme EN 50600-1 comme des structures ou un groupe de structures, dédiées à l'hébergement, à l'interconnexion et à l'exploitation centralisés des équipements de télécommunication des technologies de l'information et des réseaux fournissant des services de stockage, de traitement et de transport de données, ainsi que les installations et infrastructures de distribution d'énergie et de contrôle de l'environnement, mais aussi les niveaux nécessaires de résilience et de sécurité requis pour fournir la disponibilité de service souhaitée. Autrement dit, il s'agit des espaces dédiés à l'hébergement de la partie centralisée du système d'information des organisations. Cette définition couvre un large spectre de datacenters qui peut aller d'un serveur local d'une dizaine de mètres carrés intégré dans un bâtiment tertiaire à

un bâtiment dédié équipé de plusieurs milliers de mètres carrés de salles informatiques. Les datacenters doivent répondre à trois niveaux d'exigences complémentaires :

- La **résilience**, pour permettre un fonctionnement sans interruption 24/24 et 7/7. Plusieurs standards détaillent les prérequis de dimensionnement par niveau de disponibilité (Uptime Institute, EN 50600, TIA 942) ;
- La **sécurité physique** et logique, pour garantir l'intégrité des équipements et données hébergées ;
- La **performance** énergétique et **environnementale**, car les datacenters, à l'instar des autres acteurs du numérique, sont de plus en plus questionnés sur leurs impacts environnementaux.

Les datacenters se définissent selon plusieurs caractéristiques :

- **Leur taille**, qui peut varier de plusieurs dizaines de mètres carrés (exemple des salles informatiques associées aux espaces tertiaires) à plusieurs milliers de mètres carrés (exemple des datacenters dits hyperscale)
- **Leur typologie**, qui peut être dédiée à l'hébergement du système d'information d'une organisation **datacenter dit « interne »** ou bien opérée par un tiers qui va assurer le maintien en conditions opérationnelles et proposer à ses clients des services d'hébergement **datacenter dit « de colocation »** ou encore les datacenters dits « edge » principalement aux réseaux et aux usages nécessitant une très faible latence ou encore dits « HPC » (**High Performance Computing**) ; il s'agit des datacenters dédiés au calcul intensif
- **Leur architecture**, les datacenters pouvant être sous la forme de salles informatiques intégrées dans un bâtiment dédié à d'autres usages (tertiaires) ou bien sous la forme de bâtiments indépendants répondant à cette seule fonction
- **Leur densité**, exprimée en puissance électrique (kW ou kVA) installée par unité de surface de salle informatique (par baie ou par mètre carré) ; la densité correspond à la puissance électrique maximale utilisable par les équipements informatique sur une unité de surface

Le cloud ou cloud computing désigne l'accès via un réseau de télécommunications à des ressources informatiques partagées et configurables. Il peut être hébergé dans des datacenters situés en France ou à l'étranger, dans un datacenter propre d'un opérateur Cloud ou en colocation.

Les datacenters sont organisés en plusieurs types d'espaces et équipements correspondant à différentes fonctions et niveaux de services.

D'une part, **le niveau bâtiminaire** constitué par le bâtiment dont les éléments sont :

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Voirie et ouvrage en béton <ul style="list-style-type: none"> o Voiries (lourdes et légères + accès piéton) : couche isolation, forme, fondation et finition o Colonnes ballastées diamètre 400 mm o Matelas de répartition colonnes o Béton pour murets soutènement, radiers et extérieurs, infrastructures et superstructures o Murs de soubassements, prémurs o Dalles bétons o Bordures, seuils, relevés o Escalier béton o Enduit bitumeux o Isolation enterrée - Réseau électrique <ul style="list-style-type: none"> o Gaine et buses - Assainissement <ul style="list-style-type: none"> o Canalisations enterrées (EU/EP) o Réseau évacuation CVC et prélèvement DIEI EU/EV PVC o Caniveaux béton o Réservoir de rétention o Siphons o Drain - Étanchéité <ul style="list-style-type: none"> o Étanchéité + Isolation - Menuiserie (intérieure et extérieure) <ul style="list-style-type: none"> o Mur rideau grille o Porte vitrée | <ul style="list-style-type: none"> o Porte pleine un vantail o Portillon plein o Châssis o Cloison vitrée o Nappe caillebotis o Escalier acier galvanisé o Porte bois o Porte pleine acier o Plinthes bois o Revêtement bois mur, sol, plafond o Poteaux en acier galvanisé o Poutre en acier galvanisé - Plâtrerie <ul style="list-style-type: none"> o Cloison distribution 72/48 o Doublage simple o Flocage acoustique o Cloisons PLACOSTIL coupe feu - Plancher technique <ul style="list-style-type: none"> o Plancher technique dalles amovibles o Faux plancher creux non démontable o Revêtement + vérins o Tresse en cuivre (mise à la terre) - Carrelage <ul style="list-style-type: none"> o Protection sous carrelage SEL o Protection sous carrelage SPEC o Carrelage o Revêtement souple - Peinture - Ascenseur Vitré ?? |
|---|---|

L'intégration de ce niveau de granularité est assez inédit dans le cadre d'ACV. Les données d'entrée sont issues des connaissances accumulées par APL datacenter au fil du temps. Les données associées aux facteurs d'émissions sont issues notamment de la compilation de déclarations environnementales produits telles que EPD, FDES, PEP.

Le **niveau environnement technique**, qui regroupe les équipements dits « non IT ». Les fonctionnalités de ces équipements sont :

- La climatisation et le traitement de l'air pour maintenir les équipements informatiques dans des conditions environnementales (température et hygrométrie) compatibles avec leur fonctionnement
- La sécurisation et la distribution de l'électricité afin de garantir une alimentation continue et de haute qualité des équipements informatiques, même en cas de rupture de l'alimentation électrique du datacenter
- La protection contre les risques énergétiques, sismiques, d'intrusions...
- La sécurité physique avec un contrôle d'accès et une vidéosurveillance adaptée au contexte
- La connexion avec les réseaux de télécommunication opérateurs

Jusqu'alors, les impacts de l'environnement technique étaient uniquement pris en considération par le biais de leur consommation d'énergie au travers de la notion de PUE. Il est désormais possible d'intégrer les impacts de fabrication et de fin de vie des équipements et de compléter le périmètre de l'étude.

Le **niveau parc informatique** hébergé dans les salles informatiques, qui est composé de divers équipements de générations et contraintes différentes. Selon l'activité, la répartition du parc informatique varie. Il est cependant possible de classer ces équipements selon trois catégories de fonctionnalités :

- Le calcul et traitement de données via les serveurs
- Le stockage des données via les baies de stockage
- La connectivité réseau via les switches et routeurs

Grâce à la possibilité de paramétrer les impacts des serveurs et baies de stockage en fonction de leurs CPU, RAM et taille et mode de stockage, il est désormais possible de faire la différence entre les typologies de serveurs : serveur de calcul, hyperscaler, etc .

6.1.2.5. Revue des données

La revue a été réalisée par un panel de trois personnes (Françoise Berthoud, Laurent Lefevre et Guillaume Mandil). Un canevas de vérification a été proposé en conformité avec le référentiel ELCD Entry Level.

Elle porte sur l'ensemble des données mises à disposition de la Base Impacts®, et un échantillonnage sur la base de données NegaOctet incluant les données les plus critiques (wafer silicium, CPU, RAM, SSD, alimentation, carte mère, casing, disques durs, ordinateurs, smartphones, tablettes, écrans, réseaux, serveurs, cloud, services numériques, etc.)

Elle a commencé en janvier 2020 et est en cours de finalisation.

La vérification a permis, pour chaque donnée, de soulever des points forts, des points faibles, et des pistes d'amélioration. Celles-ci sont dépendantes de chaque donnée, en fonction des sources de données disponibles, et il n'y a donc pas de conclusion globale pour l'ensemble de la base de données.

L'ensemble des remarques émises par les vérificateurs a été pris en compte sur la totalité de la base de données.

6.1.2.6. Ouverture

Apport du lot 3 au-delà du projet NegaOctet

La réalisation de la base de données NegaOctet a permis de :

- Disposer de données **multicritères** homogènes pour évaluer l'impact environnemental d'un service numérique
- De mener des travaux de **consolidation et développement des données** à tous les niveaux de l'industrie du numérique :
 - Au niveau des composants : en mettant à jour les données associées à la production des wafers de silicium qui sont au cœur des impacts des semi-conducteurs, en mettant à jour les données sur la production des écrans LCD et OLED (basé sur les rapports RSE récents des grands fabricants), en effectuant une analyse sur l'impact des différentes technologies de stockage

Apport du lot 3 au-delà du projet NegaOctet

- Au niveau des équipements : en permettant la création de modèles paramétrables en fonction des caractéristiques techniques (qui sont aussi dimensionnantes d'un point de vue environnemental) à savoir le CPU, RAM et capacité/technologie de stockage
- Au niveau des réseaux : en mettant à jour les données de réseaux fixe et mobile (cet aspect a été fait de manière rigoureuse en combinant le référentiel NegaOctet et les données collectées dans le cadre des RCP pour les fournisseurs d'accès à internet)
- Au niveau des datacenters, en permettant :
 - Le passage de l'approche par PUE à une approche combinant PUE et intégration des impacts associés aux bâtiments et aux équipements de l'environnement technique
 - Le paramétrage des serveurs et équipements techniques en fonction de critères techniques : CPU, RAM, stockage mais aussi taux de charge
- De réaliser les évaluations sur l'ensemble des critères PEF et de procéder à la normalisation des indicateurs pour présenter l'intérêt du multicritère
- D'évaluer l'indicateur MIPS

Les données seront mises à disposition :

- Dans un node ILCD sous forme d'inventaire du cycle de vie pour les praticiens ACV et sous forme de facteurs d'émissions pour les autres. Ces éléments seront privés et mis à disposition de manière payante.
- Dans la Base Impacts® pour des usages clés de services numériques (envoi d'un mail, streaming de vidéo, téléchargement/upload de fichier, stockage de données dans le cloud, utiliser une montre connectée, Wwbconférence, requête web, et objet connecté avec son paquet d'info), d'équipements terminaux (ordinateur portable, tablette, smartphone, ordinateur fixe, écran d'ordinateur, téléviseur, alimentation - externe ordinateur portable, alimentation - externe smartphone et tablette, disque dur externe, SSD externe, clef USB, batterie de smartphone, box et montre connectée), d'équipements réseau et datacenter. Ces données sont mises à disposition de manière gratuite.



MISE À JOUR ET MAINTENANCE

Faire vivre la base de données nécessite des travaux annuels : création, mise à jour et vérification de données



ADHÉSION – CRÉATION DE DONNÉES SPÉCIFIQUES

La base de données créée comporte des données génériques. Il est envisageable de créer et d'intégrer des données spécifiques d'industriels



DÉVELOPPEMENT MÉTHODOLOGIQUE

Des développements pourront être faits en lien avec les règles méthodologiques (PCR, PEFCR, etc.) Création de bases de données sectorielles

Perspectives et sujets à investiguer

Afin de compléter la vision des impacts dont nous disposons, les sujets sont nombreux. Mais parmi eux, on peut considérer les deux, suivants comme prioritaires :

Apport du lot 3 au-delà du projet NegaOctet

- Durée de vie des équipements de stockage
- Variabilité des impacts de la RAM en fonction de la technologie

De plus, il est à noter que, compte tenu de la rapidité d'évolution du secteur, tant en termes de matériels que d'architectures de service, il est nécessaire d'envisager une suite à ce projet, qui devra :

- Permettre la mise à jour et la maintenance de la base de données
- Permettre l'enrichissement de la donnée
- Permettre l'élargissement du consortium d'acteurs en charge de sa gouvernance

6.1.2.7. Contenu de la base de données

Au delà de la mise à disposition gratuite dans Base Impacts® de données pour une soixantaine de services numériques et d'équipements pour des cas d'usages clés, la base de données NegaOctet sera commercialisée pour permettre un usage par les autres acteurs du marché. La mise à disposition est faite sous différents formats :

- Facteurs d'impacts sous format excel
- Inventaires du cycle de vie sous format .eime et node ILCD accompagnés de configurateurs
- Configurateurs

Ainsi, cette base de données consolidée intègre aujourd'hui plus de 800 références de produits ou services, déclinées sur les différentes phases du cycle de vie pour une dizaine d'indicateurs.



Figure 22 - Description de la base de données NegaOctet

6.1.3. Lot 4 – Création d'un modèle générique paramétrable pour l'évaluation de l'impact environnemental des logiciels/ services numériques

6.1.3.1. Déroulement de la tâche

Lot 4 – Création d'un modèle générique paramétrable pour l'évaluation de l'impact environnemental des services numériques					
Responsable du lot	LCIE				
Partenaires impliqués	LCIE	NEUTREO BY APL	GreenIT.fr	DDemain	
Livrable(s) associé(s)	Modèle paramétrable + Notice explicative				

Contenu

Objectifs

- Permettre l'évaluation de l'empreinte environnementale d'un service numérique
- Permettre l'identification des paramètres environnementaux significatifs à l'origine des impacts environnementaux du service
- Permettre le paramétrage de l'outil selon différents critères, tels que :
 - o Le type de projet : IoT, outil de gestion, plateforme, réseaux sociaux, média
 - o Le secteur d'activité : agriculture, transport, banque et services, énergie, eau, bâtiment
 - o La taille d'entreprise : startup, PME, grand groupes
 - o La localisation géographique des différents tiers

Critères de réussite

Applicabilité de l'outil dans le cadre de l'action collective sans besoin de retoucher l'outil

Programme détaillé des travaux

Après avoir initié le maquetage de plusieurs outils au format excel, ce lot n'a pas pu être réalisé dans sa totalité pour plusieurs raisons :

1- Par manque de temps, puisque la création de la base de données a nécessité beaucoup plus d'énergie et de temps qu'anticipé dans le cadre du projet.

2- Parce que, suite à la réalisation des différents pilotes, nous nous sommes aperçus que les calculateurs devraient être adaptés en fonction de :

- Type de services numériques :
 - Utilisateur : grand public ou industriel
 - Communication/Divertissement, IA, IoT, DeepLearning, domotique
- Accès des données de collecte :
 - o Le commanditaire connaît l'ensemble de la chaîne de valeur et dispose de métriques spécifiques pour l'ensemble des éléments :
 - Nomenclature des terminaux spécifiques
 - Composition de son datacenter et de l'infrastructure
 - o Le commanditaire sous-traite la gestion informatique ou fait appel à des services tiers et ne dispose que de factures de services ou d'hébergement (cas PaaS, IaaS)

3 – Parce que les indicateurs à calculer sont différents si on se place dans le cas de comparaison avec des services et produits non numériques.

Tier n°1 - Type terminaux									
Règle d'allocation : à quoi est ramené ce tier ? Global sur tous les users, ramené à 1UF ?									
MANUFACTURING									
Description du service									
Nom de l'équipement	Nombre d'équipements	Durée d'utilisation (H)	Produit reconditionné	amètre	amètre	amètre	amètre	amètre	amètre
Tablette									
USE									
Description du service									
Zone géographique									
Répartition de la consommation totale (kWh)									
France 70%									
Chine ...									
US ...									
Photovoltaïque 5%									
Cogénération									
Zone géographique									
Répartition de la production de l'énergie verte									
Hydroélectrique 10%									
Eolien ...									
Photovoltaïque ...									
Cogénération									

Figure 23 - Présentation de la maquette dans sa première version

Nous avons donc réalisé des calculateurs adaptés à chaque cas d'étude mis en œuvre lors des pilotes. Une mise en commun entre les accompagnateurs est prévue afin de réaliser un cahier des charges pour le développement d'un outil informatique (non excel) permettant de répondre aux enjeux ci-dessus.

6.1.3.2. Quelques exemples

6.1.3.2.1. Vision synthétique

La figure ci-dessous résume la philosophie générale de l'établissement d'un calculateur :

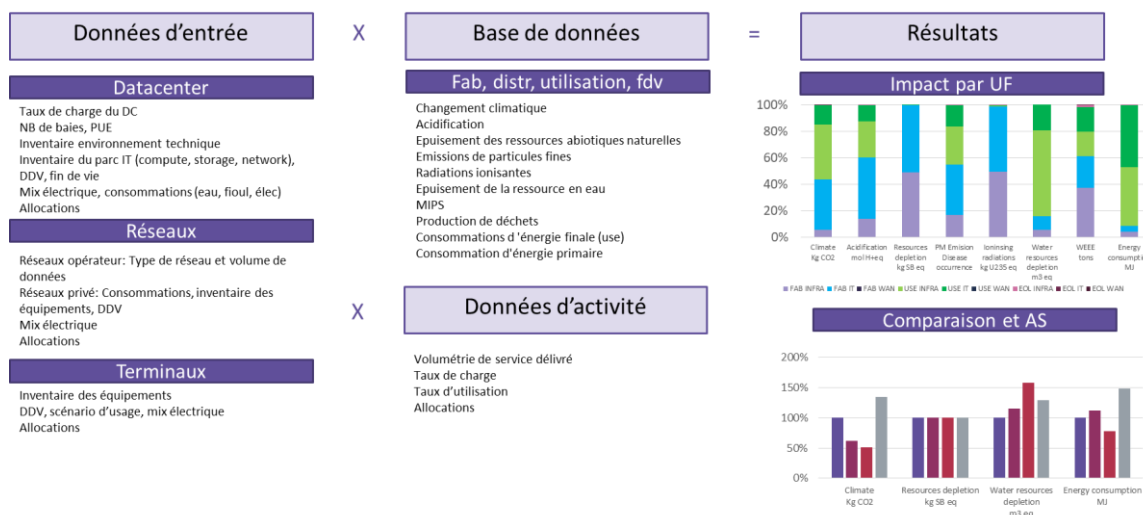


Figure 24 - Vision synthétique du processus d'évaluation pour mise au point d'un calculateur

6.1.3.2.2. Le cas CYME

Dans le cadre du projet pilote CYME, le LCIE Bureau Veritas a élaboré un calculateur environnemental spécifique au service numérique PEAKTO. Se basant sur un retour d'expérience des précédents outils développés par le consortium NegaOctet, le LCIE a ajouté des spécificités propres au projet :

- Les paramètres techniques décrivant le cahier des charges fonctionnelles du service numérique ont été inclus en tant que paramètre d'entrée du calculateur.
- Des terminaux spécifiques ont été ajoutés, notamment la prise en compte d'un serveur local de type Raspberry.
- Les impacts environnementaux sont calculés et présentés de manière mensuelle sur une période de 24 mois. Au fur et à mesure du déploiement du service, PEAKTO peut identifier l'évolution progressive de ses impacts.
- La notion d'unité fonctionnelle et d'acte métier a donc été remplacée par une unité déclarée mensuelle. Ceci correspond mieux au modèle économique de CYME.

Le calculateur permet de comparer l'impact environnemental de deux scénarios pour faciliter l'identification de pistes d'écoconception. Ce projet a mis en évidence le besoin d'adapter chaque calculateur NegaOctet aux spécificités du service numérique étudié. En l'absence de cet accompagnement spécifique, l'analyse environnementale ne répond que partiellement aux questions posées par les clients.

CALCULATEUR ENVIRONNEMENTAL DE SERVICE NUMERIQUE

CYME
SERVICE PEAKTO

Etude réalisée dans le cadre du projet NegaOctet



Date	27/08/2021
Version	1.0
Contacts	LCE Bureau Veritas Fémin DOMON Damien POUILLE

Méthodologie	Etude environnementale basée sur le projet NegaOctet, méthode co-développée par le LCE Bureau Veritas et ses partenaires (OCemarin, Neutres by API, et GreenIT.fr) permettant le développement de service numérique.
Service étudié	PEAKTO développé par CYME
Limites de l'étude	Les limites de l'étude sont décrites dans le rapport d'accompagnement. La reproduction d'un usage existant sans autorisation de l'éditeur CCEC de LCE Bureau Veritas est interdite et / ou regardé comme constituant un délit de contrefaçon. Toute radiation du site des documents remis est subordonnée à...

Accueil Simulation A Bilan environnemental A Simulation B Bilan environnemental B Comparaison Data CYME

Figure 25 - Page d'accueil

Données d'entrées du calculateur - Scénario A				
Hypothèses				
Hypothesis		For Readability		Remarque
HD Size	2048*2048			La taille en pixels des images Haute Résolution (HR) stockées dans le cloud
HD Weight (GB)				Le poids moyen d'une image HR
Preview Size	MultiThumbnails			Le scénario choisi pour les preview (simple / multiple).
Preview Weight (GB)				Le poids moyen d'une aperçu
# downloads				Pourcentage des HD Size téléchargées
# library access / month				Pourcentage des previews téléchargées
# Previews Downloaded				Pourcentage des HD Size téléchargées (originaux)
% of masters accessed				
# searches/sort/... per day				
Display HD on any device	OUI			
Request Average Weight (GB)				Taille d'une requête
# steps to create backup				
Kind of photo Obj in database	Normal			Le type de scénario pour l'empreinte d'une photo en Base de données BDD
Weight of photo Obj in database(GB)				Poids d'une photo en BDD dans le scénario (poids des métadonnées)
% of objs added on Day 1				Pourcentage du stock photo ajouté le premier jour (backlog)
% of images added by month				Pourcentage du stock photo ajouté chaque mois
# years of usage				Durée d'utilisation du programme
average # of images added in trial				Nombre de photos ajoutées pendant la phase d'essai
DB Provider	MongoDB			
facteur correctif MongoDB				Facteur correctif prenant en compte la compression par MongoDB
BackBlaze Hypothesis				
Storage per Gb		\$0,005		
Download per Gb		\$0,01		

Figure 26 - Paramètres techniques décrivant le cahier des charges fonctionnelles du service numérique

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

Temps mensuel par utilisateur	4	h	
Terminaux de consultation			
	Répartition	Durée de vie (ans)	Valeur par défaut
Ordinateur fixe + écran	50%	6	6
Ordinateur portable	50%	5	5
Tablette	0%	3	3
Smartphone	0%	3	3
TOTAL	100%		
Terminaux de stockage local			
	Répartition	Durée de vie (ans)	Valeur par défaut
SSD	0%	5	5
HDD	0%	5	5
TOTAL	0%		
Terminaux de stockage à distance			
	Répartition	Durée de vie (ans)	Valeur par défaut
SSD	0%	5	5
HDD	0%	5	5
Raspberry	0%	5	5
TOTAL	0%		
Consommation d'énergie des terminaux			
Mix énergétique des terminaux	Mix national, France		

Figure 27 - Paramétrage spécifique des terminaux

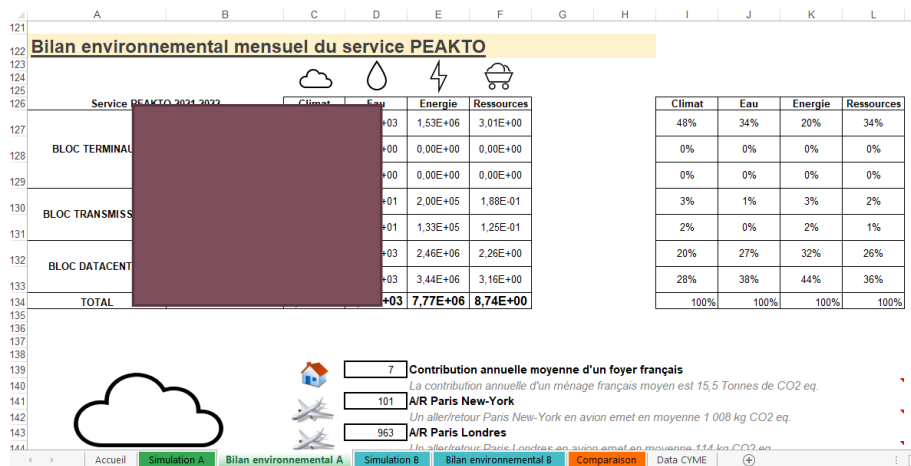


Figure 28 - Découpage spécifique des trois tiers du service numérique aux spécificités ?? CYME

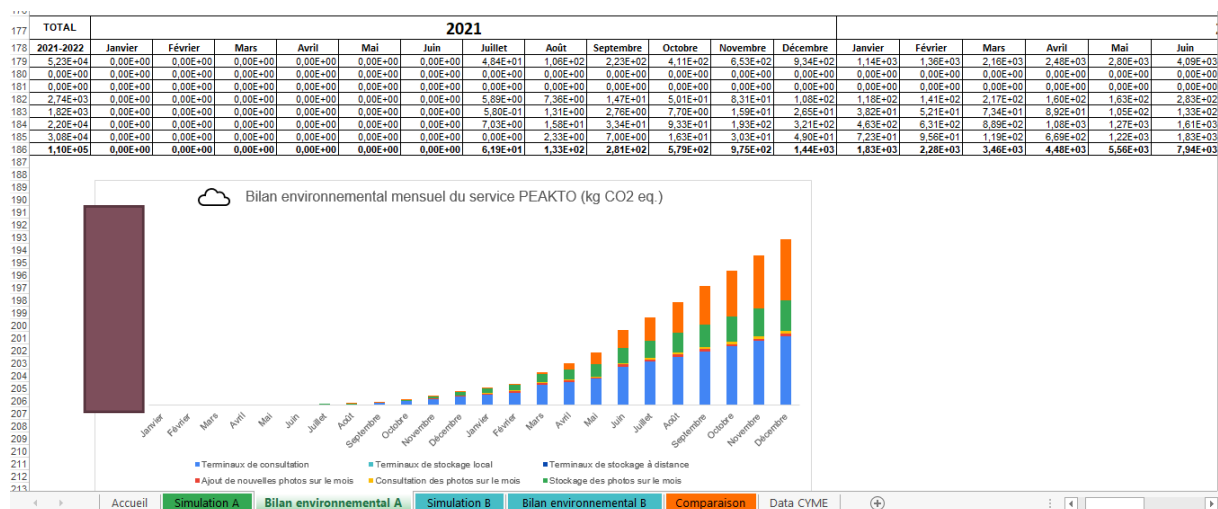


Figure 29 - Évaluation mensuelle des impacts du service numérique sur 24 mois

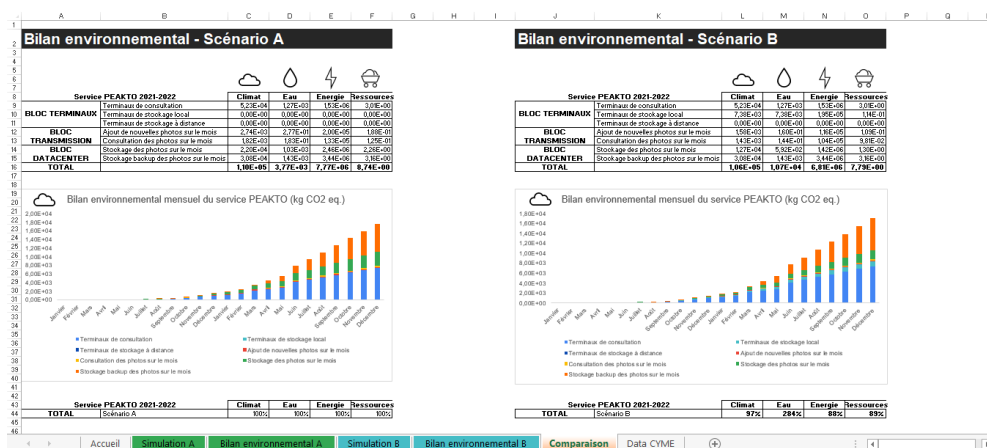


Figure 30 - Comparaison de deux scénarios

NOTE – Les résultats présentés sont fictifs

6.1.3.2.3. Le cas Worldline – Accompagnement DDemain – GreenIT.fr

Dans le cadre de l'accompagnement réalisé pour Worldline, il était nécessaire de disposer d'une vision par périmètre de responsabilité directe et indirecte : porteur de carte, commerçant, opérateur de réseau, Worldline, Banque, etc. ainsi qu'une vision comparative entre deux scénarios, digital et physique.

Pour chaque périmètre, les facteurs d'allocation et la représentativité géographique notamment ont dû être adaptés.

Ainsi, le calculateur a été réalisé selon la structure suivante :

- | | |
|---------------------------------|---|
| - Paramètres d'entrée | - Résultats agrégés par unité fonctionnelle |
| - Périmètre de responsabilité 1 | - Résultats agrégés par année |
| - Périmètre de responsabilité 2 | - Analyse de sensibilité |
| - Périmètre de responsabilité 3 | - Base de données |
| - Périmètre de responsabilité 4 | |

Ainsi, les défis à relever étaient les suivants :

- Obtenir de la lisibilité pour chaque étape
- Intégrer des données associées à des éléments spécifiques modélisés dans EIME
- Permettre la mise à jour de la base de données de manière aisée, puisqu'il s'agira de mettre à jour l'étude avec les nouveaux indicateurs PEF
- Permettre différents niveaux d'interprétation
- Permettre la comparaison entre scénario disposant d'éléments communs et divergents

About - Worldline payment transaction		
General informations		
Period of realisation	Nov-19 to Nov-20	
version	2	
Project Leader	Pierre DECROCQ	CSR officer
Operationnal Team		
Project Manager	Julie ORGELET	Ddemain
Expert	Frederic BORDAGE	GreenIT.fr
Review	No external review	
Processus		
Processus of realisation		
Data collection period	2019	
How does it works?		
Database sheet	Environmental data in background The database sheet groups environmental data gathered by Airbus, Ddemain and LCIE in order to be able to calculate the environmental impact associated with each step included in the scope. The environmental data are presented relating to 4 indicators: - Primary Energy - Global Warming potential - Water Depletion - Raw material depletion - mineral For each item, the data relates to manufacturing (distribution and end of life are out of scope) It is possible to change the data included in the sheet. Any modification will have an influence on the final results	
Workflow	Description of the scope and allocation method The workflow sheet describes the step included in the considered functional unit and It is possible to change the data included in the sheet. All data with a yellow colored background have an influence on the results.	
Step description and impact	Data collection for each step The "Steps description sheet" described the data collected. The data are used in order to calculate the total impact of the step in the right part of the table. Any change in the T column have an influence on the results	
Impacts	Impact calculation for the complete process (1 calcul – X job) The impacts sheet presents the results of the evaluation in: - absolute value for the whole calculation process - absolute value for one job (functional unit) - vulgarised values No change has to be done in this sheet	
Sensitivity Analysis	Comparative evaluation of alternative scenario This sheet has to be complete in order to compare the different scenario	

Figure 31 - Description du calculateur Worldline Phase 1

6.1.3.3. Ouverture

Apport du lot 4 au-delà du projet NegaOctet

La réalisation du Lot 4, même si cette dernière n'a pas abouti à la réalisation d'un mais de plusieurs calculateurs, a permis de comprendre les tenants et les aboutissants de la création d'un logiciel permettant de réaliser de manière ergonomique une ACV de service numérique.

Elle a permis l'élaboration d'un cahier des charges détaillé pour la création d'une plateforme logicielle d'ACV.

6.2. Phase 2 – Test du référentiel

6.2.1. Lot 5 – Cas pilote - Mise en œuvre de la méthode

6.2.1.1. Déroulement de la tâche

Lot 5 – Cas pilote - Mise en œuvre de la méthode					
Responsable du lot	NEUTREO BY APL				
Durée	12 mois				
Début	Mars 2021				
Partenaires impliqués	LCIE	NEUTREO BY APL	GreenIT.fr	DDemain	
Livrable(s) associé(s)	Rapport de l’ACV pilote Document de synthèse des résultats de l’ACV pilote Document d’analyse comparative obtenu via la méthode en utilisant des données d’entrées existantes				
Contenu					
Objectifs Consolidation du référentiel par sa mise en application. Validation des résultats obtenus via le référentiel.					
Prérequis La mise à disposition de la base de données est un prérequis à la réalisation de ces études. La base de données n’étant pas suffisamment avancée, le démarrage de cette étape n’est pas possible à ce stade.					
Critères de réussite Obtention de résultats d’évaluation comparative de l’impact environnemental d’une solution logicielle permettant l’identification de pistes d’écoconception.					
Programme détaillé des travaux Tâche 1 - Test de la méthode - un cas d'étude comparatif entre deux versions d'une application : Le cas EIME (confidentiel) Tâche 2 - Test de la méthode - un cas à partir d'une ACV déjà réalisée par l'ADEME par exemple : Le cas mail					
Dans l’attente de la finalisation des données de la base de données, ces cas d’étude ne sont pas finalisés pour le moment.					

6.2.1.2. Cas d'étude mail – Synthèse

Ce pilote avait pour objectif la mise à jour de l'étude "Analyse comparée des impacts environnementaux de la communication par voie électronique - Volet courrier électronique : Rapport final - BioIS pour l'ADEME, 5 juillet 2011 », avec les données NegaOctet.

Une analyse de cycle de vie du service numérique d'envoi d'un mail selon les normes ISO 14040 et ISO 14044 a été réalisée.

L'unité fonctionnelle considérée est la suivante :

« L'envoi d'un document de 1 Mo à une personne par courrier électronique ».

Périmètre

Le cycle de vie complet du service numérique (des équipements) a été pris en compte :

- **Fabrication** des équipements électriques et électroniques (ordinateurs, serveurs, etc.) ;
- **Utilisation** qui inclut le temps d'utilisation des terminaux ;
- **Envoi et stockage** éventuel sur le serveur de l'émetteur ;
- **Transmission**, depuis l'ordinateur émetteur jusqu'à l'ordinateur récepteur ;
- **Traitement de l'information** au sein des centres de données ;
- **Réception et utilisation** des éléments reçus (lecture à l'écran, enregistrement sur serveur) ;
- **Fin de vie** qui inclut la fin de vie des équipements permettant de réaliser la fonction du service numérique (terminaux et équipements datacenter).

Sources des données

L'ensemble des données nécessaires à la modélisation des équipements par lesquels transitent les flux d'information mis en œuvre lors de l'envoi et de la réception d'un courrier ont été issues d'importantes recherches bibliographiques et des données de l'étude de 2011. Les principales sources de données sont les suivantes :

- Scénario d'usage : Analyse comparée des impacts environnementaux de la communication par voie électronique - volet courrier électronique : Rapport final" - BioIS pour l'ADEME, 5 juillet 2011
- Temps d'utilisation des terminaux : Global Web Index Device report, Bbaromètre du numérique - édition 2021, ARCEP
- Information sur le datacenter : Google's Green Computing: Efficiency at Scale, NegaOctet
- Taux de spam : Radicati Group, février 2019
- Information relative au modèle ACV :
 - o Base de données et travaux NegaOctet
 - o Analyse comparée des impacts environnementaux de la communication par voie électronique - volet courrier électronique : Rapport final" - BioIS pour l'ADEME, 5 juillet 2011

Scénario de référence

Les principales hypothèses qui ont été retenues pour le scénario de référence sont les suivantes :

- Envoi d'un mail d'une taille d'1 Mo à une personne dans un contexte d'utilisation professionnel et un contexte géographique français avec un ordinateur portable
- Lecture du document à l'écran par le destinataire, pas d'impression.
- La durée de stockage du mail par l'émetteur et le destinataire est d'une année
- L'envoi et la lecture du mail se font sur un ordinateur

Résultats

Concernant le scénario de référence, les résultats obtenus sont les suivants :

L'envoi d'un mail d'1 Mo à une personne		Émissions de gaz à effet de serre en g eq CO ₂ 	Consommation d'énergie primaire en MJ 	Consommation de ressources naturelles en g eq Sb 
	Résultat BioIS	19	0,39	0,13
	Résultat NegaOctet	6,68	0.35	0.00623
	Écart en %	-65%	-11%	-95%

On observe une forte variation par rapport à l'étude de 2011, qui s'explique par :

- Une variation dans la base de données d'inventaire du cycle de vie
- Une augmentation des taux d'usage des équipements
- Une amélioration de l'efficacité énergétique des datacenters et une augmentation de la volumétrie de mails traitables par un même serveur
- Une évolution dans la prise en considération de l'impact du Datacenter et du réseau

Les résultats de l'analyse environnementale sont renseignés dans la figure ci-dessous :

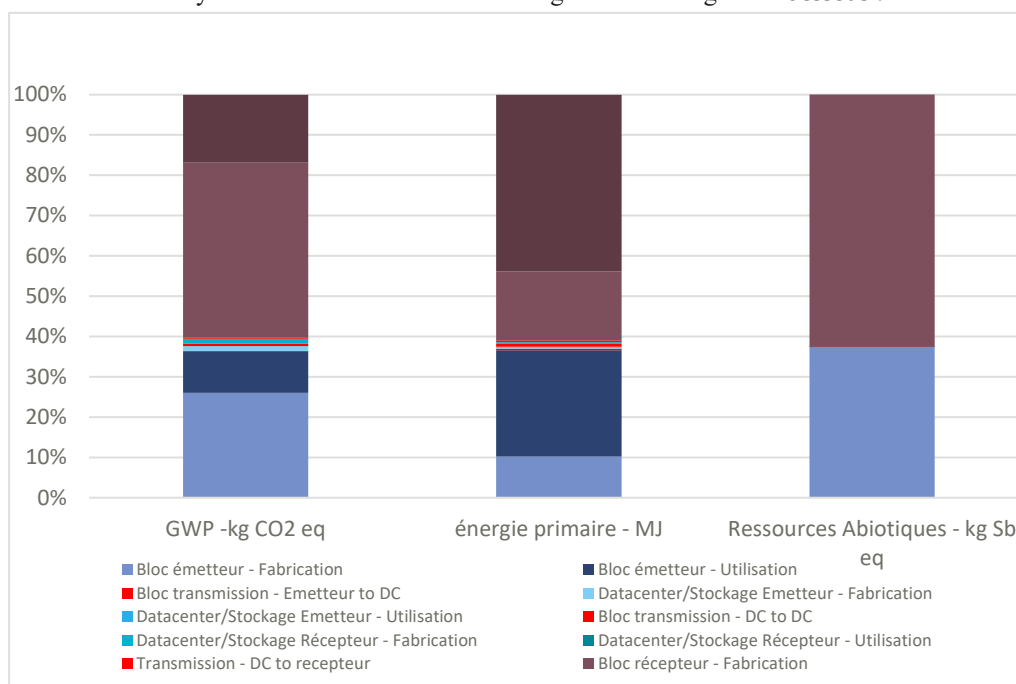


Figure 32 - Présentation de la répartition des résultats pour un mail de référence

Les impacts environnementaux potentiels associés à l'envoi d'un courrier électronique avec une pièce jointe de taille 1 Mo à une personne proviennent pour l'essentiel de l'émetteur et du destinataire du courrier. La fabrication des terminaux contribue de façon importante aux impacts du courrier électronique et elle est suivie de l'utilisation de ces terminaux. Si on considère l'utilisation d'un ordinateur fixe, le reste des impacts est quasiment négligeable.

NOTE – Cela pose une nouvelle fois la question de la méthode d'allocation pour les terminaux multifonctionnels non dédiés : coût d'usage, coût marginal ou coût moyen ?

Variabilité et analyse de sensibilité

Les impacts présentés varient de manière drastique en fonction de :

- Type de terminal
- Taille du message et de la pièce jointe
- Temps de stockage
- Pays d'émission, de stockage et de réception du mail
- Nombre de destinataires, taux de lecture, temps de lecture

L'ensemble de ces variations peuvent être évaluées grâce au calculateur réalisé sur le sujet.

Le tableau présenté ci-dessous permet d'identifier les variations en fonction de différents scénarios. On observe alors des variations de l'ordre de +86% à -97% sur l'indicateur ADP mais aussi de -35% à +15% par rapport au scénario de référence.

	GWP - kg CO2 eq	énergie primaire - MJ	Ressources abiotiques - kg Sb eq	GWP - kg CO2 eq	énergie primaire - MJ	Ressources abiotiques - kg Sb eq
Référence	6,68E-03	3,53E-01	6,23E-06	100%	100%	100%
Référence - DC US	6,70E-03	3,50E-01	6,23E-06	100%	99%	100%
PC portable	4,36E-03	1,04E-01	2,13E-07	65%	30%	3%
Smartphone	4,42E-03	1,39E-01	1,15E-05	66%	40%	184%
Référence - 10 Mo - stocké 10 ans	7,71E-03	3,87E-01	6,25E-06	115%	110%	100%
Smartphone - 10 Mo - 10 ans - réseau mobile	7,64E-03	3,89E-01	1,16E-05	114%	110%	186%

Pour comprendre ces variations, voici quelques profils d'impacts. Si pour le cas de référence, seuls les impacts des terminaux apparaissent, pour le cas « j'envoie un message de 10 Mo que je stocke et que mon récepteur stocke 10 ans », on observe une augmentation de la part réseau et de la part Datacenter. Ce qui corrobore la bonne pratique qui consiste à éviter les pièces jointes de taille élevée et à supprimer les messages dès qu'utilisés.

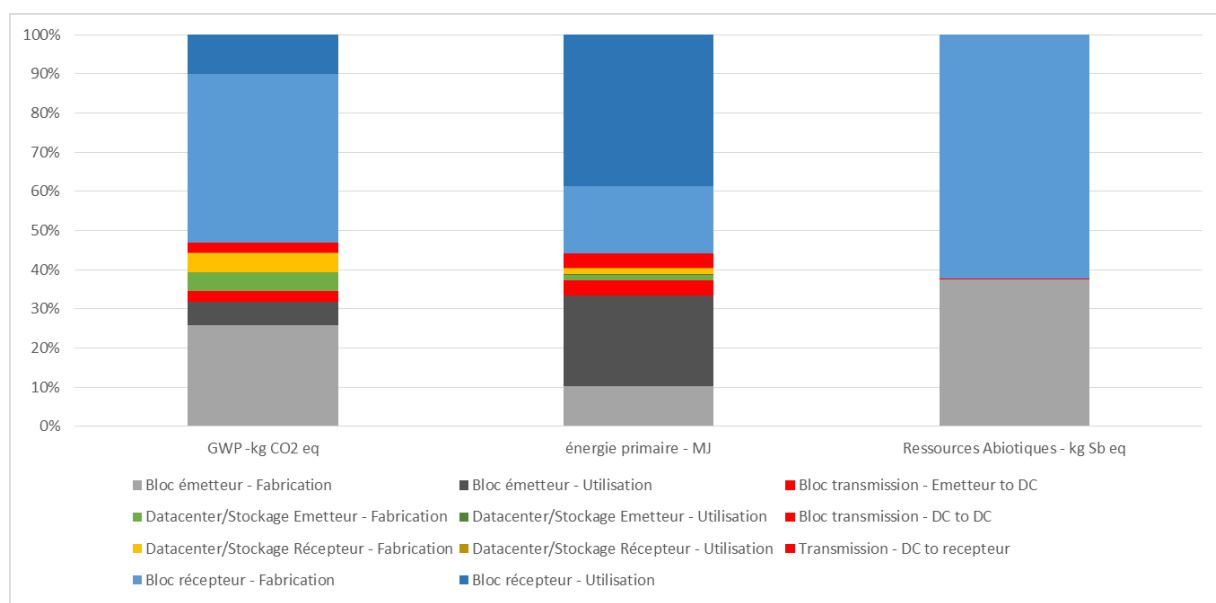


Figure 33 - Présentation de la répartition des résultats pour un mail de 10 Mo stocké 10 ans par l'émetteur et le récepteur

Dans un cas encore plus extrême, un mail avec une PJ de 10 Mo envoyé par smartphone sur le réseau mobile à un récepteur qui le lit puis le stocke pendant 10 ans, on observe une part prépondérante du réseau mobile dans les résultats. Ainsi, il est important de choisir son équipement, son réseau et la taille des informations à transmettre.

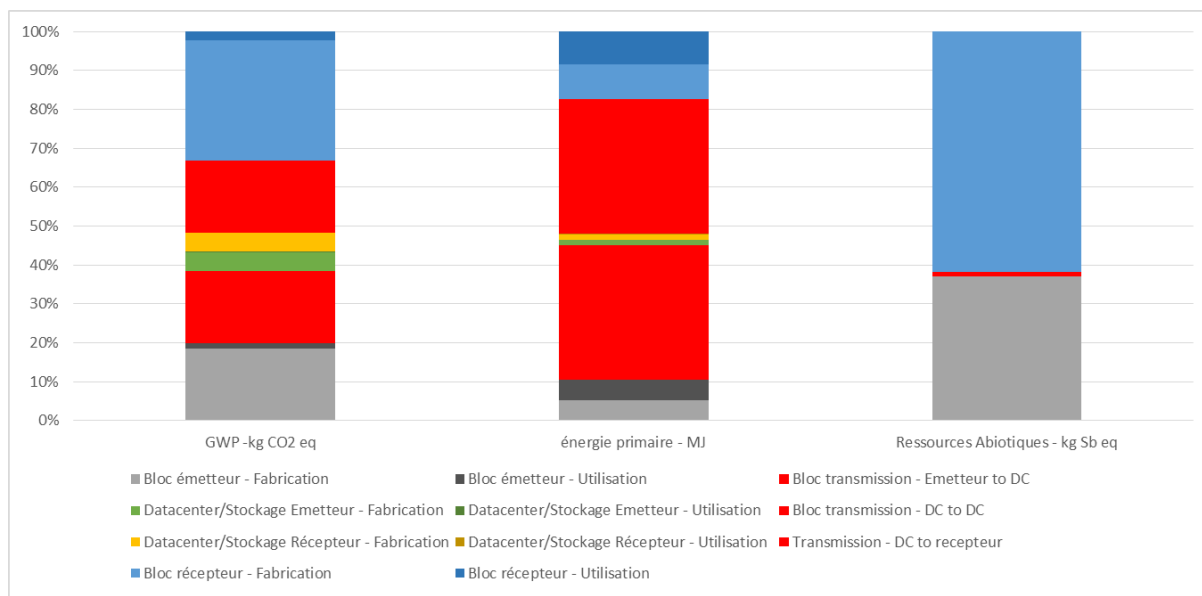


Figure 34 - Présentation de la répartition des résultats pour un mail de 10 Mo stocké 10 ans par l'émetteur et le récepteur et envoyé/réceptionné sur smartphone

Exemple d'une campagne d'e-mailing

Le calculateur permet aussi de faire des simulations sur des cas plus vastes, tels que l'envoi d'une campagne d'e-mailing. Les caractéristiques de la campagne sont les suivantes :

- 1 émetteur rédige pendant 2h sur PC fixe – mail de 1 Mo
- 2000 récepteurs de ce mail seul 10% le lisent.
- Répartition des terminaux (usage France) 24% PC fixe, 24% PC mobile, 5 % tablettes, 45% smartphone
- Localisation 100% France

	GWP g CO2 eq	énergie primaire - MJ	Ressources Abiotiques - g Sb eq
Campagne de e-mailing	819	30,8	1,01

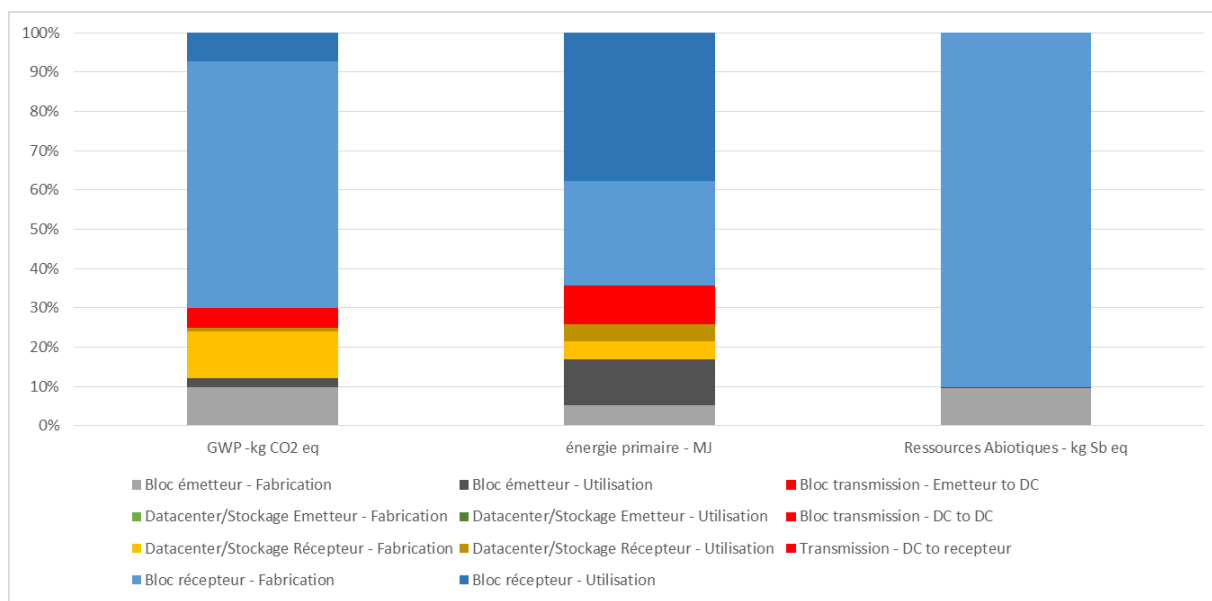


Figure 35 – Impact d'une campagne d'e-mailing

La plus grande part des impacts a lieu chez le récepteur, au travers de son matériel de consultation. La consultation sur smartphone reste la moins impactante. Le stockage sur le datacenter présente un impact significatif corrélé avec la taille de la pièce jointe et la durée de stockage.

Analyse

Les conclusions de l'étude sont que les impacts environnementaux, d'un point de vue global pour l'ensemble du cycle de vie d'un mail, dépendent de plusieurs facteurs parmi lesquels :

- La taille de la pièce jointe ;
- Le nombre de destinataires ;
- Le type de terminal ;
- La situation géographique de l'émetteur ou le mix énergétique considéré.

Il est donc extrêmement difficile de donner le poids carbone d'un mail car il existe de fortes variabilités associées au comportement des utilisateurs. Cependant, l'étude montre que les bonnes pratiques véhiculées sont pertinentes. La première étant de ne pas faire l'acquisition de nouveaux matériels et d'allonger la durée de vie de notre matériel, d'éviter l'usage du réseau mobile lorsqu'une alternative est disponible, de ne pas stocker les mails ainsi que de se désabonner des newsletters.

6.2.1.3. Ouverture

Apport du lot 4 au-delà du projet NegaOctet

Le lot 4 a permis de mettre à jour une étude phare sur l'impact environnemental des mails et d'en comprendre l'évolution, ainsi que de tester notre approche sur un cas de migration vers le cloud.

6.2.2.Lot 6 – Action collective - Dissémination de la méthode

6.2.2.1. Déroulement de la tâche

Lot 6 – Action collective - Dissémination de la méthode					
Responsable du lot	GreenIT.fr				
Durée	30 mois				
Début	Juin 2019				
Partenaires impliqués	LCIE	NEUTREO BY APL	GreenIT.fr	DDemain	
Livrable(s) associé(s)	Synthèse de l’action collective				
Contenu					
Objectifs					
- Utiliser le référentiel pour évaluer l’impact environnemental et écoconcevoir les logiciels et services numériques de demain.					
Critères de réussite					
- Accompagner une dizaine de projets d’écoconception de services numériques sur la durée du projet					
Programme détaillé des travaux					
Tâche 1 - Recrutement phase pilote					
<i>Réalisation : Consortium avec l’appui du Comité consultatif</i>					
Afin de permettre la mise en application du référentiel, nous avons inclus dans le projet une phase de recrutement de sociétés souhaitant écoconcevoir leurs solutions logicielles et services numériques. Nous avons présenté le projet dans de nombreux congrès, évènements (colloque écoconception, congrès AvniR 2018/19, LCT Forum). De plus, plusieurs évènements de recrutement spécifiques ont été réalisés :					
- 13 septembre 2019 – Grenoble : Petit déjeuner pilote avec un témoignage de la société Arkadin – 15 participants					

- 10 octobre 2019 – Webinaire : 19 participants
- Montpellier : lors de la réunion de clôture du projet GreenConcept, présentation du projet NegaOctet (100 participants)
- Montpellier : lors de la conférence The Green IT Day, le 8 octobre, présentation du projet NegaOctet (150 participants)

Suite à la crise COVID, nous n'avons pas pu reproduire des événements en présentiel prévu. Nous avons cependant réalisé plus d'une cinquantaine d'entretiens complémentaires ayant abouti au remplissage de fiches de description de projet.

Les organisations ayant participé ou participant à la phase pilote sont les suivantes :

- ADEME, AIRBUS, AWS, BLADE, CYME, CITÉ DES SCIENCES, OVH, OVEA, RTE, WORLDLINE
- une entreprise confidentielle

Tâche 2 - Réalisation des pilotes – Voir fiche des synthèse ci-après

Nous avons réalisé (ou nous sommes en cours de réalisation de) 11 pilotes avec le référentiel NegaOctet. Ces pilotes, portant sur des services très différents, nous ont permis de :

- Consolider la méthode
- Adapter la granularité de la base de données au niveau de connaissance des partenaires
- Compléter nos modèles de modélisation
- Identifier les écarts d'impact et leur source entre les ACV faites avant la mise à disposition de la méthode et après

6.2.2.2. Résultats

6.2.2.2.1. Synthèse

MÉTHODE



4 WEBINAIRES DE RECRUTEMENT



+ 50 CANDIDATURES



12 PILOTES RETENUS
Dont certains financés par
l'ADEME

SECTEURS D'ACTIVITÉ DES CAS PILOTE

FINANCE	DIVERTISSEMENT	NUMÉRIQUE	COMMUNICATION	MÉTIER
Paieement en ligne	Jeux vidéo	Offre cloud publique ou privée : IAAS, PAAS Stockage	Evènement en ligne Messagerie	ERP Gestion des infrastructures

Figure 36 - Synthèse de l'action collective

6.2.2.2.2. Fiche de synthèse – Cas BLADE

Entreprise : BLADE

Accompagnateurs : LCIE Bureau Veritas

Revue critique : Non

Statuts de l'étude : Finalisée

Type d'ACV : Complète

Services étudiés : Shadow, un service de cloud computing dédié aux gamers.

Comparatif : Oui. Le service Shadow a été comparé à l'usage d'un ordinateur local.

Périmètre :



UF : Les impacts environnementaux des services numériques étudiés sont donnés selon l'unité déclarée suivante :

" Utiliser un système d'exploitation (Windows 10 64 bits, GeForce GTX 1080, processeur 3,4 GHz, mémoire 12 Go, stockage 256 Go) XX heures par jour pendant un an dont deux tiers du temps réservé aux jeux vidéo. "

Avec XX est

- 2,59 heures par jour pour l'étude de cas n°1 - Zone européenne

- 1,88 heures par jour pour l'étude de cas n°1 - Zone américaine

Il n'a pas été possible de définir une unité fonctionnelle dédiée à une heure de jeux vidéo en raison de la précision des données recueillies par Blade. La proportion, deux tiers jeux vidéo et un tiers autres usages, est représentative des utilisateurs de Shadow Boost.

Atouts de l'approche et prise de conscience :

L'équipe BLADE était très motivée tout au long de l'étude et a fortement apprécié l'accompagnement et les résultats obtenus. BLADE était conscient des enjeux environnementaux et ne savait faire que des calculs macro permettant de donner des ordres de grandeur (ex. : consommation d'un ordinateur vs consommation d'un datacenter). L'approche NegaOctet a été bénéfique sur de nombreux sujets :

- Découverte de l'approche multicritères
- Prise de conscience des enjeux liés à l'allocation des impacts environnementaux
- Et qu'avant de se lancer dans une communication client, l'ACV version NegaOctet permet d'apporter une exigence et une rigueur scientifique

Apport par rapport à la méthode (ce que ça a apporté à NegaOctet) :

Côté NegaOctet, le LCIE a pu :

- Challenger la cohérence de la base de données en termes de représentativité géographique et temporelle des données, notamment sur les mix énergétiques. En plus de modéliser un datacenter à Paris, la nouveauté a été de considérer des données au niveau des États-unis.
- Identifier que le choix du mix énergétique et de la durée de vie des terminaux a une très forte influence dans le calcul des balances environnementales. En fonction de ces critères, la balance environnementale peut se retrouver positive ou négative. Les clients ont donc besoin de mieux appréhender l'usage de ces paramètres.
- faire ressortir facilement des axes d'écoconception avec des leviers forts (>20%).

Levier d'amélioration pour la méthode :

Au niveau des modèles d'inventaire du cycle de vie, le LCIE essaye de plus en plus de créer des modèles où les mix énergétiques peuvent être changés à la volée en fonction des besoins client.

Prochaines étapes : BLADE souhaitait une mise à jour de l'étude pour aller plus loin dans le détail. Ce projet est actuellement mis en pause suite au rachat de BLADE par OVH.

6.2.2.2.3. Fiche de synthèse – Cas CYME

Type de partage : Résultat - Rapport – Enseignement (ReX)

Entreprise : CYME

Accompagnateurs : LCIE Bureau Veritas

Revue critique : NON

Statuts de l'étude : Finalisée

Type d'ACV : Simplifiée

Services étudiés : Le service « PEAKTO » est une plateforme de visualisation, d'analyse et de sauvegarde de photos à destination des photographes et autres passionnés de la photographie souhaitant avoir une approche écoresponsable.

Comparatif : Oui. Pas de balance environnementale.

Périmètre : l'étude ACV inclut :

- À l'échelle de l'utilisateur :
 - o Les terminaux de consultation

- Les terminaux de stockage locaux
- Les terminaux de stockage à distance (type Raspberry)
- Le bloc transmission (échange de données sur le réseau)
- Les datacenters permettant l'hébergement du service PEAKTO

UF : L'unité fonctionnelle telle qu'étudiée dans cette étude peut être résumée de la manière suivante :

« Mettre à disposition une plateforme de visualisation, d'analyse et de sauvegarde de photos à un ensemble d'utilisateurs selon le scénario d'utilisation de référence sur deux années. »

Difficultés : Le service numérique PEAKTO était en cours de développement. L'intérêt pour CYME est d'intégrer des principes d'écoconception. La difficulté pour le LCIE Bureau Veritas est l'absence de données primaires.

Atouts de l'approche et prise de conscience : L'équipe CYME disposait déjà d'une formation au numérique responsable animée par Frédéric Bordage. CYME a fortement apprécié notre capacité à chiffrer les impacts environnementaux et d'avoir mis en place toute une série d'analyses de sensibilité permettant d'envisager un très grand nombre de comparaisons.

Apport par rapport à la méthode :

L'étude CYME a permis :

- De construire un modèle de datacenter privé local de type Raspberry
- De créer de nouveaux mix électriques
- De challenger les allocations des équipements IT avec une approche « stockage des données en To »
- D'apporter de l'objectivité dans le choix des allocations. Ces réflexions peuvent être considérées pour la construction des futurs PCR ADEME. En effet, un client comme BLADE est familier avec des allocations sur la CPU puisque son métier est de vendre du calcul. Un client comme CYME est familier avec des allocations sur le stockage puisque son métier est de vendre de l'espace de stockage. À travers leur métier, les clients apportent leurs biais d'analyse.

Levier d'amélioration pour la méthode :

La méthode NegaOctet manque probablement de scénarios par défaut et de données semi-spécifiques pour que des entreprises qui conçoivent leur service numérique puissent intégrer très en amont une étude environnementale.

Prochaines étapes : CYME souhaite intégrer les résultats issus de l'accompagnement NegaOctet pour afficher l'impact carbone de ses utilisateurs en vue de les sensibiliser à privilégier des options écoresponsables dans le service PEAKTO. CYME a dédié une personne dans son organisation pour poursuivre le projet NegaOctet.

6.2.2.2.4. *Fiche de synthèse – Cas de RTE*

Entreprise : RTE

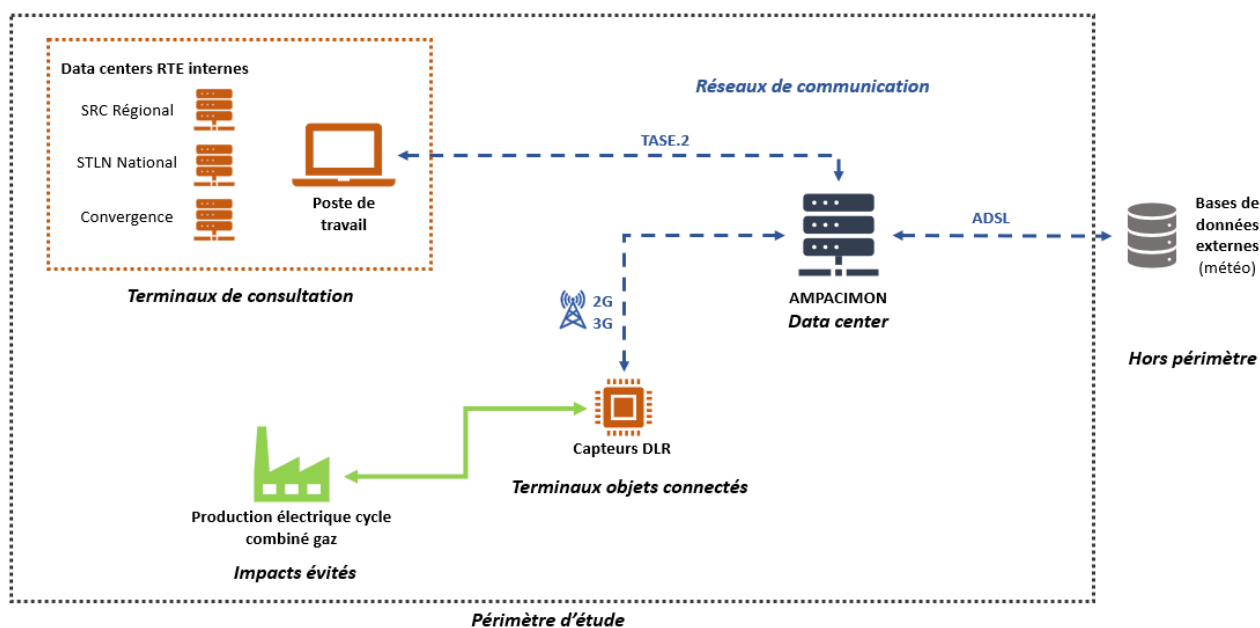
Accompagnateurs : APL DATACENTER

Revue critique : Oui par LCIE BUREAU VERITAS

Services étudiés : Système de monitoring DLR

Comparatif : Oui + balance environnementale

Périmètre :



Unité fonctionnelle UF : « Monitorer la capacité admissible sur la ligne 400kV Tavel-Realtor pendant un an. » et « Monitorer la capacité admissible sur la ligne 63kV Prauthoy-Rolampont pendant un an. »

Statuts de l'étude : Finalisée

Type d'ACV : Complète

Atouts de l'approche et prise de conscience :

RTE a pu faire évoluer ses pratiques d'ACV en tenant compte de l'aspect numérique.

Difficultés :

Retard dans le déploiement de la base de données NégOctet. L'étude a fait l'objet de deux itérations.

Le client disposait déjà de pratiques de modélisation sur ses mix énergétiques. Le plus aurait donc été de tenir compte des mix énergétiques du client dans la base de données NégOctet pour assurer une cohérence. Ceci n'a pas été fait pour des raisons techniques.

Levier d'amélioration pour la méthode :

- Créer des modèles NégOctet paramétrables selon le mix énergétique. Réaliser un découpage des impacts en dissociant l'extraction des matières et les procédés de fabrication. Intégrer les impacts évités liés au recyclage des équipements (module D du PCR ed4)

Apport des revues critiques :

En tant que projet pilote NégOctet, le projet RTE d'analyse du service DLR a permis de mettre en avant les enseignements et les réflexions suivantes pour le projet NégOctet :

- Dans le cas de la modélisation des terminaux de consultation, l'allocation sur la durée d'utilisation est de manière générale l'allocation la plus choisie. Pourtant une allocation sur le nombre de données utilisées peut s'avérer plus pertinente dans le cas de terminaux de consultation mutualisés avec d'autres services numériques. L'application de ces deux types d'allocation devrait être utilisée dans les autres projets pilotes NégOctet.
- Le projet RTE a mis en évidence l'intérêt de pouvoir modifier les mix énergétiques utilisés dans la base de données NégOctet. Ce point a également été constaté dans le cadre d'un autre projet pilote NégOctet. Une réflexion méthodologique sur l'usage des mix énergétiques dans la base NégOctet a été ajoutée au rapport d'étude NégOctet.
- L'impact significatif lié à l'installation des capteurs DLR pourrait montrer que, de manière générale, à l'échelle du cycle de vie d'un service numérique, les frontières du système des équipements non mutualisés peuvent ou doivent être augmentés. Cette réflexion doit être confirmée avec les autres pilotes NégOctet pour une éventuelle intégration dans le référentiel NégOctet.

6.2.2.2.5. Fiche de synthèse – Cas Worldline

Type de partage : Résultat - Rapport

Entreprise : WORLDLINE

Accompagnateurs : DDeMain

Revue critique : Oui, externe

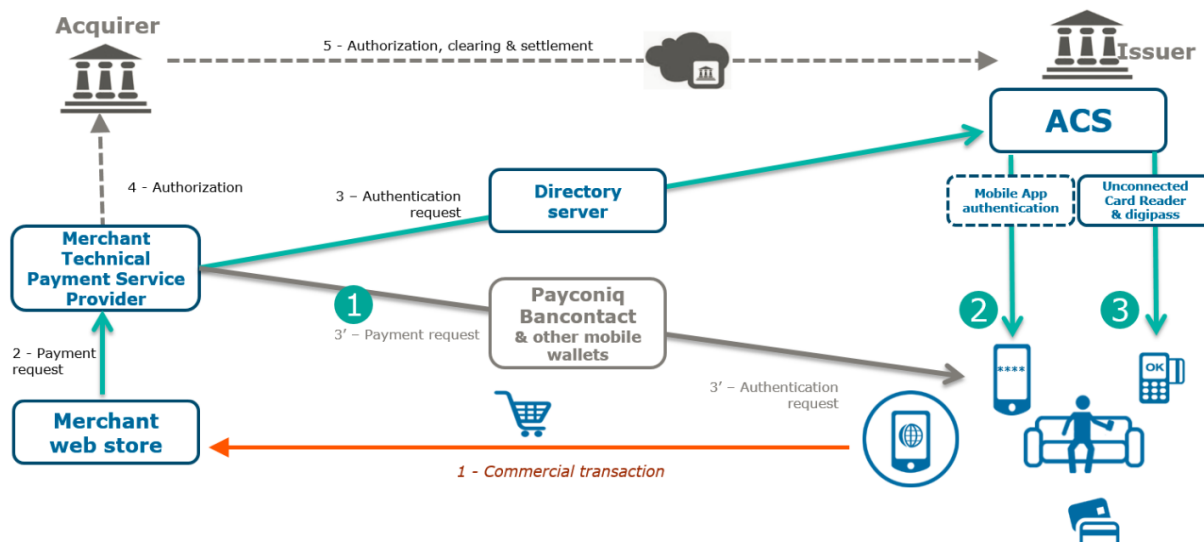
Statuts de l'étude : En cours

Type d'ACV : Simplifiée

Services étudiés : Service permettant la transaction de paiement en magasin (de la carte bancaire à la plateforme de paiement en passant par les terminaux) ou en ligne (incluant les services d'authentification)

Comparatif : Oui

Périmètre :



Unité Fonctionnelle : L'unité fonctionnelle :

« Réaliser une transaction financière »

Apports :

L'étude de la transaction de paiement a permis de mettre en avant les différents contributeurs à la transaction de paiement et d'en estimer les impacts. Nous avons pu identifier des voies d'écoconception sur l'ensemble des tiers depuis le terminal de paiement aux plateformes et étudier des alternatives plus ou moins intéressantes permettant ainsi de distinguer des optimums. L'étude et l'utilisation de la base NegaOctet ont permis de mettre sur le même plan méthodologique les impacts associés au produit et au service associés.

Le nombre d'indicateurs et notamment la mise à disposition de l'indicateur MIPS sont un plus pour la restitution des résultats. La possibilité de normaliser les résultats permet de mettre en avant l'intérêt de s'intéresser en priorité à l'épuisement des ressources naturelles.

Nous prévoyons de faire une analyse entre l'ACV avant et après l'usage de NegaOctet pour comprendre les disparités.

Difficultés :

Le service est complexe et en lien avec différents acteurs. Nous disposons de données primaires pour tous les éléments associés au groupe Worldline. En revanche, les données associées aux acteurs bancaires n'ont pas pu être mises à disposition.

Les données associées à l'environnement des datacenters ne sont pas prises en considération. Nous avons uniquement considéré le PUE.

Levier d'amélioration pour la méthode :

L'étude met en avant des incohérences entre les différents indicateurs et notamment les données de fin de vie. Il sera nécessaire d'éclaircir ce point.

La question de l'allocation, notamment des terminaux et des équipements existants (quid du paiement par smartphone) est un point clé. Une méthodologie claire usage versus possession est à mettre en avant.

Prochaines étapes : La mise à jour de l'étude avec les données NegaOctet. La réalisation avec les impacts d'une transaction fiduciaire.

6.2.2.3. Ouverture

Apport du lot 6 au-delà du projet NegaOctet

Le lot 6 et son action collective ont permis de :

- Améliorer la méthode et la granularité de la base de données
- Améliorer les outils et préparer le cahier des charges d'un outil permettant la dissémination de la méthodologie
- Identifier les sources d'impacts de différents types de services numériques
- Identifier les écarts générés par l'utilisation des données NegaOctet
- Faire bénéficier aux acteurs des pilotes d'une expertise en construction
- Anticiper la montée en compétence de certains acteurs

Au-delà de la phase pilote, la base de données NegaOctet a pu être utilisée dans d'autres contextes tels que :

- L'étude ADEME-ARCEP sur l'impact du numérique en France qui est à paraître en mars 2022. La consolidation et l'utilisation des données NegaOctet dans ce modèle a permis de :
 - o Comparer les résultats de l'étude sur un périmètre France avec les résultats d'études préexistantes, notamment étude GreenIT.fr iNum impact du numérique en France
 - o Consolider les modèles de terminaux moyens pour les terminaux grands publics, serveurs de référence, etc.
- La mise en application du PCR ADEME dans le cadre de l'application réglementaire de l'article 13 de la loi AGEC relatif à la communication de l'empreinte carbone de la transmission de données.

6.2.3. Lot 7 – Capitalisation

6.2.3.1. Déroulement de la tâche

Lot 7 – Capitalisation					
Responsable du lot	NEUTREO BY APL (Cible entreprise/public)				
Durée	Durée totale du projet				
Début	Début du projet				
Partenaires impliqués	NEUTREO BY APL	LCIE	DDemain	GreenIT.fr	
Livrable(s) associé(s)	- Une page web de présentation de l'action et un flyer - Présentation de synthèse de l'action - Un événement de clôture ouvert à tous - Une infographie de présentation du référentiel - Une infographie présentant les résultats de l'action - Une ou plusieurs publications scientifiques				
Contenu					
Objectifs - Faire connaître le référentiel NegaOctet et le résultat des travaux réalisés - Articuler les travaux NegaOctet avec les autres travaux à l'échelle nationale et internationale - Diffuser des retours d'expériences et des bonnes pratiques pour permettre une augmentation de l'offre de services numériques écoconçus					
Critères de réussite Reconnaissance du référentiel auprès des trois cibles visées par le projet : - Priorité 1 - Cible entreprise : par la mise en application du référentiel et sa diffusion					

- Priorité 2 - Cible scientifique : par la reconnaissance du référentiel
- Priorité 3 - Cible grand public : par la connaissance du référentiel et des résultats qu'il a permis de mettre en lumière

Programme détaillé des travaux

Réalisation : Consortium – Comité consultatif

La capitalisation et la dissémination des résultats du projet passent par plusieurs types d'actions.

1 – Les actions récurrentes ou continues – Intervention et suivi de groupe de travail

Une bonne diffusion de la nature et des résultats du projet est essentielle, pour cela nous devons disposer de moyens de diffusion performants, notamment une page web et une plaquette de présentation du référentiel.

Nous avons présenté le projet NegaOctet et effectué une diffusion du projet au niveau des instances ayant des travaux de création de référentiels en cours, à savoir :

- Comité d'experts ADEME/ARCEP
- Groupe de travail AFNOR
- Groupe de travail Planet tech Care

2 – Les actions ponctuelles – Organisation d'événements et participation à des événements ponctuels

Nous avons participé aux réunions de présentation des lauréats du projet Perfecto et aux comités de suivi.

La crise COVID ayant empêché de réaliser des événements en présentiel, nous avons organisé des webinaires, participé à des webconférences (colloque écoconception, Congrès AvniR (publication), au LCT Forum (publication) et à des congrès (France Strategy, MeetUp SNCF, Meetup GirlzInWeb CNRS, INR, GreenIT Days, Boavizta....) pour présenter le projet et son avancement.

La phase de capitalisation n'en est qu'à son début. Nous interviendrons notamment dans le cadre d'un colloque HPC et frugalité auprès de l'ORAP en décembre 2022.

3 – Les actions pérennes – Participation à des ouvrages ou publications grand public et scientifiques

Nous avons rédigé des publications et des posters qui ont été présentés dans des congrès.

Compte tenu du contexte sanitaire et du décalage dans le temps du projet, le nombre d'actions a dû être réduit. Cependant, nous prévoyons de proposer différentes publications une fois la base de données stabilisée, à savoir :

- SETAC
- LCA journal
- EGG – Electric goes green

Les sujets porteront sur l'impact environnemental du stockage de données, les questions d'allocations et de multifonctionnalité, les méthodes d'évaluation des impacts environnementaux des services numériques.

Acteurs

Afin d'assurer la diffusion des apports du projet NegaOctet, nous avons souhaité associer dès le démarrage une grande partie de la communauté des acteurs du développement logiciel et des services numériques. Nous avons donc constitué un conseil consultatif incluant : L'Alliance Green IT, EcoInfo, le Collectif Conception Numérique Responsable, le club GreenIT, le pôle écoconception, le GIMELEC, le C3D, CCI France, IGNEs, AFNOR*, France Datacenter*

qui a pour rôle de :

- Diffuser les principes portés par le référentiel,
- Réagir sur les orientations prises,
- Proposer des pistes de réorientation s'il entrevoit des points dont le traitement n'est pas satisfaisant,
- Proposer du contenu s'il est en mesure de le faire,
- Fournir des données s'il en a à sa disposition,
- Recruter des entreprises pour les phases pilotes et le test de la méthode.

La création de ce comité a permis une réelle accélération de la notoriété du référentiel et de son application au travers des cas pilotes.

*ont rejoint le comité en janvier 2019

6.2.3.2. Quelques focus

6.2.3.2.1. Les supports de communication

Pour une dissémination efficace et une prise de conscience accrue, la couverture médiatique du projet est clé. Nous avons donc réalisé les actions suivantes :

- Réalisation et mise en ligne d'une page web dédiée au projet : <https://negaoctet.org/>

- Mise en ligne d'une page linkedIn : <https://www.linkedin.com/company/n%C3%A9gaocet/> (712 abonnés – janvier 2022)
- Création d'une vidéo de présentation du projet : https://www.youtube.com/watch?time_continue=10&v=VPq4FA2eAIs
- Création d'une vidéo de présentation de l'atelier collecte de données : https://www.youtube.com/watch?time_continue=10&v=VPq4FA2eAIs

Nous avons prévu :

- La mise à disposition d'une infographie de description de la base de données
- La publication d'un livre blanc de retour d'expérience sur les pilotes

6.2.3.2.2. *Participation aux comités d'experts et articulation avec les travaux d'affichage environnemental*

Le consortium participe aux comités d'experts à l'origine de l'établissement des outils et des règles de mesure de l'impact environnemental des services numériques, à savoir :

- Le comité d'expert ADEME-ARCEP durant lequel la démarche NegaOctet a été présentée. De plus, lors de ce comité, notre équipe a pu faire bénéficier de son expertise, notamment concernant l'applicabilité des normes existantes (ITU L1410 notamment) sur le terrain.
- Le groupe de travail AFNOR Specification durant lequel une présentation a elle aussi été réalisé et durant lequel notre complémentarité technique et notre connaissance du marché a permis de mettre en lumière la faisabilité et la pertinence de certains choix.
- Le groupe de travail Planet Tech Care
- Le groupe de travail de l'ADEME pour élaborer le PCR dans le cadre de l'application réglementaire de l'article 13 de la loi AGEC relatif à la communication de l'empreinte carbone de la transmission de données. L'appartenance au groupement NegaOctet a été un vrai atout. En effet, ces travaux ont permis d'assurer la cohérence avec les référentiels d'affichage français et européen et de mobiliser les acteurs du réseau autour de la thématique de la mesure des impacts environnementaux.

Ce sont, entre autres, ces groupes de travail qui ont permis d'ancrer la méthode NegaOctet dans le réel et de faire de la pédagogie auprès des acteurs.

En complément, les travaux ont pu être présentés aux cabinets de Cédric O, Barbara Pompilli, Jean-Michel Blanquer, au Groupe de Travail numérique responsable du ministère de la Santé, aux députés et sénateurs rencontrés lors de nos plaidoyers Loi Climat et PPL REEN, aux membres du Club Green IT, de l'AGIT, de l'INR et de Boavizta.

6.2.3.2.3. *Participation à des séminaires et évènements*

Les travaux ont été présentés tout au long des trois ans du projet lors de :

- Évènement de recherche : LCA forum LCE 2020, EcoSD, LCM, ScorLCA, Avnir, GreenDayx Anglet... afin de présenter la démarche NegaOctet et de la confronter à des regards universitaires
- Évènement professionnel : Matinée Inies, Produrable, We love GreenIT... afin d'informer les futurs utilisateurs de la démarche en cours et de sensibiliser les acteurs du numérique aux enjeux de la quantification des impacts environnementaux des services numériques
- Évènements initiés par le consortium Café Pilot'

De plus, nous avons pu contribuer à des initiatives afin de faire profiter de nos données et de les confronter à la réalité terrain hors de notre consortium. C'est ce qui a été réalisé avec la participation à l'exposition BioInspirée et au projet SODECO.

CONFERENCES	GreenDays @anglet Présentation du projet, de la méthode 24 juin 2019	Matinée INIES Prise en compte de la connectivité dans les équipements 09 juillet 2019	Avnir Présentation de l'état de l'art (Bibliographie, sélections, analyse des normes...) 6-7 novembre 2019	LCA Forum Présentation de la méthode et de l'élaboration des données et modèles 21 novembre 2019
	Café Pilot' 3 Webinars de présentation 14 janvier 2021	Séminaire de recherche EcoSD 18 juin 2020	LCE 2020 Présentation des premiers résultats 13-15 mai 2020	Assises Economie Circulaire 23-24 juin 2020
	PRODURABLE Présentation du projet, de la méthode 2020	LCM, SCORE LCA 2021	Comité Expert ADEME ARCEP Présentation du projet, de la méthode 2021	Assises Economie Circulaire 23-24 juin 2020
	WE LOVE GREEN IT Présentation du projet, de la méthode 2019 et 2020	CCI FRANCE Présentation du projet, de la méthode janvier 2019	CN 39 Présentation du projet, de la méthode janvier 2019	France Stratégie Présentation du projet, de la méthode février 2019
	IDATE numérique & transition écologique Présentation du projet, de la méthode septembre 2020	AFNOR SPEC Présentation du projet, de la méthode septembre 2021	Colloque GRD SOC Présentation du projet, de la méthode juin 2021	Colloque FHP Présentation du projet, de la méthode juin 2021
AUTRES ACTIONS	Expo Bio Inspirée Fourniture d'éléments de quantification pour la prochaine expo cité des sciences		Projet SODECO concernant les enjeux de la soutenabilité de la « donnée » au service de l'écoconception, avec une application à l'éco-usage du véhicule connecté.	
	A VENIR		A VENIR	
A VENIR	Restitution publique des 36 mois de R&D et cas pilotes		Livre blanc et outils de communication	

Figure 37 - Voies de dissémination du projet

La fin de l'année 2021 a eu pour but de diffuser les travaux. Pour cela, nous avons réalisé :

- Deux webinaires de présentation de la base de données les 15 et 25 octobre 2021
- Une présentation lors du séminaire ORAP sur la frugalité et le calcul haute performance - <http://orap.irisa.fr/>
- Un évènement de clôture pour les membres du comité consultatif
- Un évènement de lancement pour la base de données

6.2.3.2.4. Formations

Les travaux réalisés lors du projet NegaOctet ont permis d'alimenter deux formations :

- Formation Écoconception de services numériques dispensée par GreenIT.fr : 958 stagiaires d'environ 700 entreprises différentes
- Formation Analyse du cycle de vie de services numériques dispensée par DDemain et LCIE : 143 stagiaires

7. Synthèse

Dans un contexte d'accélération de la prise de conscience des impacts environnementaux du numérique, le consortium NegaOctet a su mettre ses compétences complémentaires au service de :

- L'augmentation de la connaissance sur l'impact environnemental des services numériques
- L'harmonisation des pratiques d'évaluation de l'impact environnemental
- La mise à disposition d'un référentiel pratique et robuste pour faciliter une quantification objective et cohérente des impacts environnementaux



Figure 38 - Synthèse

Les travaux menés dans le cadre du projet Perfecto ont permis d'aboutir à la publication d'un référentiel encadrant la comptabilisation des impacts environnementaux du numérique en vue de la réduction de ces derniers. Le projet s'est articulé autour de quatre piliers :

Pilier 1 - Etat de l'art

L'amorçage d'un **état de l'art** qui a été la base d'autres projets, tels que l'étude ADEME ARCEP sur l'impact environnemental du numérique en France. Cet état de l'art a permis de disposer d'une vision à 360 degrés de la connaissance associée au sujet de l'empreinte environnementale du numérique conduisant au constat suivant : la vision actuelle de l'empreinte du numérique est parcellaire et se contente souvent de l'approche énergétique et/ou empreinte carbone. Il existe très peu d'études multicritères portant sur un périmètre de service numérique complet. Il y a une nette évolution du nombre de publications entre 2018 et 2021 montrant l'importance du sujet.

De plus, des sujets spécifiques à l'ACV de services numériques ont été identifiés. Ces sujets devront alimenter les travaux de recherche à venir. Il s'agit de la question des impacts environnementaux indirects (trop souvent traités uniquement par l'angle des bénéfices et de l'efficacité), la question des règles d'affectation avec la distinction entre le coût d'usage et le coût de possession, la question du coût moyen et du coût marginal qui se pose lorsqu'un service fait appel à un équipement existant, et la question de la multifonctionnalité.

Pilier 2 - Règles méthodologiques

Des **règles méthodologiques (règles du jeu communes)** ont été proposées et mises en œuvre de manière concrète, notamment dans les études de cas pilotes. Au-delà du projet Perfecto, ces règles ont également été formalisées par catégories de produits, dans le cadre des travaux sur les RCP relatifs à la mise en œuvre de l'article 13 de la loi AGEC. Disposer de règles explicites de réalisation des ACV permet de garantir une homogénéité et une comparabilité des résultats obtenus par l'ensemble des acteurs. Il est d'ailleurs primordial de disposer de règles homogènes, aussi bien au niveau des équipements que des tiers de

l'infrastructure et que des services numériques dans leur entier. En effet, cela permet de garantir la mise en commun de données à tous les niveaux de la chaîne de responsabilité. Pour cela, nous avons fait en sorte que les règles proposées dans le projet Perfecto soit, autant que possible, harmonisées avec le BP-X-30 323, le PEFCR IT equipment et la norme ITU-L-1410.

Pilier 3 - Base de données d'inventaires du cycle de vie

La création d'une **base de données d'inventaires du cycle de vie** selon quatre niveaux de profondeur et ayant remis en question les données d'impacts sur les composants semi-conducteurs :

- Niveau 0 - Semiconducteurs
- Niveau 1 - Composants numérique : Dalle écran tactile et non tactile, SSD, HDD, RAM, processeur, carte mère, cartes graphiques, châssis, ventilateur, lecteur DVD, alimentations
- Niveau 2 - Équipements génériques et spécifiques : Équipements terminaux (TV, PC, Smartphone...), équipements réseaux (box, DSLAM, ONT, OLT...), équipements du datacenter IT (serveur, baie...), équipements du datacenter non IT (climatisation, groupe électrogène...)
- Niveau 3 - Niveau tiers de l'infrastructure : Datacenter par typologie/ technologie et niveau de performance, réseaux fixes (ADSL, FTTX par ligne et par Go), réseaux mobiles (3G, 4G, (5G) par ligne et par Go), services cloud dans le datacenter par type (cloud public, cloud privé) et localisation (IAAS (VM, stockage), PAAS (BDD) données moyennes)
- Niveau 4 - Niveau Services numériques : Envoi d'un email, streaming vidéo, téléchargement de fichier, stockage de données dans le cloud, utilisation d'une montre connectée, webconférence, requête web

Ainsi, la réalisation de la base de données NegaOctet a permis de :

- Disposer de données multicritères homogènes pour évaluer l'impact environnemental d'un service numérique
- Mener des travaux de consolidation et développement des données à tous les niveaux de l'industrie du numérique :
 - o Au niveau composant : en mettant à jour les données associées à la production des wafers de silicium qui sont au cœur des impacts des semiconducteurs, en mettant à jour les données sur la production des écrans LCD et OLED (basées sur les rapports RSE récents des grands fabricants), en effectuant une analyse sur l'impact des différentes technologies de stockage
 - o Au niveau des équipements : en permettant la création de modèles paramétrables en fonction des caractéristiques techniques (qui sont aussi dimensionnantes d'un point de vue environnemental) à savoir le CPU, RAM et la capacité/technologie de stockage
 - o Au niveau des réseaux : en mettant à jour les données de réseaux fixe et mobile (cet aspect a été fait de manière rigoureuse en combinant le référentiel NegaOctet et les données collectées dans le cadre des RCP pour les fournisseurs d'accès internet)
 - o Au niveau des datacenters, en permettant :
 - Le passage de l'approche par PUE à une approche combinant PUE et intégration des impacts associés au bâtiment et aux équipements de l'environnement technique
 - Le paramétrage des serveurs et équipements techniques en fonction de critères techniques : CPU, RAM, stockage mais aussi taux de charge
- Réaliser les évaluations sur l'ensemble des critères PEF et de procéder à la normalisation des indicateurs pour présenter l'intérêt du multicritères
- Évaluer l'indicateur MIPS

Les données seront mises à disposition :

- Dans un node ILCD sous forme d'inventaire du cycle de vie pour les praticiens ACV et sous forme de facteurs d'émissions pour les autres. Ces éléments seront privés et mis à disposition de manière payante.

- Dans la Base Impacts® pour une partie des usages clés et mises à disposition de manière gratuite.

Pilier 4 - Test dans le cadre des pilotes

Afin de s'assurer de l'applicabilité de la méthode, le consortium a eu à cœur de mettre en application la méthode et les données produites ; ainsi la méthode a été éprouvée grâce à sa mise en application sur une douzaine de projets pilotes ainsi que dans deux études externes au champ initial de NegaOctet.

Cette phase pilote a permis de :

- Améliorer la méthode et la granularité de la base de données
- Améliorer les outils et préparer le cahier des charges d'un outil permettant la dissémination de la méthodologie
- Identifier les sources d'impacts de différents types de services numériques
- Identifier les écarts générés par l'utilisation des données NegaOctet
- Faire bénéficier aux acteurs des pilotes d'une expertise en construction
- Anticiper la montée en compétence de certains acteurs

Le développement du projet NegaOctet a su s'inscrire sur un terreau favorable à son développement puisque le projet a eu un relai médiatique fort et a suscité l'intérêt d'un grand nombre d'acteurs, générant ainsi des synergies avec des projets ambitieux de diagnostic : l'étude ADEME-ARCEP en est un très bon exemple.

8. Ouverture et perspectives

8.1. Mise à disposition des données

8.1.1. Mode de mise à disposition

En complément de l'accessibilité gratuite de certaines données clés dans Base Impacts®, la base de données NegaOctet sera mise à disposition au sein d'une licence annuelle en 2022. Cette diffusion rapide correspond à une forte demande du marché. Elle apparaît stratégique puisque c'est une base de données unique en son genre qui paraît alors que de nombreux acteurs souhaitent se lancer dans le pilotage de la performance environnementale de leur service et que la réglementation pousse à cela.

Afin de répondre à la demande du plus grand nombre, elle sera mise à disposition sous deux formats :

- Format excel, très adapté au besoin des développeurs de services numériques qui n'ont à ce jour pas de bagage environnemental et pour lesquels il s'agira de combiner des éléments de son périmètre mais aussi provenant de son fournisseur. Ce format est particulièrement adapté dans le cadre de la mise en œuvre d'une démarche d'écoconception de services numériques
- Format Node ILCD pour les praticiens ACV, leur permettant ainsi d'intégrer la dimension numérique dans leurs ACVs quel que soit le secteur d'activité. Ce format est particulièrement adapté pour intégrer la dimension numérique dans le développement de projets d'écoconceptions de produits connectés ou dans le cas d'intégration de technologie dans des ACV pour d'autres secteurs (agriculture, textile, ...)

8.1.2. Gouvernance de la base de données

Si la base de données a été construite au travers du consortium APL, DDemain, GreenIT.fr, LCIE, il nous paraît crucial que celle-ci puisse évoluer en dehors de ce dernier. Ainsi, nous proposons de créer une association qui aura en charge de porter la base de données, d'assurer sa maintenance et son renouvellement.

8.1.3. Recommandation sur la fréquence de mise à jour

Compte tenu de la rapidité d'évolution du secteur, tant en terme de matériels que d'architectures de service, il est nécessaire d'envisager une suite à ce projet, qui devra :

- Permettre la mise à jour et la maintenance de la base de données
- Permettre l'enrichissement de la donnée
- Permettre l'élargissement du consortium d'acteurs en charge de sa gouvernance

Nous recommandons de mettre à jour la base de données à minima tous les trois ans.

8.1.4. Sujets à approfondir

À l'échelle des équipements, les sujets à approfondir sont les suivants :

- La variabilité de la durée de vie des équipements de stockage. En effet, l'archivage des données est un sujet clé dans le numérique. Elle touche à la résilience et à la sécurité de l'information.
- La variabilité des impacts de la RAM en fonction de la technologie. En effet, ce travail n'a pas été réalisé et pourrait avoir un impact.

8.2. Transfert de compétence

8.2.1. Formation

Depuis le début du projet NegaOctet, nous avons sensibilisé plus de 900 personnes aux enjeux de l'analyse du cycle de vie dans le secteur du numérique et formé plus de 170 personnes à sa pratique. Nous nous sommes systématiquement heurtés à la question des données.

Ainsi, la mise à disposition de la base de données ainsi que la création d'une offre de formation dédiée au référentiel NegaOctet va permettre la diffusion des pratiques ACV de services numériques à une plus grande échelle.

8.2.2. Outils

À ce jour, les données seront mises à la disposition de tous sous deux formats :

- Un format .xls, dans lequel les données seront diffusées sous forme de facteur d'impacts
- Un format node ILCD, exploitable dans tous les logiciels d'analyse du cycle de vie compatibles

Ce sont pas moins de 1500 données et une vingtaine de calculateurs qui seront mis à disposition. Mais pour poursuivre la dissémination efficacement, il apparaît que la création d'outils préformatés est un incontournable. À ce jour, un cahier des charges a été élaboré dans ce sens.

8.3. Point méthodologique à creuser dans le cadre de projets de recherche

8.3.1. Affectation des impacts

8.3.1.1. Impact de la connectivité des produits du quotidien – Coût de possession vs coût d'usage

Les services numériques sont souvent utilisés en substitution de services classiques. Leurs profils d'impact sont différents, avec des causes et des conséquences spécifiques. Parmi ces différences, il y a notamment un report des impacts depuis les phases de

production, distribution, installation et fin de vie, vers la phase d'utilisation. En effet, les services numériques font appel à des équipements consommateurs d'électricité et de données qui génèrent des impacts environnementaux. Cela produit une modification d'une partie des causes d'impact, depuis un coût de possession (les impacts sont conditionnés à l'acquisition du produit) vers un coût d'usage (les impacts sont conditionnés à l'usage du produit). Si cette modification est à relativiser (une partie importante, voire majoritaire, des impacts, reste associée à la fabrication des terminaux), l'usage détermine également le dimensionnement des infrastructures réseaux (de manière cumulative pour l'ensemble des consommations) et serveurs (de manière ciblée sur le service numérique concerné). Cette vision revient à considérer la consommation et l'usage de données (réseau et serveurs) comme une ressource générant des impacts, au même titre que la consommation d'électricité. Ressource dont il convient de limiter l'usage dans une démarche d'écoconception.

Afin de mieux prendre en considération l'impact de la connectivité (IoT, domotique...), il conviendra de mettre en place des règles qui permettraient de mieux intégrer l'aspect SMART dans les déclarations environnementales produits ou bâtiment par exemple.

8.3.1.2. Coût environnemental moyen et coût environnemental marginal – Mieux intégrer les nouveaux usages

Les services numériques sont généralement interconnectés de par l'utilisation d'équipements partagés. Ces équipements sont parfois présents de manière indépendante au service étudié. Par exemple, un service de mail utilise des équipements terminaux (ordinateurs, tablettes, smartphones) mais n'est pas directement la cause de leur production. Ces équipements seraient acquis et produits de toute façon.

Deux visions sont ainsi possibles :

- Calcul du coût moyen : il correspond au calcul classique réalisé en ACV : les impacts liés à la production des équipements déjà utilisés sont alloués au service par rapport à une clé d'allocation qui dépend de chaque situation.
- Calcul du coût marginal : il correspond au coût lié à l'accroissement des impacts environnementaux suite à la mise en place du service par rapport à la situation précédente. Il exclut la production des équipements déjà utilisés.

À noter que dans le cadre du calcul du coût marginal, un équipement peut avoir une partie des impacts associés au service (consommation d'électricité en mode actif), et d'autres non (fabrication, consommation d'électricité en mode veille, etc.)

Se pose ainsi la question de la responsabilité des parties prenantes par rapport aux impacts des équipements partagés et des leviers d'actions envisageables dans le cadre d'une démarche d'écoconception :

- Si l'infrastructure n'est pas installée préalablement au service, ou si elle est dédiée intégralement à celui-ci sur une période donnée, le coût marginal et le coût moyen sont confondus. La réduction des impacts implique de limiter la nécessité de nouveaux équipements, et peut entraîner la recherche de mutualisation des fonctions sur des équipements déjà existants, par exemple en favorisant un affichage déporté sur smartphone plutôt qu'un afficheur dédié.
- Si l'infrastructure est installée et non dédiée intégralement au service sur une période donnée, le praticien doit déterminer s'il choisit une approche de coût marginal ou de coût moyen. Idéalement, il peut calculer les impacts selon les deux approches pour disposer de prismes de lecture complémentaires. La réduction des impacts implique d'optimiser le service afin que celui-ci limite l'utilisation de ressources de bande passante, de calcul et/ou de stockage sur les équipements utilisés afin de réduire la consommation d'énergie et de limiter l'obsolescence des équipements et ainsi leur remplacement.

Si cette problématique n'est pas traitée directement dans les pilotes, elle est revenue systématiquement dans les phases d'interprétation. C'est un point d'ouverture clé dans le cadre de la réalisation d'ACV de services numériques à terme et d'ouverture vers l'ACV conséquentielle.

8.3.2. Prise en compte des effets indirects – Mise en place d'une méthode d'analyse du cycle de vie conséquentielle dédiée aux services numériques

Le numérique agissant comme un facilitateur par rapport à l'ensemble des secteurs, la prise en compte des effets indirects aussi bien positifs que négatifs est essentielle. En effet, si on considère aujourd'hui le numérique comme une opportunité non remise en question pour la transition écologique, la réalité est toute autre. Le secteur du numérique est le premier touché par le paradoxe de Jewons : à titre d'exemple, plus de numérique = plus de papier, plus de numérique = plus de transport...

Ainsi, si les effets indirects associés à l'efficacité sont bien traités, les effets rebonds sont quant à eux peu étudiés, ils sont pourtant de plusieurs types (voir figure ci-dessous) et adviennent très souvent dans le secteur qui nous intéresse.

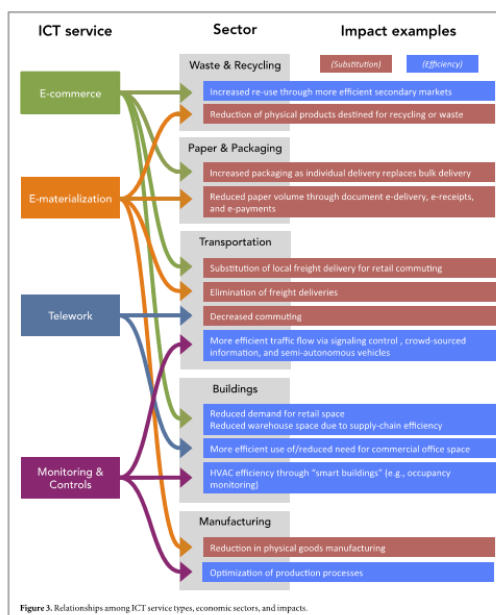
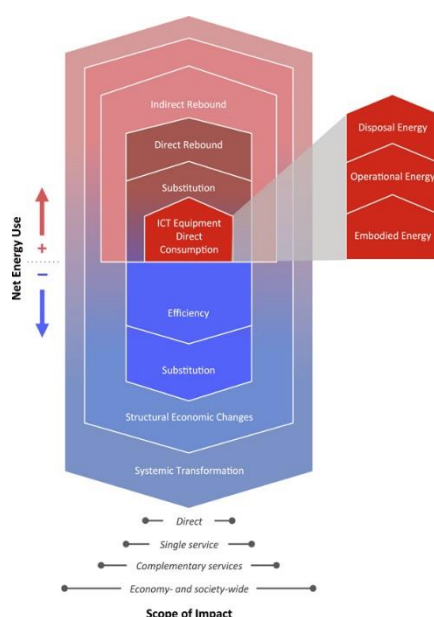


Figure 3. Relationships among ICT service types, economic sectors, and impacts.

Nathaniel C Horner et al 2016 Environ. Res. Lett. 11 103001

Figure 39 - Catégorisation des effets indirects

L'ordre de grandeur de ces effets indirects est peu connu à l'heure actuelle, mais certaines études l'estiment supérieur aux effets directs. À titre d'illustration, l'« Étude sur la caractérisation des effets rebonds induits par le télétravail » de l'ADEME montre que les effets rebonds et la façon de gérer la mise en place de services physiques et numériques autour du télétravail peuvent faire varier les impacts fortement jusqu'à rendre le télétravail bénéfique, ou au contraire empirant les impacts environnementaux.

Ces impacts sont cependant difficiles à quantifier dans des délais et des ressources abordables pour la plupart des praticiens ACV, et demandent l'intervention d'experts de domaines variés (économistes, sociologues, comportementalistes, etc.). Par ailleurs, ils génèrent une forte incertitude du fait de leur caractère prévisionnel, dans un domaine comme les services numériques soumis à de fortes évolutions et des sauts technologiques. Il est cependant possible de les identifier et de les catégoriser. Pour cela, différentes classifications sont possibles. L'étude « Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology » est à ce jour l'étude la plus poussée sur la classification des impacts indirects des services numériques. Si elle se concentre sur une approche énergétique, sa méthodologie est applicable pour la réalisation d'ACV.

Plus largement, la prise en considération des impacts systémiques du numérique pourrait être mieux réalisée via la mise en application de l'ACV conséquentielle. Une méthodologie spécifique pourrait être proposée.

8.3.3. Usages multiples d'un service numérique

Comme tout bien couvert par une ACV, les services numériques peuvent couvrir plusieurs fonctions, ou plusieurs scénarios d'usages relatifs à une fonction commune. Cependant, la multiplicité des acteurs œuvrant autour d'un même service numérique entraîne une forte variété d'usages potentiels par rapport à un bien classique.

La compréhension de ces différents usages effectifs et fonctions est essentielle afin de déterminer les impacts environnementaux de ces services de manière pertinente. Plus encore, identifier les acteurs impliqués dans ces usages permet d'identifier les leviers d'action permettant de réduire les impacts avec plus de précision.

Deux éléments sont à différencier :

- Usage différent : un même service numérique remplit une fonction via plusieurs scénarios d'usage différent. Exemple : un service de vidéo à la demande peut être utilisé via un ordinateur, une tablette, un smartphone, grâce à un réseau filaire ou mobile, et sur différentes architectures serveur.
- Fonction différente : un même service numérique peut remplir plusieurs fonctions. Exemple : un réseau social peut avoir pour ses utilisateurs une fonction d'échange d'informations au format texte, photo ou vidéo, et pour son gestionnaire une fonction de collecte de données et de maximisation des revenus publicitaires.

Ces éléments ne sont pas spécifiques aux services numériques, mais l'explosion des usages dont beaucoup sont très spécifiques (ex. : ACV de la lecture du journal sur le smartphone avec le wifi du train), ainsi que parfois l'impossibilité de séparer les fonctions à travers des règles d'allocation, entraîne une importance accrue de la prise en compte de cet aspect.

8.4. Projet d'affichage environnemental

L'ensemble des travaux menés dans le cadre du projet Perfecto NégOctet a été réalisé dans une optique de compatibilité avec les référentiels d'affichage environnemental nationaux et internationaux. Cela devrait ainsi permettre de faciliter la mise en œuvre d'un affichage environnemental.

Par ailleurs, la première étape vers un tel affichage a déjà été réalisée suite au projet Perfecto NégOctet via la rédaction des documents :

- Principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation - Référentiel méthodologique d'évaluation environnementale des services numériques
- Principes généraux pour l'affichage environnemental des produits de grande consommation - Référentiel méthodologique d'évaluation environnementale de la Fourniture d'Accès Internet (FAI)

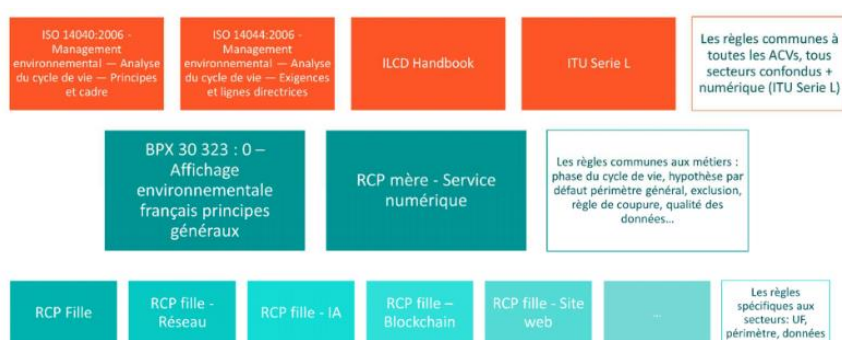


Figure 40 - Préparation d'un affichage environnemental - Articulation avec l'existant

Sur la base de ce modèle, deux autres catégories de produits vont être traitées, à savoir les réseaux d'entreprises ainsi que le cloud et le datacenter.

Afin de basculer vers un affichage environnemental, il sera alors question d'obtenir un large échantillon d'acteurs par catégories de services afin d'établir des échelles de conversion des impacts environnementaux en note environnementale A, B, C, D ou E..

U. A. K. C.

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 1- Feuille de route gouvernementale sur l'environnement et le numérique	12
Figure 2 - Évolution de l'industrie du numérique vers services numériques et IoT	12
Figure 3 - Ensemble complet d'indicateurs d'impact recommandés dans la méthodologie PEF	17
Figure 4 - Sélection d'indicateurs pertinents sur la base de normalisation et de pondération.....	17
Figure 5 -Facteurs de normalisation proposés par la JRC.....	18
Figure 6 -Facteurs de pondération proposés par la JRC	18
Figure 7- Articulation des différentes phases du projet	20
Figure 8.....	32
Figure 9 - Synthèse articulation de la base de données	32
Figure 10 - Abaque de définition du yield	33
Figure 11 - Résumé - Fabrication d'un semiconducteur	33
Figure 12 – Évolution des impacts en fonction de la surface de die	34
Figure 13 - Répartition des impacts de la production des semiconducteurs à surface équivalente - Variation en fonction du nombre de masques.....	34
Figure 14 - Description des différents types de technologie SSD	35
Figure 15 -Corrélation entre capacité de stockage et nombre de puces , entre capacité de stockage et surface de die en fonction des technologies	35
Figure 16 - Variabilité de l'empreinte carbone des SSD et RAM en fonction de la capacité et de la technologie	36
Figure 17 - Modèle paramétrable intégré dans EIME	36
Figure 18 - Résultat d'impact pour un équipement	37
Figure 19 - Paramètres d'entrée pour configurer les impacts d'un PC	37
Figure 20 - Exemple de résultats pour un PC fixe (hors écran) – Dérèglement climatique	38
Figure 21 - Exemple de résultats pour un PC fixe type gaming (hors écran) – Dérèglement climatique	38
Figure 22 - Description de la base de données NegaOctet	42
Figure 23 - Présentation de la maquette dans sa première version	43
Figure 24 - Vision synthétique du processus d'évaluation pour mise au point du/ d'un calculateur	44
Figure 25 - Page d'accueil.....	45
Figure 26 - Paramètres techniques décrivant le cahier des charges fonctionnelles du service numérique.....	45
Figure 27 - Paramétrage spécifique des terminaux	45
Figure 28 - Découpage spécifique des trois tiers du service numérique aux spécificités ?? CYME	46
Figure 29 - Évaluation mensuelle des impacts du service numérique sur 24 mois	46
Figure 30 - Comparaison de deux scénarios	46
Figure 31 - Description du calculateur Worldline Phase 1	48
Figure 32 - Présentation de la répartition des résultats pour un mail de référence	51
Figure 33 - Présentation de la répartition des résultats pour un mail de 10 Mo stocké 10 ans par l'émetteur et le récepteur.....	52
Figure 34 - Présentation de la répartition des résultats pour un mail de 10 Mo stocké 10 ans par l'émetteur et le récepteur et envoyé/réceptionné sur smartphone	53
Figure 35 – Impact d'une campagne d'e-mailing	54
Figure 36: Comparaison EIME V4 vs EIME V5 focus serveurs et stockage. Erreur ! Signet non défini.	
Figure 37 - Synthèse de l'action collective	55
Figure 38 - Voies de dissémination du projet	63
Figure 39 - Synthèse	64
Figure 40 - Catégorisation des effets indirects.....	69
Figure 41 - Préparation d'un affichage environnemental - Articulation avec l'existant.....	70

Glossaire

- **Analyse de cycle de vie (ACV) complète** : ACV qui tient compte de l'ensemble des aspects du système. Le périmètre d'étude précis et les frontières du système varient d'une ACV à une autre.
- **Analyse de cycle de vie (ACV) hybride** : méthode qui combine l'approche de l'ACV fondée sur l'analyse économique des entrées-sorties avec les spécificités de l'approche ACV process-based (basée sur les processus).
- **Analyse de cycle de vie (ACV) screening**¹¹ : il n'existe pas de définition officielle de ce terme, mais de nombreuses études s'accordent pour dire qu'il s'agit d'une ACV dite complète qui n'a pas pour objectif de quantifier les impacts environnementaux mais d'identifier les zones du système et/ou les aspects clés du cycle de vie qui contribuent de manière significative à l'impact et qui ne doivent pas être négligés dans une étude d'ACV complète. Une ACV screening peut s'appuyer sur des facteurs d'émissions issus de la littérature sans considération d'homogénéité et de base de données d'inventaire du cycle de vie.
- **Analyse de cycle de vie (ACV) simplifiée**¹¹ : il n'existe pas de définition officielle de ce terme, mais il s'agit généralement d'une ACV non complète, soit dont la portée est plus étroite, incluant moins de processus et/ou moins de catégories d'impact. On peut retrouver en anglais les termes « simplified » ou encore « streamlined » pour qualifier ce type d'ACV.
- **ACV-A, attributionnelle (ou analyse par attributs)**¹² : ACV dont le système à l'étude est composé de processus élémentaires liés par des flux issus de la technosphère directement attribuables au système. Le système est considéré comme établi (en régime permanent). Les conséquences induites par les alternatives comparées ne remettent pas massivement en cause les chaînes des fournisseurs.
- **ACV-C, conséquentielle (ou analyse par conséquences)**¹² : ACV dont le système à l'étude est composé de processus élémentaires liés par des flux économiques mais aussi des processus affectés indirectement par la mise en place du cycle de vie du produit étudié ou par son changement.
- **Méthode (d'évaluation environnementale)**¹³ : ensemble des règles et des étapes de calcul permettant d'aboutir à l'évaluation de l'impact environnemental d'un système, qui a pour objet de mesurer et d'analyser les effets sur l'environnement pour prévenir des conséquences dommageables sur l'environnement.
- **Méthode d'analyse de cycle de vie (ACV)**¹⁴ : compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie.
- **RCP - Product Category Rule : Règles spécifiques des catégories de produits** : ensemble de règles, d'exigences et de lignes directrices spécifiques prévues pour l'élaboration de déclarations environnementales de Type III et de communications d'empreintes carbone pour une ou plusieurs catégories de produits.
- **Référentiel** : ensemble structuré de recommandations, normatives ou non, et de bonnes pratiques utilisées pour la mise en œuvre d'une méthode dans un contexte, pour une catégorie de produit, ou pour un objectif particulier.
- **TIC - Technologies de l'Information et de la Communication**¹⁵ : ensemble d'outils et de ressources technologiques permettant de transmettre, enregistrer, créer, partager ou échanger des informations, notamment les ordinateurs (portable ou de bureau, les terminaux, etc.), l'internet (sites Web, logiciels, blogs et messagerie électronique), les technologies (datacenters, serveurs, etc.) et appareils de diffusion en direct (radio, télévision et diffusion sur l'internet) et en différé (podcast, lecteurs audio et vidéo et supports d'enregistrement) et la téléphonie (fixe ou mobile, satellite, visioconférence, etc.)
- **Service Numérique**¹⁶ : un service numérique est une association :

¹¹ Gradin, K.T., Björklund, A. (2021). *The common understanding of simplification approaches in published LCA studies—a review and mapping*. Int J Life Cycle Assess 26, 50–63. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01843-4>

¹² European Commission Joint Research Center (JRC), ILCD handbook – The International Reference Life Cycle Data System, 2012.

¹³ ADEME. (2020, 07 Octobre). *L'évaluation environnementale dans l'industrie et les services. Outils et méthodes*.

¹⁴ International Organization for Standardization (ISO). (2006). *ISO 14040:2006(fr) - Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre*.

¹⁵ UNESCO. (n.d). *Technologies de l'information et de la communication (TIC)*.

¹⁶ Western Australian Government. (n.d). *Digital services definition and examples*.

- D'équipements permettant de stocker, manipuler, afficher des octets (serveurs, terminaux utilisateurs, box ADSL, etc.) ;
- D'infrastructures qui hébergent et relient les équipements (réseaux opérateurs et centres données notamment) ;
- De plusieurs logiciels empilés les uns sur les autres, qui s'exécutent au-dessus des équipements ;
- D'autres services numériques tiers éventuels.

Il répond à un besoin spécifique, à une ou plusieurs fonctionnalités et des utilisateurs [158].

SIGLES ET ACRONYMES

ACV	Analyse de Cycle de Vie
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFPIA	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
Arcep	Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
ATTM	Access, Terminals, Transmission and Multiplexing
CCDC	Cloud Computing and Data Center
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CHRU	Centre Hospitalier Régional et Universitaire
COMUE	Communauté d'Universités et Établissements
CUE	Carbon Usage Effectiveness
DC	Data Center
DCMM	Data Center Maturity Model
DDV	Durée De Vie
DEEE	Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques
DMS	Desktop Managed Services
EN	Normes du comité Européen de Normalisation
EPEAT	Electronic Product Environmental Assessment Tool
ErP	Energy related Products
ETSI	Energy Related Product
EuP	Energy using Product
EPIC	Établissement Public à caractère Industriel et Commercial
ES	ETSI Standard
ETI	Entreprise de Taille Intermédiaire
FAI	Fournisseur d'Accès à Internet
GES	Gaz à Effet de Serre
GeSI	Global enabling Sustainability Initiative
GHG	GreenHouse Gas
HDD	Hard Disk Drive
HPC	High Performance Computing
HW	Hardware
ICT	Information and Communication Technology
IE	Ingénierie Environnementale
IEC	International Electrotechnical Commission
ILCD	International Reference Life Cycle Data system
iNEMI	International Electronics Manufacturing Initiative

IoT	Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
ITU	International Telecommunication Union
KPI	Key Performance Indicator
LCA	Life Cycle Analysis
MFA	Material Flow Analysis
PCR	Product Category Rule
PEF	Product Environmental Footprint
PEFCR	Product Environmental Footprint Category Rule
PME	Petite et Moyenne Entreprise
PRG	Pouvoir Réchauffant Global
PUE	Power Usage Effectiveness
REACH	Registration, Evaluation, Autorisation and Restriction of Chemicals
REF	Renewable Energy Factor
RoHs	Restriction of Hazardous substances in electrical and electronic equipment
RSE	Responsabilité Sociétale des Entreprises
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SSD	Solid State Drive
SW	Software
TIA	Telecommunications Industry Association
TIC	Technologie de l'Information et de la Communication
TNS	Telecommunications Network Services
TS	Technical Specification

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



PERFECTO 2018 NEGAOCTET : ÉLABORATION ET TEST D'UN RÉFÉRENTIEL D'ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DES SERVICES NUMÉRIQUES EN VUE DE LEUR ÉCOCONCEPTION

NegaOctet est un projet de recherche et développement de référentiel, financé par l'ADEME dans le cadre de l'appel à projets Perfecto 2018, et réalisé conjointement par APL Datacenter, DDemain, GreenIT.fr et LCIE.

Le projet s'est articulé autour des quatre piliers suivants :

1. Etat de l'art
2. Proposition de règles méthodologiques
3. Création d'une base de données d'inventaires de cycle de vie
4. Test avec des études de cas pilote

Il a fait l'objet de nombreuses valorisations, et permis des contributions directes à la mise en œuvre de la loi AGECE (Article 13) ou à l'étude ADEME-ARCEP sur l'impact du numérique en France.

NegaOctet, le premier référentiel pour évaluer les impacts environnementaux des services numériques selon une approche cycle de vie

3 années de développement

Testé et validé sur 12 cas d'études d'acteurs publics et privés