

## Travail de Bachelor 2023

### Un Numérique Responsable pour Tous



Module :	656-1 Travail de Bachelor
Étudiant :	Cohu Rémi
Professeur :	Bocchi Yann
Déposé le :	28.07.2023

## Source de l'illustration de la page de titre

Clavier avec petite plante. Récupéré sur Freepik :

[https://www.freepik.com/free-photo/keyboard-with-small-plant\\_8726574.htm#query=green%20it&position=0&from\\_view=search&track=ais](https://www.freepik.com/free-photo/keyboard-with-small-plant_8726574.htm#query=green%20it&position=0&from_view=search&track=ais)

## 1.1 Résumé

Ce travail de Bachelor est réalisé en partenariat avec l'ISIT-CH. Son but est de contribuer au développement d'une plateforme de sensibilisation sur l'impact des technologies que nous utilisons au quotidien. Pour cela plusieurs étapes de recherche et de formation ont été nécessaires. Tout d'abord, une revue de littérature expose diverses thématiques traitant du numérique responsable sous différents aspects. Ensuite une analyse de marché a été réalisée permettant d'inventorier les solutions existantes en termes de sensibilisation numérique mais également de définir les attentes du grand public concernant la création d'une telle plateforme. Lorsque nous avons eu une idée précise des fonctionnalités qu'offrira la plateforme de sensibilisation, nous fîmes une analyse technique qui nous a permis de choisir des technologies qui s'intègrent parfaitement à une approche de développement durable. Chaque analyse réalisée durant cette étude, nous a permis d'éco-concevoir cette application. Nous avons ensuite commencé le développement de l'application en suivant le fil rouge des 115 bonnes pratiques du développement web.

La plateforme de sensibilisation est accessible à l'adresse <http://app.isit-ch.org>. Elle offre à ses visiteurs des informations sur le sujet du numérique responsable, la possibilité de mesurer l'impact de ses activités en ligne et met à disposition des « bons plans » et des conseils permettant au grand public d'agir. Bien évidemment, à ce stade, l'outil est toujours en cours de développement. Plusieurs étapes sont encore nécessaires pour une mise sur le marché.

**Mots-clés :** Numérique responsable, Éco-conception, durabilité, sensibilisation, bonnes pratiques

## 1.2 Avant-propos et remerciements

Ce projet de Bachelor découle de l'intérêt de l'étudiant, qui est à la fois passionné par l'innovation et les nouvelles technologies, et animé par une préoccupation profonde pour l'écologie. Sa curiosité à la thématique du numérique responsable découle de l'alliage de ces deux centres d'intérêt.

Accompagné par l'Institut Suisse du Numérique Responsable (ISIT-CH), l'objectif de ce travail consiste à penser et à développer le prototype d'une plateforme de sensibilisation à la thématique du numérique responsable destinée au grand public. La difficulté dans cette mission est d'analyser, de comprendre et de mettre en place les bonnes pratiques de l'éco-conception web afin d'être en accord avec le thème de l'outil de sensibilisation. Il est nécessaire de se renseigner sur les méthodes de communication et d'enseignement afin de déclencher une réelle prise de conscience chez les utilisateurs finaux. L'étudiant s'est également formé aux méthodes de développement durable.

Les informations utilisées dans ce travail sont issues de recherches sur internet, ou ont été récoltées en participant à des séminaires sur la thématique du numérique responsable. L'ISIT-CH nous a également transmis de nombreux rapports scientifiques sur le sujet et nous a donné l'accès à ses ressources informatiques.

Je suis reconnaissant envers toutes les personnes qui ont généreusement accordé de leur temps et partagé leur précieuse expérience. Leur contribution a été essentielle et ce travail de recherche n'aurait pas pu être réalisé sans leur collaboration. Je tiens à leur exprimer ma sincère gratitude.

Monsieur **Yann Bocchi**, Professeur à la HES-SO Valais/Wallis et responsable de ce travail. Il a su m'accompagner, me soutenir et me guider tout au long de ce projet.

Monsieur **Florian Revaz**, Directeur de l'ISIT-CH et mandant du projet, s'est montré très impliqué durant toutes les phases du projet.

Rémi Cohu

Madame **Adeline Pech**, experte en Eco-Conception Numérique - UX - Design Thinking pour les informations apportées dans ces domaines.

Monsieur **Alain Duc**, Professeur à la HES-SO Valais/Wallis pour ses conseils en termes d'architecture web.

Madame **Noémie Sandoz**, Développeuse chez Antistatique pour ses informations sur les technologies Web.

Monsieur **Guillaume Bourgeois**, doctorant en science de l'informatique à l'Université de La Rochelle pour ses précisions sur la base du WeNR.

Monsieur **Jocelyn Oppenlander**, Co-Fondateur de l'ISIT-CHet gestionnaire de compte mondial chez HP, pour nos échanges sur la thématique du numérique responsable.

Monsieur **Rémy Marrone**, responsable du développement à l'ISIT-CH, pour son invitation à l'évènement *Sustainable IT as a lever of sobriety today* à Genève et pour les accès informatiques aux ressources de l'Institut.

Monsieur **Vincent Courboulay**, Expert en numérique du comité de transformation écologique au centre d'organisation des jeux olympique de Paris 2024 pour son intervention et notre échange durant l'évènement *Sustainable IT as a lever of sobriety today* à Genève.

Monsieur **Raphaël Thézé**, Adjoint en transformation et stratégie à l'Université de Genève, pour son intervention et sa présentation d'un jeu sérieux pour la sensibilisation de l'impact des technologies du quotidien.

Je remercie également mes camarades de classe pour leur participation à une séance de brainstorming lors de la phase d'identification des risques. Ma famille, mon amie et mes amis pour leur soutien et la relecture du rapport. Je remercie également toutes les personnes qui ont répondu au sondage partagé lors de l'analyse de marché

## Table des matières

1.1	RÉSUMÉ.....	III
1.2	AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS.....	IV
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>		<b>IV</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>		<b>V</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS .....</b>		<b>VI</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>		<b>7</b>
<b>1</b>	<b>CONTEXTE .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REVUE DE LA LITTÉRATURE .....</b>	<b>10</b>
2.1	LE NUMÉRIQUE RESPONSABLE, DÉFINITION .....	10
2.2	IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	11
2.2.1	<i>Ressources nécessaires.....</i>	<i>11</i>
2.2.2	<i>Émission de gaz à effet de serre .....</i>	<i>12</i>
2.2.3	<i>Recyclage.....</i>	<i>12</i>
2.3	ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES .....	13
2.3.1	<i>La protection des données et la sécurité .....</i>	<i>14</i>
2.3.2	<i>Impacts sur la santé mentale .....</i>	<i>15</i>
2.3.3	<i>Le rapport au travail.....</i>	<i>16</i>
2.4	LA FORMATION ET LA SENSIBILISATION.....	16
2.5	L'ÉCO-CONCEPTION .....	18
2.5.1	<i>L'efficience pour la performance .....</i>	<i>18</i>
2.5.2	<i>L'équité sociale.....</i>	<i>19</i>
2.5.3	<i>L'éco-conception d'un site web .....</i>	<i>19</i>
2.6	SYNTHÈSE : .....	20
<b>3</b>	<b>PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE ET OBJECTIFS.....</b>	<b>21</b>
3.1	DESCRIPTION DU PROJET.....	23
3.1.1	<i>Business Model Canvas Responsable .....</i>	<i>24</i>
<b>4</b>	<b>MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>ANALYSE DU MARCHÉ.....</b>	<b>27</b>
5.1	LE MARCHÉ.....	27
5.2	LA DEMANDE.....	28
5.2.1	<i>Enquête et résultats .....</i>	<i>29</i>
5.2.2	<i>Résumé.....</i>	<i>33</i>
5.3	LES OFFRES .....	34
5.4	L'ENVIRONNEMENT .....	39

5.4.1	<i>Présentation de l'écosystème</i>	39
5.4.2	<i>Analyse des opportunités et des menaces des conditions environnementales</i>	40
<b>6</b>	<b>ANALYSE DES RISQUES</b>	<b>41</b>
6.1	IDENTIFIER LES RISQUES	42
6.2	PLAN D'ACTION	43
<b>7</b>	<b>ANALYSE TECHNOLOGIQUE : PERFORMANCE ET ÉCOLOGIE</b>	<b>44</b>
7.1	LE CHOIX DU LANGAGE	44
7.2	L'HÉBERGEMENT	46
7.3	LES BASES DE DONNÉES	47
<b>8</b>	<b>SYNTHÈSE – ANALYSE</b>	<b>48</b>
<b>9</b>	<b>LA CONCEPTION</b>	<b>49</b>
9.1	LES FONCTIONNALITÉS RETENUES	49
9.1.1	<i>Première fonctionnalité</i>	49
9.1.2	<i>Deuxième fonctionnalité</i>	49
9.1.3	<i>Troisième fonctionnalité</i>	50
9.1.4	<i>L'Use Case</i>	51
9.2	ARCHITECTURE DE LA PLATEFORME	52
9.2.1	<i>Front-end</i>	52
9.2.2	<i>Back-end</i>	54
9.2.3	<i>Base de données</i>	55
9.3	L'HÉBERGEMENT	55
9.4	L'APPARENCE DE LA PLATEFORME	57
9.4.1	<i>Les mook up</i>	57
9.4.2	<i>Corporate Design</i>	59
<b>10</b>	<b>RÉALISATION</b>	<b>60</b>
10.1	L'ARCHITECTURE GLOBALE	60
10.1.1	<i>NRforALL-API</i>	60
10.1.2	<i>NRforALL</i>	62
10.2	MONGODB	63
10.2.1	<i>Collection articles</i>	63
10.2.2	<i>Collection tips</i>	64
10.2.3	<i>Collection users</i>	65
10.3	REST API EN GOLANG	66
10.3.1	<i>Arborescence du code</i>	66
10.3.2	<i>Routage</i>	67
10.3.3	<i>CORS headers</i>	68
10.3.4	<i>Swagger</i>	69
10.3.5	<i>Communication avec la base de données</i>	72

10.4	FRONTEND REACT .....	74
10.4.1	Arborescence du code .....	74
10.4.2	Le routage .....	75
10.4.3	Service Worker .....	77
10.4.4	Mise en cache des requêtes API .....	82
10.4.5	Scroll infini .....	85
10.4.6	Appel de l'API .....	86
10.4.7	Design .....	88
10.4.8	Compression des fichiers .....	91
10.5	AUTHENTIFICATION JWT .....	93
10.6	LE DÉPLOIEMENT ET INTÉGRATION CONTINUE .....	97
11	<b>IMPACT ENVIRONNEMENTAL .....</b>	<b>99</b>
11.1	ANALYSE DES RÉSULTATS .....	102
11.2	IMPACT .....	103
12	<b>SUITE DU PROJET .....</b>	<b>104</b>
12.1	LES FONCTIONNALITÉS .....	104
12.2	LA SÉCURITÉ .....	104
12.3	INTÉGRATION ET DÉPLOIEMENT CONTINU .....	105
12.4	DESIGN ET MARKETING .....	106
12.5	SYNTHÈSE .....	107
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>108</b>
	<b>REFERENCES .....</b>	<b>110</b>
	<b>ANNEXE I : WEBSITE CARBON APP.ISIT-CH.ORG .....</b>	<b>112</b>
	<b>ANNEXE II : WEBSITE CARBON HES-SO.CH .....</b>	<b>113</b>
	<b>ANNEXE III : WEBSITE CARBON INSTITUTNR.ORG .....</b>	<b>114</b>
	<b>ANNEXE IV : WEBSITE CARBON AMAZON.COM .....</b>	<b>115</b>
	<b>ANNEXE V : ECOGRADER APP.ISIT-CH.ORG .....</b>	<b>116</b>
	<b>ANNEXE VI : ECOGRADER HES-SO.CH .....</b>	<b>117</b>
	<b>ANNEXE VII : ECOGRADER INSTITUTNR.ORG .....</b>	<b>118</b>
	<b>ANNEXE VIII : ECOGRADER RTS.CH .....</b>	<b>119</b>
	<b>ANNEXE IX : ECOINDEX .....</b>	<b>120</b>
	<b>ANNEXE X : GITHUB BACKEND .....</b>	<b>122</b>
	<b>ANNEXE XI : GITHUB FRONTEND .....</b>	<b>122</b>
	<b>ANNEXE XII : EXPORT MONDAY .....</b>	<b>123</b>
	<b>DÉCLARATION DE L'AUTEUR .....</b>	<b>125</b>



## Liste des tableaux

Tableau 1 - Description du projet.....	23
Tableau 2 - Business Model Canva - Légende des post-it.....	25
Tableau 3 - Business Model Canva - Légende des cases .....	25
Tableau 4 - le marché du numérique.....	27
Tableau 5 - Enquête - Q4 Résultat.....	31
Tableau 6 - Offre Fruggr.....	35
Tableau 7 - Offre Impactco2.fr.....	36
Tableau 8 - Offre numeriqueresponsable.org .....	37
Tableau 9 - Offre myimpact.isit-europe.org .....	38
Tableau 10 - Cartographie de l'écosystème .....	39
Tableau 11 - Facteurs et freins à la croissance.....	40
Tableau 12 - Grille d'évaluation des risques.....	41
Tableau 13 - Identification des risques.....	42
Tableau 14 - Plan d'action.....	43
Tableau 15 - Exemple data WENR.....	50
Tableau 16 - Benchmark Front-end.....	54
Tableau 17 - Benchmark Back-End.....	54
Tableau 18 - Corporate Design.....	59
Tableau 19 - MongoDB collection articles.....	63
Tableau 20 - MongoDB Collection Tips .....	64
Tableau 21 - MongoDB collection users.....	65
Tableau 22 - Arborescence API Golang .....	66
Tableau 23 - Arborescence API Golang .....	67
Tableau 24 - Stratégie CORS .....	69
Tableau 25 - Arborescence dossier frontend.....	74
Tableau 26 - Arborescence fichier frontend .....	75
Tableau 27 - Routing frontend .....	77
Tableau 28 - Diagram de séquence mise en cache.....	83
Tableau 29 - CSS regroupement et abréviation.....	90
Tableau 30 - Résultat Eco-Index.....	100
Tableau 31 - Résultat websitcarbon.....	101
Tableau 32 - Résultat Ecograder .....	102

## Liste des figures

Figure 1 - Business Model Canva Responsable.....	24
Figure 2 - Enquête - Q1 Résultat .....	29
Figure 3 - Enquête - Q2 Résultat .....	30
Figure 4 - Enquête - Q3 Résultat .....	30
Figure 5 - Enquête - Q4 Résultat .....	31
Figure 6 - Benchmark: Energy Efficiency across Programming Languages .....	44
Figure 7 Benchmark: Energy Efficiency across Programming Languages .....	45
Figure 8 - Benchmark: RedMook Language Rankings.....	46
Figure 9 - Diagramme de cas d'utilisation.....	51
Figure 10 - Conception architecture .....	52
Figure 11 - Mockup Menu .....	57
Figure 12 - Mockup Calculatrice.....	58
Figure 13 - Mockup Conseil .....	59
Figure 14 - Environnement NRforALL-API.....	61
Figure 15 - Environnement NRforALL .....	62
Figure 16 - Swagger Interface .....	70
Figure 17 - Swagger: informations générales .....	71
Figure 18 - Swagger: les requêtes .....	72
Figure 19 - Routage et authentification .....	76
Figure 20 - ServiceWorker première enregistrement .....	79
Figure 21 - ServiceWorker DevTools Chrome .....	80
Figure 22 - ServiceWorker trafique réseau.....	80
Figure 23 - ServiceWorker mise à jour.....	81
Figure 24 - Scroll infini.....	86
Figure 25 - Configuration GZIP sur Nginx .....	92
Figure 26 - Authentification JWT.....	95
Figure 27 - Déploiement Github .....	97
Figure 28 - Maj du Déploiement .....	98
Figure 29 - Sonarqube .....	99

## Liste des abréviations

INR :	Institut du Numérique Responsable
GES:	Gas à effet de serre
ISIT :	Institute for Sustainable IT
ISIT-BE	Institute for Sustainable Belgium / Institut du Numérique Responsable Belge.
ISIT-CH	Swiss Institute for Sustainable / Institut du Numérique Responsable Suisse
POOC :	Proof of Concept

## Introduction

Alors que les questions sur l'environnement sont revenues très souvent sur le devant de la scène cette année, les progrès technologiques ainsi que l'impact de l'univers digital sur notre planète n'ont cessé de croître. L'avènement de la technologie a apporté de nombreux avantages, facilitant notre quotidien et favorisant la connectivité à l'échelle mondiale. Cependant, cette expansion rapide a également engendré des conséquences écologiques et sociales qui ne peuvent être ignorées.

Nous n'y pensons jamais lorsque de nous pianotons sur notre téléphone mobile ou quand nous regardons notre série préférée sur Netflix. Ces conséquences sont également invisibles lorsque nous recherchons une information sur Google ou lorsque nous partageons nos photos de vacances sur Instagram. Cela ne se voit toujours pas lorsque nous jouons à la console. Et même lorsque nous écoutons une playlist sur Spotify, la pollution numérique n'émet aucun bruit.

En fait nous savons que les émissions de CO2 générées par le numérique mondial sont désormais comparables à celles du trafic aérien.

À chaque étape de l'utilisation de ces technologies virtuelles, chez tous les acteurs de ce monde invisible, les conséquences s'additionnent pour devenir significatives en termes d'impact environnemental.

En partenariat avec l'ISIT-CH, l'objectif de ce travail est de développer un outil permettant de rendre visible pour tous ces effets invisibles et néfastes de l'univers digital sur notre planète. Nous aspirons à lever le voile sur l'empreinte écologique de nos activités numériques quotidiennes en sensibilisant les utilisateurs aux conséquences de leurs actions en ligne. Ce travail ne se limite pas à la prise de conscience, mais vise également à proposer des solutions que chaque individu pourra appliquer à son échelle pour diminuer son empreinte écologique.

Le développement de l'outil suivra une approche éco-responsable. Ce challenge a pour but de démontrer les bienfaits en termes d'efficience et de durabilité que peut provoquer un changement de paradigme dans notre relation avec la technologie.

## 1 Contexte

Les notions de numérique responsable et de Green IT sont des termes assez récents dans le monde du numérique.

La période qui s'étend de 1992 à 2006 peut être considérée comme la préhistoire du Green IT. Les premiers efforts de sensibilisation ont commencé à émerger. En 1992, le label Total Cost of Ownership, TCO a été créé, intégrant des aspects de développement durable tels que la santé humaine et l'aspect financier. En 2000, le Green Electronic Council a été créé, préfigurant l'écolabel Electronic Product Environmental Assessment Tool, EPEAT. En 2003, la question de l'impact environnemental du numérique a commencé à être prise en compte, avec des discussions sur le "green computing". Plusieurs initiatives et rapports ont également vu le jour, tels que le Green Grid en 2005, qui a abordé la consommation électrique des centres de données.

La période de 2007 à 2009 marque le début du Green IT en France et dans le monde. Les grandes entreprises ont commencé à entreprendre des démarches structurées pour aborder les enjeux du numérique responsable. Des personnalités telles qu'Al Gore et le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, GIEC ont reçu le Prix Nobel de la Paix en 2007, suscitant une prise de conscience accrue du changement climatique. Le terme "Green IT" a été popularisé par le cabinet de conseil Gartner, et des médias grand public ont commencé à couvrir le sujet. Des guides, formations et initiatives ont été lancés pour sensibiliser et accompagner les acteurs du secteur.

Ensuite la période de 2010 à 2012 a été marquée par une évolution vers une prise en compte plus approfondie des enjeux environnementaux, économiques et sociaux du numérique. L'écoconception a été mise en avant, avec des référentiels et guides publiés pour encourager une approche responsable dès la conception. Les lois Grenelle II en France ont progressivement pris effet, imposant des exigences en matière de développement durable dans le secteur du numérique. Des initiatives telles que le Club Green IT et des outils d'évaluation de l'écoconception web ont également été lancées.

De 2012 à 2015, le numérique responsable est devenu un enjeu stratégique pour de nombreuses entreprises. L'écoconception a été reconnue comme un moyen de différenciation

et de création de valeur ajoutée, avec une attention accrue portée à la dimension sociale. Des initiatives de certification, de benchmarking et de sensibilisation ont été lancées pour soutenir les entreprises dans leur démarche. La COP21 a également mis en lumière l'importance du numérique dans la transition écologique.

Depuis 2016, les entreprises ont poursuivi l'industrialisation de leurs démarches de numérique responsable. La conception responsable des services numériques est devenue un axe majeur, intégrant dès la conception les considérations environnementales, économiques et sociales. Des certifications, des outils d'évaluation et des guides ont été développés pour accompagner cette démarche. La sobriété, la simplicité et l'inclusion ont été identifiées comme des axes de progrès incontournables pour l'avenir du numérique responsable.

Ces périodes reflètent l'évolution progressive du Green IT vers une approche plus complète du numérique responsable, avec une prise en compte croissante des enjeux environnementaux, économiques et sociaux tout au long du cycle de vie des services numériques. (Bordage, histoire du green IT, 2017)

Malgré l'évolution et les progrès dans le domaine du numérique responsable mettant en évidence l'importance de l'amélioration continue pour réduire l'empreinte environnementale, économique et sociale du numérique, ces termes restent encore méconnus du grand public. C'est dans ce contexte que l'ISIT-CH fondé en 2020 en partenariat avec l'Institut du Numérique français et celui de Belgique, nous a mandaté afin d'écoconcevoir une plateforme de sensibilisation sur cette thématique destinée au grand public.

## 2 Revue de la littérature

Une revue de littérature est une analyse critique et systématique de travaux de recherche existants sur un sujet spécifique. Elle vise à résumer, évaluer et synthétiser les connaissances déjà existantes, les théories, les méthodologies et les résultats de recherches antérieures.

Nous allons tout d'abord mettre une définition sur le terme de numérique responsable afin de prendre conscience des enjeux. Ensuite nous allons synthétiser différentes méthodologies de formation et de sensibilisation dans le but de mieux comprendre comment nous pouvons capter l'attention d'un utilisateur et réussir à lui faire changer son rapport à la technologie. Puis, nous allons aussi résumer les études réalisées sur l'éco-conception car cette notion fera office de fil rouge tout au long du travail.

### 2.1 Le numérique responsable, définition

Avant de parler de numérique responsable, définissons d'abord ce qu'est concrètement le numérique. Le numérique fait référence à l'utilisation de technologies qui impliquent la manipulation de l'information sous forme de nombres (le binaire 1 et 0).

Les technologies numériques, ce sont environ 34 milliards d'équipements informatiques qu'il a fallu fabriquer ! Tous ces appareils sont reliés entre eux par des millions de kilomètres de câbles et il faut les alimenter en électricité. Ces lignes appartiennent au réseau, qui comprend aussi tous les appareils faisant partie de ce qu'on appelle le dernier kilomètre, soit 1,1 milliard de box DSL / fibre, 10 millions d'antennes relais (2G à 5G) et environ 200 millions d'autres équipements actifs réseau WAN et LAN (réseau local). Il ne faut pas oublier les plus de 67 millions de serveurs hébergés et autant d'autres équipements informatiques les accompagnants. (Bordage, Empreinte environnementale du numérique mondial, 2021)

Le numérique a profondément transformé la façon dont nous communiquons, travaillons, apprenons, consommons des biens et des services et interagissons avec le monde qui nous entoure. Il a également créé de nouveaux défis en matière de protection des données personnelles, de cybersécurité et d'éthique.

Le numérique responsable est une démarche d'amélioration continue qui vise à améliorer l'empreinte écologique et sociale du numérique en abordant trois axes de réflexion :

1. La réduction de l'empreinte (économique, sociale et environnementale) du numérique
2. La capacité du numérique à réduire l'empreinte (économique, sociale et environnementale) de l'humanité
3. La création de valeur durable / l'innovation responsable via le numérique pour réussir l'e-inclusion de tous (INR, 2018)

## **2.2 Impacts environnementaux**

L'immatérialité du numérique ne favorise pas la perception polluante de la chose. Cependant, avec le recul, nous pouvons évaluer les impacts que cela engendre et prendre des mesures pour mieux répondre aux besoins. Aujourd'hui, les grandes entreprises ainsi que les start-ups sont conscientes des enjeux et améliorent leurs services informatiques pour un numérique responsable.

La plupart des études parlent de quatre indicateurs environnementaux fondamentaux qui reflètent bien l'impact sur notre écosystème et qui sont facilement compréhensibles. Il s'agit de l'utilisation des matières premières non renouvelables, de l'émission de gaz à effet de serre (GES), de la consommation d'eau potable ainsi que de la consommation de produits primaires qui servent à produire les appareils.

### **2.2.1 Ressources nécessaires**

La fabrication ainsi que l'utilisation d'un appareil numérique engendrent l'emploi d'énormes quantités de ressources naturelles dite fossiles.

La majorité des composants d'un ordinateur contiennent des métaux rares dont seule une infime partie peut provenir du recyclage. L'extraction minière et leur transformation sont la première source d'impact environnemental.



Par exemple, pour produire un ordinateur, il faut 22 kg de produits chimiques, 240 kg de combustibles, une tonne et demie d'eau claire et environ deux tonnes de ressources naturelles qui sont ensuite transformées pour faire fonctionner notre ordinateur (WWF, 2018). Il faut aussi prendre en compte la miniaturisation des appareils qui augmente aussi la consommation d'énergie lors du recyclage en fonction de la complexité d'assemblage (The Shift Project, 2018).

La concurrence pourra peut-être avoir un impact positif sur les ressources primaires. La plupart des métaux rares utilisés dans le numérique sont aussi utilisés pour faire de l'énergie verte telle que des panneaux photovoltaïques. La concurrence entre les deux activités permettra-t-elle de favoriser un développement différent en vue de la diminution des matières premières ? (The Shift Project, 2018)

### 2.2.2 Émission de gaz à effet de serre

Le numérique représente un septième continent qui correspond à deux à trois fois l'empreinte carbone de la France. L'utilisation toujours plus abordable et l'ajout de toujours plus d'objets du quotidien connectés engendrent une connexion permanente. La principale cause d'émission de gaz à effet de serre est la consommation électrique générée non seulement par l'utilisateur en allumant son ordinateur, mais surtout par les data centers qui fournissent les informations. Cette production de GES est à considérer en fonction de l'énergie primaire nécessaire pour fournir l'électricité (soleil, vent, barrage, charbon, pétrole, nucléaire).

Pour exemple, regarder une vidéo en Streaming de 10 minutes en haute définition équivaut à 100 Wh en moyenne (The Shift Project, 2018)

### 2.2.3 Recyclage

En fin de vie, la plupart des objets numériques sont jetés, ou sinon stockés en attente d'une décision. Une formation adaptée des collaborateurs de la direction des systèmes d'information (DSI) ainsi que des utilisateurs permettrait un meilleur recyclage des outils numériques. En effet, une meilleure stratégie de base permettant un allongement de l'utilisation des objets et une possibilité de reconditionnement des appareils en fin de vie, optimiserait le cycle de vie et diminuerait ainsi l'empreinte écologique de chaque appareil.

Entre 1985 et 2015, la durée de vie d'un ordinateur est passée de 11 ans à 4 ans. Face à cette tendance, il est nécessaire de trouver des solutions en adaptant la façon de choisir le matériel informatique et en promouvant les objets réparables, modulables, réutilisables, ainsi que le réemploi des anciens équipements (Iddri, FING, France, GreenIT.fr, & CNNum, 2018)

## 2.3 Enjeux socio-économiques

Les changements que nous avons connus au cours des 25 dernières années seulement sont souvent comparés à ceux de la révolution industrielle. Cependant, à l'instar des innovations technologiques passées, la révolution numérique stimule une révolution sociale tout aussi profonde. Dans un entretien retranscrit de Roberta Katz, vice-Présidente du Conseil d'Administration et chercheuse principale du CASBS (Center for Advanced Studying the Behavioral Sciences), elle explique que de nombreuses valeurs sociales sont remises en cause grâce au numérique, telles que les conditions de travail et la sécurité de l'emploi pour de nouveaux travailleurs, les questions de sexualité et de genre, les méthodologies d'apprentissage etc...

L'évolution digitale n'a jamais cessé d'améliorer et de simplifier notre mode de vie au point qu'elle est devenue omniprésente dans notre quotidien. La technologie est également devenue un puissant outil de développement dans plusieurs domaines tels que la gouvernance, la santé, l'enseignement, etc... (Parlement européen. Commission du développement, 2018)

Nelson Mandela a dit : « Les technologies de communication ont transformé la manière dont les gens vivent et dont les pays se développent. Elles nous offrent la possibilité de résoudre de nombreux problèmes majeurs auxquels nous sommes confrontés. Pour concrétiser cette possibilité, nous devons faire en sorte que ces technologies soient accessibles à tous, quels que soient les défis rencontrés au sein des communautés. » (Parlement européen. Commission du développement, 2018)

Paradoxalement, l'omniprésence de la technologie apporte un réel espoir pour l'avenir mais soulève également certaines craintes auprès de la population :

### 2.3.1 La protection des données et la sécurité

Des valeurs de longue date telles que la liberté d'expression, la vie privée et la sécurité, sont remises en question dans le monde du Big Data où une grande partie de ce que nous faisons ou disons peut-être enregistrée, suivie, analysée et rendue publique par d'autres. La place du numérique dans notre vie et notre utilisation quotidienne alimentent de manière exponentielle d'énormes centres de données. En une journée de l'année 2015, il se produit dix fois plus de données que sur toute l'année 1997 et ce volume double tous les deux ans... (Metge, 2015)

Le volume de ces données rend leur analyse par un simple cerveau humain impossible, c'est pourquoi elles sont traitées et analysées par des intelligences artificielles. Celles-ci fascinent autant qu'elles inquiètent. Les importantes puissances de calcul requises par l'intelligence artificielle nécessitent une grande quantité d'énergie, laquelle accentue l'impact déjà négatif de l'industrie du numérique (Open Studio, 2021). L'utilisation de ces technologies amplifie aussi les problèmes liés à la validité et à la confidentialité des données. Les intelligences artificielles peuvent aussi être utilisées à des fins de surveillance de masse.

Par exemple, l'utilisation de ces technologies par les réseaux sociaux entraînent également des répercussions sur la vie privée car ils collectent les données personnelles des utilisateurs et les utilisent à leurs propres fins. De plus, les réseaux sociaux sont malheureusement souvent utilisés pour manipuler l'opinion publique en diffusant des informations trompeuses et ciblées. Cela peut entraîner des conséquences dévastatrices pour la démocratie et la société en général.

Il existe des cadres légaux responsabilisant les entreprises et leur demandant plus de transparence permettant ainsi aux citoyens d'avoir plus de contrôle sur leurs données personnelles – ainsi le RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) dans l'Union

Européenne. En Suisse, une nouvelle loi sur la protection des données verra le jour en septembre 2023.

### 2.3.2 Impacts sur la santé mentale

Le numérique peut avoir un impact sur la santé mentale à la fois positif et négatif.

D'un côté, l'arrivée de nouvelles technologies rend les soins plus accessibles en mettant à disposition des ressources telles que les applications de méditation, des plateformes de thérapie et de soutien en ligne ou même en permettant des consultations à distance par un médecin (télémédecine).

De l'autre côté, les notifications constantes, les algorithmes de recommandation et la récupération de données personnelles sont connus pour provoquer des niveaux élevés de stress.

Les réseaux sociaux par exemple, ont été développés de manière à contrôler l'attention des utilisateurs en proposant des vidéos qui leur correspondent le mieux ou encore en les sublimant avec toutes sortes de filtres photo. Ces méthodes peuvent être dangereuses notamment chez les jeunes. Les réseaux sociaux ont tendance à pénétrer de plus en plus dans le cerveau des enfants, causant ainsi des complexes pouvant aller jusqu'à altérer leur estime de soi et leur identité. La littérature a démontré plusieurs liens de causalité entre l'utilisation excessive des smartphones chez les jeunes et certains troubles mentaux tels que comorbidité avec anxiété, dépression TOC, TDAH et trouble lié à la consommation d'alcool. (Weinstein, 2021)

Aux Etats-Unis, des études démontrent que le nombre d'adolescents admis à l'hôpital pour cause d'automutilations a explosé à partir de 2009. Entre 2009 et 2015, une augmentation de 62% a été recensée pour les adolescents entre 15 et 19 ans et une augmentation de 189% pour les préadolescents. Malheureusement, cette augmentation est également observée pour le nombre de suicides qui sembleraient avoir un lien avec l'utilisation des réseaux sociaux. (Haidt, 2020)

### 2.3.3 Le rapport au travail

La mise en œuvre du numérique responsable soulève des questions critiques quant à la répartition des coûts et des bénéfices. Les coûts environnementaux de la production d'appareils électroniques sont souvent externalisés vers les pays en développement, où les réglementations environnementales sont moins strictes et où les travailleurs sont souvent soumis à des conditions de travail dangereuses. De plus, les avantages économiques du numérique sont souvent concentrés dans les mains d'une élite technologique, tandis que les coûts sociaux, tels que la perte d'emplois dans les industries traditionnelles, sont supportés par les travailleurs. Effectivement si on ne considère que le travail salarié classique, les effets du numérique peuvent sembler assez négatifs : suppression d'emplois, travail plus oppressant en enchaînant le travailleur à des systèmes d'information de plus en plus contraignants. Le numérique peut donc être un instrument d'asservissement et de contrôle.

Cependant la digitalisation peut être un instrument de libération du travail. Favorisant la coopération, le télétravail, la création et facilitant l'accès à l'information, il est devenu plus simple d'entreprendre. Nous découvrons ainsi que les individus ont un portefeuille de savoir-faire plus important et plus diversifié que nous ne l'imaginons et qu'ils peuvent mobiliser leurs compétences dans plusieurs activités (Flichy, 2018)

## 2.4 La formation et la sensibilisation

Une activité de sensibilisation est efficace lorsqu'elle porte un message qui touche de nombreuses personnes. Ce n'est pas toujours facile à faire, mais si cela réussit, cela peut changer le comportement des gens. Alors comment sensibiliser et former notre société au sujet du numérique responsable ?

Harold Dwight Lasswell, pionnier dans l'étude de la communication de masse, nous apporte déjà quelques pistes. Selon lui, pour décrire un acte de communication, il suffit de répondre aux questions suivantes : Qui, Dit quoi, Dans quel canal, À qui, Avec quel effet (Lasswell, 1948)

Est-ce vraiment suffisant ?

Certaines universités et établissements d'enseignement s'y sont déjà interrogé et tentent d'intégrer le développement durable dans leurs programmes. C'est un très bon moyen de contribuer à accroître la sensibilisation du public, mais également de donner aux individus les moyens de prendre des décisions éclairées concernant les questions environnementales. Il est également important de permettre aux gens de réfléchir sur leurs comportements dans une perspective globale de responsabilité afin de construire des sociétés fondées sur les valeurs d'équité, de justice sociale et de durabilité. Le numérique peut jouer ici un rôle fondamental en favorisant l'apprentissage en dehors de l'école et en créant les conditions d'un apprentissage autonome tout au long de la vie.

Il existe déjà de plus en plus de ressources en ligne, proposées par des institutions publiques, ou des consortiums privés, qui contiennent des informations spécifiques pour l'enseignement des sciences. Cependant, la plupart de ces ressources traitent principalement de contenus conceptuels ou procéduraux, alors que pour résoudre les problèmes pernicieux de durabilité, les connaissances inspirées par l'utilisation doivent être liées à l'action transformatrice. Il ne s'agit pas de modifier les comportements, mais plutôt de créer des capacités et un esprit critique. En d'autres termes, prendre une part active aux questions de durabilité en tant que citoyens implique de développer non seulement des connaissances, mais aussi des émotions, des valeurs, des compétences et des attitudes ; dont les interactions ont le potentiel de façonner des comportements individuels respectueux de l'environnement. (María Napal, 2020)

À la demande du Conservatoire d'Espaces Naturels Rhône-Alpes et du Parc Naturel Régional du Pilat, quatre étudiantes en master de psychologie sociale appliquée ont réalisé un livret méthodologique pour répondre à la question : Comment engager les élu.e.s en faveur de la biodiversité. Leur étude est basée sur le modèle transthéorique du changement (James O. Prochaska, 1984):

- **La pré-contemplation : je n'ai pas vraiment identifié le problème**  
Afin de porter un message, il faut une certaine légitimité. De plus un message doit être simple et compréhensible par tous
- **La contemplation : j'ai bien compris le problème mais je ne me sens pas concerné / pas motivé / pas prêt à changer**

La communication en promotion doit mettre en avant ce que l'on gagne à adopter le comportement présenté. Elle utilise des mots abstraits, le message est orienté vers le futur.

- **La préparation : j'ai compris le problème et j'envisage de changer**

Le but ici est de donner des clés d'action et du pouvoir d'agir. Cela va compenser les émotions négatives jusqu'alors suscitées.

(BENAISSA Imane, 2018)

En résumé, la littérature démontre qu'en s'appuyant sur les principes de base de communication introduit par Lasswell, en jouant sur des émotions et valeurs communes, en illustrant de manière simple mais à la fois choquante ce que les individus ont à perdre et en apportant des solutions à leur échelle, il est tout à fait possible de faire évoluer des habitudes.

## 2.5 L'éco-conception

Lors de la **conception** traditionnelle d'un projet (création d'entreprise, création d'un nouveau produit, etc...), nous déterminons sa raison d'être en nous basant sur deux grands facteurs :

1. **La rentabilité** : Est-ce que le projet va nous faire gagner de l'argent ?
2. **L'efficacité** : Est-ce que les objectifs du projet sont remplis ?

Dans une optique d'éco-conception, il est important d'ajouter la notion de **durabilité** pour définir la raison d'être d'un projet. Cette notion permet de s'interroger sur les questions de préservation de l'environnement, de l'augmentation de l'équité sociale et d'amélioration des performances économiques.

### 2.5.1 L'efficience pour la performance

Contrairement à une démarche traditionnelle d'optimisation des performances qui relève de l'efficacité, l'éco-conception est une démarche d'efficience qui consiste à optimiser les ressources utilisées pour atteindre l'objectif.

Depuis 10 ans, les retours d'expérience en France et en Europe montrent qu'il est possible de diviser drastiquement la quantité de ressources nécessaires. (Bordage & GreenIT.fr, Étude: Empreinte environnementale du numérique mondial, 2019)

L'optimisation des ressources a un impact positif sur les performances économiques.

### 2.5.2 L'équité sociale

La dimension sociale de l'éco-conception concerne les impacts sociaux potentiels de la conception et de la production des produits. Par exemple, il est important de prendre en compte les conditions de travail des travailleurs impliqués dans la production des produits éco-conçus, ainsi que les impacts sociaux sur les communautés locales où la production a lieu.

Dans le développement logiciel, la dimension sociale s'exprime souvent par son degré d'accessibilité et la capacité de réduire les fractures numériques. Cela consiste à permettre à des personnes en situation de handicap d'utiliser le logiciel et que ce dernier soit utilisable sur la plupart des terminaux, y compris de vieux appareils. (Bordage, L'éco-conception web / Les 115 bonnes pratiques, 2015)

Il y a donc à la fois un intérêt social et économique à inclure le public le plus large possible lors de la conception d'un produit ou d'un service destiné au grand public.

### 2.5.3 L'éco-conception d'un site web

La majeure partie de l'éco-conception d'un site internet ou d'un logiciel devrait être réalisée en amont du développement informatique. L'éco-conception commence dès l'analyse des besoins.

L'éco-conception logiciel est basée sur trois principes fondateurs :

1. **La simplicité** : l'objectif est de simplifier le logiciel ou le site web en organisant de manière homogène les fonctionnalités sur une seule et même interface. Celle-ci doit être structurée de manière logique et intuitive afin que l'utilisateur trouve



l'information souhaitée en réalisant le moins de clics possible (Zeldman, 2001). La simplicité rejoint les démarches utilisabilité

2. **La sobriété** : l'objectif est de limiter au strict minimum les composants fonctionnels affichés à l'écran. Selon un rapport de Standish Group, il semblerait que dans les systèmes logiciels typiques, 64% des fonctionnalités ne sont jamais ou rarement utilisées dans la réalité (Johnson, 2002). La sobriété permet d'éviter la sur-qualité qui a un coût financier et un impact sur l'environnement.
3. **La pertinence** : Le principe de pertinence peut être traduit par l'équation  $[pertinence] = [utilité] \times [rapidité] \times [accessibilité]$ . L'objectif est que n'importe quel utilisateur puisse trouver rapidement une information utile.

(Bordage, L'éco-conception web / Les 115 bonnes pratiques, 2015)

## 2.6 Synthèse :

La revue de littérature nous démontre que le numérique n'est pas intrinsèquement « bon » ou « mauvais » pour l'environnement. Il est ce que nous en faisons. Il est possible de mettre le numérique au service de la transition écologique en mettant en place les principes d'éco-conception. D'ailleurs, de nombreux acteurs industriels se sont déjà emparés du numérique pour optimiser les systèmes existants et les rendre plus intelligents, plus « smart ».

Par exemple, grâce à l'intelligence artificielle, il est désormais possible de prévoir les besoins d'une ville en ressources énergétique et donc de limiter les dépenses inutiles. (Open Studio, 2021)

Cependant, l'optimisation, sans être négligeable, ne suffira pas à répondre au défi écologique qui nécessite de diviser notre consommation d'énergie et d'autres ressources rares par quatre ou plus dans les décennies à venir. (Iddri, FING, WWF France, GreenIT.fr, 2018)

C'est pourquoi, il est important de sensibiliser et former la population sur les enjeux du numérique responsable.

### 3 Problématique de recherche et objectifs

Ce travail de bachelor est réalisé en partenariat avec ISIT-CH. Cet institut est une association sans but lucratif fondée en 2020 en partenariat avec l'INR française et l'Institute for Sustainable IT (ISIT) belge. L'INR a pour mission d'être un lieu de réflexion sur les trois enjeux clés du numérique responsable. L'association souhaite devenir un acteur de référence rassemblant entreprises et organisations autour de l'expérimentation et la promotion des bonnes pratiques pour un numérique plus régénérateur, inclusif et éthique.

Alors que les questions sur l'environnement sont revenues très sur le devant de la scène cette année, les progrès technologiques ainsi que l'impact de l'univers digital sur notre planète n'ont cessé de croître. Face à l'urgence climatique, de plus en plus de personnes se disent prêtes à changer leur mode de consommation pour arriver au fameux zéro carbone. Cependant, ils négligent souvent l'impact de leur activités numériques sur la planète. Cette négligence est aussi le fruit de certaines fausses idées. En voici quelques-unes tirées d'un livre de Frédéric Bordage qui est considéré par beaucoup comme le pionnier en France du numérique responsable (Bordage, Green IT, 2010)

- « Des arrêts et redémarrages fréquents sont préjudiciables pour la durée de vie de l'ordinateur »
- « Arrêter mon ordinateur va amener de la poussière »
- « Les économies que cela va créer sont infimes »
- « Mon économiseur d'écran est déjà activé »

L'ISIT-CH ne possède actuellement pas d'outil destiné au grand public et ce dernier reste, à ce jour, très mal informé sur la pollution numérique et tous les aspects autour du numérique responsable.

L'objectif de ce projet est de développer un portail web mobile-first et éco-conçu pour permettre de sensibiliser le public à la thématique du numérique responsable. Au travers de ce portail, le public devra pouvoir faire un bilan de « sa pollution » numérique de manière anonyme ou en s'inscrivant. Les utilisateurs devront y trouver des conseils et des pistes d'amélioration. L'interface devra être ludique, accessible et simple d'utilisation. Les utilisateurs devront aussi pouvoir évaluer leurs compétences par le biais de quiz, participer à

Rémi Cohu

des challenges personnels ou communs et s'inscrire à des ateliers sur la thématique du numérique responsable.

### 3.1 Description du projet

Source : Données de l'auteur

ÉNONCÉ DU PROBLÈME À RÉSOUDRE	Le grand public reste, à ce jour, très mal informé sur la pollution numérique et tous les aspects autour du numérique responsable.
BUTS ET OBJECTIFS	<p>Développer le <b>proof of concept</b> d'un portail web mobile-first et éco-conçu. Cette plateforme devra permettre aux utilisateurs de connaître l'impact environnemental de leur activité numérique, puis leur donner la possibilité d'agir grâce à des conseils personnalisés.</p> <p>Des quizz et des défis seront également disponibles sur le portail web. L'objectif est la formation mais également la création d'un esprit communautaire et d'entraide autour de la thématique du numérique responsable.</p>
POPULATION CIBLE	La cible est le grand public francophone. Cela inclut les particuliers de toutes les classes sociales, niveaux d'éducation, âges et origines ethniques. Le grand public est souvent considéré comme l'audience cible la plus large.
ACTIVITÉS DU PROJET	<p>Nous avons identifié trois axes d'activité différents.</p> <p><b>L'analyse</b> ayant pour objectif d'identifier les risques, de connaître le marché et de valider certains choix de conception comme la technologie à utiliser, l'architecture de la plateforme ou encore la manière de rendre l'outil interactif et ludique.</p> <p><b>Le développement du portail web</b> respectant le critère d'éco-conception et d'accessibilité.</p> <p><b>La documentation</b> incluant la rédaction du rapport du travail de bachelor, du guide utilisateur et du guide technique.</p>
PERSONNEL CLÉ	<p><b>Florian Revaz</b>, Président de l'ISIT-CH jouera un rôle de Product Owner.</p> <p><b>Yann Bocchi</b>, Professeur-e HES Ordinaire, Responsable de l'unité Digital Expérience jouera un rôle de coach.</p> <p><b>Rémi Cohu</b>, Etudiant en informatique de gestion et ingénieurs Systèmes chez Mégahertz Computer SA sera le responsable du projet.</p>

Tableau 1 - Description du projet

### 3.1.1 Business Model Canvas Responsable

Nous avons réalisé un modèle business canvas responsable avec une vision orientée produit. Il complète la description de projet en apportant de précieux détails de manière graphique.

Source : Données de l'auteur

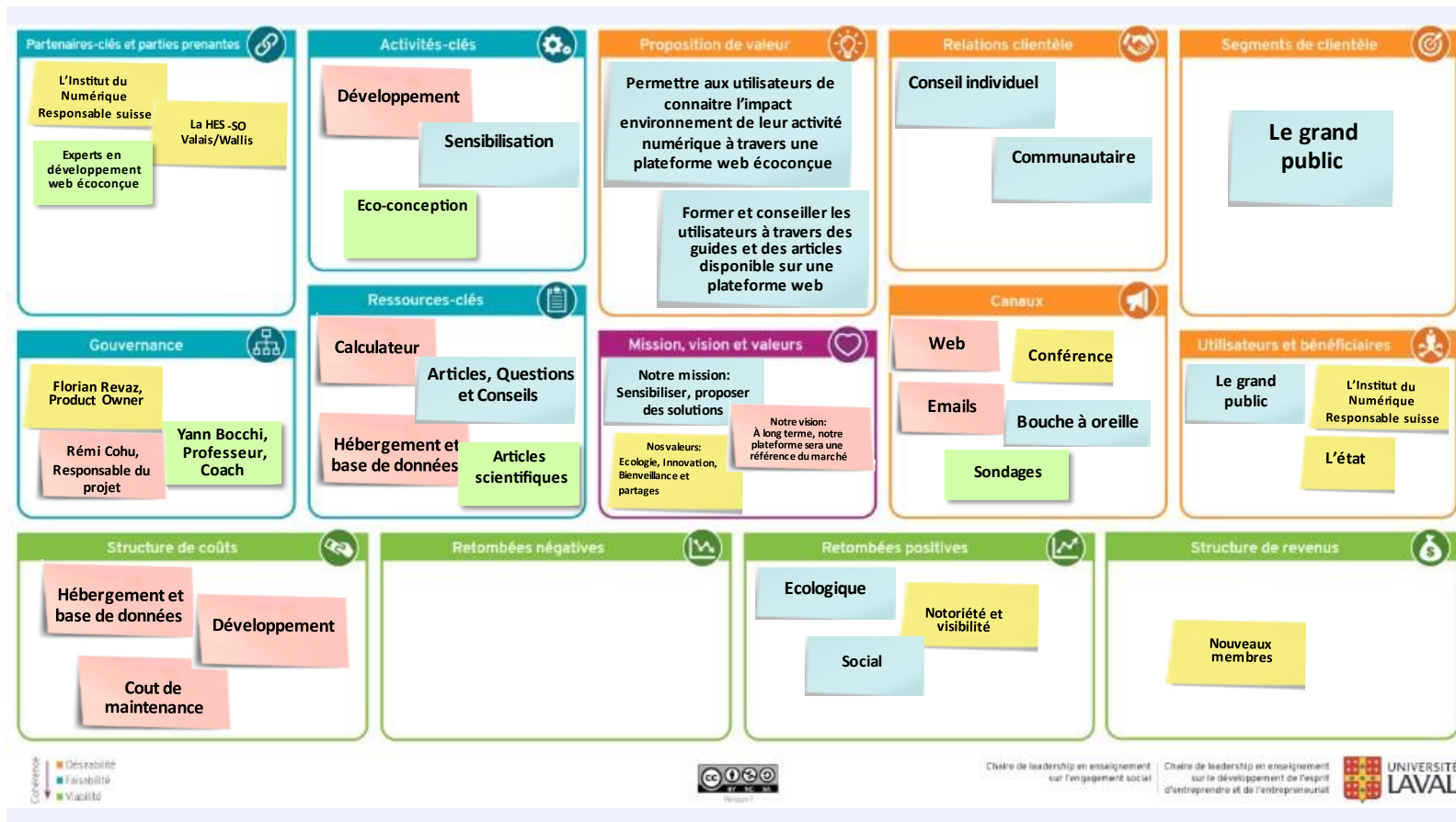


Figure 1 - Business Model Canvas Responsable

### 3.1.1.1 Légende

#### La couleur des post-its :

Source : Données de l'auteur

Bleu	Représente l'utilisateur final du produit
Rose	Représente la partie technique et réalisation
Jaune	Représente les instituts
Vert	Représente l'analyse et la formation

Tableau 2 - Business Model Canvas - Légende des post-it

#### La couleur des cases :

Source : Données de l'auteur

Bleu	Comment et avec quelles ressources allons-nous réaliser le produit ?
Orange	Quel est le produit ? A qui est-il destiné ? Comment communiquerons-nous avec notre cible ?
Violet	Pourquoi réalisons-nous ce produit ?
Vert	Quelles sont nos charges et nos produits ? Quelles sont les retombées positives et négatives de notre produit ?

Tableau 3 - Business Model Canvas - Légende des cases

## 4 Méthodologie

La gestion de projet est basée sur le modèle SCRUM comprenant des sprints d'une durée de deux à trois semaines selon des disponibilités des parties prenantes.

Afin d'atteindre les objectifs précités, plusieurs étapes ont été nécessaires. Premièrement, il a fallu effectuer une recherche globale d'informations sur les sujets du numérique responsable, de l'éco-conception et de la sensibilisation, via différents articles scientifiques, magazines et autres documents, dont les points principaux ont été exposés dans la revue de littérature.

Ensuite, il a été important de faire l'inventaire des solutions de sensibilisation sur le thème de l'écologie afin de mieux comprendre comment toucher l'intérêt de notre public. Pour cela,

une récolte de données secondaires et un sondage ont été nécessaires. A la suite de cette analyse, un prototype sous forme de mook up été présentés au Product Owner.

Nous avons adopté une démarche Design Thinking qui consiste à passer par 5 phases avant de choisir la technologie à utiliser et à développer :

1. Connaître les futurs utilisateurs,
2. Définir le projet
3. Brainstorming de solution
4. Prototypage
5. Tests avec de potentiels utilisateurs (cette étape a été uniquement réalisée de manière informelle avec le PO et des proches de l'auteur)

Une fois que nous avons eu une idée plutôt claire de ce que nous souhaitions développer, nous avons effectué une analyse technologique qui a servi à concevoir notre prototype avec des langages de programmation novateurs, économes et ayant une communauté importante. Une analyse de risques a également été réalisée pour prévenir d'éventuels problèmes.

Vers la fin de l'analyse, la conception de l'architecture de notre application a démarré. Ces deux phases du projet n'ont pas une relation Fin-à-début (Finish-to-Start, FS) mais plutôt Fin-à-fin (Finish-to-Finish, FF). L'étape de conception a été réalisée à un certain moment en parallèle à l'analyse mais finir l'analyse a été indispensable pour concevoir complètement la plateforme de sensibilisation.

Après l'étape de conception, la réalisation a débuté. Le développement était dicté par les priorités du Product Backlog et les décisions prises lors des cérémonies SCRUM. Les bonnes pratiques de développement responsable ont été suivies.

Une fois le prototype réalisé, il était temps de faire le bilan de la plateforme de sensibilisation. Nous avons donc mesuré son impact écologique et l'avons comparé avec d'autres sites internet qui n'ont pas forcément été éco-conçus. Le but de cette démarche est de mettre en avant mais aussi de vérifier les bienfaits des bonnes pratiques de l'Eco-Conception web que nous avons suivi.

## 5 Analyse du marché

Le marché étudié est celui de la sensibilisation du grand public au numérique responsable en francophonie. C'est-à-dire en France, en Belgique et en Suisse.

### 5.1 Le marché

La crise climatique à venir est sûrement l'un des plus grands enjeux auxquels va devoir faire face l'humanité ces prochaines années. Plusieurs sondages démontrent l'inquiétude croissante de la population concernant l'écologie.

En France, près de trois français sur quatre se soucient des enjeux environnementaux. Pour la majorité d'entre eux, leur intérêt à l'écologie va de pair avec un changement de comportement (Harris Interactive, 2019).

En Suisse, 58% de la population pense que le changement climatique est le principal problème auquel nous sommes confrontés et la tendance est en hausse (Ramezani, 2021).

Malgré ces inquiétudes, le marché du numérique ne cesse de croître. Comme décrit dans la littérature, le marché du numérique a connu une belle trajectoire en quinze ans et 2022 n'était pas une exception. Voici quelques chiffres représentant les sous-segments du marché du numérique, provenant d'un communiqué de presse réalisé par Numeum, l'organisation professionnelle de l'écosystème numérique en France (Numeum, 2022) :

*Source : Données de l'auteur*

La transformation digitale	Un marché de 7,6 milliards d'euros avec +10,2% de croissance en 2022
Le Cloud	Un marché de 15,3 milliards d'euros avec +24,5% de croissance en 2022
Le Big Data	Un marché de 2,3 milliards d'euros avec +22,1% de croissance en 2022
L'Internet de Objet (IoT)	Un marché de 5,9 milliards d'euros avec +19,1% de croissance en 2022
La Sécurité	Un marché de 3,3 milliards d'euros avec +11,3% de croissance en 2022

*Tableau 4 - le marché du numérique*



Pour répondre aux enjeux climatiques et à la croissance du numérique, plusieurs associations, instituts, entreprises et États ont commencé à faire de la sensibilisation et de la formation. Les termes Green-IT, éco-conception, numérique responsable et éthique ne sont pas encore ancrés dans les habitudes et méthodes de développement. Le numérique responsable intervient dans tous les segments du numérique. Le combat pour un numérique responsable se joue sur trois axes décrits dans la revue de littérature : La réduction de l’empreinte du numérique, l'utilisation du numérique pour réduire l’empreinte des activités humaine et le fait de rendre le numérique accessible à chaque individu de manière durable.

Il existe également plusieurs méthodes vues dans la revue de littérature permettant de nous rapprocher d’un de ces objectifs :

- La conception : Eco-conception et conception éthique
- La gestion des ressources : Ressource énergétique, Terre Rares ...
- La gestion des Gaz à effet de serre : Production et utilisation
- La formation et la sensibilisation
- Etc...

Nous avons décidé de nous focaliser sur la formation et la sensibilisation pour le grand public.

## 5.2 La demande

Partant du principe qu’une majorité de la population se soucie du réchauffement climatique et que seulement 7% de la population française n’a ni smartphone ni connexion internet à domicile (Insee, 2022), nous pouvons facilement imaginer qu’une plateforme de sensibilisation sur la thématique du numérique responsable intéresserait beaucoup de monde.

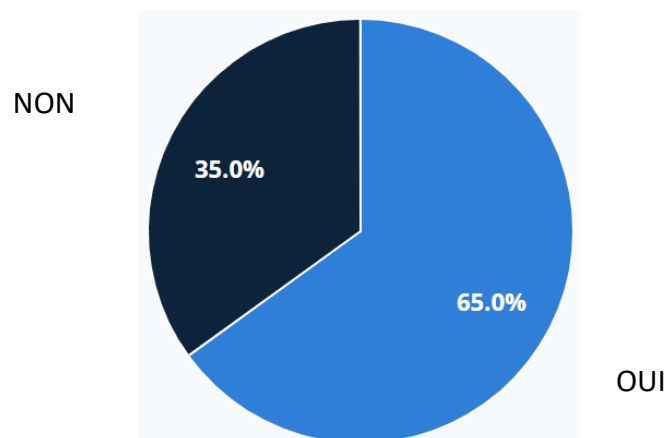
Cependant, ceci n’est qu’une hypothèse. C’est pourquoi nous avons décidé de mener notre propre enquête.

### 5.2.1 Enquête et résultats

Un sondage a été créé pour connaître les besoins de nos futurs utilisateurs. Il a été réalisé sur [framaform.org](https://framaform.org), logiciel pour la création d'enquêtes proposé par l'association Framasoft. Celle-ci se consacre à l'éducation populaire aux enjeux du numérique et des communs culturels. Seulement cinq questions ont été posées afin de ne pas décourager les répondants. Le sondage était également complètement anonyme et 124 personnes y ont répondu.

#### Première question : Connaissez-vous l'impact du numérique sur l'environnement ?

*Source : Données de l'auteur*



*Figure 2 - Enquête - Q1 Résultat*

Ce qui est surprenant avec ce résultat, c'est que la proportion de réponse OUI l'emporte fortement sur les NON.

Nous avons effectivement vu dans la revue de littérature qu'encore trop peu de personnes connaissent l'impact du numérique sur le climat. Alors comment pouvons-nous expliquer ce résultat ? L'enquête a été repostée sur le profil LinkedIn de l'ISIT-CH, ce qui nous a permis d'avoir une meilleure visibilité mais également un plus grand échantillon de futurs utilisateurs ayant déjà des notions sur la thématique du numérique responsable.

**Deuxième question : Seriez-vous intéressé par l'existence d'une plateforme de sensibilisation sur la thématique du numérique responsable ?**

Source : Données de l'auteur

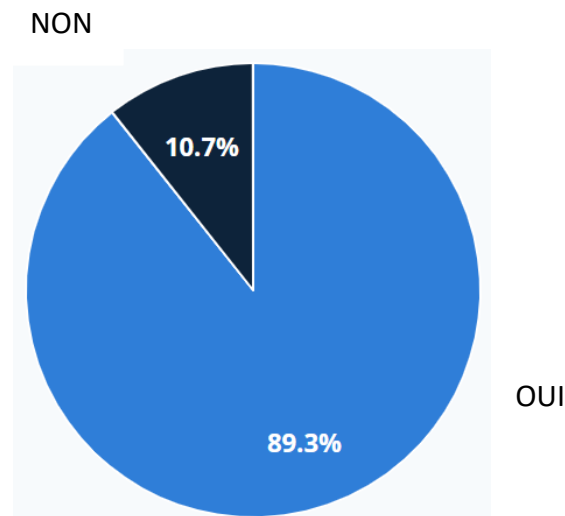


Figure 3 - Enquête - Q2 Résultat

Ce résultat confirme un peu notre hypothèse. De plus, si nous prenons uniquement les sondés ayant répondu NON à la première question, le pourcentage de personnes intéressées par l'existence d'une telle plateforme s'élève à plus de 90 %.

**Troisième question : Sous quelle forme imaginez-vous cette plateforme ?**

Source : Données de l'auteur

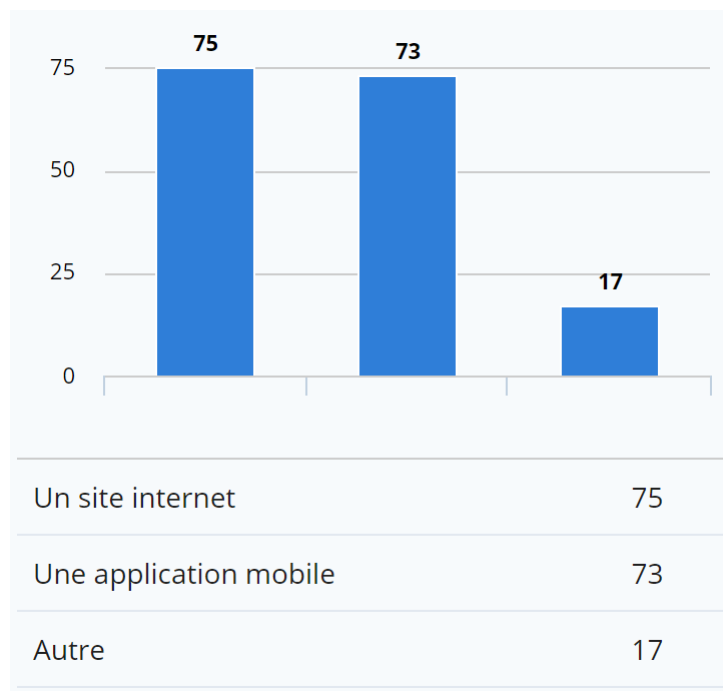


Figure 4 - Enquête - Q3 Résultat

L'objectif de cette question était surtout de connaître les préférences des sondés sur la forme de notre futur outil de sensibilisation. Le score entre une application web ou une application mobile est beaucoup trop proche pour que nous puissions trancher. D'ailleurs, le développement d'un outil multi-plateforme peut être une solution.

#### Quatrième question : Quelles sont les fonctionnalités de la plateforme que vous utiliseriez le plus ?

Source : Données de l'auteur

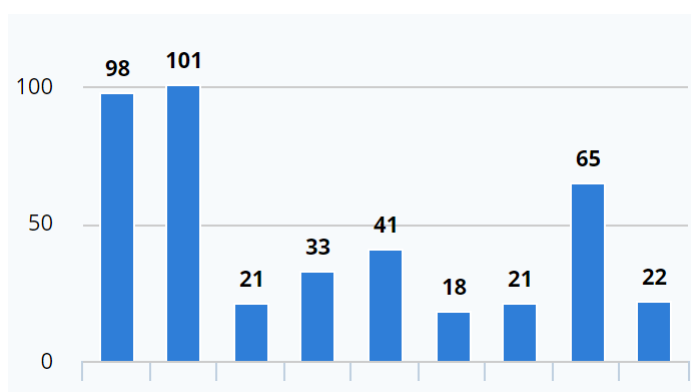


Figure 5 - Enquête - Q4 Résultat

Source : Données de l'auteur

Calculer et connaître l'impact environnemental de mon activité sur Internet et de mes appareils	98
Avoir accès à des conseils et des bonnes pratiques qui me permettent d'agir à mon échelle	101
Évaluer mes connaissances acquises sur la thématique du numérique responsable grâce à des quiz	21
Avoir accès à des formations en ligne sur la thématique du numérique responsable	33
Apprendre en jouant ! Jouer à un jeu en ligne sur la thématique du numérique responsable	41
Avoir un système de points que l'on gagnerait via les quiz ou d'autres fonctionnalités de la plateforme, pouvoir partager mes résultats et mes progrès	18
Participer en ligne à des challenges sur la thématique du numérique responsable	21
Avoir accès à des liens et des articles sur la thématique du numérique responsable	65
Accéder à mes anciens scores, sous forme d'un historique	22

Tableau 5 - Enquête - Q4 Résultat

Pour rappel, selon un rapport de Standish Group, il semblerait que 64% des fonctionnalités d'un logiciel ne sont jamais ou rarement utilisées dans la réalité (Johnson, 2002). Cette question avait donc pour but de connaître quelles seraient les fonctionnalités les plus utilisées de notre outil. Nous remarquons que trois fonctionnalités sortent largement du lot :

1. Avoir accès à des conseils et des bonnes pratiques qui me permettent d'agir à mon échelle
2. Calculer et connaître l'impact environnemental de mon activité sur Internet et de mes appareils
3. Avoir accès à des liens et des articles sur la thématique du numérique responsable

**Cinquième question : Avez-vous d'autres idées ou souhaitez-vous simplement nous laisser un petit commentaire ?**

Presque un quart des sondés ont laissé un commentaire. Il y avait beaucoup de messages de soutien et d'encouragement mais aussi de bonnes idées et remarques. En voici quelques-unes :

*« Être informé des actions des entreprises et des politiques dans le domaine. »*

*« Des articles courts, en mode push, quotidiennement de type : l'astuce du jour, fun fact, challenge du jour »*

*« Attention à ce que cela ne devienne pas une course aux points au détriment du sujet crucial. Le but n'est certainement pas de faire de cette (super!) idée une source additionnelle de pression réseau-sociétale »*

*« Bonjour, Ce serait bien d'avoir une communauté avec des témoignages pour la mise en application. Salutations »*

*« Suite à votre travail, il serait bien de pouvoir intervenir dans les écoles obligatoires, afin de sensibiliser les écoliers. »*

*« Les jeux / quiz sont une très bonne idée pour sensibiliser les plus jeunes (dès le plus jeune âge, ex. cours de Géographie sur le thème de l'écologie en parallèle avec un cours « d'informatique » en primaire) »*

### 5.2.2 Résumé

Cette enquête est à prendre avec des pincettes car l'échantillon analysé est minime par rapport au nombre d'utilisateurs visés. Cependant, il y a quand même quelques leçons à tirer. Tout d'abord, elle nous confirme qu'il y a un intérêt de la population pour l'existence d'une plateforme de sensibilisation sur la thématique du numérique responsable. Elle nous démontre aussi que les habitudes des utilisateurs sont variées, certains préfèrent une application mobile et d'autres un site internet. Les futurs utilisateurs attendent surtout de pouvoir calculer et connaître l'impact de leur activité sur internet et de leurs appareils. Ils veulent pouvoir agir afin de le diminuer grâce à des conseils et des « bons plans ».

Les utilisateurs aimeraient aussi être informés de façon fiable grâce à des articles revus par des experts. Ils souhaitent en savoir plus sur les normes et connaître les actions des entreprises et des politiques dans le domaine.

La gamification est enfin un très bon moyen pour former et sensibiliser les plus jeunes.

### 5.3 Les offres

Dans ce chapitre, nous ne sommes pas dans l'analyse des concurrents comme cela est généralement réalisé dans une étude de marché. Notre objectif restera toujours la formation aux pratiques responsables pour l'utilisation des technologies et la sensibilisation du grand public à l'impact du numérique. Le projet n'a pas de but lucratif donc plus il y a d'acteurs sur le marché proposant ces services, plus nous nous rapprocherons de nos objectifs.

Cependant, l'analyse des offres existantes peut être une source d'inspiration permettant de comprendre les stratégies de sensibilisation qui fonctionnent le mieux mais aussi celles qui fonctionnent moins bien. L'analyse des produits existants nous permet aussi d'apporter une offre complémentaire avec notre plateforme en couvrant des sujets sur le numérique responsable qui ne sont pas présentés par les outils du marché actuel.

Plusieurs outils de sensibilisation au domaine du numérique responsable ont été sélectionnés pour analyser le marché. Cette sélection s'est basée sur les critères suivants :

- L'outil a-t-il pour objectif de sensibiliser les particuliers à l'impact du numérique ?
- L'outil est-il accessible facilement ? gratuité

## Application mobile Fruggr

<b>Propriétaire</b>	Digital4better
<b>Hébergement</b>	Google Firebase
<b>Présentation</b>	L'application mobile Fruggr est téléchargeable sur IOS comme sur Android. Fruggr mobile permet aux utilisateurs de mesurer l'impact environnemental et social de leur activité mobile à travers une analyse automatisée de leur smartphone et des quiz
<b>Activités</b>	<b>Orientations stratégiques</b>
Faire le bilan des impacts	Proposer un score environnemental avec des références en kg de CO2, un score social et un score de sobriété
Challenger d'autres personnes	Partager son score avec ses amis, réaliser des challenges sous forme d'actions à réaliser sur son téléphone nous incitant à changer nos habitudes
Améliorer les usages des utilisateurs	Proposer des conseils afin d'améliorer le score Fruggr des utilisateurs
<b>Commentaire</b>	<p>L'interface de l'application mobile Fruggr respecte les principes d'accessibilité. Le score, les quiz et les défis rendent l'application attractive et donnent réellement envie d'améliorer son score.</p> <p>Cette application aborde uniquement les usages du téléphone portable et n'est disponible que sur mobile.</p>

Tableau 6 - Offre Fruggr



## Impactco2.fr

**Propriétaire** Service public gratuit, porté par l'ADEME et l'incubateur de la DINUM beta.gouv.fr.

---

**Hébergement** Inconnu

---

**Présentation** Cette plateforme web permet de découvrir l'impact des objets du quotidien sur le climat. Il existe une catégorie numérique qui permet de calculer son empreinte carbone. Ce site met en évidence l'impact environnemental avec des comparaisons permettant ainsi une visualisation facile de la quantité de CO2.

---

### Activités

Comparaison CO2

### Orientations stratégiques

Compare le CO2 avec des équivalents visuels et parlant pour tous. Exemple :

2000kg CO2 équivaut à 847 458km en TGV

Calculer son empreinte carbone numérique

Trois activités digitales peuvent être calculées : son activité en streaming, l'envoi de mails et les vidéoconférences.

---

### Commentaire

Utiliser des comparaisons rend tout de suite le résultat plus marquant pour l'utilisateur. Il est donc plus facile de prendre conscience des enjeux environnementaux.

Il manque de conseils permettant à l'utilisateur d'agir à son échelle.

*Tableau 7 - Offre Impactco2.fr*

## numeriqueresponsable.org

<b>Propriétaire</b>	Rémy Marrone, expert indépendant en marketing digital
<b>Hébergement</b>	OWH
<b>Présentation</b>	Ce site fournit, aux individus et aux organisations, une liste de cent principes élémentaires d'un numérique responsable. Les conseils sont catégorisés autour des axes de développement suivant : Bien-être, Inclusion, Climat, Ethique, Parité et Sécurité
<b>Activités</b>	<b>Orientations stratégiques</b>
Conseiller	Présente le b.a.-ba du numérique responsable à travers des conseils catégorisés par difficulté, catégorie numérique responsable et objectif. Les utilisateurs peuvent sélectionner plusieurs conseils et générer une check-list
<b>Commentaire</b>	La présentation des 100 principes sous forme de tuiles et la possibilité d'utiliser des filtres sur les catégories rendent la navigation sobre et agréable. Cependant, le site n'est pas outillé pour garder durablement l'attention de l'utilisateur. Il y a également plusieurs bugs. La plateforme n'a pas été développée avec une orientation mobile first.

Tableau 8 - Offre numeriqueresponsable.org

**myimpact.isit-europe.org**

**Propriétaire** Institut du Numérique Responsable

**Hébergement** Inconnu

**Présentation** Ce site met à disposition une calculatrice permettant aux entreprises ou aux particuliers de connaître le bilan de leur empreinte environnementale en kg CO2 ou grâce à des équivalences.

<b>Activités</b>	<b>Orientations stratégiques</b>
Faire le bilan des impacts	Calcule l'empreinte des appareils électroniques (smartphones, ordinateurs, tablettes, écrans et imprimantes). Calcule l'empreinte de votre activité en ligne. Calcule l'empreinte de votre stockage en ligne et de vos emails. Calcule aussi l'empreinte de vos déplacements.

**Comparaison** Le score final est affiché en kg CO2 mais également en équivalence visuelle.

**Commentaire** Ce calculateur est assez complet, il prend en compte plusieurs types d'appareils et les activités online d'un utilisateur. Cependant, il ne calcule pas l'impact social et ne propose pas de points d'amélioration.

*Tableau 9 - Offre myimpact.isit-europe.org*

## 5.4 L'environnement

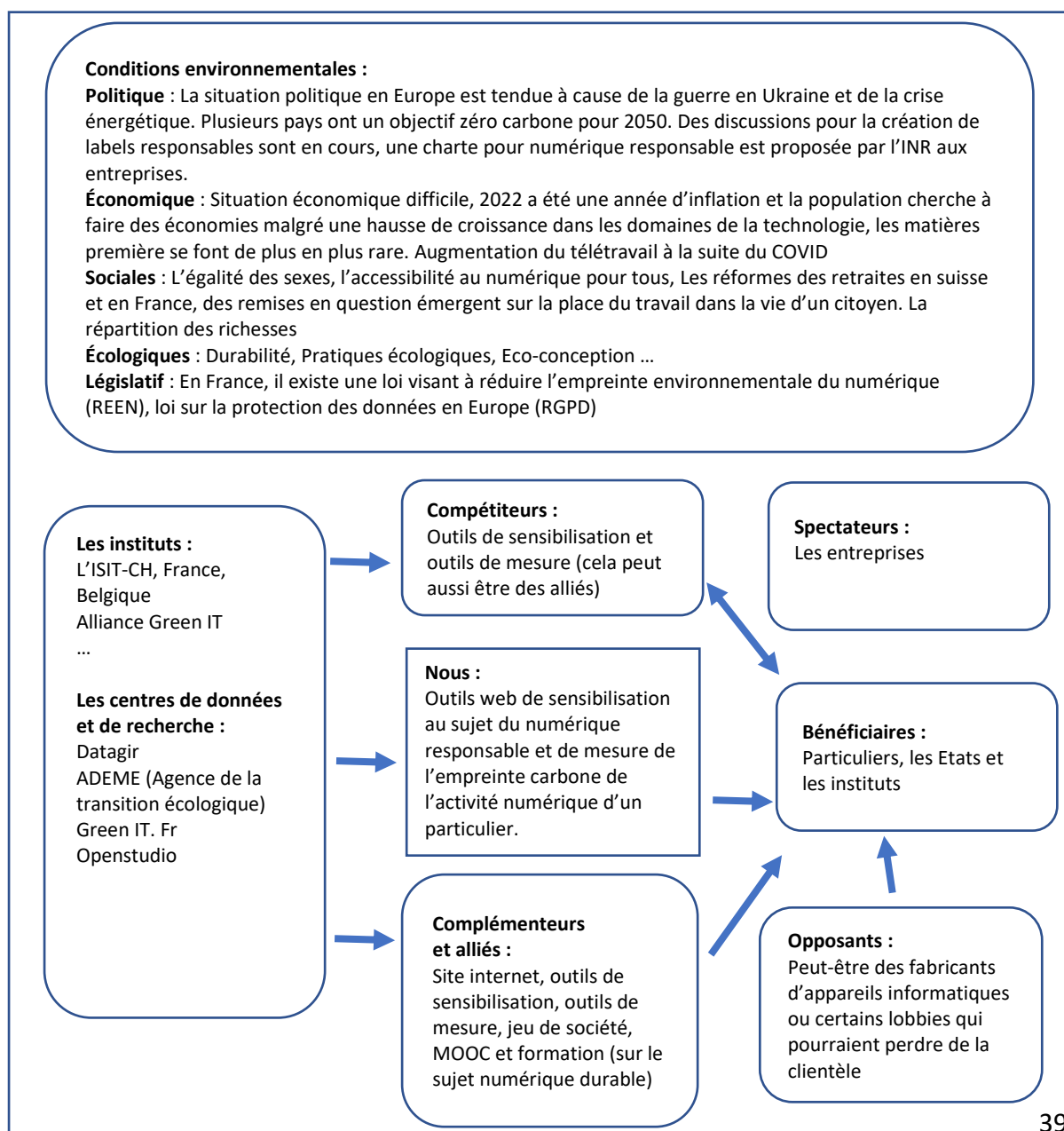
### 5.4.1 Présentation de l'écosystème

*Note méthodologique : Cette partie repose sur l'identification et la hiérarchisation des acteurs et des conditions environnementales de l'écosystème du projet, selon les modèles d'analyse des 5 forces de Porter et PESTEL.*

**Former et sensibiliser le grand public au sujet du numérique responsable via une plateforme en ligne**

Dans un monde où le marché du numérique est en hausse constante tout comme l'impact des activités humaines sur notre planète, de plus en plus de particuliers sont sensibles aux enjeux écologiques et souhaitent agir. Le projet « Un Numérique Responsable pour Tous » offrira des clés d'action et le pouvoir d'agir pour tous à son échelle.

### Cartographie de l'écosystème et propositions d'action



## 5.4.2 Analyse des opportunités et des menaces des conditions environnementales

*Note méthodologique : Cette partie d'analyse de l'environnement repose sur l'identification et la hiérarchisation des facteurs politiques, économiques, sociaux-culturels, légaux, écologique et technologiques étant susceptibles d'avoir un impact sur l'activité, selon le modèle d'analyse PESTEL.*

### Crise écologique et énergétique, une opportunité pour un numérique plus respectueux de l'environnement

La menace principale de la plateforme « Un Numérique Responsable pour tous », c'est qu'elle ne soit pas utilisée. Ceci pourrait s'expliquer si la population ne considère plus la crise climatique comme une priorité. Effectivement, en ce début 2023, nous entendons beaucoup parler dans les médias de l'inflation, de la guerre en Ukraine ou encore de la réforme des retraites en France. Ces sujets ont tendance à nous faire oublier que nous entrerons sûrement dans l'une des plus grandes crises de l'histoire de l'humanité, la crise écologique. Ceci-dit, l'impact de l'homme sur la planète est malheureusement de plus en plus visible et les jeunes générations sont plus sensibles aux enjeux climatiques que leurs aînés.

### Facteurs et freins à la croissance du secteur

Source : Données de l'auteur

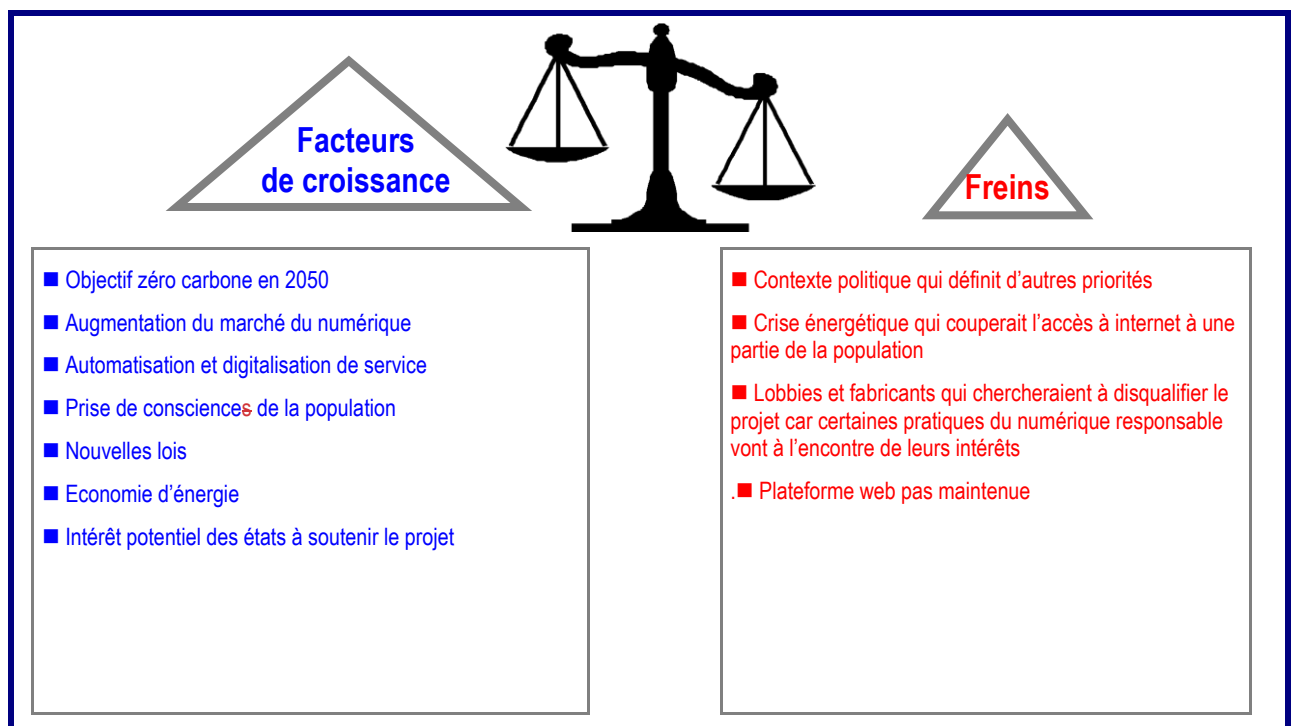


Tableau 11 - Facteurs et freins à la croissance

## 6 Analyse des risques

Selon le PMBOK (Project Management Body of Knowledge), l'analyse des risques est une étape essentielle dans la gestion d'un projet. Voici une approche générale pour effectuer une analyse des risques en suivant les principes du PMBOK : (Project Management Institute, 2021)

1. **Identification des risques** : Cette étape consiste à identifier tous les risques potentiels qui pourraient affecter notre projet. Il est généralement important de rassembler une équipe multidisciplinaire pour examiner les différentes perspectives et identifier les risques spécifiques à chaque domaine. Dans le cadre de ce travail de Bachelor plusieurs camarades de classe ont été sollicités lors d'une séance de brainstorming pour recueillir le plus d'idées possibles. Nous avons également fait une séance avec M. Revaz, président de l'ISIT-CH pour bénéficier de son expertise.
2. **Évaluation des risques** : Une fois les risques identifiés, il faut évaluer leur probabilité d'occurrence et leur impact potentiel sur le projet. Nous utilisons l'échelle numérique suivante pour attribuer des scores aux risques en fonction de leur gravité :

Likelihood Txt	Likelihood Num	Impact Level	Impact Level Num
Presque certain	6	Négligeable	1
Hautement probable	5	Modéré	2
Probable	4	Significatif	3
Vraisemblablement	3	Catastrophique	4
Peu probable	2		
Presque impossible	1		

Tableau 12 - Grille d'évaluation des risques

3. **Planification des réponses aux risques** : Sur la base des résultats de l'analyse des risques, nous devons élaborer des stratégies pour traiter chaque risque identifié. Les stratégies peuvent inclure l'atténuation (réduire la probabilité ou l'impact du risque), le transfert (transférer le risque à une autre partie), l'acceptation (assumer le risque) ou l'évitement (éviter le risque). Nous devons également définir d'un plan d'action spécifique pour chaque risque afin de pouvoir y faire face efficacement en cas de besoin.
4. **Surveillance et contrôle des risques** : L'analyse des risques est un processus interactif et continu tout au long du projet. Il est donc important de surveiller ces risques

## 6.1 Identifier les risques

Source : Données de l'auteur

№	Risk Category	Risk Description	Impact Description	Probabilité	Impact	Classification
1	Gouvernance	Rémi ne peut plus travailler sur le projet (maladie, accident, décès)	Fin du travail de bachelor, pas de POOC	Peu probable	Catastrophique	Medium
2	Gouvernance	Florian ne peut plus travailler sur le projet (maladie, accident, décès)	Plus de point de contact au sein de l'INR	Peu probable	Modéré	Low
3	Gouvernance	Mauvaise succession du projet après le POOC	Le projet s'arrête ou est très fortement ralenti.	Probable	Significatif	High
4	Ressource	Pas accès au code source du calculateur NR	Retard dans le projet dû au développement d'un nouveau calculateur, augmentation des coûts, la fonctionnalité d'un calculateur en danger	Hautement probable	Modéré	Medium
5	Technologie	Évolution technologique	Les articles, conseils, calculatrice devront être mise à jour. Maintenance de la plateforme web	Presque certain	Significatif	High
6	Technologie	Arrêt des services du site internet	Plus d'accès à la plateforme pour tous les utilisateurs	Presque impossible	Catastrophique	Medium
7	Technologie	Arrêt des services de la base de données	Certaines fonctionnalités du site internet en panne	Presque impossible	Significatif	Low
8	Sécurité	Vol de données utilisateurs	Réputation de l'ISIT-CH, dédommagement aux utilisateurs, Amende possible	Presque impossible	Catastrophique	Medium
9	Sécurité	Crypto-virus ou attaque DOSS qui permettent d'arrêter un site internet	Réputation de l'ISIT-CH, Arrêt des services de la plateforme web	Vraisemblable	Significatif	Medium
10	Sécurité	Falsification de données	Impacte l'intégrité des données et donc les informations du site internet qui entache la réputation de l'INR	Vraisemblable	Significatif	Medium
11	Qualité	La plateforme web n'est pas visible alors personne ne l'utilise	L'objectif principal du projet (la sensibilisation) ne sera pas atteint	Probable	Catastrophique	High
12	Qualité	La plateforme web n'est pas ergonomique	Les utilisateurs n'auront pas la patience de se former sur la plateforme web.	Vraisemblable	Significatif	Medium
13	Qualité	Le boycott des utilisateurs	L'objectif principal du projet (la sensibilisation) ne sera pas atteint	Presque impossible	Catastrophique	Medium
14	PM - Budget	Coût de maintenance et coût pour terminer le projet trop élevé	Arrêt du projet	Probable	Catastrophique	High
15	Gouvernance	Ne pas respecter les délais	L'INR attend un certain résultat de ce travail de bachelor, l'objectif et qu'il puisse quand même présenter la plateforme afin de rechercher des sponsors pour continuer le développement	Probable	Catastrophique	High

Tableau 13 - Identification des risques

## 6.2 Plan d'action

Source : Données de l'auteur

ID	Type de réponse	Action	Debut	Probabilité après action	Impact après action	Classification après action
1	Acceptation	Ce risque est accepté	-	Peu probable	Catastrophique	Medium
2	Mitigation	Fred Marchand et Jocelyn Oppenlander de l'ISIT-CHsuivent également le projet	08.05.23	Peu probable	Négligeable	Low
3	Mitigation	Documentation du projet + réaliser une séance de pré-information au différents acteurs en fin du projet	24.02.23	Vraisemblable	Significatif	Medium
4	Acceptation	Nous acceptons ce risque	-	Hautement probable	Significatif	High
5	Mitigation	Faire de la veille technologique, mettre des ressources et moyens à disposition	30.08.23	Peu probable	Catastrophique	Medium
6	Transfert	Notre plateforme est hébergée chez Infomaniak. Nous avons un contrat PAAS qui nous permet d'exploiter la puissance d'une infrastructure à la demande multi-datacenters	06.05.23	Presque impossible	Modéré	Low
7	Transfert					
8	Acceptation	Nous acceptons ce risque, car nous avons décidé de ne pas stocker des données utilisateurs pour le moment	-	Presque impossible	Négligeable	Low
9	Transfert	Infomaniak offre une protection Anti-DDoS professionnelle et un service de sauvegarde automatique	06.05.23	Peu probable	Négligeable	Low
10	Mitigation	Revue code par des experts en sécurité	À la reprise du projet	Peu probable	Modéré	Low
11	Evitement	Mettre en place du SEO, faire de campagne marketing et communiquer sur la plateforme à travers l'INR	À la reprise du projet	Peu probable	Significatif	Low
12	Evitement	Création de mook up, développement d'une application mobile first, suivre les bonnes pratiques de l'expérience utilisateur	15.04.23	Peu probable	Significatif	Low
13	Acceptation	Nous acceptons le risque. Le rôle de l'institut est de sensibiliser et la plateforme doit être un outil	-	Presque impossible	Catastrophique	Medium
14	Mitigation	Recherche de sponsor. La thématique est d'actualité. Nous avons prévu une analyse des coûts pour de la budgétisation	01.09.23	Vraisemblable	Significatif	Medium
15	Mitigation	Revoir les priorités et les objectifs (principe de SCRUM). Ne pas hésiter à demander de l'aide si nous rencontrons des problèmes bloquants	24.02.23	Vraisemblable	Significatif	Medium

Tableau 14 - Plan d'action



## 7 Analyse technologique : Performance et écologie

### 7.1 Le choix du langage

La performance et l'écologie sont deux aspects importants à prendre en compte lors de l'analyse des langages informatiques. La vitesse d'exécution ainsi que la facilité à optimiser le code sont des critères qui peuvent conditionner le choix d'une technologie.

Il est important de maîtriser la consommation mémoire d'une application afin d'éviter le dépassement des capacités sur les ordinateurs cibles, car cela favorise la fracture numérique et l'obsolescence programmée.

À l'heure du réchauffement climatique et d'une énergie de plus en plus chère, réduire son empreinte carbone est à la fois un choix économique et moral.

Cette problématique a été abordée par un groupe de chercheurs portugais en 2017 dans l'article « Energy Efficiency across Programming Languages / How Do Energy, Time, and Memory Relate ? » (Rui Pereira, 2017). Ces chercheurs ont établi un classement des langages en fonctions des trois critères : l'énergie, la vitesse d'exécution et la mémoire utilisée.

*Source : Energy Efficiency across Programming Languages / How Do Energy, Time, and Memory Relate ?*

Total					
	Energy		Time		Mb
(c) C	1.00	(c) C	1.00	(c) Pascal	1.00
(c) Rust	1.03	(c) Rust	1.04	(c) Go	1.05
(c) C++	1.34	(c) C++	1.56	(c) C	1.17
(c) Ada	1.70	(c) Ada	1.85	(c) Fortran	1.24
(v) Java	1.98	(v) Java	1.89	(c) C++	1.34
(c) Pascal	2.14	(c) Chapel	2.14	(c) Ada	1.47
(c) Chapel	2.18	(c) Go	2.83	(c) Rust	1.54
(v) Lisp	2.27	(c) Pascal	3.02	(v) Lisp	1.92
(c) Ocaml	2.40	(c) Ocaml	3.09	(c) Haskell	2.45
(c) Fortran	2.52	(v) C#	3.14	(i) PHP	2.57
(c) Swift	2.79	(v) Lisp	3.40	(c) Swift	2.71
(c) Haskell	3.10	(c) Haskell	3.55	(i) Python	2.80
(v) C#	3.14	(c) Swift	4.20	(c) Ocaml	2.82
(c) Go	3.23	(c) Fortran	4.20	(v) C#	2.85
(i) Dart	3.83	(v) F#	6.30	(i) Hack	3.34
(v) F#	4.13	(i) JavaScript	6.52	(v) Racket	3.52
(i) JavaScript	4.45	(i) Dart	6.67	(i) Ruby	3.97
(v) Racket	7.91	(v) Racket	11.27	(c) Chapel	4.00
(i) TypeScript	21.50	(i) Hack	26.99	(v) F#	4.25
(i) Hack	24.02	(i) PHP	27.64	(i) JavaScript	4.59
(i) PHP	29.30	(v) Erlang	36.71	(i) TypeScript	4.69
(v) Erlang	42.23	(i) Jruby	43.44	(v) Java	6.01
(i) Lua	45.98	(i) TypeScript	46.20	(i) Perl	6.62
(i) Jruby	46.54	(i) Ruby	59.34	(i) Lua	6.72
(i) Ruby	69.91	(i) Perl	65.79	(v) Erlang	7.20
(i) Python	75.88	(i) Python	71.90	(i) Dart	8.64
(i) Perl	79.58	(i) Lua	82.91	(i) Jruby	19.84

Figure 6 - Benchmark: Energy Efficiency across Programming Languages

Ils ont ensuite réalisé un second classement en combinant les critères pour trouver le langage de programmation optimal :

*Energy Efficiency across Programming Languages / How Do Energy, Time, and Memory Relate?*

Time & Memory	Energy & Time	Energy & Memory	Energy & Time & Memory
C • Pascal • Go	C	C • Pascal	C • Pascal • Go
Rust • C++ • Fortran	Rust	Rust • C++ • Fortran • Go	Rust • C++ • Fortran
Ada	C++	Ada	Ada
Java • Chapel • Lisp • Ocaml	Ada	Java • Chapel • Lisp	Java • Chapel • Lisp • Ocaml
Haskell • C#	Java	OCaml • Swift • Haskell	Swift • Haskell • C#
Swift • PHP	Pascal • Chapel	C# • PHP	Dart • F# • Racket • Hack • PHP
F# • Racket • Hack • Python	Lisp • Ocaml • Go	Dart • F# • Racket • Hack • Python	JavaScript • Ruby • Python
JavaScript • Ruby	Fortran • Haskell • C#	JavaScript • Ruby	TypeScript • Erlang
Dart • TypeScript • Erlang	Swift	TypeScript	Lua • JRuby • Perl
JRuby • Perl	Dart • F#	Erlang • Lua • Perl	
Lua	JavaScript	JRuby	
	Racket		
	TypeScript • Hack		
	PHP		
	Erlang		
	Lua • JRuby		
	Ruby		

*Figure 7 Benchmark: Energy Efficiency across Programming Languages*

Cette étude est très intéressante, notamment dans une démarche d'éco-conception. Cependant, il y a d'autres composantes à prendre en compte lors du choix d'un langage de programmation. Par exemple, personne ne développe le front-end d'un site internet en C car c'est un langage de bas niveau. Le domaine de développement est fondamental car il y a des technologies spécifiques pour développer du machine learning, du big data, du web etc...

Un autre point important pour le choix d'un langage va être la communauté qui l'entoure. En effet, plus un langage de programmation est utilisé, plus la documentation sur celui-ci est fournie, et donc plus il est simple à maintenir et est évolutif. RedMonk, cabinet américain d'analystes spécialisés dans le développement, suit les tendances des langages de programmation depuis plus de 10 ans. La firme met régulièrement à jour son top 20 des langages les plus utilisés par les développeurs, à partir des données recueillies auprès des plateformes GitHub et Stack Overflow. (O'Grady, 2021)

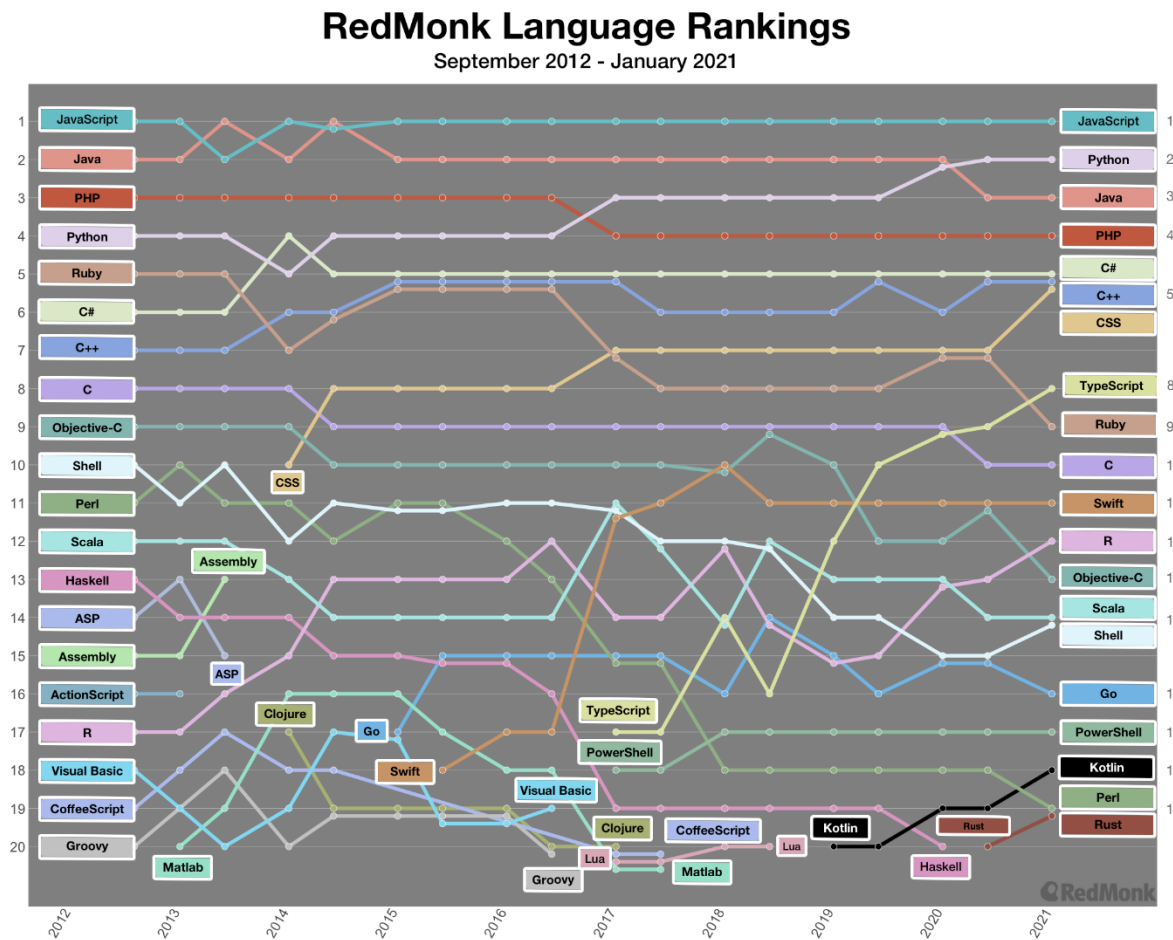


Figure 8 - Benchmark: RedMonk Language Rankings

## 7.2 L'hébergement

Opter pour un hébergement plus vert à un réel impact sur l'empreinte numérique d'une application.

Les hébergeurs peuvent agir sur six leviers pour diminuer l'impact de leur infrastructure sur l'environnement :

- Gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques
- Efficience énergétique du data center [Power Usage Effectiveness (PUE) / Carbon Usage Effectiveness (CUE) / Water Usage Effectiveness (WUE)]
- Politique d'achat responsable
- Respect de la dimension sociale
- Alimentation en énergie bas carbone
- Compensation carbone

Il est préférable de choisir un hébergeur qui combine des serveurs économes à une alimentation sans énergie fossile (pétrole, gaz, charbon) (Bordage, L'éco-conception web / Les 115 bonnes pratique, 2015)

Plusieurs hébergeurs partagent leur politique environnementale en toute transparence, ce que peut aider à comprendre comment ils gèrent leurs impacts environnementaux. Il existe des certifications telles que la certification "Green Key" ou "EcoLabel" qui garantissent que l'hébergement suit des pratiques durables en matière d'énergie, d'eau et de gestion des déchets. D'autres ont mis en place des initiatives pour diminuer leur empreinte environnementale, comme la collecte de déchets, le recyclage de l'eau etc.

### 7.3 Les bases de données

Dans un développement d'une application éco-conçue, il faudrait éviter le plus possible d'utiliser une base de données car les requêtes peuvent être gourmandes en énergie et la base de données doit également être hébergée quelque part. Cependant dans une application dynamique, lorsque les données changent régulièrement, il est difficile, voire impossible de se priver d'une base de données.

Il existe deux grandes familles de base de données :

Les bases de données **SQL** (Structured Query Language) sont généralement de bases de données relationnelles dans lesquelles les données sont stockées dans des tables clairement définies. Ces bases de données sont très structurées. Elles sont encadrées par un schéma. Il est possible d'ajouter des contraintes pour s'assurer que les données soient toujours intègres. Le langage SQL utilisé dans les bases de données relationnelles est très puissant. Ce type de stockage facilite l'analyse des données. Le désavantage des bases de données SQL est qu'elles sont souvent trop structurées. Si l'on veut modifier son programme, il faut généralement modifier les schémas de la base de données, ce qui alourdit la maintenance. Par ailleurs, plus il y a de données, plus les performances des requêtes seront lentes. C'est pour cela que se sont démocratisées ces dernières années les bases de données **NoSQL**.

Les bases de données **NoSQL** sont plus adaptées pour gérer un très grand volume de données. Elles ne comportent pas de schéma. Les données ne sont pas structurées. Cela rend le modèle de données plus souple et offre une meilleure vitesse d'exécution. En contrepartie, c'est au programme de garantir l'intégrité des données, et certaines requêtes peuvent être complexes. Il existe plusieurs types de bases NoSQL s'appuyant selon le cas sur un principe de clé valeur, de documents, de graph ou de colonne.

Pour rendre une base de données plus responsable, il est conseillé de mettre en place une politique d'expiration et de suppression des données. Pour des raisons de performance, il est également conseillé d'utiliser des logiciels open source « forkés » (dérivés), par exemple privilège KeyDB à Redis. (La notion de vitesse est souvent synonyme de réduction en termes de consommation de ressources) (Thomas Broyer, 2022).

## 8 Synthèse – Analyse

Chaque chapitre décrit précédemment représente une étape cruciale pour la conception de la plateforme de sensibilisation. La revue de littérature nous permet de donner une vision globale de l'état actuel des connaissances sur la thématique du numérique responsable et de la sensibilisation, en identifiant les principaux concepts, théories, méthodes et résultats de recherches antérieures. L'analyse du marché, quant à elle, nous permet de nous rapprocher le plus près possible du public cible afin de bien comprendre la demande mais également de bien connaître l'environnement du marché que nous ciblons. Grâce à une analyse des risques, pouvons identifier et évaluer les risques associés à ce projet et prendre des décisions éclairées pour les réduire ou les éliminer. Pour finir, l'analyse des technologies, nous permet maintenant de nous positionner et de choisir des technologies optimales pour développer notre plateforme de sensibilisation sur la thématique du numérique responsable.

## 9 La conception

### 9.1 Les fonctionnalités retenues

L'un des principes fondamentaux de l'éco-conception consiste à éliminer les fonctionnalités non essentielles. C'est pourquoi, à la suite du résultat du sondage présenté au chapitre 5.2.1 nommé « Enquête et résultats », nous avons décidé de nous focaliser sur les trois fonctionnalités les plus demandées par les sondés.

#### 9.1.1 Première fonctionnalité

La première fonctionnalité retenue est « Avoir accès à des conseils et des bonnes pratiques qui me permettent d'agir à mon échelle ». Nous pouvons traduire ce besoin en deux histoires utilisateur

***En tant que visiteur du site, je veux lire des conseils et des bonnes pratiques permettant de diminuer mon empreinte numérique.***

Ces conseils devront être faciles à comprendre pour le grand public. Chaque bonne pratique appartiendra à une ou plusieurs catégories.

***En tant que visiteur du site, je veux connaître des « bons plans » permettant de diminuer mon empreinte numérique.***

Contrairement aux conseils et aux bonnes pratiques, les « bons plans » représentent des services permettant d'aider un utilisateur à améliorer son impact numérique. Par exemple, acheter son téléphone portable sur BackMarket car ils vendent uniquement des appareils reconditionnés, ou encore utiliser Cleanfox, un outil gratuit pour vider sa boîte aux lettres et se désinscrire des newsletters.

#### 9.1.2 Deuxième fonctionnalité

La deuxième fonctionnalité retenue est « Calculer et connaître l'impact environnemental de mon activité sur Internet et de mes appareils »

***En tant que visiteur du site, je veux pouvoir calculer mon empreinte carbone de mon activité numérique***

L'utilisateur répondra à un questionnaire sur ses habitudes sur internet : Quel appareil avez-vous ? Combien d'emails envoyez-vous par jour ? etc...

A la fin de l'enquête ses réponses seront envoyées au système qui calculera l'empreinte carbone de l'activité numérique de l'utilisateur se basant sur les données de la calculatrice WENR\* de l'INR. L'utilisateur pourra ainsi connaître son empreinte en kg eq. CO2 et ce que cela représente à l'usage de vie courante grâce à des comparaisons de grandeur simple.

\*La base de données WENR est un immense fichier Excel qu'utilise l'INR pour réaliser des analyses de numérique responsable dans les entreprises. Voici un exemple de données recensées dans cet outil :

*Source : Document WENR*

Kg eq CO2	Production	Transport	Use	Recycling	Sum	Total avoided
<b>Apple iPhone X (256GB)</b>	74.4	1.86	15.81	0.93	93	76.19

*Tableau 15 - Exemple data WENR*

### 9.1.3 Troisième fonctionnalité

La troisième fonctionnalité retenue est « Avoir accès à des liens et des articles sur la thématique du numérique responsable » :

***En tant que visiteur du site, je veux être informé des actions des entreprises et des politiques sur la thématique du numérique responsable, comme avec un journal***

C'est avec cette fonctionnalité que nous allons motiver l'utilisateur à revenir sur notre plateforme.

### 9.1.4 L'Use Case

Source : Données de l'auteur

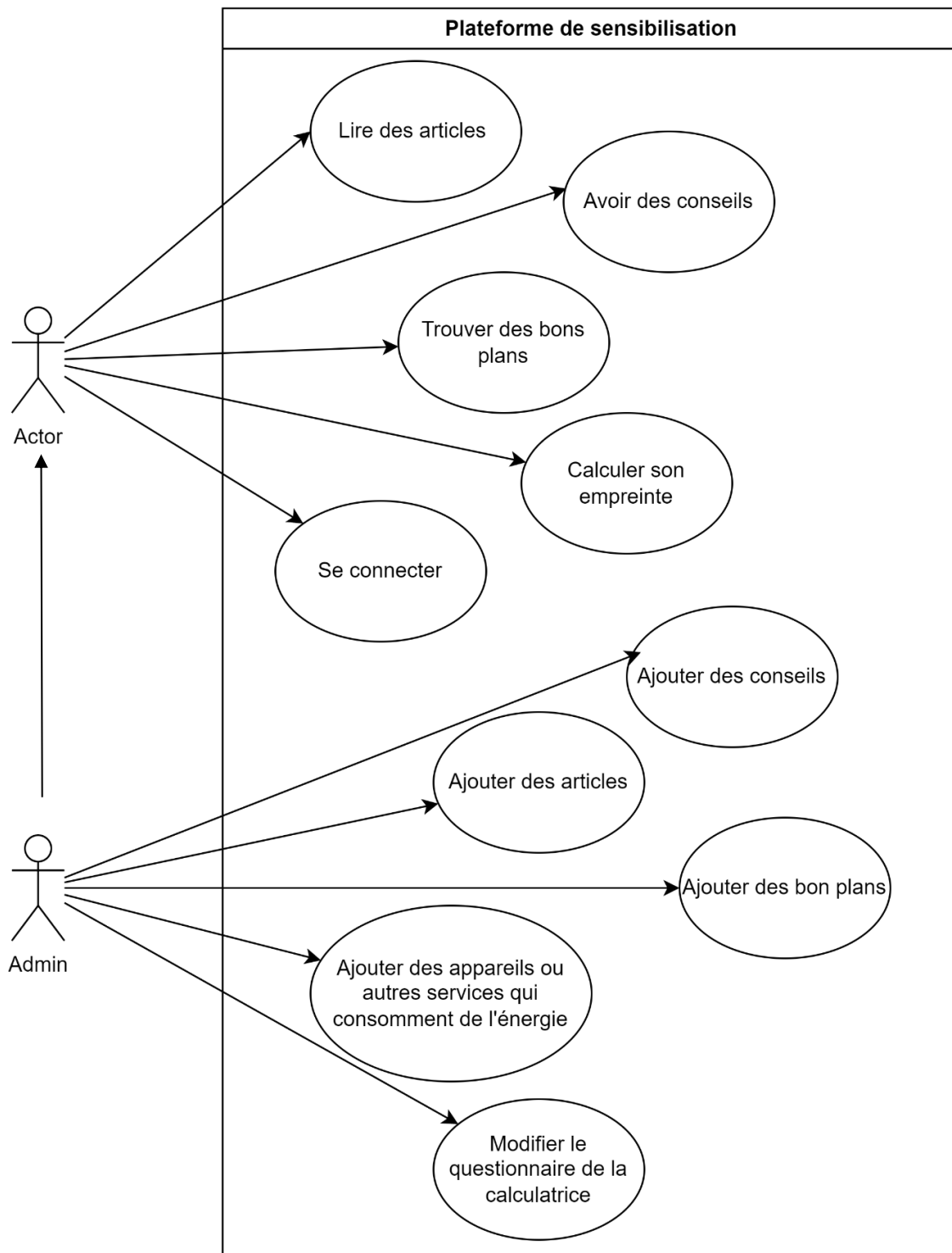


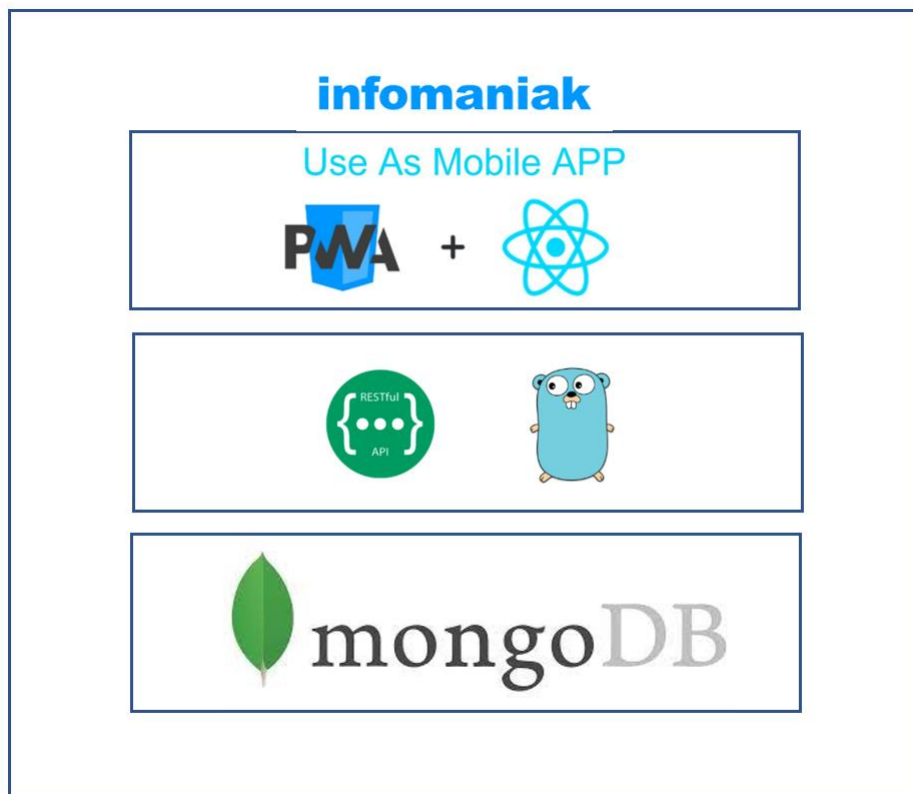
Figure 9 - Diagramme de cas d'utilisation



## 9.2 Architecture de la plateforme

Notre application a besoin de faire appel à une base de données pour récupérer les articles, les conseils, les « bons plans » mais également les données de consommation des appareils et des habitudes des utilisateurs. Nous sommes partis sur une architecture trois tiers comprenant une couche présentation (front-end), une couche applicative (back-end) représentant la logique métier (BLL, Business Logic Layer) et une couche de données (Data Layer). Cette architecture est la solution idéale pour la plupart des applications Web modernes (MongoDB, s.d.)

*Source : Données de l'auteur*



*Figure 10 - Conception architecture*

### 9.2.1 Front-end

Nous choisissons de réaliser notre plateforme de sensibilisation en développant une PWA, Progressive Web Application, avec le framework ReactJS. Les PWA nous offrent la possibilité de créer des applications web qui bénéficient des mêmes avantages qu'une application native,

ce qui offre généralement une expérience plus fluide. Elles peuvent fonctionner hors ligne et peuvent être ouvertes via une icône sur un téléphone comme une application mobile.

### Pourquoi une Progressive Web Application ?

Nous souhaitons développer une application pouvant être utilisée sur une plateforme web et comme application mobile afin de répondre à la demande client décrite dans l'enquête. Nous pensions d'abord créer une application multi-plateformes programmée avec des langages comme Flutter ou React Native. Cependant, ces technologies sont très orientées application mobile. Certaines fonctionnalités comme le SEO, Search Engine Optimization, ne sont pas encore très optimisées. De plus, les technologies multi-plateformes ajoutent une couche d'abstraction supplémentaire, ce qui réduit la performance de notre programme.

Comme, par ailleurs, une application mobile est nécessaire, une PWA est une solution évitant des doubles, voire des triples développements et maintenances qu'occasionnerait le développement d'une application mobile native ou hybride (React native, Flutter).

Les PWA ne sont pas liées à un système d'exploitation native. Cela permet de réduire le risque d'obsolescence du terminal. Elles sont également plus légères donc utilisent moins de bande passante (Thomas Broyer, 2022).

### Pourquoi Reacts JS ?

React JS est un framework Web basé sur JavaScript. Il est développé par Facebook et est apparu pour la première fois en 2013. React JS est un langage qui s'est popularisé ces dernières années au point d'être devenu l'un des leaders sur le marché. C'est très important de choisir un langage populaire afin de faciliter la reprise du projet après le travail de bachelor. Ce qui a fait la popularité de React JS, c'est que la technologie est facile à apprendre, très efficace et versatile. Ce framework est une librairie déclarative. React ne modifie pas directement la page HTML mais se base plutôt sur un état logique et avec cet état, il génère directement le rendu HTML. Il vient remplacer la page existante par la page qu'il a générée à partir de l'état. C'est ce que l'on appelle DOM (Document Object Model) virtuel. Cela permet une actualisation à chaud.

D'autres Frameworks JS comme Angular par exemple, utilisent le DOM, mais React a un autre avantage. Il suit la philosophie Unix, qui consiste à utiliser des outils spécialisés : un outil pour chaque fonctionnalité. React JS est complètement optimisé ce qui permet d'initialiser un projet facilement sans avoir déjà défini ses architectures.

### Benchmark (échelle : 1 à 5)

Source : Données de l'auteur

	Énergie - Temps - Mémoire	Communauté	L'apprentissage	Force SEO	Web	Mobile	Total
<b>Application multiplateforme en Flutter</b>	3	3	5	2	3	4	<b>20</b>
<b>PWA en ReactJS (FrameWork JS)</b>	2	5	4	5	5	3	<b>24</b>

Tableau 16 - Benchmark Front-end

### 9.2.2 Back-end

La couche métier est une API REST (Application Programming Interface) programmé en Go. Go, ou Golang, est un langage de programmation open source développé par Google. Il est inspiré de plusieurs langages comme Oberon, Pascal, C et Newsqueak. Go est basé sur plusieurs paradigmes. C'est à la fois un langage compilé, de programmation concurrente, impérative et structurée. Il est donc très polyvalent. Il est devenu très populaire car il consomme très peu de mémoire. C'est aussi un langage minimaliste, il est possible de faire beaucoup de choses en très peu de lignes de code. Tout cela rend Go l'un des langages les plus efficaces et les moins gourmands en énergie, comme nous avons pu le voir dans l'analyse des technologies.

### Benchmark (échelle : 1 à 9)

Source : Données de l'auteur

	Énergie - Temps - Mémoire	Communauté	L'apprentissage	Maintenance	Total
<b>API REST en Java</b>	6	9	8	9	<b>32</b>
<b>API REST en C#</b>	5	9	8	9	<b>31</b>
<b>ReactJS (pas de backend)</b>	3	8	6	4	<b>21</b>
<b>API REST en Go</b>	9	8	9	9	<b>35</b>

Tableau 17 - Benchmark Back-End

## Pourquoi une API REST?

REST est une architecture de service Web qui est légère. Elle peut être mise en cache et est facile à mettre à jour. Elle permet d'envoyer des requêtes sur une ressource grâce à des verbes tels POST, GET, etc... pour récupérer des données sous des formes simples tel que XML ou JSON.

### 9.2.3 Base de données

Notre choix pour la base de données se porte sur MongoDB. Dans notre programme, nous n'avons que très peu de relations entre les données. De plus, nous n'avons pas de transactions à risque comme il peut y en avoir dans une banque lors d'un transfert d'argent d'un compte A à un compte B. Nous n'avons donc pas besoin que la base de données gère l'intégrité des données. C'est pourquoi nous utilisons une base de données noSQL. Ce type de stockage rend également le modèle plus souple, ce qui facilite l'évolutivité du programme.

MongoDB est une base de données orientée documents. Les données sont stockées dans des documents en format Bson. Il est donc quand même possible d'établir quelques relations entre les données.

Dans notre base de données, nous retrouverons des articles, des « bons plans », des conseils, les utilisateurs de gestion mais également tout ce qui concerne l'outil de mesure d'impact CO2, soit les questions du formulaire et les informations de consommation.

## 9.3 L'hébergement

Pour rendre notre application accessible, nous décidons de l'héberger sur la plateforme cloud Jalatics d'Infomaniak. Nous choisissons ce service pour trois raisons distinctes :

La première est la politique environnementale complètement transparente de l'entreprise Suisse. Infomaniak est un hébergeur qui s'engage activement pour la durabilité. Il a mis en place plusieurs initiatives pour réduire son impact environnemental. Il utilise des centres de données alimentés à 100 % en énergie renouvelable (hydraulique et solaire), ce qui lui permet de réduire considérablement son empreinte carbone. Il optimise de manière efficace les

dépenses énergétiques grâce à des technologies avancées comme la récupération de chaleur et également grâce à des actions simples comme le prolongement de la vie des appareils. Pour compenser ses émissions de gaz à effet de serre, Infomaniak a mis en place un programme de reforestation. La firme a aussi obtenu plusieurs certifications environnementales, notamment selon la norme ISO 14001 pour la gestion de l'environnement et la norme ISO 50001 pour la gestion de l'énergie.

La deuxième raison de notre choix d'hébergement est la proximité. Infomaniak est une entreprise Suisse basée à Genève. Pour des questions de protections des données, c'est très important pour l'INR que les données restent en Suisse ou au moins en Europe. Par ailleurs l'INR a déjà un compte Infomaniak pour héberger leurs noms de domaine.

La troisième raison du choix de cette hébergeur est que Jelatic est une Plateforme As A Service, PAAS. Ses plateformes Cloud permettent aux développeurs de se concentrer sur le développement d'applications plutôt que de passer du temps à gérer l'infrastructure sous-jacente. Jelatic optimise les coûts car nous payons uniquement ce que nous utilisons. Il y a encore d'autres avantages comme l'évolutivité car il est facile d'ajouter des ressources ou des nouveaux nœuds, une sécurité accrue car tout est centralisé, et encore l'accès facile, la qualité et la rapidité de mise en service.

## 9.4 L'apparence de la plateforme

### 9.4.1 Les mook up

La conception de l'apparence de la plateforme suit le principe Know, Mesure, Act. Le premier menu permettra aux utilisateurs de s'informer. Une fois que l'utilisateur aura pris conscience des enjeux du numérique responsable, il se dirigera sur la deuxième page pour mesurer et connaître son impact. Il accèdera ensuite aux menus « Conseils » ou « Bons plans » pour pouvoir agir.

Source : Données de l'auteur

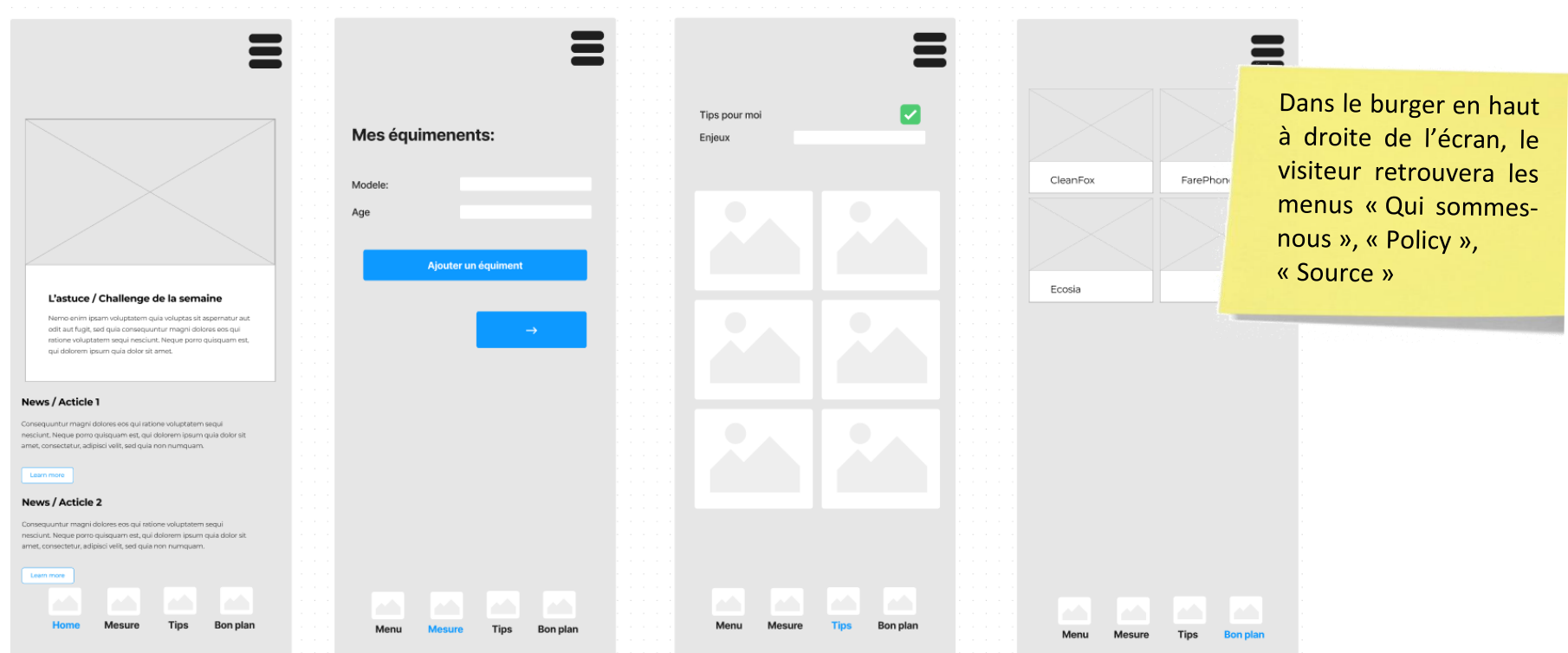


Figure 11 – Mook up Menu

Voici le processus de la fonctionnalité permettant de calculer l’empreinte écologique de son activité numérique . Comme on peut le voir sur les mook up ci-dessous, notre calculatrice est construite sur une suite de questions. Chaque réponse peut faire apparaître une nouvelle question jusqu’au résultat final. Si l’utilisateur souhaite retourner en arrière, il utilisera la fonction retour natif du navigateur web ou du téléphone.

Source : Données de l’auteur

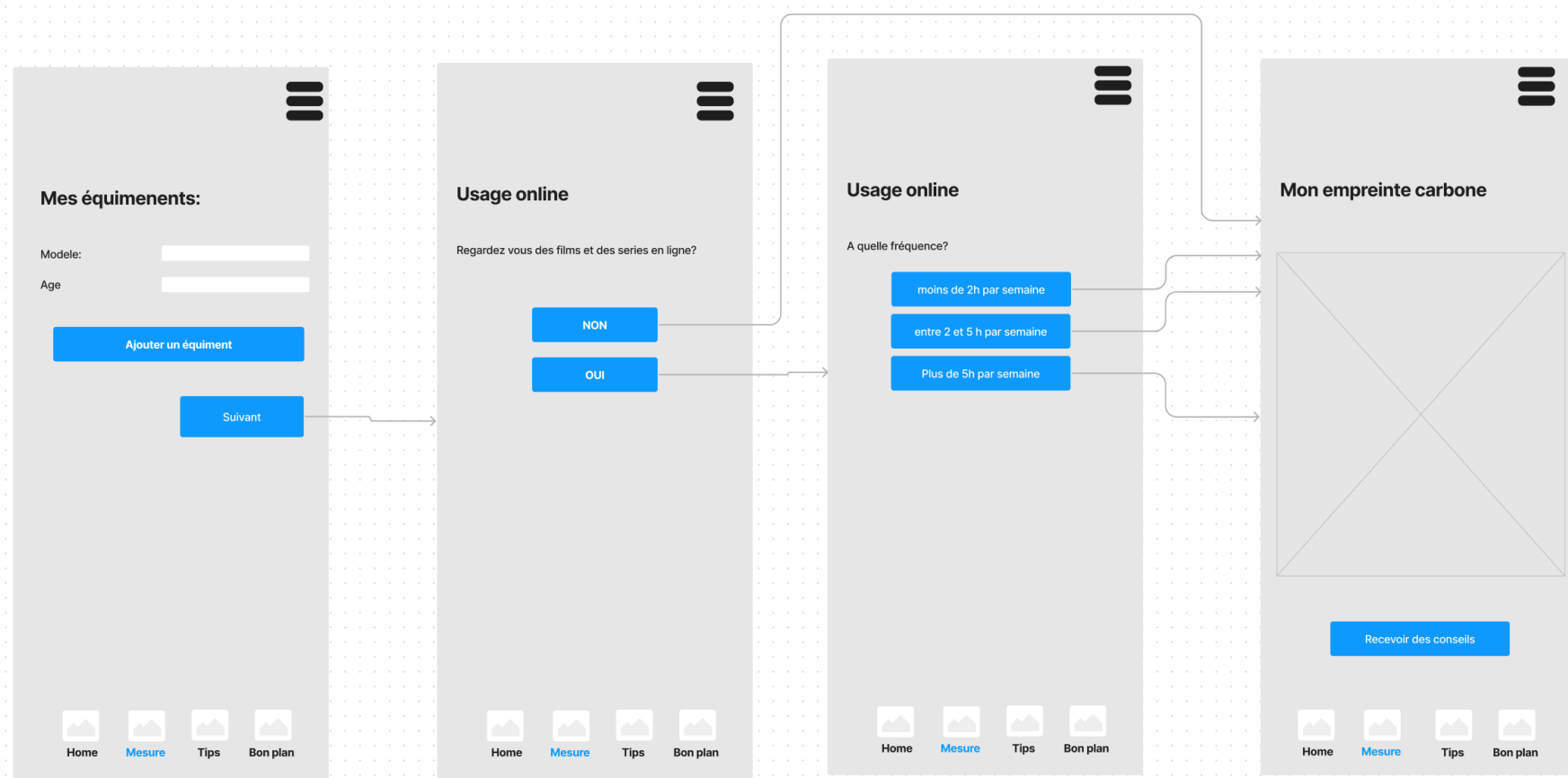


Figure 12 – Mook up Calculatrice



Figure 13 – Mook up Conseil

Lorsque l'utilisateur clique sur une tuile du menu Conseils, l'affichage de la page change pour afficher les détails du conseil. Nous retrouvons la tuile en plus grand, comprenant un titre, une catégorie et une importance. L'enjeu du conseil est détaillé avant le conseil lui-même.

### TUILE

TITRE : Désactiver ses données cellulaires par défaut

Catégorie : Smartphone, Energie

Impact : Niveau 2 sur 3

### L'enjeu

La 4G serait 23 fois plus énergivore que le wifi selon le rapport négaWatt 2015

### Notre conseil :

Préférer l'usage du Wifi quand cela est possible

## 9.4.2 Corporate Design

Nous utilisons les couleurs de l'INR

### Les couleurs

Source : Données de l'auteur

#0088AF	
#545454	
#FFFFFF	
#000000	
#50D0A0	
#FFFF00	

Tableau 18 - Corporate Design

### Les polices de caractères

Nous utilisons Arial comme police de caractère. C'est une police standard, elle est déjà présente sur l'ordinateur de l'internaute. Elle n'a donc pas besoin d'être téléchargée. Nous économisons ainsi de la bande passante, tout en accélérant l'affichage du site (Bordage, L'éco-conception web / Les 115 bonnes pratiques, 2015)



## 10 Réalisation

### 10.1 L'architecture globale

Hébergée sur la plateforme SAAS d'Infomaniak appelée Jelastis, notre application serveur et notre application client se trouvent cependant dans deux environnements différents stockés dans le centre de données D3 d'Infomaniak à Genève.

#### 10.1.1 NRforALL-API

L'environnement NRforALL-API héberge notre API en golang et la base de données mongoDB. Cet environnement contient un équilibrage de charge NGINX qui a pour rôle de diriger le trafic et de répartir la charge de travail entre les différents nœuds. NGINX est l'un des serveurs open-source les plus populaires au monde, qui offre d'excellentes performances, assurant l'efficacité de leurs applications. L'utilisation de NGINX dans Jelastics ne nécessite aucune étape supplémentaire ou pré-configuration. Il offre un équilibrage de charge de couche sept intégré et une mise en cache de contenu pour fournir une plate-forme rentable et hautement disponible pour l'hébergement d'applications en raison de son évolutivité, de sa sécurité et de son efficacité élevée d'utilisation des ressources. L'utilisation d'un équilibrage de charge permet aussi de mettre en place un équilibrage de charge partagé nommée SLB (Shared Load Balancer). Cette fonctionnalité traite toutes les demandes entrantes et les redirige vers le bon nœud. Elle offre également une protection contre les attaques DOSS (Distributed Denial of Service, déni de service distribué).

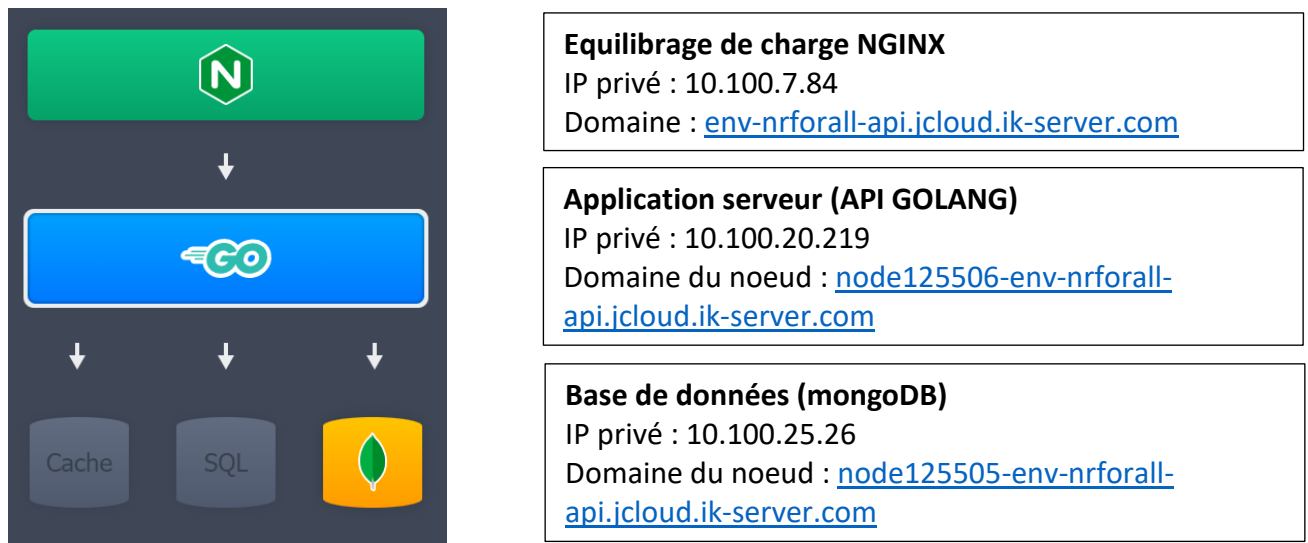


Figure 14 - Environnement NRforALL-API

#### 10.1.1.1 Le nom de domaine

Afin de pouvoir attaquer notre application grâce à l'url <http://api.isit-ch.org>, nous avons ajouté l'enregistrement CNAME suivant dans la zone DNS de notre domaine :

Source = api.isit-ch.org

Type = CNAME

Destination = [env-nrforall-api.jcloud.ik-server.com](https://env-nrforall-api.jcloud.ik-server.com)

TTL = 1h

#### 10.1.1.2 Les points d'entrée

Les environnements sur Jelsatics disposent d'un pare-feu et d'une gestion des points d'entrée. Dans la gestion des points d'entrée, nous avons ouvert une redirection de port afin d'accéder à notre base de données depuis l'extérieur.

L'adresse node125505-env-nrforall-api.jcloud.ik-server.com:11949 redirige le trafic TCP vers le nœud MongoDB sur le port 27017 (port MongoDB privé) et l'adresse node125505-env-nrforall-api.jcloud.ik-server.com:11234 redirige le trafic http vers le nœud MongoDB. Grâce à ces règles, nous pouvons accéder à la base de données depuis l'extérieur de l'environnement grâce à une chaîne de connexion ou directement sur l'interface web de la base de données. Bien évidemment, ces accès devront être supprimés lors de la mise en production, pour des raisons de sécurité.

### 10.1.2 NRforALL

L'environnement NRforALL ressemble beaucoup à celui décrit précédemment. Il contient également un équilibrage de charge NGINX et contient un serveur d'application NGINX. Notre application web développée en React JS est déployée sur ce serveur d'application.

Source : Données de l'auteur

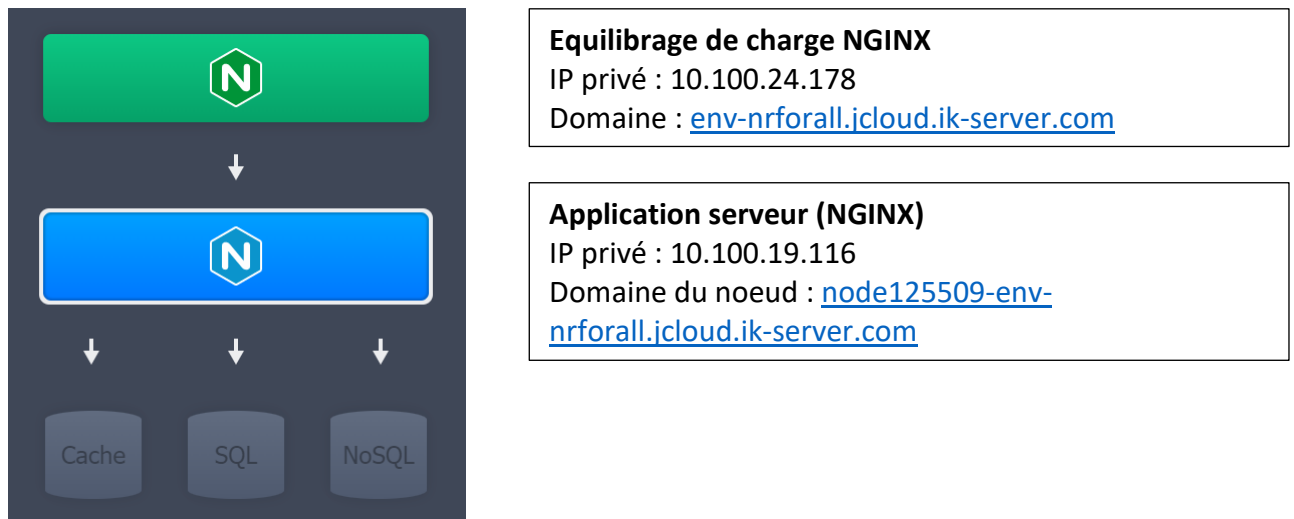


Figure 15 - Environnement NRforALL

#### 10.1.2.1 Le nom de domaine

Afin de pouvoir attaquer notre application grâce à l'url <http://app.isit-ch.org>, nous avons ajouté l'enregistrement CNAME suivant dans la zone DNS de notre domaine :

Source = app.isit-ch.org

Type = CNAME

Destination = [env-nrforall.jcloud.ik-server.com](https://env-nrforall.jcloud.ik-server.com)

TTL = 1h

## 10.2 MongoDB

Nous sommes restés très simples lors de la configuration de MongoDB. Nous avons créé une nouvelle base de données que nous avons nommé « NRforALL-DB ». Cette base de données est constituée des différentes collections utilisées par notre application. Chaque collections contiennent un ensemble de documents lisible en format JSON. C'est dans ces documents que sont enregistrées les données.

### 10.2.1 Collection articles

C'est dans cette collection que sont stockées les articles visibles depuis la page d'accueil de la plateforme de sensibilisation. Voici un tableau qui représente la structure d'un document article dans la base de données :

*Source : Données de l'auteur*

{

_id :	Il s'agit de l'identifiant unique du document, généré automatiquement par MongoDB
Title :	Le titre de l'article
Text :	Le texte de l'article ou le texte du poste écrit par l'utilisateur
url :	L'URL de l'article. Il doit pointer vers un site internet valide
imageUrl :	L'URL de l'image associée à l'article qui apparaît sur l'écran d'accueil
createdAt:	La date et l'heure de création de l'article, qui sont représentées au format ISODate('2023-06-17T10:54:51.625Z').
Categories :	Une liste de catégories associées à l'article.

*Tableau 19 - MongoDB collection articles*

}

Cette collection dispose d'une stratégie TTL, Time To Live, qui supprime automatiquement les documents de la base de données après deux ans. La fonctionnalité TTL s'appuie sur un thread d'arrière-plan mongod qui lit les valeurs de type date dans l'index et supprime les documents expirés de la collection. Dans le monde du numérique les choses évoluent très vite. Les articles d'aujourd'hui ne seront certainement plus pertinents dans quelques années. De plus la page d'accueil de notre application a pour objectif d'informer les utilisateurs et de leur donner

envie de revenir sur l'application pour lire de nouveaux articles. Cette collection aura tendance à être mise à jour régulièrement avec l'ajout de nouveaux articles par l'ISIT-CH.

Il y a aussi une collection pour les « bons plans » dont les champs sont identiques à ceux d'un article.

### 10.2.2 Collection tips

C'est dans cette collection que sont stockés les conseils visibles depuis la page conseil de la plateforme de sensibilisation. Voici un tableau qui représente la structure d'un document pour un conseil dans la base de données :

*Source : Données de l'auteur*

{																	
	<table><tr><td>_id :</td><td>Il s'agit de l'identifiant unique du document, généré automatiquement par MongoDB</td></tr><tr><td>Title :</td><td>Le titre du conseil</td></tr><tr><td>Description :</td><td>C'est une description qui explique le conseil. Ce champ répond à la question comment appliquer ce conseil</td></tr><tr><td>Matter :</td><td>C'est une description de l'enjeu du conseil. Ce champ répond à la question pourquoi appliquer ce conseil</td></tr><tr><td>Matters:</td><td>Une liste des enjeux associées aux conseils.</td></tr><tr><td>Categories :</td><td>Une liste de catégories associées à l'article.</td></tr><tr><td>Impact :</td><td>Chiffre qui représente l'impact que peut avoir le conseil une fois appliqué</td></tr><tr><td>Difficulty :</td><td>Chiffre qui représente la difficulté que peut avoir le conseil à être mis en place.</td></tr></table>	_id :	Il s'agit de l'identifiant unique du document, généré automatiquement par MongoDB	Title :	Le titre du conseil	Description :	C'est une description qui explique le conseil. Ce champ répond à la question comment appliquer ce conseil	Matter :	C'est une description de l'enjeu du conseil. Ce champ répond à la question pourquoi appliquer ce conseil	Matters:	Une liste des enjeux associées aux conseils.	Categories :	Une liste de catégories associées à l'article.	Impact :	Chiffre qui représente l'impact que peut avoir le conseil une fois appliqué	Difficulty :	Chiffre qui représente la difficulté que peut avoir le conseil à être mis en place.
_id :	Il s'agit de l'identifiant unique du document, généré automatiquement par MongoDB																
Title :	Le titre du conseil																
Description :	C'est une description qui explique le conseil. Ce champ répond à la question comment appliquer ce conseil																
Matter :	C'est une description de l'enjeu du conseil. Ce champ répond à la question pourquoi appliquer ce conseil																
Matters:	Une liste des enjeux associées aux conseils.																
Categories :	Une liste de catégories associées à l'article.																
Impact :	Chiffre qui représente l'impact que peut avoir le conseil une fois appliqué																
Difficulty :	Chiffre qui représente la difficulté que peut avoir le conseil à être mis en place.																
}																	

*Tableau 20 - MongoDB Collection Tips*

### 10.2.3 Collection users

C'est dans cette collection que sont stockés les utilisateurs administrateur de la plateforme. Voici un tableau qui représente la structure d'un document d'un utilisateur dans la base de données :

*Source : Données de l'auteur*

{	_id :	Il s'agit de l'identifiant unique du document, généré automatiquement par MongoDB
	Name :	C'est le nom de l'utilisateur, qui est stocké en tant que chaîne de caractères (string).
	Email :	C'est l'adresse e-mail de l'utilisateur, également stockée en tant que chaîne de caractères (string).
	Password :	C'est le mot de passe de l'utilisateur, mais il est stocké sous forme de hachage sécurisé. La valeur est une chaîne de caractères qui représente le hachage sécurisé du mot de passe réel. Pour assurer la sécurité, le hachage rend la valeur illisible.
	Role :	C'est le rôle de l'utilisateur.
	Verified :	Un indicateur booléen qui indique si le compte de l'utilisateur a été vérifié ou non
	Created_at:	La date et l'heure de création de l'article, qui sont représentées au format ISODate('2023-06-17T10:54:51.625Z').
	Updated_at:	C'est la date et l'heure de la dernière mise à jour de l'enregistrement de l'utilisateur.

*Tableau 21 - MongoDB collection users*

}

## 10.3 REST API en Golang

### 10.3.1 Arborescence du code

Source : Données de l'auteur









Config 	Dans ce dossier, nous retrouvons un script qui récupère toutes les variables d'environnement de fichier app.env
Controllers 	Ce dossier contient tous les scripts de nos contrôleurs. Nous avons créé un contrôleur par domaine d'activité. Par exemple, il y a un contrôleur nommé tip_controller.go qui gère toutes les requêtes en lien avec les conseils
Data 	Dans ce dossier, nous retrouvons plusieurs structures de requête et des structures de réponse nécessaires pour notre API
Docs 	Ce dossier est généré par swagger
Entities 	Ce dossier ressemble beaucoup au dossier « Data ». Cependant nous faisons une différence entre les entités que sont les modèles de nos éléments stockés dans la base de données et le modèle de requête ou de réponse qui se trouvent dans le dossier « Data »
Middleware 	Contient tous les scripts faisant office d'intermédiaire dans le flux de communication. Notamment utilisé pour l'authentification JWT
Services 	Ce dossier contient généralement des classes ou des modules qui fournissent des fonctionnalités spécifiques et des services aux autres composants de l'API
utils 	Le dossier "utils" (qui est une abréviation de "utilities" ou "outils" en français), regroupe des fonctions, des classes ou des modules qui fournissent des fonctionnalités générales et des utilitaires réutilisables.

Tableau 22 - Arborescence API Golang

Source : Données de l'auteur





go.mod 	Le fichier go.mod est un fichier de configuration utilisé dans le langage de programmation Go pour gérer les dépendances du projet. Il est utilisé pour spécifier les modules (packages) nécessaires à l'application et leurs versions.
main.go 	Ce fichier est le point de départ de l'application
go.sum 	Le fichier go.sum est un fichier généré par Go module pour enregistrer les sommes de contrôle des versions spécifiques des dépendances utilisées dans un projet Go.
app.env 	Ce fichier n'est pas partagé sur git. Il contient toutes les variables utilisées par l'API comme le chaîne de connexion à la base de données etc...

Tableau 23 - Arborescence API Golang

### 10.3.2 Routage

Le routage dans une application web fait référence à la manière dont les différentes URL (Uniform Resource Locators) sont associées à des fonctionnalités spécifiques ou à des ressources dans l'application. C'est le mécanisme qui permet à l'application de déterminer quelle action ou quel contenu doit être renvoyé en fonction de l'URL demandée par l'utilisateur.

Nous utilisons la bibliothèque « httpRouter » de Julien Schmidt. Cette bibliothèque est légère et performante de routage des requêtes http pour le langage de programmation Go. Ce routeur est conçu pour offrir des performances élevées tout en occupant peu de mémoire, ce qui réponds parfaitement aux critères d'un développement numérique responsable. Il est capable de gérer efficacement même des chemins très longs et un grand nombre de routes. Il utilise une structure dynamique de compression pour une correspondance rapide et efficace. (Schmidt, 2019)



De plus son utilisation est très simple. Il suffit simplement de déclarer un routeur (`router := httprouter.New()`) puis d'ajouter les routes (`router.GET("/tip/:id", tipCtrl.GetTip)`) et pour finir, il faut transmettre ce routeur au gestionnaire de commande qui va être appelé lors du lancement de notre API :

```
handler := c.Handler(router)
log.Fatal(http.ListenAndServe(":"+config.Port, handler))
```

### 10.3.3 CORS headers

Les en-têtes CORS (Cross-Origin Resource Sharing) sont des éléments HTTP qui sont utilisés pour gérer les requêtes provenant de domaines différents dans le cadre du web. Les navigateurs appliquent des politiques de même origine pour des raisons de sécurité, ce qui signifie que les requêtes provenant d'une origine différente sont généralement bloquées par défaut.

Les en-têtes CORS permettent de définir des règles spécifiques qui autorisent ou restreignent l'accès aux ressources à partir de domaines différents. Ces en-têtes incluent des informations telles que les origines autorisées à accéder à la ressource, les méthodes HTTP autorisées, les en-têtes supplémentaires autorisés, la prise en charge des informations d'authentification et les en-têtes personnalisés exposés dans la réponse. Voici les principales en-têtes :

1. **Access-Control-Allow-Origin** : Cet en-tête indique les origines qui sont autorisées à accéder à la ressource.
2. **Access-Control-Allow-Methods** : Cet en-tête spécifie les méthodes HTTP autorisées pour accéder à la ressource. Il peut inclure des méthodes telles que GET, POST, PUT, DELETE, etc.
3. **Access-Control-Allow-Headers** : Cet en-tête spécifie les en-têtes HTTP supplémentaires autorisés lors de la requête. Il permet de définir des en-têtes personnalisés qui peuvent être utilisés dans la requête.
4. **Access-Control-Allow-Credentials** : Cet en-tête indique si les requêtes peuvent inclure des informations d'authentification (cookies, en-têtes d'autorisation, etc.) lors de l'accès à la ressource.
5. **Access-Control-Expose-Headers** : Cet en-tête spécifie les en-têtes personnalisés qui peuvent être exposés dans la réponse.

Nous avons rencontré de nombreuses difficultés lors de la communication entre notre application cliente et l'API à cause de ces en-têtes. Effectivement la gestion des en-têtes CORS peut-être vraiment complexe. Nous avons donc choisi d'utiliser la bibliothèque `rs/cors` (Poitrey, 2019)

Voici comment nous l'utilisons :

```
c := cors.New(cors.Options{
    AllowedOrigins:  []string{
        "https://env-nrforall.jcloud.ik-server.com",
        "https://env-nrforall-api.jcloud.ik-server.com",
        "http://api.lanuee.ch",
        "http://app.lanuee.ch",
        "http://api.isit-ch.org",
        "http://app.isit-ch.org",
    },
    AllowedMethods:  []string{
        "GET", "POST", "OPTIONS",
    },
    AllowedHeaders:  []string{
        "Content-Type", "Authorization",
    },
    AllowCredentials: true,
})
```

*Source : Données de l'auteur*

Origines acceptées	"https://env-nrforall.jcloud.ik-server.com", "https://env-nrforall-api.jcloud.ik-server.com", "http://api.lanuee.ch", "http://app.lanuee.ch", "http://api.isit-ch.org", "http://app.isit-ch.org",
Méthodes acceptées	"GET", "POST", "OPTIONS"
En-têtes acceptés	"Content-Type", "Authorization"
Accepter les crédenciales	Oui

*Tableau 24 - Stratégie CORS*

#### 10.3.4 Swagger

Swagger est un ensemble d'outils et de spécifications open source qui permettent de documenter et de consommer des API REST de manière efficace. Il fournit une interface interactive permettant d'explorer et de tester facilement les API, ainsi qu'une documentation automatique générée à partir des spécifications. Chaque méthode de notre API est documentée sur une interface Web générée par Swagger. En plus de la documentation, cet outil nous permet de tester notre API directement depuis l'interface web générée. Voici à quoi ressemble l'interface Swagger. Pour y accéder il suffit d'entrer dans un navigateur l'adresse suivante : [api.isit-ch.org/docs](http://api.isit-ch.org/docs)

Source : Données de l'auteur

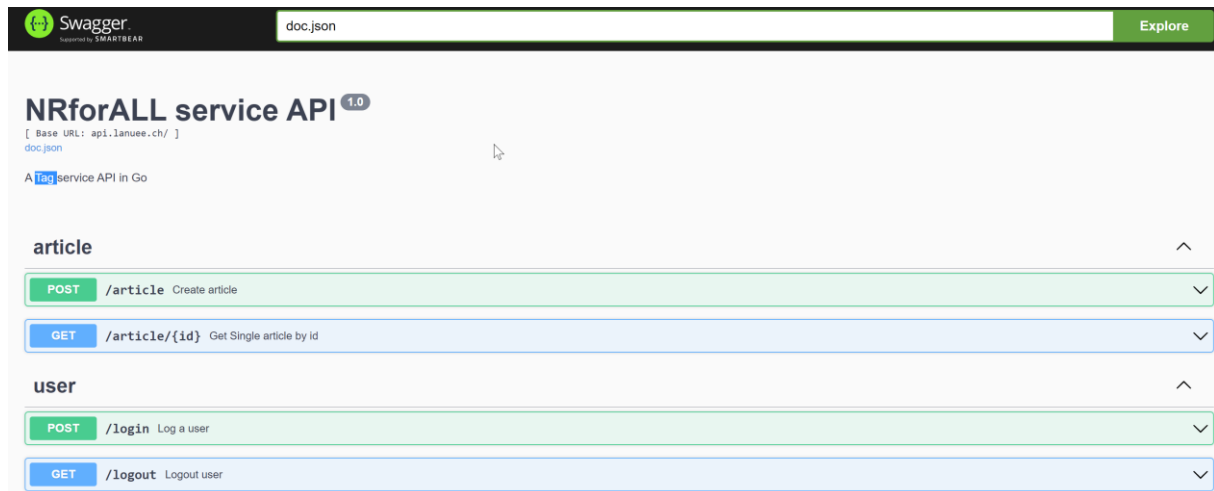


Figure 16 - Swagger Interface

Nous avons utilisé la bibliothèque `httpSwagger` provenant du dépôt github "[github.com/swaggo/http-swagger](https://github.com/swaggo/http-swagger)". Son implémentation est la suivante :

1. Importer la bibliothèque swagger :

```
import (httpSwagger "github.com/swaggo/http-swagger")
```

2. Créer les gestionnaires Swagger :

```
func swaggerHandler(res http.ResponseWriter, req *http.Request, p
httprouter.Params) {
    httpSwagger.WrapHandler(res, req)
}
```

3. Créer la route permettant d'accès à l'interface web de swagger :

```
router.GET("/docs/*any", swaggerHandler)
```

4. Commenter les méthodes avec la structure de swagger
5. Lancer la commande `swag init` dans un terminal afin de générer la documentation et l'interface

#### 10.3.4.1 Structure des commentaires Swagger

Pour générer notre documentation automatiquement, nous avons besoin de documenter les méthodes exécutant les requêtes de notre API avec des commentaires respectant une structure très stricte. Nous devons également ajouter des commentaires à la fonction

principale de notre programme (main.go) pour documenter les informations plus général sur l'interface de Swagger .

Voici un exemple de commentaires général :

Source : Données de l'auteur

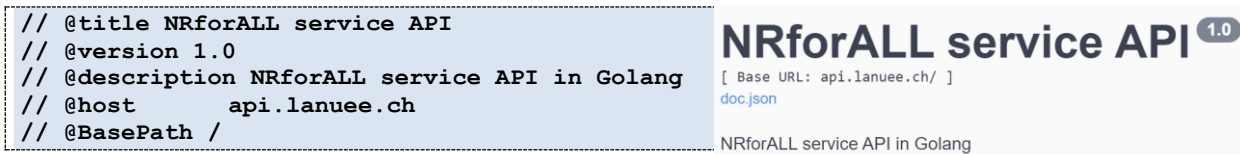


Figure 17 - Swagger: informations générales

Les commentaires dans le code sont structurés par des balises et chaque balise représente une métadonnée qui est ensuite affichée dans l'interface web de notre API.

Voici un exemple de commentaire pour une requête spécifique :

```
a. // GetTips          godoc
b. // @Summary         GetTips

c. // @Description     This method will retrieve the 10 tips
                       following the "lastTips" index. For example, if the last tip
                       already retrieved was in position 10 in the database, this method
                       will return tips with locations 11 to 20 in the DB.

d. // @Param           lastTips path string true "Enter the
                       index of the last tip retrieved"

e. // @Produce         application/json
f. // @Tags            tip
g. // @Success          200 {object} []entities.Tip{}
h. // @Router          /tips/{lastTips} [get]
```

Comme dans l'exemple précédent, chaque balise contient des données qui se retrouvent ensuite affichées dans l'interface Web de l'API. De plus certaines données peuvent être directement récupérées de la méthode exécutant la requête. C'est le cas de l'objet `{object} []entities.Tip{}` qui représente la structure d'un tableau de conseil qui est le résultat attendu de cette requête. C'est exactement la même chose pour la balise `@Param` qui permet d'ajouter un paramètre à notre requête. Dans l'exemple ci-dessus, nous réalisons une requête de type GET en envoyant un id de type String dans l'url, mais nous pouvons très bien imaginer envoyer une structure json comme c'est souvent le cas pour les méthodes de type POST. Dans la figure suivante, nous retrouvons la position de nos commentaires :

Source : Données de l'auteur

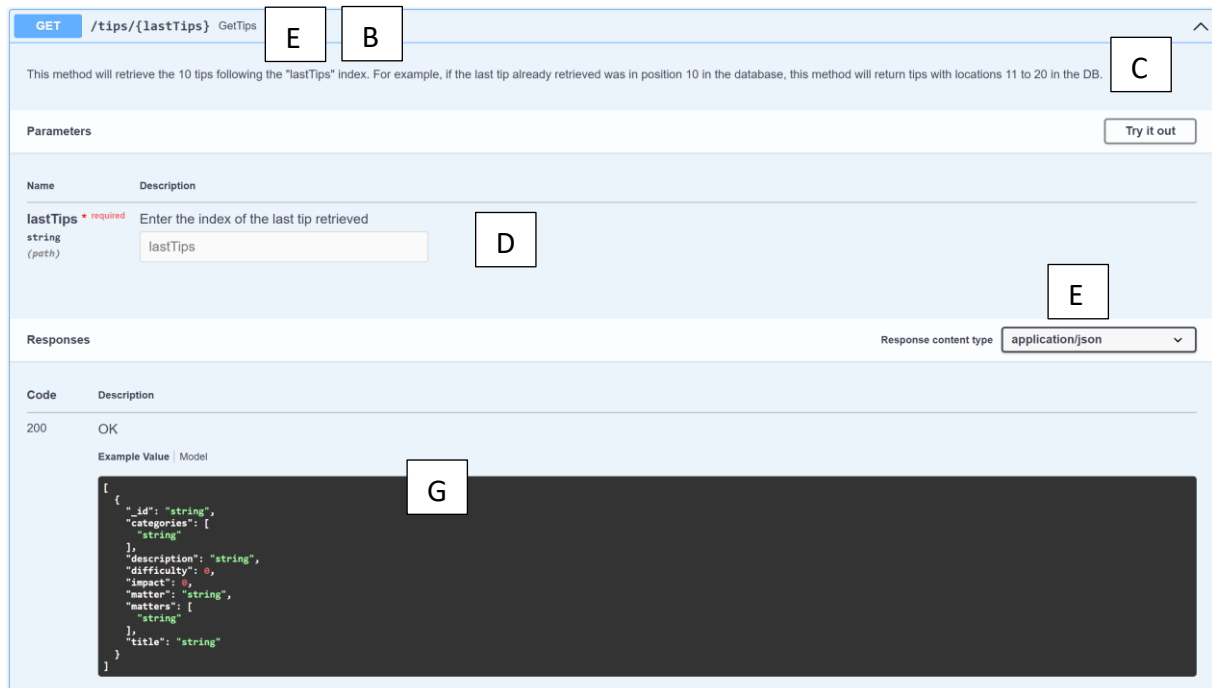


Figure 18 - Swagger: les requêtes

La balise `@tag` ne figure pas sur la figure ci-dessus mais permet de grouper plusieurs méthodes. Dans notre API, nous groupons toutes les requêtes affectant les conseils par exemple.

Le bouton « try it out » permet de tester la requête en directement depuis l'interface web. Le résultat est affiché à l'écran.

### 10.3.5 Communication avec la base de données

Notre application backend communique directement avec la base de données MongoDB. Pour l'authentification, nous avons créé un utilisateur qui a uniquement accès en lecture et écriture à la base de données NRforALL-DB. Les variables telles que la chaîne de connexion et le port sont enregistrées dans un fichier `.env`. Ce fichier est exclu du dépôt GitHub par mesure de sécurité. Lors de la compilation du programme, ce fichier est lu et les variables sont importées dans l'application à l'aide d'un module personnalisé qui gère la configuration avec la bibliothèque Viper en Go.

Pour établir une connexion à la base de données MongoDB en utilisant le langage de programmation Golang, nous utilisons le pilote officiel MongoDB pour Go appelé "mongo-go-driver". Voici les étapes nécessaires pour effectuer une connexion MongoDB en Go :

Tout d'abord nous avons installé le pilote MongoDB Go en exécutant la commande suivante :

```
go get go.mongodb.org/mongo-driver/mongo
```

Ce pilote nous permet ensuite d'importer les packages nécessaires pour établir une connexion

```
import (  
    "context"  
    "go.mongodb.org/mongo-driver/mongo"  
    "go.mongodb.org/mongo-driver/mongo/options"  
)
```

Grace à ces packages, nous pouvons utiliser la fonction `mongo.Connect` en fournissant une option `ClientOptions` contenant l'URI de connexion à la base de données MongoDB. Lors du démarrage du serveur d'application, une session est établie entre le serveur et la base de données.

```
clientOptions := options.Client().ApplyURI(config.DBUri)  
// Connectez-vous à la base de données MongoDB  
client, err := mongo.Connect(context.Background(), clientOptions)
```

Une fois la connexion active, nous utilisons la fonction `Ping` qui permet de vérifier la connexion.

```
// Vérifiez la connexion à la base de données  
err = client.Ping(context.Background(), nil)
```

Si aucune erreur, le client de connexion est renvoyé et transmis aux contrôleurs. Chaque contrôleur gère l'accès à une collection spécifique de la base de données. Un contrôleur peut accéder à une connexion de la manière suivante : Dans cet exemple, nous accédons à la collection "users" de la base de données "NRforALL-DB".

```
collection := mongoClient.Database("NRforALL-DB").Collection("users")
```

## 10.4 Frontend React

### 10.4.1 Arborescence du code

Source : Données de l'auteur









/src/api 	Ce dossier contient les fichiers javascript qui accèdent à la base de données.
/src/assets 	Ce dossier contient les images et icones pouvant être affiché sur la plateforme
/src/components 	Ce dossier contient tous les composants de l'application. Ils sont classés dans des sous-dossiers en lien avec leur activité.
/src/context 	Dans ce dossier, nous retrouvons les contextes de notre application (ce sont des composants accessibles par l'ensemble du site)
/src/css 	Ce dossier contient l'ensemble des feuilles de style de notre application
/src/hooks 	Ce dossier contient les hooks personnalisés de l'application. Les hooks sont une fonctionnalité qui permet aux composants fonctionnels de React d'utiliser des fonctionnalités avancées, telles que la gestion de l'état et les effets secondaires, sans avoir besoin de convertir les composants en composants de classe.
/src/navigation 	Le dossier Navigation contient les composants en lien avec la navigation de la plateforme web (soit le menu burger et les barres de navigations)
/src/screen 	Contient tous les écrans de l'application

Tableau 25 - Arborescence dossier frontend

Source : Données de l'auteur








/src/app.js 	Ce fichier est le point d'entrée principal de notre application. Il s'agit du composant racine de l'application qui encapsule tous les autres composants et gère leur rendu et leur comportement.
/src/app.test.js 	Le fichier contenant les tests du fichier app.js
/src/index.js 	C'est le point d'entrée de votre application. Il est responsable d'afficher le composant racine dans le DOM de la page HTML.
/src/service-worker.js 	Il est utilisé dans les applications web pour enregistrer un service worker, qui est un script s'exécutant en arrière-plan de notre application web. Voir les chapitres suivants.
/src/serviceWorkerRegistration.js 	Le fichier "serviceWorkerRegistration.js" est généralement utilisé pour enregistrer et gérer le service worker dans une application web
package.json 	Ce fichier contient des informations sur le projet, ses dépendances, ses scripts et d'autres métadonnées.
/public/manifest.json 	Le fichier "manifest.json" est un fichier de configuration utilisé pour décrire les informations sur une application web progressive (PWA). Il contient des métadonnées sur l'application, telles que son nom, son icône, ses couleurs, ses autorisations, etc.

Tableau 26 - Arborescence fichier frontend

### 10.4.2 Le routage

Le routage dans une application web facilite la navigation entre les différentes vues ou pages en associant des URLs spécifiques à des composants ou des vues correspondantes. Cela



permet aux utilisateurs de parcourir l'application de manière fluide et de visualiser le contenu approprié en fonction de leur interaction avec les URL. Pour des raisons de sécurité, certaines URLs nécessitent une authentification comme c'est le cas de la gestion administrative de la plateforme.

Source : Données de l'auteur

```
<Route path="/about" element={<About/>}/>
<Route path="/sources" element={<Sources/>}/>
<Route path="/policy" element={<Policy/>}/>
{/* we want to protect these routes */}
<Route element={<RequireAuth allowedRoles={[STATUS.User]} />}>
|   <Route path="/admin" element={<Admin/>} />
</Route>
```

Figure 19 - Routage et authentification

Dans le tableau suivant nous retrouvons tous les chemins des urls de notre application :

Source : Données de l'auteur

URL	Ecran	Description	Droit d'accès
/ ou /home	Home.js	Ecran d'accueil où nous retrouvons les articles et le conseil de la semaine	-
/mesure	Mesure.js	Première écran du processus de mesure de son impact numérique responsable	-
/tips	Tips.js	Ecran sur lequel sont affichés tous les conseils	-
/tip	Tip.js	Ecran pour voir les détails d'un conseil	-
/deals	Deals.js	Sur cet écran, nous retrouvons tous les « bons plans » de la plateforme	-
/login	Login.js	Ecran de connexion pour pouvoir alimenter la plateforme web	-
/about	About.js	Ecran sur lequel nous expliquons qui nous sommes et pourquoi nous faisons ce projet	-
/sources	Sources.js	Sur cet écran, les sources de notre travail sont affichées	-

/policy	Policy.js	Nous expliquons la politique de confidentialité	-
/admin	Admin.js	Ecran d'administration de la plateforme de sensibilisation	Utilisateurs connectés uniquement

Tableau 27 - Routing frontend

### 10.4.3 Service Worker

Le Service Worker est le script javascript qui permet de transformer une application web standard en PWA. Ce script est exécuté en arrière-plan par le navigateur, ce qui permet de gérer des fonctionnalités telles que la mise en cache des ressources, l'envoi de notifications push et le fonctionnement hors ligne.

Nous n'avons pas écrit le service worker de A à Z, nous avons créé notre application React grâce à un modèle « cra-template-pwa » contenant déjà un script nommé « service-worker.js ». Ce modèle et les scripts qu'il génère sont une bonne base pour commencer le développement d'une application web progressive.

Après l'importation des scripts du modèle, il est important d'inscrire notre service worker à notre application.

```
serviceWorkerRegistration.register();
```

Cette inscription permet par la suite à notre application web d'utiliser toutes les fonctionnalités d'une PWA pour une activité mobile attrayante. Avec une approche un peu plus technique, le service worker met en cache toutes les ressources de site statiques qui font partie de notre build afin que les pages de notre application se chargent rapidement lors des visites suivantes, quelle que soit la connectivité de réseau (comme 2G ou 3G). Les mises à jour sont téléchargées en arrière-plan en utilisant plugin workbox-webpack. Webpack se charge de compiler un fichier du service worker pour préinstaller automatiquement en cache toutes les ressources générées et pour les maintenir à jour lorsque du déploiement des mises à jour. L'agent de travail utilise une stratégie de traitement du cache en premier pour toutes les demandes de ressources générées, y compris les demandes de navigation vers le code HTML, garantissant que notre application Web est toujours rapide, même sur des réseaux lents ou peu fiables. Il est donc possible d'utiliser l'application front-end hors ligne. De plus, sur les

appareils mobiles, l'application peut être ajoutée directement à l'écran d'accueil de l'utilisateur, y compris l'icône de l'application etc... Cela élimine le besoin d'un magasin d'applications propriétaire comme l'App Store.

#### *10.4.3.1 Le cycle de vie*

Les objectifs du cycle de vie du service worker sont les suivants :

- Rendre possible la mise hors ligne.
- Permettre à un nouveau service worker de se préparer sans perturber l'actuel.
- S'assurer qu'une page dans le champ d'application est contrôlée par le même service worker (ou aucun service worker) tout au long de la zone.
- S'assurer qu'une seule version du site s'exécute à la fois.

Pour ce faire, ce service va passer par plusieurs états : en installation, en attente et actif.

Lors du premier enregistrement, le service worker exécute la méthode asynchrone «Installing» qui permet d'activer les services worker à notre application Web. Lors de l'installation le service ne reçoit aucune autre demande. Une fois l'installation réussie avec succès, le service change d'état et devient actif. Cet état signifie que la page est prête à être contrôlée par le service worker. La prise de contrôle se fait lorsque la méthode `clients.claim()` est appelée. Le service prend alors le contrôle de notre plateforme web et est désormais capable d'exécuter des commandes tels que push, sync, activate etc...

Source : Données de l'auteur

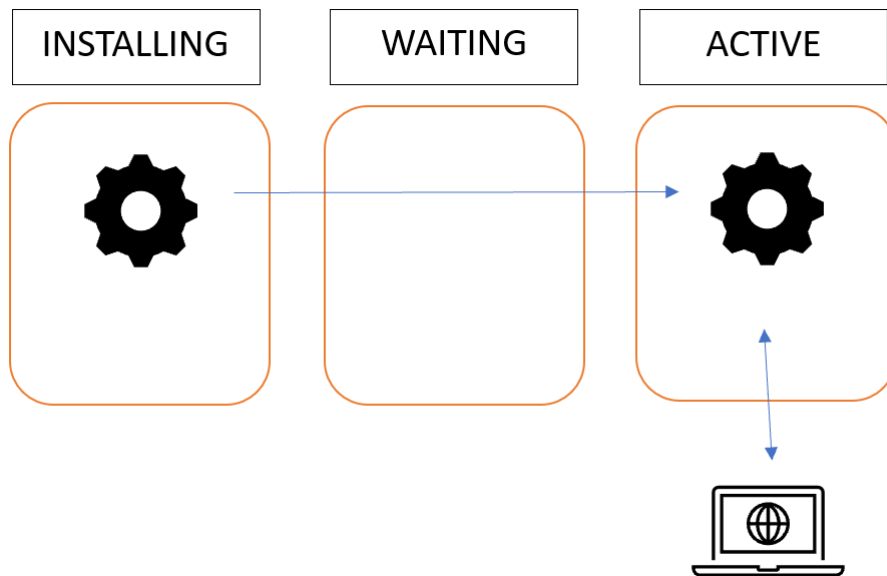


Figure 20 - ServiceWorker premier enregistrement

La portée par défaut de l'enregistrement d'un service worker est relative à l'URL du script. Nous avons enregistré notre service worker dans le fichier « index.js » à l'URL <https://app.isit-ch.org/index.js>. Le service Worker est alors actif sur l'URL racine <https://app.isit-ch.org>.

Voici un exemple de fonctionnement du service worker grâce au DevTools de Chrome :

Nous voyons que notre travailleur de service est actif sur l'url de notre application web. Il est possible de tester les notifications et la synchronisation. Depuis le DevTools de Chrome, il est possible de mettre notre application hors ligne. Cette fonctionnalité est très pratique lors de la phase de développement afin de tester notre application. Nous nous rendons compte en regardant la figure « Figure 22 - ServiceWorker trafic réseau ». L'avant-dernière colonne représente la taille du fichier de l'objet récupéré. Dans cette colonne, nous pouvons voir l'annotation « ServiceWorker », cela signifie que l'élément provient du cache du travailleur de service.

Source : Données de l'auteur

## Service Workers

☒ Hors connexion
 ☐ Mettre à jour lors de l'actualisation
 ☐ Contourner pour le réseau

https://env-nrforall.jcloud.ik-server.com/

[Requêtes réseau](#)
[Mettre à jour](#)
[Annuler l'enregistrement](#)
Source [service-worker.js](#)

Reçu : 11/06/2023 16:03:27

État ● #0 activé et est en cours d'exécution [arrêter](#)Clients https://env-nrforall.jcloud.ik-server.com/ [élément sélectionné](#)

Push Testez le message push dans les outils de développement.

[Push](#)

Synchronisation test-tag-from-devtools

[Synchronisation](#)

Synchronisation test-tag-from-devtools

[Synchronisation périodique](#)

périodique

Cycle de mise à jour

Version	Mettre à jour l'activité	Chronologie
► #0	Install	
► #0	Wait	
► #0	Activate	<div></div>

Figure 21 - ServiceWorker DevTools Chrome

Source : Donnée de l'auteur











 main.5d7ba286.js	200	script	(index)	(ServiceWorker)	7 ms	
 main.b4f17dbd.css	200	stylesheet	(index)	(ServiceWorker)	8 ms	
 env-nrforall.jcloud.ik-server.com	200	document	Autre	(ServiceWorker)	11 ms	
 logo192.png	200	fetch	StrategyHandler.js:160		5.9 kB	
 logo192.png	200	png	Autre	(ServiceWorker)	69 ms	

Figure 22 - ServiceWorker trafic réseau

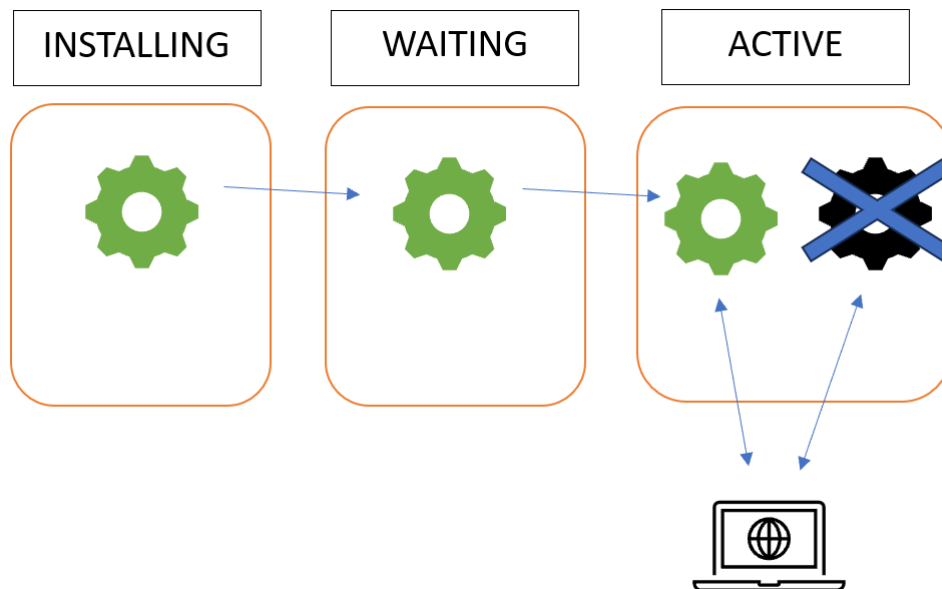
## 10.4.3.1.1 Mise à jour

La mise à jour du service worker s'exécute dans trois situations distinctes :

1. Lors de la navigation vers une page dans le champ d'application.
  2. Lors d'un événement fonctionnel tel que push et sync, sauf s'il y a eu une vérification de mise à jour au cours des dernières 24 heures
  3. Lors d'un appel de l'enregistrement uniquement si l'URL du service worker a changé.
- Toutefois, nous devons éviter de modifier l'URL du travailleur.

Le service relance une nouvelle instance d'un service worker qui repasse par l'état d'installation puis une fois enregistré, ce nouveau service worker passe dans l'état d'attente en attendant qu'il prenne la place de l'ancien service worker. (Archibald, s.d.)

*Source : Données de l'auteur*



*Figure 23 - ServiceWorker mise à jour*

#### 10.4.3.2 Métadonnées

La configuration par défaut inclut un manifeste d'application web situé dans `public/manifest.json`, que nous pouvons personnaliser avec des détails spécifiques à notre application Web.

Lorsqu'un utilisateur ajoute une application Web à l'écran d'accueil de son téléphone mobile à l'aide d'un navigateur. Les métadonnées dans `manifest.json` déterminent les informations qui sont affichées à l'écran tel que l'icône, le nom et les couleurs.

#### 10.4.3.3 Informations supplémentaires

Les Service Workers nécessitent HTTPS, bien que pour les tests locaux, cette politique ne s'applique pas à localhost. Si le serveur Web de production ne prend pas en charge HTTPS, l'enregistrement de Service Worker échouera, mais le reste de l'application Web fonctionnera toujours correctement.

De plus, il y a une seconde contrainte : par défaut, les fichiers de service worker générés n'intercepteront ni ne mettront en cache le trafic cross-origin, tel que les demandes d'API HTTP, ou n'intégreront pas d'images chargées à partir de différents domaines. (Open Collective, s.d.)

#### 10.4.4 Mise en cache des requêtes API

Comme le service worker ne permet pas la mise en cache des requêtes API, nous utilisons le stockage local du navigateur, aussi nommé Localstorage, pour mettre en mémoire les réponses des requêtes. Cette fonctionnalité nous permet aux utilisateurs de la plateforme de sensibilisation de lire des conseils, des articles et des « bons plans » sans connexion internet pour autant qu'ils aient été préalablement chargés dans le stockage local.

Cependant l'accès au contenu hors ligne n'est pas la seule raison pour laquelle nous avons implémenté la mise en cache des requêtes API. L'objectif principal est de diminuer le nombre de requêtes entre notre API et notre application cliente afin de rendre le système moins énergivore.

Comment cela fonctionne-il ?

Prenons l'exemple des conseils sur notre application. Lorsqu'un utilisateur ouvre pour la première fois le menu « conseils », une requête est envoyée à l'API. Celle-ci nous retourne en cas de succès les 10 premiers conseils de la base de données et l'application web se charge de les afficher à l'écran. Sans la mise en cache des conseils récupérés, à chaque fois qu'un utilisateur change de page puis retourne sur le menu des conseils, le système relancerait une requête http à l'application serveur pour récupérer les dix mêmes conseils déjà affichés à l'écran quelques secondes auparavant. Pour éviter ces requêtes inutiles et ainsi réduire le trafic réseau de la bande passante, nous enregistrons la réponse de la requête en format JSON dans le Localstorage de notre navigateur. Puis avant d'exécuter une requête, nous vérifions que les données recherchées ne sont pas déjà enregistrées dans le stockage local du navigateur. Si c'est le cas, nous n'interrogeons pas notre API et affichons directement les données depuis la mémoire de notre application.

Source : Données de l'auteur

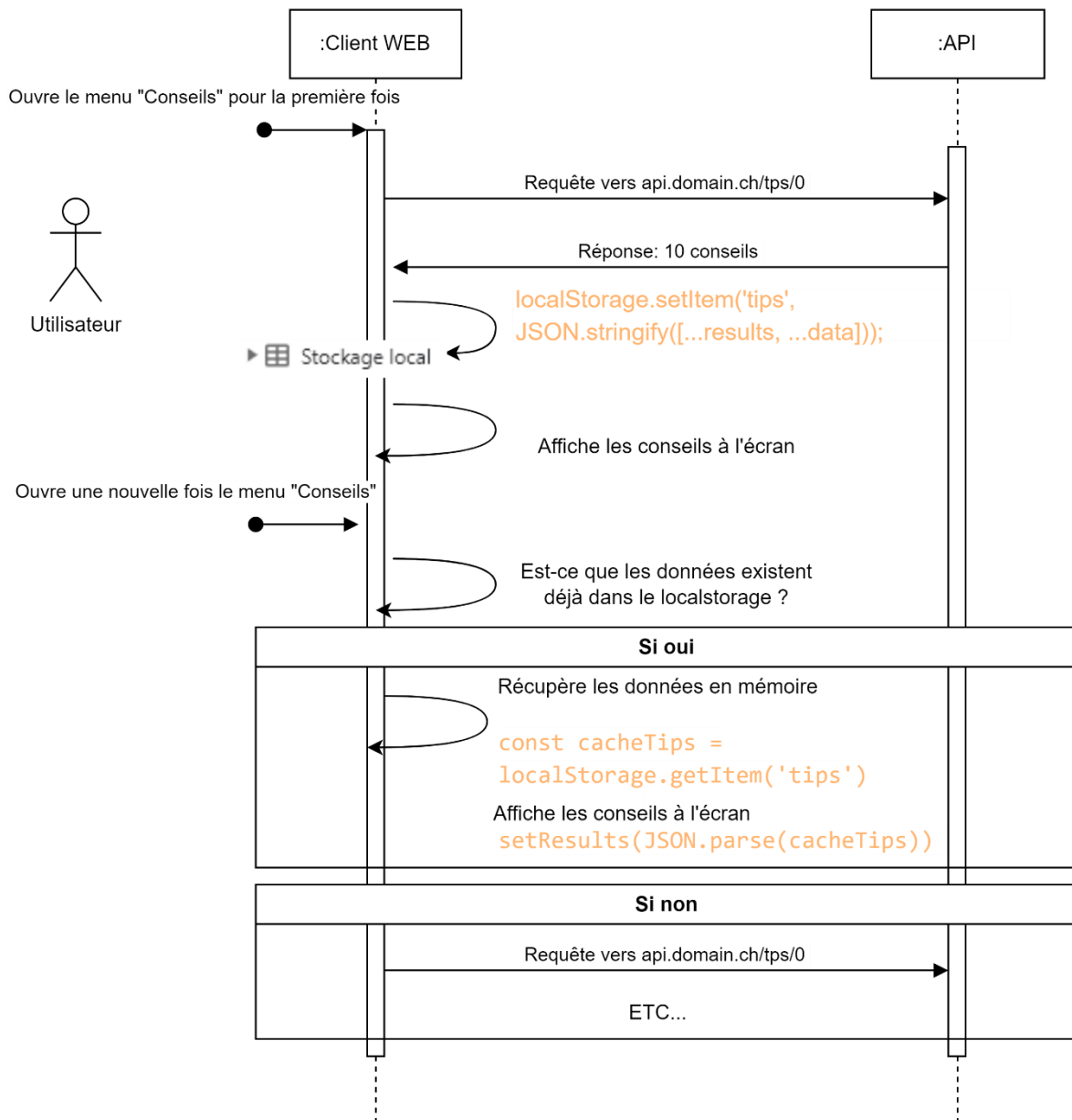


Tableau 28 - Diagramme de séquence mise en cache

Dans notre application frontend, le stockage local est orchestré par collection. Nous y retrouvons les collections suivantes :

- tips : dans cette collection se trouve les conseils enregistrés par le navigateur
- articles : dans cette collection se trouve les articles enregistrés par le navigateur
- deals : dans cette collection se trouve les « bons plans » enregistrés par le navigateur



#### *10.4.4.1 Filtrage des conseils*

Dans l'onglet conseil, il est possible d'effectuer des recherches avancées en filtrant les conseils par catégorie ou enjeu. L'utilisateur peut ainsi effectuer une recherche précise en sélectionnant une ou plusieurs catégories et un ou plusieurs enjeux. Le développement de cette fonctionnalité a nécessité une réflexion poussée sur la gestion des requêtes.

Lorsque l'utilisateur ouvre pour la première fois l'onglet conseil, aucun filtre n'est appliqué et les premiers conseils de la base de données sont récupérés à travers l'API et enregistrés dans la mémoire du navigateur. Quand un filtre est sélectionné, nous ne voulons pas récupérer les conseils répondant aux critères de recherche de l'utilisateur s'ils se trouvent déjà dans le stockage local du navigateur !

Quand une recherche avancée sur les conseils est réalisée par l'utilisateur, le système effectue plusieurs étapes afin de récupérer uniquement les conseils jamais chargés par le navigateur. Dans un premier temps, le système recherche les éléments répondant aux critères de l'utilisateur dans le cache du navigateur ; si la même recherche a déjà été effectuée quelques minutes auparavant, le système récupère le résultat de la requête se trouvant en mémoire. Dans le cas où l'utilisateur réalise pour la première fois une recherche avancée, le système va lire le localStorage nommé « tips » du navigateur pour récupérer les conseils filtrés qui ont déjà été chargés une fois à l'écran. Ensuite et avec le même principe décrit dans le chapitre précédent, le système effectuera des requêtes par séquence de 10 éléments suivant le dernier élément récupéré dans le cache du navigateur. Chaque recherche sera enregistrée en mémoire de manière séparée. L'objectif de ce processus qui peut sembler exagérément complexe permet toutefois de diminuer drastiquement le nombre de requêtes entre notre application cliente et le serveur.

L'application de filtrage des conseils utilise la méthode `getTips`. Elle prend comme paramètre la position du conseil dans la base de données faisant office de départ à la prochaine séquence de recherche. (Exemple : « Commence à récupérer les dix premiers éléments répondant aux critères transmis à partir de l'index 15 »). Cette méthode doit également avoir comme

paramètres les critères transmis par l'utilisateur, à savoir un tableau de catégorie et un tableau d'enjeu. Ces paramètres sont transmis à l'API de la manière suivante :

```
response = await api.get(`/tips/${tipParam}`, {params: {
  categories: catParam.join(","),
  matters: matterParam.join(","),
}})
```

#### 10.4.5 Scroll infini

Le scroll infini (également connu sous le nom de Infinite Pagination) est une technique de conception Web qui permet de charger dynamiquement du contenu supplémentaire lorsque l'utilisateur fait défiler la page. Le contenu se charge progressivement lorsque l'utilisateur atteint le bas de la page au lieu d'afficher toutes les données en même temps. Avec ce mécanisme, le contenu supplémentaire est chargé en utilisant des requêtes http asynchrones. Cela permet de charger uniquement le contenu nécessaire à mesure que l'utilisateur fait défiler l'écran réduisant ainsi le volume global des données transitant sur le réseau. Le scroll infini contribue à économiser de la bande passante et de l'énergie. De plus, au lieu de générer et de transmettre toutes les données à la fois, le serveur peut se concentrer sur la fourniture des éléments nécessaires à mesure que l'utilisateur les demande. Cela réduit la charge sur le serveur.

Nous utilisons aussi cette technique pour maintenir l'attention des utilisateurs en leur fournissant continuellement du contenu sans qu'ils aient à recharger la page ou à effectuer une action supplémentaire pour accéder à du contenu supplémentaire. Le scroll infini est souvent utilisé dans les réseaux sociaux, les sites d'actualités ou les plateformes de streaming pour inciter les utilisateurs à rester plus longtemps sur le site et à explorer davantage de contenu.

Sur la plateforme de sensibilisation, il est possible de défiler la page du menu « home », « conseils » et « bons plans » jusqu'à avoir affiché à l'écran tout le contenu des trois catégories provenant de la base de données. Nous ne réalisons jamais des requêtes récupérant l'ensemble des données d'une table ou d'une collection de notre système MongoDB tel que `select * from users`. Nous récupérons les données par tranches de dix lignes de résultats. Cela rend nos requêtes plus optimales. Ce système par tranche s'intègre parfaitement à une solution de scroll à l'infini.

### Le fonctionnement technique :

1. La première tranche de conseil nommé « Page 0 » sur le schéma ci-dessous, contient les 10 premiers conseils de la base de données ayant la position 0 à 9.
2. Une référence est appliquée sur le dernier conseil de la tranche « Page 0 »
3. Lorsque l'utilisateur scrolle et arrive au dernier conseil de la tranche « Page 0 », la référence est interceptée et s'il y a une page suivante, le système appelle la tranche suivante nommé « Page 10 » en utilisant la méthode `setPageNum` pour mettre à jour la page à charger.
4. La mise à jour de `pageNum` déclenche un changement d'état d'un Hook nommé `useTips` qui chargera les conseils suivants grâce à une nouvelle requête par tranche.
5. Le numéro de page correspond à la position du premier conseil à récupérer par tranche dans la base de données. Si le numéro de la page est 10, l'API retourne grâce à la méthode `getTips`, les conseils ayant comme position 10 à 19.

Source : Données de l'auteur

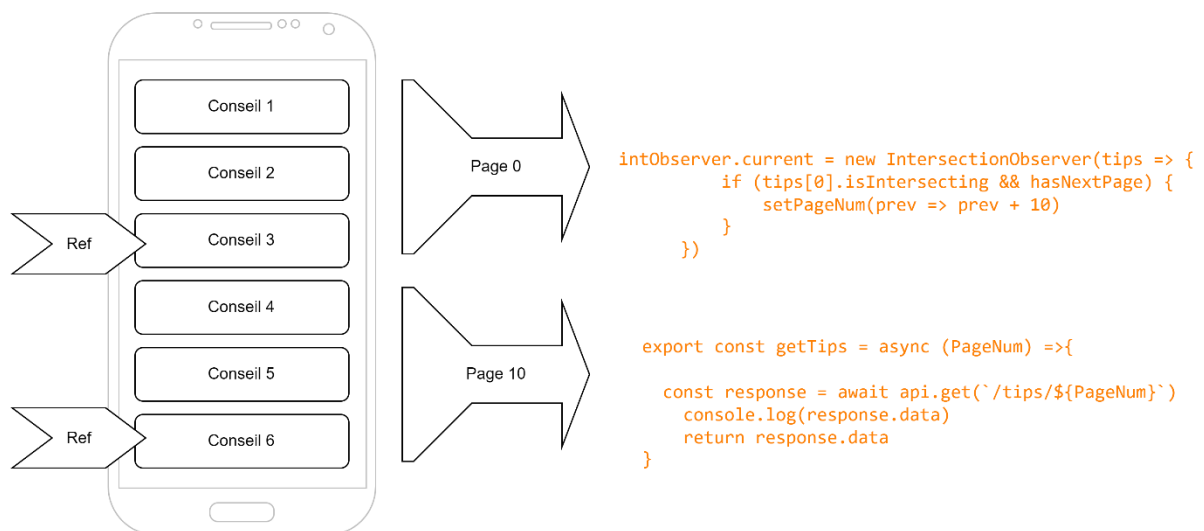


Figure 24 - Scroll infini

#### 10.4.6 Appel de l'API

Les appels à notre backend sont réalisés grâce à la bibliothèque JavaScript Axios. C'est l'une des bibliothèques les plus populaires utilisée pour effectuer des requêtes HTTP depuis un navigateur ou depuis un serveur en utilisant Node.js. Elle est couramment utilisée dans les

applications React pour effectuer des appels API et récupérer des données à partir d'un serveur.

Dans le fichier « axios.js » se trouvant dans le dossier « API », il existe deux méthodes faisant le lien avec notre API Rest :

Nous avons une première expression qui crée une instance d'Axios avec une URL de base préconfigurée :

```
export const api = axios.create({ baseURL: BASE_URL })
```

BASE\_URL est une variable qui est définie ailleurs dans le code. Elle représente l'URL de base à utiliser pour les requêtes. Cela permet de simplifier les appels API ultérieurs en évitant de répéter la partie commune de l'URL dans chaque requête. Par exemple, au lieu d'écrire `axios.get('https://api.example.com/login')`, nous utilisons simplement `api.get('/login')`.

L'utilisation de `axios.create()` et de l'option `baseURL` est un moyen pratique de configurer une instance d'Axios avec une URL de base commune dans une application React. Cela facilite la gestion des requêtes API et permet de centraliser la configuration.

Nous avons une seconde expression qui crée aussi une instance d'Axios avec une URL de base préconfigurée mais cette fois avec des paramètres d'en-tête :

```
export const axiosPrivate = axios.create({ baseURL: BASE_URL, headers: {  
'Content-Type': 'application/json' }, withCredentials: true });
```

- `headers: { 'Content-Type': 'application/json' }` : Cette option définit l'en-tête `'Content-Type'` des requêtes effectuées à l'aide de cette instance comme `'application/json'`. Cela indique au serveur que les données envoyées dans la requête sont au format JSON.
- `withCredentials: true` : Cette option indique à Axios d'inclure les cookies dans les requêtes effectuées à l'aide de cette instance. Cela est utile lorsque l'utilisateur accède à des requêtes nécessitant une authentification, car cela permet à l'API de reconnaître et de gérer les sessions utilisateur.

Les instances Axios sont ensuite utilisées à plusieurs endroits dans le code pour envoyer des requêtes à notre serveur API.

#### 10.4.7 Design

Le CSS (Cascading Style Sheets) est un langage utilisé pour décrire la présentation et le style d'un document HTML. Il s'agit d'un langage de feuille de style utilisé pour définir la mise en forme, la disposition et l'apparence des éléments d'une page web. La mise en place de notre code CSS essaie de respecter les normes WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) afin d'améliorer l'accessibilité de la plateforme web de sensibilisation. Les WCAG fournissent des recommandations pour rendre les contenus en ligne accessibles aux personnes en situation de handicap. En suivant ces normes, nous avons optimisé notre code CSS pour garantir une expérience utilisateur inclusive et équitable pour tous. L'accessibilité web est un enjeu majeur pour assurer une égalité d'accès à l'information et aux services en ligne. Comme nous avons pu le voir lors de la revue de la littérature, cette philosophie s'intègre parfaitement à l'un des trois piliers sur lequel repose le concept de numérique responsable ; le numérique responsable est social.

##### 10.4.7.1 WCAG

Nous avons travaillé sur le contraste et les couleurs. Un bon contraste des couleurs est essentiel pour garantir une lisibilité optimale. Nous utilisons des valeurs de luminosité appropriées pour les couleurs de texte et d'arrière-plan, conformément aux critères WCAG. Cela permet aux personnes ayant une vision réduite ou des difficultés de lecture de percevoir facilement les informations affichées. Nous prenons en compte la taille et la lisibilité des polices de caractères dans notre CSS, en évitant les polices trop fantaisistes. Les contenus multimédias, tels que les images et les animations, doivent être accessibles à tous les utilisateurs. Nous utilisons des descriptions alternatives (texte alternatif) pour les images, ce qui permet aux personnes malvoyantes ou malentendantes de comprendre le contenu. C'est le cas par exemple de nos menus principaux dans la barre de navigation en bas de l'écran. Les icônes dont la signification est implicite pour la majorité de la population sont accompagnés d'un champs texte pour faciliter la navigation pour tous.

Cependant, il reste de nombreuses fonctionnalités à développer pour être complètement aux normes WCAG tel que la mise en place d'un mode sombre, offrir aux utilisateurs la possibilité d'augmenter la taille de la police de caractère ou encore veiller à ce que tous les éléments interactifs de notre site soient accessibles via le clavier. Ces fonctionnalités, comme d'autres, ne font pas partie de la liste des fonctionnalités à réaliser pour cette preuve de concept, mais nous recommandons de les développer pour une mise en production.

#### *10.4.7.2 Bonnes pratiques*

Le CSS lui-même n'a pas d'impact direct sur l'impact environnemental de notre site internet, car il s'agit simplement d'un langage de style utilisé pour la présentation des pages web. Cependant, la manière dont le CSS est utilisé dans le développement web peut avoir un impact.

La première bonne pratique que nous avons suivie est la découpe du CSS. Effectivement, il est plus efficient d'employer un ensemble de CSS plutôt qu'une seule, et appeler uniquement les CSS utiles en fonction du contexte. Cela diminue à la fois l'utilisation du CPU et le poids de la page internet. Pour ce projet, nous séparons les CSS en fonction des éléments affichés sur la page dans laquelle l'utilisateur se trouve. Nous essayons aussi de ne pas appeler des éléments de style plusieurs fois.

Comme deuxième tactique, nous privilégions les éléments CSS aux images. Nous avons remplacé la plupart de nos images par des icônes écrites en CSS. Il faut savoir qu'une feuille de style ou une icône est bien plus légère qu'une image. De plus, l'appel d'une feuille de style ne génère qu'une seule requête HTTP, contre un grand nombre si l'on emploie beaucoup d'images (une requête HTTP pour chaque image).

Pour les quelques images restantes, nous avons suivi une troisième bonne pratique. Celle-ci consiste à compresser la taille des images utilisées, ce qui diminue également le nombre de ressources nécessaires pour les charger à l'écran. La taille d'une image dépend beaucoup du type de fichier. Par exemple, en moyenne, une image .webp sera 30% plus légère qu'une image .jpeg ou qu'une image .png. Nous avons utilisé l'outil <https://squoosh.app/> pour transformer nos images en format .webp. Cependant, les fichiers .webp ne sont pas pris en charge par les anciens navigateurs. Pour pallier ce problème, nous testons le navigateur de l'utilisateur et affichons l'image au format compatible :

```
<picture>
  {supportsWebP ? (
    <source srcSet={INRicoWebp} type="image/webp" />
  ) : null}
  <img src={INRicoJPG} alt="..." loading="lazy" />
</picture>
```

Les images provenant des articles sont directement fournies par leur auteur. Il n’y a actuellement pas de vérification par rapport aux images utilisées.

D’autres bonnes pratiques ont été suivies telles que privilégier les annotations abrégées et grouper les annotations afin de réduire le poids de la feuille de style :

*Source : Données de l’auteur*

Regroupement	Abrégement
<pre>.container .btn {   position: absolute;   top: 75%; }</pre>	<pre>.bm-menu {   padding: 2.5em 1.5em 0; }</pre>

Tableau 29 - CSS regroupement et abréviation

Dans ce projet, les feuilles de styles sont externalisées dans un fichier leur étant propre afin d’éviter d’inclure du code CSS dans du code HTML. En effet, si nous ajoutons du code CSS dans le corps d’un fichier HTML, alors que ce dernier est utilisé par plusieurs pages (voire tout le site), ce code doit être transféré pour chaque page demandée par l’internaute. Le volume de données transmis se voit alors augmenter fortement.

Pour terminer, nous avons pris le soin d’appliquer une dernière bonne pratique concernant les fichiers CSS : leur minification. Un outil de minification CSS permet de supprimer les espaces inutiles, les commentaires des développeurs, les sauts de ligne, les délimiteurs de blocs et ainsi réduire leur taille. Nous avons utilisé l’outil <https://www.minifier.org/> mais il en existe beaucoup d’autres.

L’application cliente d’un numérique pour tous, utilise, en plus des feuilles de styles personnalisées, le framework CSS prêt à l’emploi Bootstrap. Cette bibliothèque est presque devenue un incontournable du développement web car elle répond à presque tous les besoins les plus courants en matière de design web. Cependant, nous n’utilisons généralement qu’une infime partie de cette bibliothèque. Or, une bibliothèque comme Bootstrap ne s’appuie pas sur une architecture modulaire. Cela oblige l’utilisateur à télécharger toute la librairie pour

n'utiliser qu'un faible pourcentage de ses fonctionnalités. Nous évitons cette situation grâce au bundler Webpack. Webpack est un outil de génération de paquets ou bundles pour les applications web. Il est principalement utilisé pour regrouper et optimiser les ressources d'une application. Cet outil permet d'éliminer facilement du code non utilisé comme ce peut être le cas d'éléments jamais implémentés provenant de la bibliothèque Bootstrap.

Nous avons également écrit un bref CSS pour l'impression. Cette feuille de style a pour but de réduire le nombre de pages imprimées, et donc indirectement l'empreinte écologique du site web. La plus dépouillée possible, elle doit supprimer les marges, les headers, les images etc...

#### 10.4.8 Compression des fichiers

Il faut savoir que lorsqu'un utilisateur navigue sur internet, de nombreux fichiers sont téléchargés à travers le réseau afin d'afficher le contenu des pages d'un site web. Les fichiers téléchargés peuvent être des images, des vidéos, des feuilles de styles, des scripts et d'autres ressources. Ces fichiers sont essentiels pour rendre les sites web interactifs, visuellement attrayants et fonctionnels. Sans ces téléchargements, les pages web ne pourraient pas être affichées correctement, ce qui entraînerait une expérience utilisateur limitée ou incomplète. Chaque fichier a une taille qui peut être mesurée en nombre d'octets. L'ensemble de ces fichiers crée du trafic sur le réseau, cela se nomme le trafic Internet et représente la quantité de données qui circulent entre les serveurs et les utilisateurs. Le trafic internet peut avoir les mêmes inconvénients que le trafic automobile :

- Plus le moteur d'un véhicule est gros et plus il consomme d'énergie.
- Plus il y a de gros véhicules sur la route, plus il y a de ralentissement.

C'est le même principe pour les données qui transitent sur le réseau entre une application cliente et son serveur.

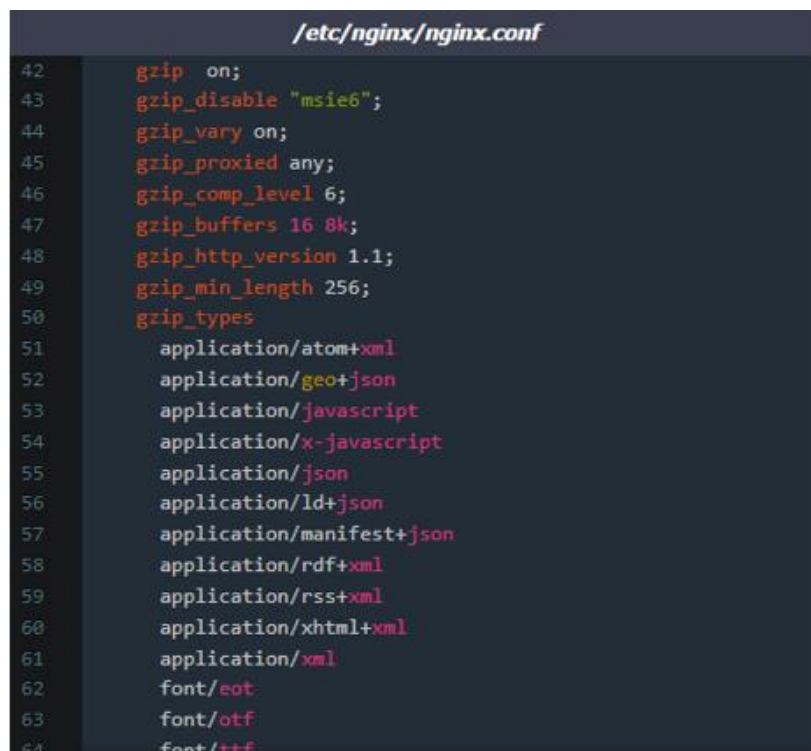
Afin de réguler et limiter le trafic, nous essayons dans un premier temps de minimiser l'utilisation des requêtes http comme décrit dans les chapitres précédents. Cependant nous pouvons aller encore plus loin dans l'optimisation de l'utilisation de la bande passante, en compressant la taille des éléments circulant sur le réseau. Cela peut être réalisé grâce à l'utilisation de l'algorithme GZIP, qui est un standard de compression côté serveur.



L'algorithme GZIP fonctionne en compressant les ressources du site web avant de les envoyer aux clients (les navigateurs des utilisateurs). Lorsqu'un navigateur envoie une requête au serveur pour obtenir une ressource telle qu'une feuille de style CSS, une bibliothèque JavaScript ou un fichier HTML, le serveur compresse cette ressource à l'aide de l'algorithme GZIP. La compression réduit la taille de la ressource en éliminant les redondances et en utilisant des techniques de compression efficaces. Une fois que la ressource est compressée, le serveur l'envoie au navigateur du client. Le navigateur du client est capable de décompresser la ressource à la volée à l'aide de l'algorithme GZIP. Cela permet d'économiser de la bande passante lors du transfert de la ressource sur le réseau.

Nous avons mis en place ce système de compression sur notre serveur Nginx qui héberge la plateforme de sensibilisation. Sur serveurs Nginx, l'algorithme GZIP est généralement déjà activé, cependant il ne compresse que les fichiers html par défaut. Nous avons modifié le fichier de configuration du serveur web pour qu'il compresse également des types de fichiers supplémentaires indiquant les polices Web, les icônes, les flux XML, les données structurées JSON et les images SVG.

*Source : Données de l'auteur*

A screenshot of a terminal window showing the configuration of the GZIP module in Nginx. The file being edited is /etc/nginx/nginx.conf. The configuration includes enabling gzip, disabling it for MSIE6, enabling gzip\_vary, setting gzip\_proxied to any, setting gzip\_comp\_level to 6, setting gzip\_buffers to 16 8k, setting gzip\_http\_version to 1.1, setting gzip\_min\_length to 256, and defining a list of MIME types to be compressed. The MIME types listed are application/atom+xml, application/geo+json, application/javascript, application/x-javascript, application/json, application/ld+json, application/manifest+json, application/rdf+xml, application/rss+xml, application/xhtml+xml, application/xml, font/eot, font/otf, and font/ttf.

```
/etc/nginx/nginx.conf
42     gzip on;
43     gzip_disable "msie6";
44     gzip_vary on;
45     gzip_proxied any;
46     gzip_comp_level 6;
47     gzip_buffers 16 8k;
48     gzip_http_version 1.1;
49     gzip_min_length 256;
50     gzip_types
51         application/atom+xml
52         application/geo+json
53         application/javascript
54         application/x-javascript
55         application/json
56         application/ld+json
57         application/manifest+json
58         application/rdf+xml
59         application/rss+xml
60         application/xhtml+xml
61         application/xml
62         font/eot
63         font/otf
64         font/ttf
```

Figure 25 - Configuration GZIP sur Nginx

## 10.5 Authentication JWT

Les jetons Web JSON (JWT) sont des éléments générés par le serveur lorsqu'un utilisateur s'authentifie sur une application Web, puis ils sont envoyés au client, généralement un navigateur.

Ces jetons sont ensuite inclus dans chaque requête HTTP, ce qui permet au serveur de vérifier l'identité de l'utilisateur.

Afin de garantir l'intégrité des informations contenues dans le jeton, celles-ci sont signées à l'aide d'une clé privée détenue par le serveur. Lorsque le serveur reçoit le jeton du client, il peut vérifier sa validité en comparant la signature envoyée par le client avec celle qu'il génère à l'aide de sa clé privée. Si les signatures correspondent, cela signifie que le jeton est valide.

L'authentification JWT fonctionne de la manière suivante :

1. L'utilisateur envoie ses informations d'identification (dans notre application, l'utilisateur envoie son adresse email et son mot de passe) au serveur d'authentification.
2. Le serveur d'authentification vérifie les informations d'identification et génère un jeton JWT signé que nous avons nommé `access_token` qui a une validité de 15 minutes et un autre jeton JWT nommé `refresh_token` ayant lui une validité de 60 minutes. Ce deuxième token est signé par une clé différente du premier.
3. Les jetons JWT sont renvoyés au client.
4. Lors des requêtes demandant une authentification, l'utilisateur inclut le jeton JWT `access_token` dans chaque demande ultérieure vers le serveur en tant qu'en-tête d'autorisation.
5. Le serveur vérifie la validité du jeton JWT pour ces requêtes afin de s'assurer que l'utilisateur est authentifié.
6. Si le jeton `access_token` a expiré, le serveur retourne une erreur 403 indiquant que le client n'a pas les autorisations nécessaires.
7. Le client peut ensuite rafraîchir son jeton d'accès grâce au deuxième jeton « `refresh_token` »

8. Si celui-ci n'est plus valide, le client est redigé vers la page de login. Dans le cas contraire, il reçoit un nouveau jeton d'accès de la part du serveur.

Notre jeton `access_token` est stocké du côté de notre application React Js. Si le jeton est stocké de cette manière, il doit être inclus dans chaque requête envoyée au serveur en utilisant, par exemple, l'en-tête "Authorization: Bearer <token>". Cette approche est particulièrement adaptée aux applications avec une interface utilisateur front-end développée en JavaScript, qui communique avec le back-end via des requêtes http comme c'est le cas dans notre application. De plus, cette méthode offre une protection intégrée contre les attaques Cross-Site Request Forgery (CSRF), car le jeton est imprévisible et ne peut pas être récupéré par un attaquant. Il convient également de mentionner que, étant donné que le jeton doit être accessible à l'application JavaScript, il peut être exposé en cas de vulnérabilités Cross-site scripting (XSS) et susceptible d'être volé.

Notre jeton `refresh_token` est quant à lui stocké dans les cookies de notre application cliente, ce qui le protège des attaques XSS. Cependant cette implémentation a un désavantage : Les cookies sont attachés à un domaine (ou sous-domaine) et ne peuvent pas être utilisés par une autre application hébergée sur un autre domaine, c'est pourquoi notre frontend et notre back-end sont accessibles via le même domaine mais se trouvent sur des sous domaines différents.

Source : Données de l'auteur

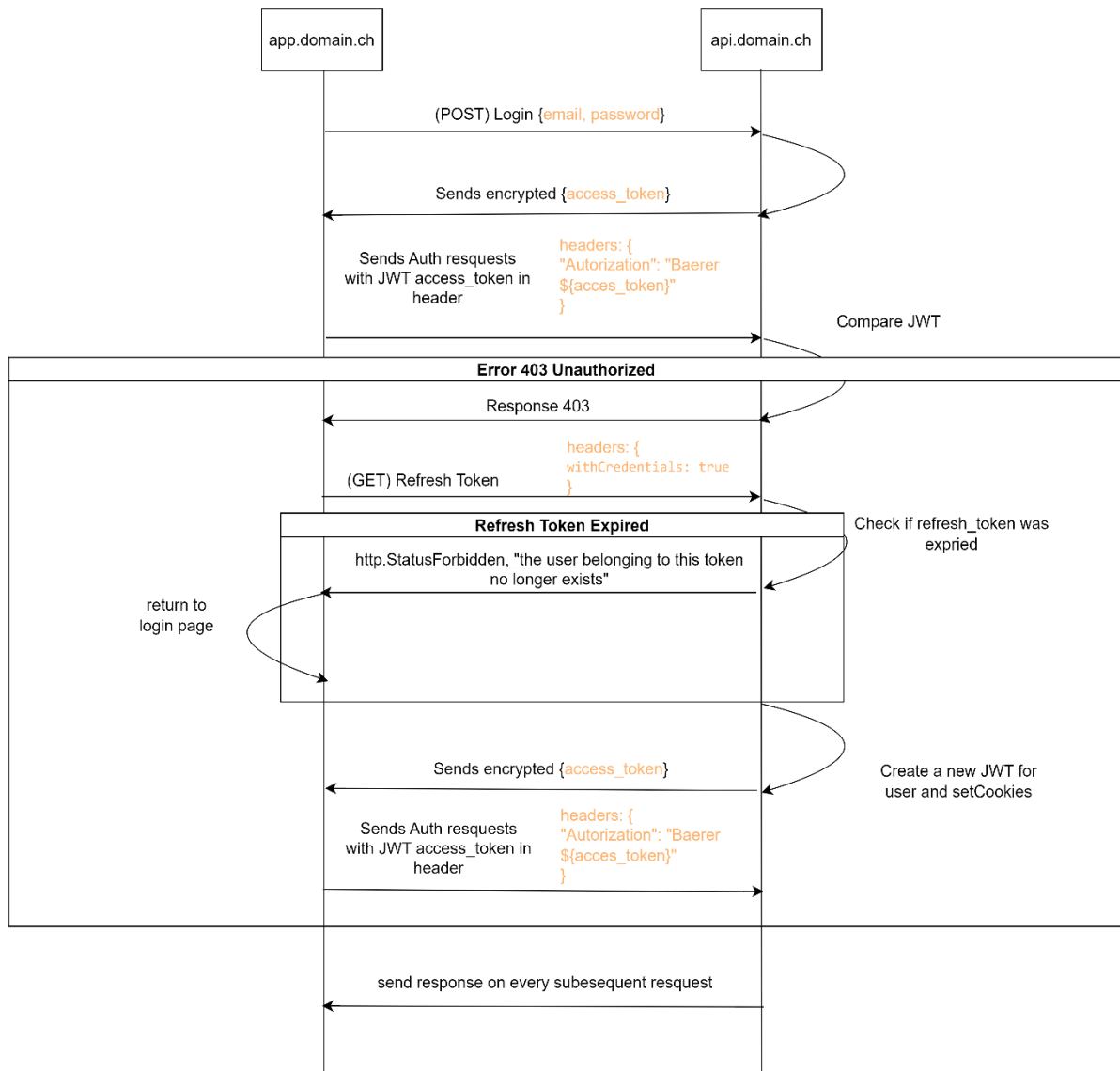


Figure 26 - Authentification JWT

Le jeton JWT est composé de trois parties : l'en-tête, les revendications et la signature. L'en-tête contient le type de jeton et l'algorithme de signature utilisé. Les revendications contiennent des informations sur l'utilisateur et les autorisations. La signature est utilisée pour vérifier l'intégrité du jeton.

Voici un exemple de jeton JWT :

```
Section "En-tête" :  
{  
  "alg": "HS256",  
  "typ": "JWT"  
}  
Section « Payload » :  
{  
  « iat » : 1480929282,  
  « exp » : 1480932868,  
  « name » : « Username »  
}
```

De nombreuses informations peuvent être placées dans cette deuxième section (Payload), comme le nom d'utilisateur ou les droits de l'utilisateur sur l'application. Les spécifications JWT mentionnent cependant clairement certains mots-clés à utiliser, comme « iat » (issue at = date et heure de génération du jeton, avec un horodatage) ou exp (date d'expiration).

Comme expliqué précédemment, la signature est générée en concaténant l'en-tête et la charge utile, et en chiffrant le tout. Ce qui nous donne, avec une clé privée « L2VE5VpgChrVPmgh1hgL » :

```
Signature = HMACSHA256(  
  base64UrlEncode({"alg": "HS256", "typ": "JWT"}) + "." + base64UrlEncode(  
    {"iat": 1480929282, "exp": 1480932868, "nom": "Nom d'utilisateur "}),  
  L2VE5VpgChrVPmgh1hgL  
)
```

Le jeton JWT résultant est :

**Header** : eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9 .

**Payload** : eyJpYXQiOiJlODDA5MjkyODIsImV4cCI6MTQ4MDkzMjg2OCwibmFtZSI6IlVzZXJuYW1lIn0 .

**Signature** : gZeuWNbjO8kyEX92AjgX5oLy5qhu6YWTPr6vtYELZQ4

(GARCIA, 2016)

L'avantage de l'authentification JWT est qu'elle permet de conserver l'état de l'utilisateur du côté client, ce qui réduit la nécessité de stocker l'état de session sur le serveur. Cela facilite également la mise en place d'architectures distribuées et d'API RESTful.

## 10.6 Le déploiement et intégration continue

Dans notre architecture logicielle, nous avons séparé notre application en deux parties distinctes : le frontend et le backend. Chacune de ces parties est enregistrée dans un référentiel distinct sur GitHub, notre plateforme de gestion de code source.

Le référentiel GitHub du frontend contient tout le code source et les ressources nécessaires à la construction de l'interface utilisateur de notre application. Cela comprend les fichiers CSS, JavaScript, les images, les polices, etc. Le dossier **build** est également poussé sur GitHub. Ce dossier contient l'application React Js compilée. Dans une application React JS, le fichier index.html, soit l'entrée du programme, est créé une fois l'application compilée.

De même, le référentiel GitHub du backend contient le code source responsable de la logique métier, du traitement des données et de la communication avec la base de données. Cela peut inclure des fichiers Go, des configurations de serveur, etc.

Maintenant, en ce qui concerne le déploiement de notre application sur Jelastix, une plateforme de cloud computing, nous avons mis en place un processus pour rendre cette étape fluide et efficace. Une connexion est instaurée entre les référentiels GitHub et la plateforme Jelastix grâce à un échange de clé public-privé.

*Source : Données de l'auteur*

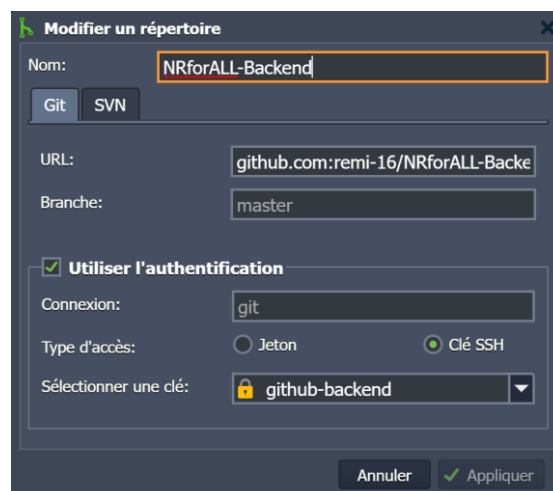


Figure 27 - Déploiement Github

Actuellement le processus de déploiement n'est pas complètement automatisé. Un « clic » manuel est encore nécessaire pour déployer les applications de GitHub à Jelastic.

*Source : Données de l'auteur*



*Figure 28 - MaJ du Déploiement*

Il semblerait qu'il soit possible d'automatiser ce processus à l'aide de bibliothèques externes. Nous n'avons pas eu d'approche DevOps complète durant ce projet. Le DevOps est une méthodologie qui vise à rapprocher les équipes de développement logiciel (Dev) et d'exploitation système (Ops). La mise en place d'une approche DevOps est un processus complexe qui demande énormément de paramétrage. Ce n'était pas une priorité dans cette preuve de concept, cependant, si le projet venait à être repris pour une mise en production, il faudrait idéalement appliquer une stratégie complète de développement continu.

Afin d'évaluer notre code, nous avons quand même utilisé de temps en temps l'outil SonarQube en intégrant le plugin ecoCode. SonarQube est une plateforme open-source de gestion de la qualité du code et de l'analyse statique du code. L'outil offre une large gamme de fonctionnalités pour analyser le code source, détecter les bugs, les vulnérabilités de sécurité, les problèmes de performance, les violations des bonnes pratiques de programmation et les duplications de code. Il fournit également des mesures de la complexité du code, de la couverture de tests et de la documentation. Le plugin ecoCode, quant à lui, ajoute à SonarQube une compilation d'outils d'analyse de code statique qui mettent en évidence les éléments de code susceptibles d'avoir un impact environnemental négatif, tels que la surconsommation d'énergie et de ressources, les logiciels excessivement lourds, et la réduction de la durée de vie des dispositifs, entre autres. (Collectif ecoCode, 2023)

A la fin du projet, nous avons utilisé ces outils d'analyse localement via une instance docker. C'est pourquoi cette action ne s'intègre pas entièrement à une démarche DevOps. Cette analyse permet cependant de mettre en avant la qualité du code produit (zéro bug, code smell

de catégorie A et aucune duplication). Elle permet également de relever certains points à améliorer. Par exemple, il n’y a aucun test unitaire qui couvre notre code. Ces points seront mentionnés dans le chapitre « suite du projet ».

Source : Données de l’auteur

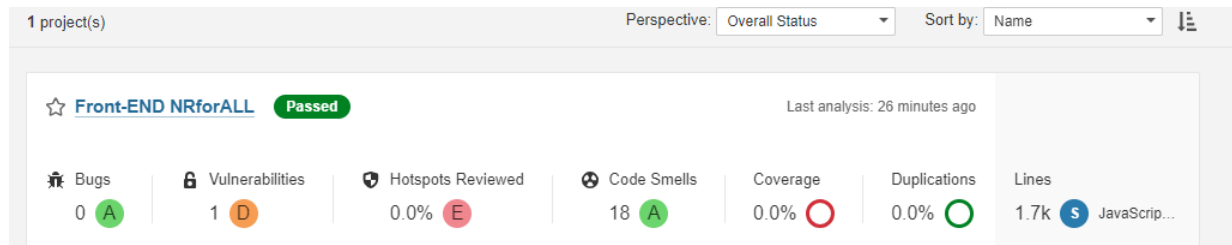


Figure 29 - Sonarqube

## 11 Impact environnemental

A ce stade du développement, nous pouvons faire le bilan de notre application en termes d'impact environnemental, en mettant en évidence notre engagement envers les bonnes pratiques du numérique responsable. Afin d'évaluer notre application nous avons utilisé plusieurs outils qui calculent l'impact carbone d'un site internet. Nous avons ensuite comparé ces résultats avec ceux d'autres sites internet en production. Afin de comparer ce qui est comparable, nous avons sélectionné différents sites internet et considéré uniquement la page d'accueil.

- <http://app.isit-ch.org/>: Application de sensibilisation développée durant le travail de bachelor
- <https://institutnr.org/>: Site de l'INR
- <https://www.hes-so.ch/>: Site de la HES-SO
- <https://www.amazon.com/>: Site d'Amazon

Bien évidemment sur le site d'un GAFAM, nous allons trouver plus de fonctionnalités que sur notre application de sensibilisation. Cependant, il est intéressant d'analyser et d'inclure dans la comparaison le site internet d'une si grande entreprise.

Le premier outil d'analyse que nous avons utilisé est GreenIT-Analysis. C'est une extension pour navigateur qui permet de quantifier les impacts environnementaux d'un parcours utilisateur complet sur un site internet. Cet outil s'inspire fortement des fonctionnalités de



Eco-index. L'outil calcule la performance environnementale, représentée par un score sur 100 et une note de A à G (A étant la meilleure note), et aussi l'empreinte environnementale matérialisée par les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'eau générées par la page.

Le détail des calculs et la méthodologie utilisée par Eco-index sont décrits sur : <https://www.ecoindex.fr/comment-ca-marche/>.

*Source : Données de l'auteur*

Site	Note	Score	GES(gCO2)	Eau(cl)
<a href="http://app.isit-ch.org/">http://app.isit-ch.org/</a>	A	91.99	1.16	1.74
<a href="https://institutnr.org/">https://institutnr.org/</a>	A	87.56	1.25	1.87
<a href="https://www.hes-so.ch/">https://www.hes-so.ch/</a>	C	56.42	1.87	2.81
<a href="https://www.amazon.com/">https://www.amazon.com/</a>	D	40.30	2.19	3.29

*Tableau 30 - Résultat Eco-Index*

Le deuxième outil utilisé se nomme websitecarbon. Il calcule l'énergie et les émissions d'une page web en utilisant les points de données suivants :

- Le transfert de données sur le fil, soit la qualité de données transféré sur le réseau car l'énergie utilisée est à peu près proportionnelle à cette grandeur.
- L'intensité énergétique des données web, soit l'énergie employée dans les centres de données, les réseaux de télécommunications, ainsi que par les ordinateurs ou les appareils mobiles des utilisateurs finaux.
- Les sources d'énergies utilisées par le centre de données de l'hébergeur Web. Pour ce faire, l'outil vérifie la base de données de la Green Web Foundation (TGWF) pour voir si le centre de données utilise de l'énergie verte
- L'intensité carbone de l'électricité. Cette valeur est basée sur la moyenne internationale de l'électricité du réseau
- Le Trafic Web. Lorsque toutes les données ci-dessus sont regroupées, il est possible d'estimer l'émission carbone correspond à la visite d'un utilisateur sur un site internet donné.

L'outil génère ensuite un rapport (voir en annexe) indiquant le pourcentage de propreté ou de pureté de la page web en question par rapport aux autres pages web testées, l'impact CO2 de la visite d'un utilisateur sur le site et si le site à un hébergement vert. Les détails du calcul sont décrits dans une étude écrite par la Fondation Web verte, Médina Works, Mightybytes, le Numérique à Grains Entiers et EcoPing (Chris Adams, 2022)

Source : Données de l'auteur

Site	Pureté	Hébergement	GES (gCO2)
<a href="http://app.isit-ch.org/">http://app.isit-ch.org/</a>	92%	Vert	0.08
<a href="https://institutnr.org/">https://institutnr.org/</a>	65%	Vert	0.32
<a href="https://www.hes-so.ch/">https://www.hes-so.ch/</a>	37%	-	0.67
<a href="https://www.amazon.com/">https://www.amazon.com/</a>	26%	-	-

Tableau 31 - Résultat websitcarbon

Le troisième outil avec lequel nous avons évalué notre plateforme s'appelle Ecograder. L'analyseur exploite CO2.js de The Green Web Foundation et tire parti des métriques de page open source de Google Lighthouse pour détecter les actions permettant d'améliorer votre site Web. La méthodologie CO2.js est la même que celle utilisée par l'outil précédent. (Chris Adams, 2022). L'outil se base sur les estimations suivantes :

- Utilisation des appareils grand public
- Utilisation du réseau
- Hébergement
- Fabrication de matériel

Cette solution d'analyse génère des rapports qui sont à retrouver en annexe. Ecograder définit un score pour notre site internet. Ce score est construit grâce au critère suivant :

- a. Le poids de la page web correspond à 33% du score
- b. L'expérience utilisateur et le design à 17% du score
- c. L'hébergement à 17% aussi
- d. Ecograder fournit aussi un score carbone qui correspond à 33% du score final

De plus le rapport fournit par Ecograder propose des conseils afin d'améliorer notre score.

Source : Données de l'auteur

Site	Score poids	Score Hébergement	Score UX Design	Score Carbonne	Ecograder Score
<a href="http://app.isit-ch.org/">http://app.isit-ch.org/</a>	92	100	76	88	89
<a href="https://institutnr.org/">https://institutnr.org/</a>	97	100	91	75	89
<a href="https://www.hes-so.ch/">https://www.hes-so.ch/</a>	86	100	59	56	74
<a href="https://www.amazon.com/">https://www.amazon.com/</a>	-	-	-	-	-

Tableau 32 - Résultat Ecograder

Le rapport ne se génère pas sur le site Amazon. Parfois, l'analyse d'une page expire ou le site Web bloque l'analyse. Nous avons testé avec le site de la radiotélévision de la Suisse romande, la RTS pour avoir un quatrième résultat.

<a href="https://www.rts.ch/">https://www.rts.ch/</a>	46	49	100	31	51
---	----	----	-----	----	----

### 11.1 Analyse des résultats

Il est important de préciser qu'il est très difficile de calculer de manière précise l'impact carbone d'un site internet. D'ailleurs les résultats varient fortement selon les outils de mesure que nous choisissons. Cependant, l'analyse montre que notre application de sensibilisation, développée en suivant les bonnes pratiques du numérique responsable, obtient de bons scores et des performances environnementales positives par rapport aux autres sites web évalués, peu importe l'outil d'utilisé. Elle présente une consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre relativement faibles.

Notre application a montré un impact positif en termes de performances environnementales et de conformité aux bonnes pratiques du numérique responsable, se positionnant favorablement par rapport à d'autres sites web évalués. Ces résultats attestent de notre engagement envers le développement durable et l'adoption de pratiques responsables dans le domaine du numérique.

## 11.2 Impact

En constatant les résultats de cette analyse, nous avons été surpris, particulièrement par ceux des grandes entreprises telles qu'Amazon ou encore la RTS (Radiotélévision Suisse). Il est important de se rendre compte que ces sites web attirent quotidiennement des milliers de visiteurs, voire davantage, qui interagissent avec leurs fonctionnalités et consomment des ressources numériques.

Imaginons un instant que des milliers de personnes se connectent simultanément à ces sites web chaque jour. Les conséquences environnementales de ces activités en ligne peuvent être considérables, notamment en termes de consommation d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre.

Prenons l'exemple d'Amazon, l'un des plus grands acteurs du commerce en ligne. Son site web, avec sa multitude de fonctionnalités et de services, attire une énorme quantité de trafic. Cela signifie que chaque action effectuée par les utilisateurs, chaque transaction réalisée et chaque requête envoyée contribuent à l'empreinte environnementale de ce géant du commerce électronique. De même, la RTS, en tant que chaîne de télévision publique, est un autre exemple de site web à forte audience. Les utilisateurs visitent ce site pour accéder à des informations, des émissions de télévision, des vidéos en streaming, etc. Chaque interaction en ligne sur le site de la RTS engendre une certaine consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

Cependant, il y a aussi un côté réjouissant à cette analyse. Dans ce chapitre nous venons de démontrer qu'en adoptant une approche responsable et en appliquant les bonnes pratiques de la conception web, il est possible de diminuer l'impact carbone d'un site internet. Cela souligne l'importance de concevoir et de développer des applications et des sites web de manière responsable, en adoptant des bonnes pratiques, afin de minimiser notre empreinte écologique.

## 12 Suite du projet

Durant ces quelques mois de travail, nous avons imaginé et développé un prototype d'une application de sensibilisation. Cette preuve de concept permettra à l'ISIT-CH d'avoir de la matière pour présenter la plateforme de sensibilisation à des investisseurs dans l'espoir de trouver des fonds pour terminer le produit.

Afin de mettre en production la plateforme de sensibilisation, plusieurs axes d'amélioration devront être explorés :

### 12.1 Les fonctionnalités

Certaines fonctionnalités n'ont pas encore été développées, par exemple, l'ajout d'article, le conseil de la semaine en page d'accueil et la création de notre propre calculateur. Certaines de ces tâches nécessitent plusieurs mois de travail. C'est le cas de la mise en place du calculateur d'impact numérique intégré. Il va falloir ajouter les informations de consommation provenant du document WeNR à la base de données, ajouter un questionnaire, développer le moteur de calcul selon les réponses que l'utilisateur renseigne au système etc... Il est important d'avoir une vision à long terme et de développer des fonctionnalités permettant aux administrateurs du site d'ajouter des questions et de modifier ou d'ajouter des indices de consommations.

Par exemple, lors de la sortie d'un nouvel iPhone, il faudrait pouvoir ajouter cet appareil dans le système avec ses données techniques et énergétiques.

### 12.2 La sécurité

En vue des menaces de plus en plus importantes, la cybersécurité est devenue un réel défi que doit relever chaque entreprise avant la mise en production d'un système d'information. C'est d'autant plus le cas pour des applications accessibles au public, plus exposées aux menaces que celles opérant dans un réseau fermé. Plusieurs actions devront être mise en place :

1. Mettre en place un certificat SSL pour avoir des connexions HTTP sécurisées aussi bien sur l'application frontend que sur l'API.
2. Corriger la vulnérabilité détectée par SonarQube visible dans la Figure 29 - Sonarqube

3. Mettre en place les sauvegardes avec le système Acronis Swiss Backup proposé par Infomaniak. Nous recommandons d’avoir aux moins une sauvegarde quotidienne de chaque nœud.

Idéalement il faudrait également faire auditer notre application par des experts en cybersécurité.

### 12.3 Intégration et déploiement continu

Si le projet venait à être repris, nous recommandons de mettre en place un système d’intégration continue. L’objectif est de trouver et de corriger plus rapidement les bogues logiciels, d’améliorer la qualité des codes programmés et de réduire le temps nécessaire pour valider et déployer de nouvelles mises à jour de logiciels. L’approche DevOps est un processus agile de huit étapes :

1. La planification : les modifications de l’application sont planifiées
2. Le code : les développeurs codent la fonctionnalité
3. La construction ou le Build en anglais : le nouveau code est soumis au dépôt GitHub
4. Les tests : la fonctionnalité et l’application dans son ensemble sont testées pour s’assurer que le nouveau code n’interfère pas avec d’autre éléments de l’application. Il existe plusieurs types de tests et certains peuvent être automatisés.
5. Le lancement : le code affiné est fusionné avec celui du logiciel
6. Le déploiement : le code est déployé en production
7. L’exploitation : le nouveau code est désormais exploité par les utilisateurs
8. Le contrôle : les données d’utilisations de l’application en production sont enregistrées et surveillées afin de prévenir de l’apparition de nouveaux bogues

La plupart des phases de ce processus peuvent être automatisées. Il est également possible d’ajouter une couche traitant de la sécurité au processus DevOps pour faire du SecDevOps.

Dans le processus du développement continu, la phase de test est très importante pour fournir un service de qualité. Il est essentiel de prendre toutes les mesures nécessaires avant de mettre une application en production. La mise en place de tests unitaires, de tests

d'intégration, de tests de sécurité et de tests fonctionnels devient impérative pour assurer la qualité et la fiabilité du logiciel. C'est d'autant plus important pour les applications comme la nôtre qui pourront accueillir de nombreuses connexions simultanées. Pour cela, il faut également prévoir des tests de performances

## 12.4 Design et Marketing

Malgré le travail CSS réalisé durant ce projet, l'apparence de notre plateforme peut encore être améliorée. L'apparence de la plateforme joue un rôle crucial dans l'expérience des utilisateurs. Un design attrayant et convivial est essentiel pour capter l'attention des visiteurs et les inciter à explorer davantage de contenu. Il est donc important de prendre en considération l'amélioration du design de l'application pour offrir une expérience utilisateur optimale. Cependant, il est nécessaire de garder en tête les bonnes pratiques de l'éco-conception web et de ne pas y mettre trop d'artifice. Il est préférable de privilégier une interface sobre et intuitive.

Un autre axe d'amélioration consisterait à respecter la totalité des directives WCAG. Des efforts ont été fournis durant la réalisation de cette preuve de concept, mais nous ne remplissons pas tous les critères qui visent à rendre notre site web accessible à tous, y compris aux personnes ayant des handicaps ou des limitations fonctionnelles.

Il y a encore un dernier point d'amélioration que nous n'avons que très peu abordé durant cette étude. Il faudrait miser sur une stratégie de SEO efficace. Cette stratégie vise à améliorer la visibilité et le classement d'un site web dans les résultats des moteurs de recherche tels que Google ou Bing. Ce projet a pour objectif de sensibiliser le grand public à la thématique du numérique responsable. Pour atteindre cet objectif, il est crucial d'être visible sur cette toile immense que représente internet. Nous avons identifié ce risque et prévu de le diminuer en optimisant le référencement de notre plateforme. Notre choix technologique a aussi été réfléchi de manière à ce qu'il soit possible de mettre en place une stratégie de référencement performante.

## 12.5 Synthèse

En résumé, pour mettre en production la plateforme de sensibilisation, il est nécessaire de travailler sur l'amélioration des fonctionnalités, la sécurité, le design ainsi que sur l'optimisation du référencement. Chaque axe d'amélioration devra s'intégrer au développement du produit à travers un processus d'intégration continue. Ces améliorations permettront de créer une plateforme robuste, conviviale, sécurisée et bien référencée pour sensibiliser efficacement le public au numérique responsable.

L'application de sensibilisation a été éco-conçue et de nombreuses bonnes pratiques de développement web ont été appliquées. Ces bonnes pratiques nous ont permis de développer une plateforme légère, performante, simple d'utilisation et respectueuse de l'environnement. L'équipe de développeurs qui reprendra la suite du projet devra garder à l'esprit une philosophie de développement durable



## Conclusion

Tout au long de ce travail, nous nous sommes efforcés d'appliquer les bonnes pratiques du développement web. Cela nous a permis de développer avec succès la preuve de concept d'une application de sensibilisation dédiée à la thématique du numérique responsable. Cette application a été conçue dans une perspective éco-responsable, tenant compte des principes de durabilité et de réduction de l'empreinte environnementale.

Les résultats obtenus lors de l'analyse de consommation de notre plateforme de sensibilisation sont très encourageants. Nous avons pu constater l'impact positif de l'éco-conception sur les performances et l'empreinte carbone de notre site internet. En tant que développeurs, il est de notre responsabilité d'intégrer des considérations de durabilité dans nos projets, en optimisant l'utilisation des ressources, en réduisant la consommation d'énergie et en favorisant une utilisation durable des technologies numériques. De cette manière, nous contribuons à la construction d'un avenir numérique plus responsable et respectueux de l'environnement.

Nous sommes fiers d'avoir pu combiner notre expertise de développeurs avec une approche responsable lors de la création de cette application, qui non seulement informe les utilisateurs sur les enjeux du numérique responsable, mais démontre également que des solutions respectueuses de l'environnement sont possibles et efficaces.

Cette preuve de concept donne une base solide pour poursuivre notre mission de rendre visible les effets invisibles du numérique sur notre planète pour tous et d'encourager le grand public à adopter des comportements plus durables dans leur utilisation quotidienne de la technologie. Nous espérons que cette application, associée aux initiatives de sensibilisation de l'ISIT-CH, contribuera à un changement des comportements en faveur d'une utilisation responsable de la technologie.

Cependant, le travail ne s'arrête pas là. Il reste encore beaucoup d'effort à poursuivre afin de lancer sur le marché cette application de sensibilisation. Nous espérons qu'elle verra bientôt le jour. Nous sommes convaincus qu'en changeant quelque peu nos habitudes et en développant des systèmes alliant efficacité, durabilité et éthique, notre relation avec la technologie changera de paradigme en s'intégrant dans un écosystème qui comprend la fragilité, la beauté et la finitude du monde qui nous entourent.

## Références

- Archibald, J. (s.d.). *service-worker-lifecycle*. Récupéré sur web.dev: <https://web.dev/service-worker-lifecycle/#updates>
- BENAISSA Imane, B. N. (2018). *Livret Methodologique: Comment engager les élu.e.s en faveur de la biodiversité*.
- Bordage, F. (2010). *Green IT*. ENI Edition.
- Bordage, F. (2015). *L'éco-conception web / Les 115 bonnes pratique*. ÉDITIONS EYROLLES.
- Bordage, F. (2017, Avril 25). *histoire du green IT*. Récupéré sur GreenIT.fr: <https://www.greenit.fr/2017/04/25/une-breve-histoire-du-green-it/>
- Bordage, F. (2021). *Empreinte environnementale du numérique mondial*.
- Bordage, F., & GreenIT.fr. (2019). *Étude: Empreinte environnementale du numérique mondial*.
- Chris Adams, R. B. (2022, Avril 17). *calculating-digital-emissions*. Récupéré sur <https://sustainablewebdesign.org/>: <https://sustainablewebdesign.org/calculating-digital-emissions/>
- Collectif ecoCode. (2023, Juillet 4). *ecoCode*. Récupéré sur <https://github.com>: <https://github.com/green-code-initiative/ecoCode>
- Flichy, P. (2018). *Idées économiques et sociales*.
- GARCIA, R. (2016). *Jetons JWT et sécurité - principes de fonctionnement et cas d'utilisation*. Récupéré sur <https://www.vaadata.com/>: <https://www.vaadata.com/blog/jwt-tokens-and-security-working-principles-and-use-cases/>
- Haidt, J. (2020, Septembre 9). PhD NYU Stern School of Business Social Psychologist. (F. T. Deilemma, Intervieweur)
- Harris Interactive . (2019). *Les Français et l'écologie*.
- Iddri, FING, France, W., GreenIT.fr, & CNNum. (2018). *Livre blanc Numérique et Environnement*.
- Iddri, FING, WWF France, GreenIT.fr. (2018). *LIVRE BLANC, Numérique et Environnement*.
- INR. (2018). *inr numerique responsable*. Récupéré sur [institutnr.org](https://institutnr.org): <https://institutnr.org/inr-numerique-responsable>
- Insee. (2022). *L'usage des technologies de l'information et de la communication par les ménages entre 2009 et 2021* .
- James O. Prochaska, C. C. (1984). *The Transtheoretical Approach: Crossing Traditional Boundaries of Therapy*.
- Johnson, J. (2002). Président de Standish Group. *Troisième conférence internationale sur la programmation extrême*.
- Lasswell, H. D. (1948). *The structure and function of communication in society* .
- María Napal, A. M.-L. (2020). *Sustainability Teaching Tools in the Digital Age*.
- Metge, P. (2015, Février). Le big data et la banque. *Revue d'économie financière (N° 118)*, pp. 93-101.
- MongoDB. (s.d.). *database-architecture*. Récupéré sur [www.mongodb.com](https://www.mongodb.com): <https://www.mongodb.com/basics/database-architecture>
- Numeum. (2022). Bilan 2022 et perspectives 2023 du secteur numérique.
- O'Grady, S. (2021, mars 1). The RedMonk Programming Language Rankings: January 2021. *RedMonk*.
- Open Collective. (s.d.). *making-a-progressive-web-app*. Récupéré sur [create-react-app.dev](https://create-react-app.dev): <https://create-react-app.dev/docs/making-a-progressive-web-app/>
- Open Studio. (2021). *Intelligence artificielle ~ protection de l'environnement*.

- Parlement européen. Commission du développement. (2018). *RAPPORT sur la numérisation pour le développement: réduire la pauvreté grâce à la technologie.*
- Poitrey, O. (2019, août). *rs/CORS*. Récupéré sur github.com: <https://github.com/rs/cors>
- Project Management Institute. (2021). *PMBOK® Guide*.
- Ramezani, K. (2021). Les Suisses sont-ils sensibles à l'écologie? *Migros Magazine* .
- Rui Pereira, M. C. (2017). *Energy Efficiency across Programming Languages*.
- Schmidt, J. (2019, septembre 30). *httprouter*. Récupéré sur <https://github.com>:  
<https://github.com/julienschmidt/httprouter>
- The Shift Project. (2018). *Lean ICT pour sobriété numérique*.
- Thomas Broyer, R. L. (2022). *Les 115 bonnes pratiques, 4ème édition*. Récupéré sur github:  
<https://github.com/cnumr/best-practices>
- Weinstein, Y. W. (2021). *L'utilisation excessive du smartphone est associée à des problèmes de santé chez les adolescents et les jeunes adultes*.
- WWF, L. (2018). *Etude WeGreenIT*.
- Zeldman, J. (2001). *Taking your talent to the Web*.

## Annexe I : WebSite Carbon app.isit-ch.org

07/07/2023 11:24

app.isit-ch.org - Website Carbon Calculator

Website  
Carbon  
Calculator

How does it work? FAQ  
Get the badge! API  
Consultancy

Carbon results for  
**app.isit-ch.org**

Share

This page was last tested on 7 Jul, 2023.



**Hurrah! This web page is  
cleaner than 92% of web  
pages tested**

**Only 0.08g of CO2** is produced  
every time someone visits this web

<https://www.websitecarbon.com/website/app-isit-ch-org/>

1/5

## Annexe II : WebSite Carbon hes-so.ch

07/07/2023 11:27

hes-so.ch/accueil - Website Carbon Calculator

Website  
Carbon  
Calculator

How does it work? FAQ  
Get the badge! API  
Consultancy

Carbon results for  
**hes-so.ch/accueil**

Share

This page was last tested on 7 Jul, 2023.



Uh oh! This web page is dirtier  
than **63%** of web pages tested

Oh my, **0.67g of CO2** is produced  
every time someone visits this web  
page.

<https://www.websitecarbon.com/website/hes-so-ch-accueil/>

1/5

## Annexe III : WebSite Carbon institutnr.org

07/07/2023 11:28

Institutnr.org - Website Carbon Calculator

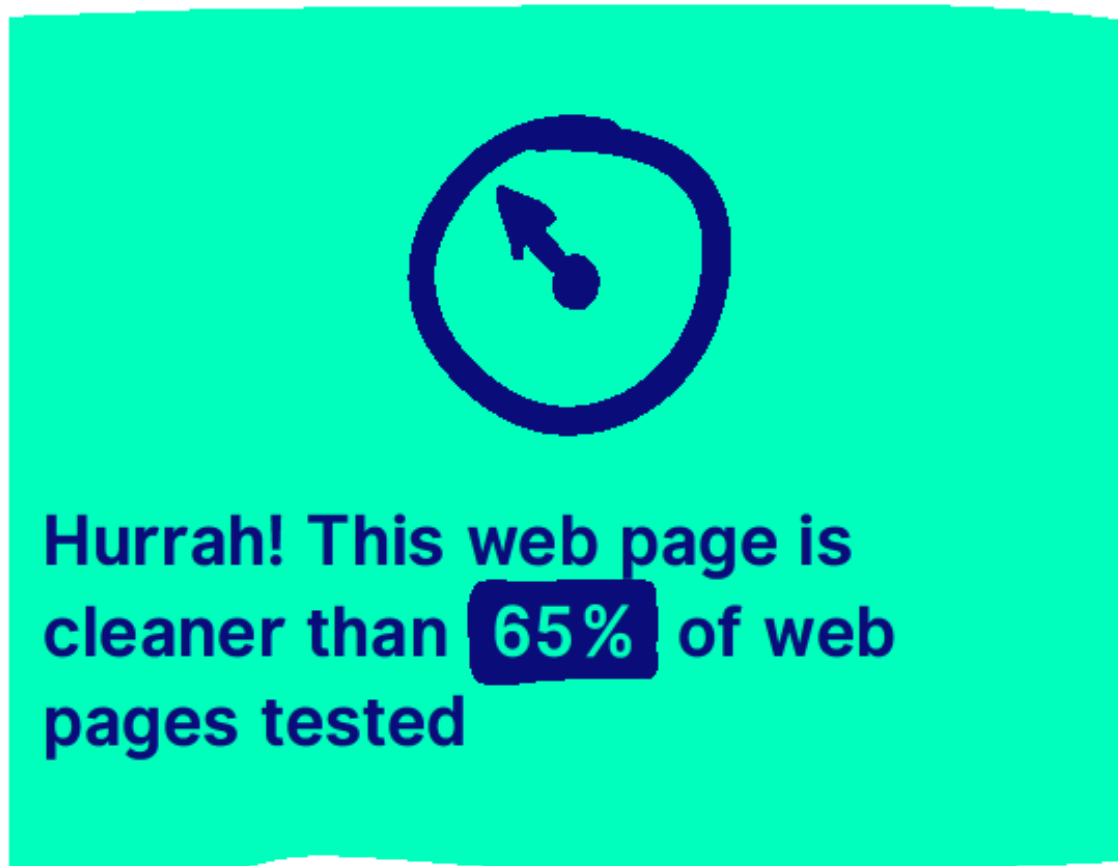
Website  
Carbon  
Calculator

How does it work?    FAQ  
Get the badge!        API  
Consultancy

Carbon results for  
**institutnr.org**

Share

This page was last tested on 24 Nov, 2022. [Test again](#)



Only **0.32g of CO2** is produced  
every time someone visits this web

<https://www.websitecarbon.com/website/institutnr-org/>

1/5

## Annexe IV : WebSite Carbon amazon.com

07/07/2023 11:24

amazon.com - Website Carbon Calculator

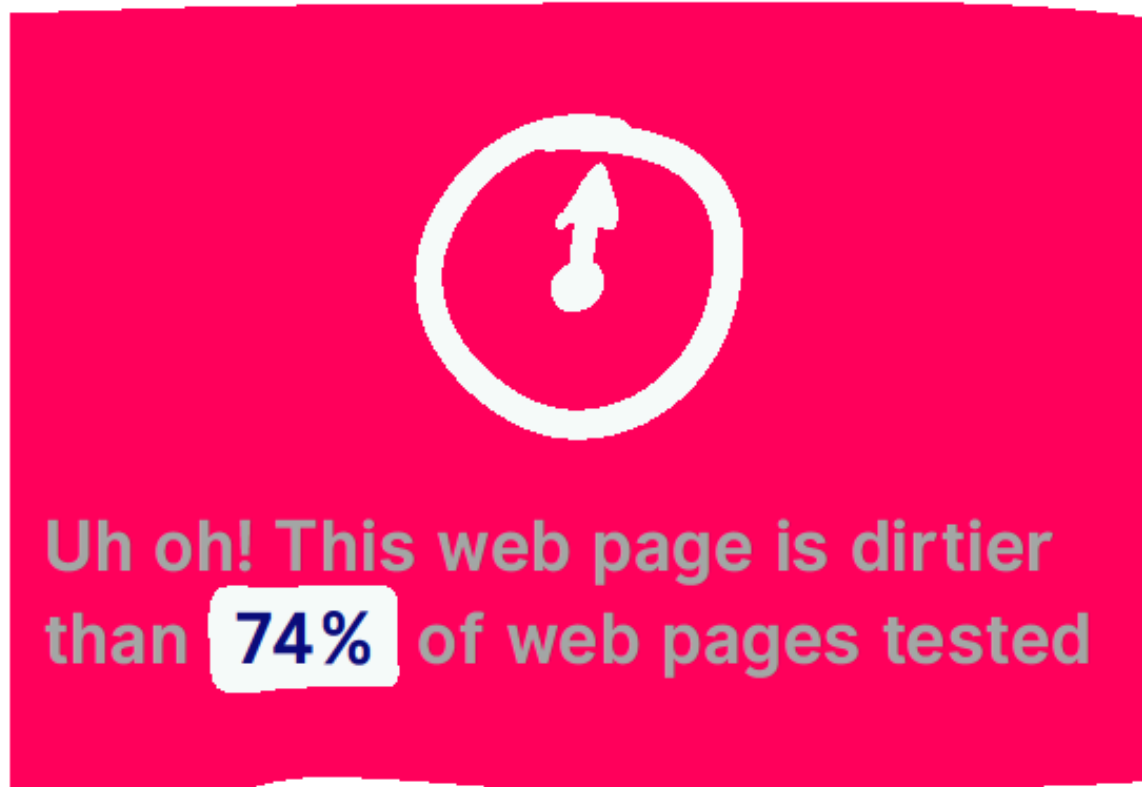
Website  
Carbon  
Calculator

How does it work? [FAQ](#)  
[Get the badge!](#) [API](#)  
[Consultancy](#)

Carbon results for  
**amazon.com**

[Share](#)

This page was last tested on 29 Jun, 2023. [Test again](#)









Annexe VII : Ecograder institutnr.org

07/07/2023 11:38

Ecograder report

Ecograder

Scanned 7/7/2023, 11:37:16 AM GMT+2

Your Impact Report

Report for:  
<https://institutnr.org/>

Performance Impact

Ecograder Score

89

Out of 100 ⓘ

Ecograder scores pages based on a variety of performance, efficiency, and user experience factors as well as emissions estimates and green hosting powered by renewable energy.

Page Weight 97  
33% of score

UX Design 91  
17% of score

Green Hosting 100  
17% of score

Carbon Score 75  
33% of score

Emissions per Pageload

0.41

grams of carbon dioxide ⓘ



This page scores better than 70% of all URLs crawled by Ecograder

Annexe VIII : Ecograder rts.ch

07/07/2023 16:20

Ecograder report

Ecograder

Scanned 7/7/2023, 4:20:26 PM GMT+2

Your Impact Report

Report for:  
<https://www.rts.ch/>

Performance Impact

Ecograder Score

51

Out of 100 ⓘ

Ecograder scores pages based on a variety of performance, efficiency, and user experience factors as well as emissions estimates and green hosting powered by renewable energy.

Page Weight 46  
33% of score

UX Design 49  
17% of score

Green Hosting 100  
17% of score

Carbon Score 31  
33% of score

Emissions per Pageload

2.79

grams of carbon dioxide ⓘ



This page scores worse than 90% of all URLs crawled by Ecograder

## Annexe IX : EcoIndex

**Vers un numérique responsable – Rencontre avec Vincent Courboulay**

Nous avons récemment eu le plaisir de nous entretenir avec Vincent Courboulay, un expert en numérique responsable et fondateur d'une entreprise axée sur la durabilité numérique. Dans cet entretien inspirant, Vincent partage ses idées novatrices et sa [Voir Plus](#)

[Lire l'article complet ->](#)

**Vers un numérique responsable – Rencontre avec Vincent**

[Accueil](#) [Mesure](#) [Conseils](#) [Bons plans](#)

**EcoIndex A**

EcoIndex	Eau (cl)	GES (gCO2e)
91.99	1.74	1.16
<b>Nombre de requêtes</b>	<b>Taille de la page (Ko)</b>	<b>Taille du DOM</b>
0	0	174

**Bonnes pratiques**

- Ajouter des expires ou cache-control headers ✓
- Compresser les ressources (>= 95%) ✓
- Limiter le nombre de domaines (<6) ✓
- Ne pas retailer les images dans le navigateur ✗ 1 image(s) retailée(s) dans le navigateur
- Externaliser les css et les js ✓ 1 inline stylesheet(s) et inline javascript(s)
- Eviter les requêtes en erreur ✓
- Limiter le nombre de requêtes HTTP (<27) ✓
- Ne télécharger pas des images inutilement ✓
- Valider le javascript ✓
- Taille maximum des cookies par domaine(<512 Octets) ✓
- Minifier les css et js ✓
- Pas de cookie pour les ressources statiques ✓
- Eviter les redirections ✓
- Optimiser les images bitmap ✓
- Optimiser les images svg ✓
- Ne pas utiliser de plugins ✓
- Fournir une print css ✗
- N'utilisez pas les boutons standards des réseaux sociaux ✓
- Limiter le nombre de fichiers css (<=10) ✓
- Privilégier HTTP/2 à HTTP/1 ✓
- Utiliser des polices de caractères standards ✓
- Pas de polices de caractères spécifiques ✓

Console Nouveautés X Problèmes

Highlights from the Chrome 114 update

**Évaluation de mon empreinte environnementale professionnelle individuelle du numérique en kg eq. CO<sub>2</sub>**

Version 1.1 publiée le 1<sup>er</sup> Juillet 2022

Nos usages du numérique sont en perpétuelle augmentation ; tant dans les sphères personnelle que professionnelle. Nos impacts sont

[Accueil](#) [Mesure](#) [Conseils](#) [Bons plans](#)

**EcoIndex A**

EcoIndex	Eau (cl)	GES (gCO2e)
87.39	1.88	1.25
<b>Nombre de requêtes</b>	<b>Taille de la page (Ko)</b>	<b>Taille du DOM</b>
17	559 (34)	81

**Bonnes pratiques**

- Ajouter des expires ou cache-control headers ✓
- Compresser les ressources (>= 95%) ✓
- Limiter le nombre de domaines (<6) ✗ 7 domaine(s) trouvé(s)
- Ne pas retailer les images dans le navigateur ✓
- Externaliser les css et les js ✓
- Eviter les requêtes en erreur ✓
- Limiter le nombre de requêtes HTTP (<27) ✓
- Ne télécharger pas des images inutilement ✓
- Valider le javascript ✓
- Taille maximum des cookies par domaine(<512 Octets) ✓
- Minifier les css et js ✓
- Pas de cookie pour les ressources statiques ✗ 6/11 css or js non minifiés
- Eviter les redirections ✓
- Optimiser les images bitmap ✓
- Optimiser les images svg ✓
- Ne pas utiliser de plugins ✓
- Fournir une print css ✗
- N'utilisez pas les boutons standards des réseaux sociaux ✓
- Limiter le nombre de fichiers css (<=10) ✓
- Privilégier HTTP/2 à HTTP/1 ✓
- Utiliser des polices de caractères standards ✓
- 12 / 12 ressources cachées ✓
- 100% ressources compressées ✓
- 0 image(s) retailée(s) dans le navigateur ✓
- 1 inline stylesheet(s) et inline javascript(s) ✓
- 0 erreur(s) HTTP ✓
- 17 requête(s) HTTP ✓
- 0 image(s) téléchargée(s) mais non affichée(s) dans la page ✓
- Javascript valide ✓
- Pas de cookies ✓
- 1 redirection(s) ✓
- Pas d'images bitmap à optimiser ✓
- Pas de svg à optimiser ✓
- Aucun plugin ✓
- Pas de print css ✗
- Pas de bouton standard de réseau social trouvé ✓
- Pas plus de 7 fichiers css ✓
- 0/17 ressources utilisant HTTP/1 ✓
- 1 police(s) de caractères spécifique(s) ✓

Console Nouveautés X Problèmes

Highlights from the Chrome 114 update

INRC

les catégories: Tous Smartphone Ordinateur Imprimante

les enjeux: Tous Energy Economie Social

RECHERCHER

Les profils cibles sont-ils définis ?

Pour exprimer clairement les objectifs NR dans chacune des spécifications il est indispensable de situer les profils cibles et de leur associer des objectifs NR précis.

[Lire plus...](#)

Accueil Mesure Conseils Bons plans

Espace Membre

INR CRÉATEUR DE VALEURS DURABLES

INR

Pour un numérique plus régénératif, inclusif & éthique

DÉCOUVRIRE

Hes-so

Menu

La pratique au cœur de ma formation

Explorez nos bachelors

En poursuivant votre navigation, vous acceptez l'utilisation de services tiers pouvant installer des cookies

Tout accepter Tout refuser

EcoIndex **A**

EcoIndex	Eau (cl)	GES (gCO2e)
85.63	1.93	1.29

Nombre de requêtes: 0

Taille de la page (Ko): 0

Taille du DOM: 343

Bonnes pratiques

- Ajouter des expires ou cache-control headers
- Compresser les ressources (>= 95%)
- Limiter le nombre de domaines (<6)
- Ne pas retailer les images dans le navigateur
- Externaliser les css et les js
- Eviter les requêtes en erreur
- Limiter le nombre de requêtes HTTP (<27)
- Ne télécharger pas des images inutilement
- Valider le javascript
- Taille maximum des cookies par domaine(<512 Octets)
- Minifier les css et js
- Pas de cookie pour les ressources statiques
- Eviter les redirections
- Optimiser les images bitmap
- Optimiser les images svg
- Ne pas utiliser de plugins
- Fournir une print css
- N'utilisez pas les boutons standards des réseaux sociaux
- Limiter le nombre de fichiers css (<=10)
- Privilégier HTTP/2 à HTTP/1
- Utiliser des polices de caractères standards

Console Nouveautés Problèmes

☐ Grouper par type ☐ Inclure les problèmes des cool

EcoIndex **A**

EcoIndex	Eau (cl)	GES (gCO2e)
87.58	1.87	1.25

Nombre de requêtes: 0

Taille de la page (Ko): 0

Taille du DOM: 296

Bonnes pratiques

- Ajouter des expires ou cache-control headers
- Compresser les ressources (>= 95%)
- Limiter le nombre de domaines (<6)
- Ne pas retailer les images dans le navigateur
- Externaliser les css et les js
- Eviter les requêtes en erreur
- Limiter le nombre de requêtes HTTP (<27)
- Ne télécharger pas des images inutilement
- Valider le javascript
- Taille maximum des cookies par domaine(<512 Octets)
- Minifier les css et js
- Pas de cookie pour les ressources statiques
- Eviter les redirections
- Optimiser les images bitmap
- Optimiser les images svg
- Ne pas utiliser de plugins
- Fournir une print css
- N'utilisez pas les boutons standards des réseaux sociaux
- Limiter le nombre de fichiers css (<=10)
- Privilégier HTTP/2 à HTTP/1
- Utiliser des polices de caractères standards

EcoIndex **C**

EcoIndex	Eau (cl)	GES (gCO2e)
56.42	2.81	1.87

Nombre de requêtes: 0

Taille de la page (Ko): 0

Taille du DOM: 1607

Bonnes pratiques

- Ajouter des expires ou cache-control headers
- Compresser les ressources (>= 95%)
- Limiter le nombre de domaines (<6)
- Ne pas retailer les images dans le navigateur
- Externaliser les css et les js
- Eviter les requêtes en erreur
- Limiter le nombre de requêtes HTTP (<27)
- Ne télécharger pas des images inutilement
- Valider le javascript
- Taille maximum des cookies par domaine(<512 Octets)
- Minifier les css et js
- Pas de cookie pour les ressources statiques
- Eviter les redirections
- Optimiser les images bitmap
- Optimiser les images svg
- Ne pas utiliser de plugins
- Fournir une print css
- N'utilisez pas les boutons standards des réseaux sociaux
- Limiter le nombre de fichiers css (<=10)
- Privilégier HTTP/2 à HTTP/1
- Utiliser des polices de caractères standards

Console Nouveautés Problèmes

EcolIndex <span>D</span>		
Ecolindex	Eau (cl)	GES (gCO2e)
40.30	3.29	2.19
Nombre de requêtes	Taille de la page (Ko)	Taille du DOM
48	513 (462)	2187
Bonnes pratiques		
Ajouter des expires ou cache-control headers		
Compresser les ressources (>= 95%)		
Limiter le nombre de domaines (<6)		
Ne pas retailer les images dans le navigateur		
Externaliser les css et les js		
Eviter les requêtes en erreur		
Limiter le nombre de requêtes HTTP (<27)		
Ne télécharger pas des images inutilement		
Valider le javascript		
Taille maximum des cookies par domaine(<512 Octets)		
Minifier les css et js		
Pas de cookie pour les ressources statiques		
Eviter les redirections		
Optimiser les images bitmap		
Optimiser les images svg		
Ne pas utiliser de plugins		
Fournir une print css		
N'utilisez pas les boutons standards des réseaux sociaux		
Limiter le nombre de fichiers css (<=10)		
Privilégier HTTP/2 à HTTP/1		
Utiliser des polices de caractères standards		
<div> <div>✗</div> <div>17 / 37 ressources cachées</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>8 domaine(s) trouvé(s)</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>54 image(s) retailée(s) dans le navigateur</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>105 inline stylesheet(s) et inline javascript(s)</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>0 erreur(s) HTTP</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>48 requête(s) HTTP</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>7 image(s) téléchargée(s) mais non affichée(s) dans la page</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>1 erreur(s) javascript</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Taille maximum = 469 Octets</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Aucun css ou js non minifiés</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Aucun cookie</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>1 redirection(s)</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>6 image(s) à probablement optimiser, gain minimum estimé: 46 Ko</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Pas de svg à optimiser</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Aucun plugin</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>Pas de print css</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Pas de bouton standard de réseau social trouvé</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Pas plus de 7 fichiers css</div> </div> <div> <div>✗</div> <div>26/48 ressources utilisant HTTP/1</div> </div> <div> <div>✓</div> <div>Pas de polices de caractères spécifiques</div> </div>		

## Annexe X : GitHub BackEnd

<https://github.com/remi-16/NRforALL-Backend.git>

## Annexe XI : GitHub FrontEnd

<https://github.com/remi-16/NRforALL-frontend.git>



## Annexe XII : Export Monday

## ▼ Sprint 7

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	Bons plans		Visiteur	<div><div></div></div> 100%	Must have	825	RC	Application	Fait	5 SP		-
<input type="checkbox"/>	Faire relire le travail de bachelier pour l'orthogr...		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	1000	RC	Documenta...	Fait	13 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	Annexe			<div><div></div></div> 100%	Must have	1001	RC	Documenta...	Fait	2 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	Poster de présentation			<div><div></div></div> 100%	Must have	1002	RC	Documenta...	Fait	2 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	Imprimer + faire relier			<div><div></div></div> 100%	Must have	1003	RC	Documenta...	Fait	1 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						4 831 Somme				23 SP Somme		-

## ▼ Sprint 6

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	corriger calculation par mesure			<div><div></div></div> 100%	Must have		RC	Application	Fait	1 SP		-
<input type="checkbox"/>	corriger problème de filtres lorsque tous est a...			<div><div></div></div> 100%	Must have		RC	Application	Fait	1 SP		-
<input type="checkbox"/>	tester différent navigateur			<div><div></div></div> 100%	Should have		RC	Test	Fait	2 SP		-
<input type="checkbox"/>	Evaluer l'application web		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	820	RC	Test	Fait	5 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	Documentation, être à jour niveau technique			<div><div></div></div> 100%	Must have		RC	Application	Fait	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	Finaliser le rapport ( introduction + conclusion)		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	1000	RC	Documenta...	Fait	5 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						1 820 Somme				22 SP Somme	RC	-

## ▼ Sprint 5

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	› Filtre Conseils 4		Visiteur	<div><div></div></div> 100%	Must have	830	RC	Application	Fait	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	› Mise en place du CSS 2		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	850	RC	Application	Fait	5 SP		-
<input type="checkbox"/>	Changer le nom de domaine		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	835	RC	Application	Fait	1 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	Documentation			<div><div></div></div> 100%	Must have		RC	Documenta...	Fait	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						2 515 Somme				22 SP Somme		-

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	› Me connecter 4		Administrateur	<div><div></div></div> 100%	Must have	865	RC	Application	Fait	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	Ajouter les conseils		Administrateur	<div><div></div></div> 100%	Must have	860	RC	Application	Fait	2 SP		-
<input type="checkbox"/>	› Mise en place du CSS 2		Développeur	<div><div></div></div> 0%	Must have	850	RC	Application	Rejeté	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	Documentation base de donnée, Conseils		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	840	RC	Documenta...	Fait	8 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	Ajouter des catégories et des enjeux		Visiteur	<div><div></div></div> 100%	Must have	830	RC	Application	Fait	2 SP		-
<input type="checkbox"/>	› Article/Lien 4		Visiteur	<div><div></div></div> 100%	Must have	820	RC	Application	Fait	5 SP		-
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						5 065 Somme				33 SP Somme		-

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	Plan d'action gestion des risques		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	945	RC	Documenta...	Fait	2 SP	RC	avr. 26
<input type="checkbox"/>	Créer les menus du site		Visiteur	<div><div></div></div> 100%	Must have	910	RC	Application	Fait	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	Accéder au site		Visiteur	<div><div></div></div> 100%	Must have	900	RC	Application	Fait	2 SP		-
<input type="checkbox"/>	Modéliser la base de donnée		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	890	RC	Documenta...	Fait	2 SP	RC	-
<input type="checkbox"/>	› Création de la DB 3		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	880	RC	Application	Fait	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	› Conseils 6		Visiteur	<div><div></div></div> 100%	Must have	870	RC	Application	Fait	8 SP		-
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						5 395 Somme				30 SP Somme	RC	avr. 26

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	Formation développement responsable		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	970	RC	Formation	Fait	20 SP	RC	févr. 25 - mars 24
<input type="checkbox"/>	› Analyse du design 2		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	960	RC	Formation	Fait	13 SP		avr. 15
<input type="checkbox"/>	› Choix de la technologie 1		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	950	RC	Formation	Fait	8 SP		avr. 23
<input type="checkbox"/>	Préparation de l'environnement de travail		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	940	RC	Organisation	Fait	8 SP	RC	mai 5
<input type="checkbox"/>	Modéliser l'architecture du portail		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	920	RC	Documenta...	Fait	2 SP	RC	avr. 23
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						4 740 Somme				51 SP Somme	RC	févr. 25 - mai 5



# Rémi Cohu

## ▼ Sprint 1

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	Analyse du marché		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	980		Documenta...	Fait	13 SP		févr. 25 - mars 24
<input type="checkbox"/>	Analyse des risques		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	970		Documenta...	Fait	5 SP		-
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						1950 Somme				18 SP Somme		févr. 25 - mars 24

## ▼ Sprint 0

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	ProductBacklog		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	1000		Organisation	Fait	5 SP		févr. 24 - mars 20
<input type="checkbox"/>	Revue de la littérature		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	995		Documenta...	Fait	13 SP		févr. 25 - mars 24
<input type="checkbox"/>	Description du projet		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	990		Documenta...	Fait	8 SP		févr. 25 - mars 24
<input type="checkbox"/>	Création d'un sondage		Développeur	<div><div></div></div> 100%	Must have	985		Documenta...	Fait	1 SP		févr. 25 - mars 24
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						3970 Somme				27 SP Somme		févr. 24 - mars 24

## ▼ Backlog

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	Conseil de la semaine		Développeur	<div><div></div></div> 0%	Should have	815		Application	Pas commencé	5 SP		-
<input type="checkbox"/>	Ajouter des articles		Administrateur	<div><div></div></div> 0%	Should have	810		Application	Pas commencé	2 SP		-
<input type="checkbox"/>	Mise en place d'un certificat SSL		Développeur	<div><div></div></div> 0%	Should have	805		Application	Pas commencé	2 SP		-
<input type="checkbox"/>	Ajouter des conseils de développement sur la...		Développeur	<div><div></div></div> 0%	Could have	800		Application	Pas commencé	2 SP		-
<input checked="" type="checkbox"/>	> Calculateur <sup>4</sup>		Visiteur	<div><div></div></div> 0%	Could have	780		Application	Pas commencé	40 SP		-
<input type="checkbox"/>	Chiffrer les travaux restant		Développeur	<div><div></div></div> 0%	Could have	740		Documenta...	Pas commencé	1 SP		-
<input type="checkbox"/>	Réaliser un benchmarking des applications si...		Développeur	<div><div></div></div> 0%	Won't have	700		Documenta...	Pas commencé	5 SP		-
<input type="checkbox"/>	+ Ajouter Élément											
						5450 Somme				57 SP Somme		-

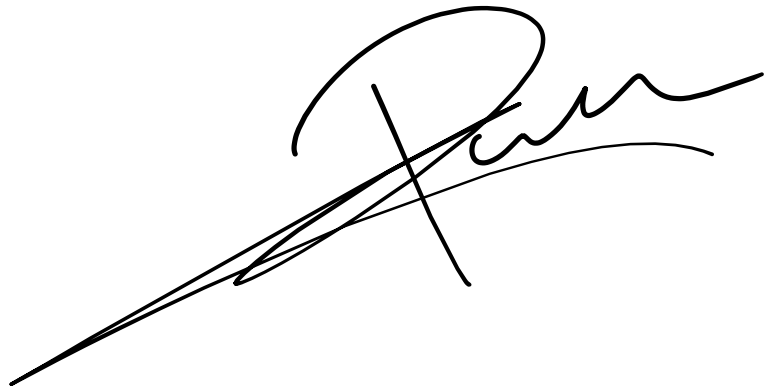
## ▼ Tâches Florian

<input type="checkbox"/>	Élément		En tant que	Progression	MoSCoW	Priorité	Développeur	Type	Statut dev.	Effort estimé ⓘ	Validé par	Échéances
<input type="checkbox"/>	Récupérer le code source du calculateur			<div><div></div></div> 0%					Bloqué			-
<input type="checkbox"/>	Document bonne pratique eco-conception			<div><div></div></div> 100%					Fait			-
<input type="checkbox"/>	Mettre Rémi en collaboration avec une perso...			<div><div></div></div> 100%					Fait			-
<input type="checkbox"/>	Donner un accès à infomaniak pour l'héberge...			<div><div></div></div> 100%					Fait			-
<input type="checkbox"/>	Donner accès Monday à Yann Bocchi			<div><div></div></div> 100%					Fait			-
<input type="checkbox"/>	Donner l'accès à un nom de domaine			<div><div></div></div> 100%					Fait			-
<input type="checkbox"/>	Mise à disposition d'un certificat SSL			<div><div></div></div> 0%					Pas commencé			-

## Déclaration de l'auteur

Par ce document, je déclare avoir rédigé le rapport de ce travail de Bachelor seul et sans aide autres que celles précisées dans la bibliographie, et n'avoir utilisé que les sources explicitement citées. Je ne distribuerai pas de copies de ce rapport à des tiers sans l'autorisation conjointe de l'ISIT-CH et du professeur responsable de la direction de la thèse, y compris les partenaires de recherche appliquée avec lesquels j'ai collaboré. Les informations les plus importantes nécessaires à la rédaction de ce travail sont citées ci-dessus.

Rémi Cohu

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'R' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.