

BearingPoint®



L'IoT au service de la planète

Quantification des gains nets
environnementaux

Sommaire

Introduction	4
Executive Summary	8
Méthodologie	10
Notre partenaire transverse	12
Analyse de nos cas d'usages	14
Irrigation agricole	14
Transport et consommation d'eau	22
Logistique agroalimentaire	32
Autopartage	42
Eclairage public	54
Eclairage tertiaire	64
Consommation électrique résidentielle	72
Portrait de nos entreprises partenaires	78
Annexes	101
Irrigation agricole	102
Transport et consommation d'eau	103
Logistique agroalimentaire	106
Autopartage	111
Eclairage public	113
Eclairage tertiaire	116
Consommation électrique résidentielle	118
Remerciements	121

Introduction

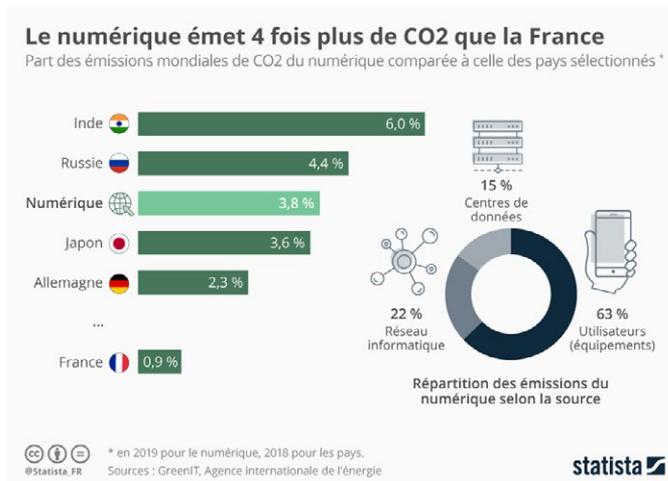
Les pressions exercées par l'homme sur l'environnement sont nombreuses et s'intensifient. Parmi ces pressions, les émissions de gaz à effet de serre conduisent à un changement climatique estimé de +1,5°C à +4°C d'ici 2100 par rapport à l'ère préindustrielle^[1].

Ce changement climatique génère déjà aujourd'hui des conséquences néfastes (augmentation de la fréquence et intensification des canicules, sécheresses, érosion de la biodiversité...). Il est ainsi nécessaire de l'atténuer en réduisant les émissions de gaz à effet de serre mais également de nous y adapter. Pour ce faire, nous devons transformer l'ensemble des activités économiques.

Parmi ces activités, le numérique, désormais omniprésent dans nos vies, occupe une place grandissante. Bien que moins tangible que l'impact environnemental d'autres activités, celui du secteur du numérique n'en demeure pas moins considérable. L'ensemble du marché numérique serait responsable de près de 4% des émissions de gaz à effet de serre globales^[2], soit plus que les émissions générées par l'aviation civile au niveau mondial^[3]. Un chiffre qui, d'après l'INR^(a), pourrait doubler d'ici 2025 au vu de la croissance exponentielle du numérique et de son intégration accrue dans notre quotidien.

Le numérique est responsable de près de 4% des émissions de gaz à effet de serre mondiales.

Image 1 : Poids du numérique dans notre consommation de ressources en 2019 (Statista)



[1] 1er volet du 6eme rapport du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat) - 2021

[2] INR (Julie Gontier) - 6 étapes que toutes les entreprises devraient suivre pour diminuer leur impact digital - 2020

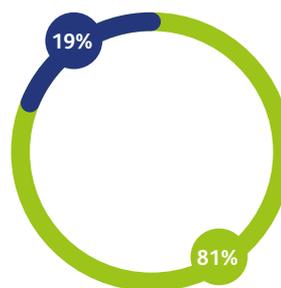
[3] Etude GreenIT « Empreinte environnementale du numérique mondial » - 2019

(a) INR, l'Institut du Numérique Responsable, un think tank créé en 2018 regroupant des entreprises et des organisations, réfléchissant et promouvant un numérique respectueux de l'environnement, inclusif, solidaire et éthique.

De fait, le numérique requiert une exploitation massive de ressources primaires et d'énergie majoritairement fossile dont l'extraction et la combustion polluent fortement, tout au long du cycle de vie des équipements. De la fabrication des terminaux à leur utilisation jusqu'à leur fin de vie, en passant par le fonctionnement des réseaux et des data centers, le numérique consomme une grande quantité d'énergie fossile, d'eau, d'électricité^[4] et nécessite l'extraction de ressources naturelles notamment de terres rares et de métaux considérés comme critiques et stratégiques. Toutes ces étapes émettent des gaz à effet de serre.

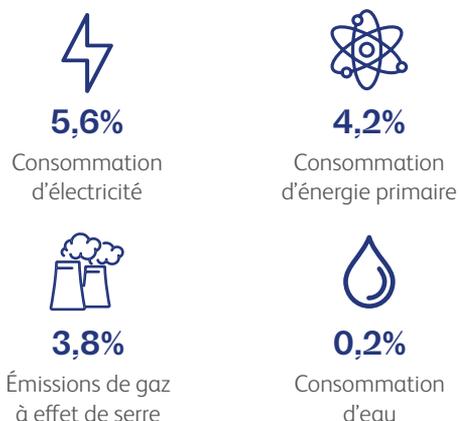
et analyse prospective » publié par l'ADEME et l'ARCEP en janvier 2022)^[5].

Graph 1 - Emissions de GES engendrées par le numérique^[6]



- Fabrication et distribution des terminaux
- Usage (Réseaux et centres informatiques)

Schéma 1 - Parts mondiales du numérique par indicateur environnemental en 2019^[5]



Si les phases les plus émettrices restent la construction et l'utilisation des terminaux, les opérateurs télécoms souhaitent également verdir leur empreinte. Au-delà du cycle de vie des terminaux, les opérateurs et fournisseurs d'accès internet ont également une incidence forte sur l'empreinte carbone du numérique.

En fin de vie, le numérique devient également source de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) qui ne sont que très peu collectés et recyclés. Dans le monde, seuls 17% des déchets électroniques sont recyclés d'après les données de l'INR (MOOC Numérique Responsable). Ils finissent pour la plupart incinérés, enfouis ou abandonnés dans des décharges sauvages, entraînant ainsi une pollution des sols, de l'eau et de l'air. Dans le cas général, c'est cependant la phase de fabrication des outils numériques qui émet le plus, totalisant à elle seule 80% de l'empreinte carbone du numérique en France (selon le rapport « Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France

Les infrastructures nécessaires pour fournir les services de télécommunication ont un poids écologique certain. Les réseaux, qui représentent en France 5% de l'empreinte carbone du numérique, ainsi que les datacenters (14% des émissions du numérique en France) sont des postes d'émissions que les opérateurs cherchent à réduire et optimiser^[7]. Concrètement, cela signifie adapter la puissance des antennes en fonction du trafic, remplacer les vieux équipements par du nouveau matériel moins énergivore, utiliser des antennes recyclées ou reconditionnées... Certains opérateurs éteignent même pendant la nuit certaines fréquences 4G sur l'ensemble de leur parc d'antennes, de quoi diminuer l'empreinte globale du réseau de 10%.

D'un autre côté, le poids écologique du numérique est à relativiser et à mettre en regard des alternatives.

[4] Rapport d'information fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable par la mission d'information sur l'empreinte environnementale du numérique, Hervé Maurey et Patrick Chaizé, juin 2020.

[5] Etude GreenIT « Empreinte environnementale du numérique mondial » - 2019

[6] Rapport d'information du Sénat n° 555 (2019-2020) « Pour une transition numérique écologique »

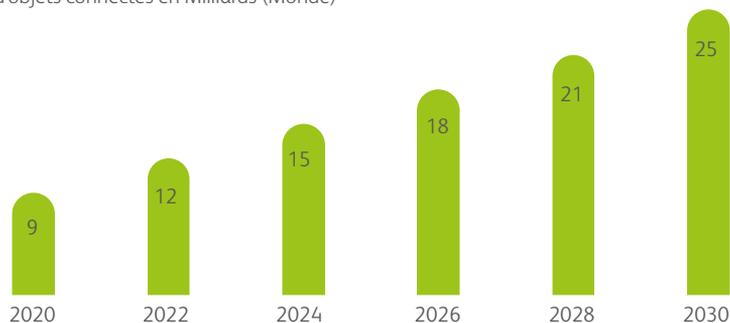
[7] Étude Arthur D Little 2021 pour l'agence française des télécoms

Les services proposés par les opérateurs et fournisseurs d'accès à Internet peuvent permettre de réduire l'empreinte carbone des consommateurs : par exemple, une journée de télétravail par semaine (permise par les technologies numériques) permet d'économiser 200 kg de Co₂eq par an et par travailleur, soit l'équivalent d'un aller-retour en avion Paris-Toulouse^[8].

Cependant, le numérique est de plus en plus présent dans nos vies. Le nombre d'objets connectés explose et l'IoT est devenu l'une des technologies les plus importantes du XXI^e siècle, enregistrant une croissance annuelle moyenne de 11,3 % entre 2020 et 2024^[9].

On comptait 9 milliards d'objets connectés dans le monde en 2020, un chiffre amené à tripler pour atteindre 25 milliards d'objets connectés en 2030.

Graph 2 - Nombre d'objets connectés en Milliards (Monde)^[10]



Cette matérialisation d'Internet dans le monde réel génère un accroissement du recours au numérique mais surtout du nombre d'équipements. C'est pourtant la fabrication de ces équipements qui représente la plus grande source d'émissions de gaz à effet de serre du numérique. L'IoT amplifie ainsi l'empreinte environnementale du numérique. L'enjeu principal est donc de parvenir à verdir ce domaine (Green IoT), tout en exploitant ses potentialités au service de la transition environnementale (IoT for Green).

Le Green IoT vise à réduire l'impact environnemental de l'IoT lui-même. Cela passe par une fabrication plus durable des équipements en les écoconcevant, par exemple à l'aide de matériaux recyclés ou en les rendant moins gourmands en énergie. Il est également intéressant de travailler sur la phase d'utilisation en s'attendant à viser un usage plus responsable de nos équipements (les éteindre quand ils ne sont pas utilisés, programmer le mode veille, limiter l'envoi de donnée au strict nécessaire, etc.), ou encore repenser la fin de vie des équipements.

[8] Fédération française des télécoms, Comprendre l'empreinte environnementale

[9] State of IoT, IoT Analytics, Spring 2022

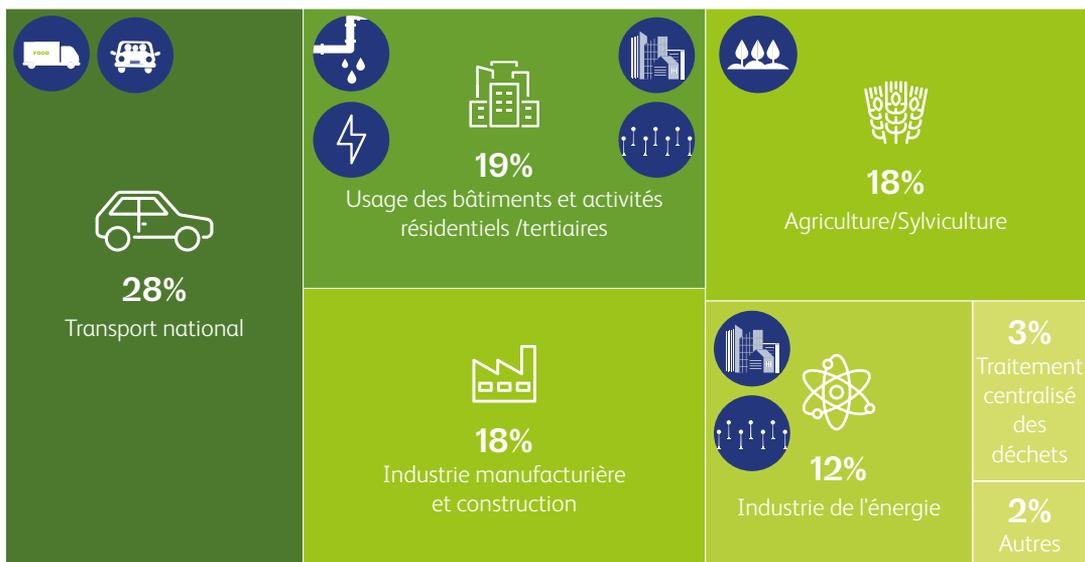
[10] IoT France & international 2021 Market trend analysis and use cases, BearingPoint

[11] BearingPoint - IoT France & international 2021 Market trend analysis and use cases - 2022

Quant à l'IoT for green, il donne accès à des données physiques plus fines et nombreuses, permettant ainsi de mieux piloter et commander les activités physiques et leurs impacts environnementaux. L'IoT présente donc des opportunités pour limiter l'impact environnemental d'autres activités et peut ainsi être mis au service de la transition écologique. En nous permettant de communiquer à distance, l'IoT limiterait nos déplacements et donc l'empreinte de ceux-ci. En nous offrant des outils de prévision toujours plus intelligents, l'IoT peut aider à mieux cibler la demande et donc à limiter la perte de stocks et le gaspillage dans l'industrie. Ou encore, en créant des systèmes de transports intelligents, ces technologies IoT peuvent nous permettre d'optimiser la mobilité urbaine et participer ainsi à l'émergence de villes plus durables et intelligentes. Utilisé de façon responsable, l'IoT permet donc d'éviter des émissions et de limiter l'utilisation de ressources naturelles inhérentes à certains secteurs. Il représente ainsi un levier pour décarboner nos activités.

Reste à vérifier que le bilan environnemental net de l'IoT est bien positif, c'est-à-dire que les gains environnementaux générés par ces cas d'usage sont clairement supérieurs aux coûts environnementaux additionnels liés à la mise en place des solutions connectées. À travers l'analyse chiffrée de 7 cas d'usage multi-sectoriels, sélectionnés avec notre partenaire Mavana pour couvrir un panel d'activités environnementalement coûteuses et sur lequel l'IoT semble *a priori* environnementalement vertueux, nous quantifions ce bilan environnemental (qu'il s'agisse d'une meilleure consommation de ressources naturelles, d'une réduction d'émissions de GES ou de réduction de risques environnementaux).

Schéma 2 - Mix moyen des émissions de GES en France



Nous avons sélectionné dans le cadre de cette étude 7 cas d'usage reliés à des secteurs d'activité fortement

émetteurs et générant environ 75% des émissions de GES en France.

Nos cas d'usage et partenaires

Partenaire transverse



Irrigation agricole



Transport et distribution d'eau



Logistique agroalimentaire



Autopartage



Éclairage public



Éclairage tertiaire



Consommation électrique résidentielle



Sans prétendre à l'exhaustivité ni à la rigueur scientifique d'un papier de recherche, ces cas d'usage multi-sectoriels illustrent des bénéfices de l'IoT pour lutter contre le dérèglement climatique. Nous espérons que ce travail collégial, mené conjointement avec des fournisseurs et utilisateurs de solutions IoT membres de notre IoT Business Hub et notre partenaire Mavana,

contribuera à stimuler des pistes de réduction « rapide, radicale et le plus souvent immédiate » de notre impact environnemental comme l'a souligné le dernier rapport du GIEC^[12].

[12] 3ème volet du 6ème rapport du GIEC, Climate Change 2022 - Impacts, Adaptation and Vulnerability, avril 2022

Executive Summary

A travers notre étude qui a mobilisé 15+ fournisseurs de solutions IoT dans l'analyse quantitative de 7 cas d'usages sur un large périmètre géographique (France, Europe, Afrique, États-Unis), on constate que la mise en place et l'utilisation de solutions IoT semble être une voie prometteuse, permettant de réaliser des économies notables en Co₂eq et en eau. En effet, selon nos calculs, la mise en place de ces solutions pourrait générer en France des gains nets en Co₂eq allant de 8% à 36% et des gains bruts en eau allant de 9% à 22%. Quantitativement, sur une année en France, les économies pourraient représenter entre 26 000 tonnes et 3 millions de tonnes de Co₂eq et entre 250 millions et 800 millions de m³ d'eau par an.

Au-delà des gains nets calculés, il est également intéressant de constater les rendements environnementaux importants des cas d'usage modélisés, avec des rendements égaux ou supérieurs à 10 pour la consommation de CO₂eq pour 5 des 7 cas d'usages étudiés. On peut notamment constater de forts rendements (~1000) pour les cas d'usages autopartage et logistique agroalimentaire.

Néanmoins, il est évident que l'utilisation de technologies ne saurait constituer le seul levier de réduction de notre empreinte environnementale. Des démarches de sobriété dans la consommation de nos ressources naturelles et sources d'énergie doivent ainsi accompagner le développement d'outils réduisant notre impact. Ce sera sans doute la meilleure façon d'éviter le fameux effet rebond tant redouté après le déploiement de technologies environnementalement efficaces.

Les chiffres présentés sont calculés sur un périmètre France, sur un périmètre temporel d'une année.

L'indice de confiance est calculé sur la base des données que nous avons eu à notre disposition dans la réalisation des différentes modélisations, notamment :

- du niveau de confiance vis-à-vis de l'estimation de l'empreinte environnementale de la solution IoT*
- de la prise en compte des émissions liées au numérique (cloud).*

Des travaux complémentaires peuvent être menés afin d'affiner ces estimations.

TRANSPORT ET CONSOMMATION D'EAU



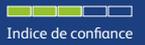
800 millions m³
de pertes évitées

soit l'équivalent
de 3%
de l'eau distribuée
en France

Gain brut
en eau
9%



ECLAIRAGE TERTIAIRE



26 000 t
de Co₂eq évitées

soit 0.007%
des émissions GES
France

Gain net en Co₂
19%



IRRIGATION AGRICOLE



250 millions m³
de perte d'eau évités

soit 1%
de l'eau
distribuée en
France

Gain brut
en eau
22%



AUTOPARTAGE



50 000 t
de Co₂eq évitées

soit 0,01%
des émissions GES
France

Gain net en Co₂
8%



ECLAIRAGE PUBLIC



95 000 t
de Co₂eq évitées

soit 0.03 %
des émissions GES
France

Gain net en Co₂
36%



LOGISTIQUE AGROALIMENTAIRE



610 000 t
de Co₂eq évitées

soit 0,17%
des émissions GES
France

Gain net en Co₂
9%



CONSOMMATION ÉLECTRIQUE (logements résidentiels)



3 000 000 t
de Co₂eq évitées

0,8%
des émissions GES
France

Gain net en Co₂
9%



Méthodologie

Dans le cadre de cette étude, la méthodologie de quantification des impacts GES “Quanti GES” de l’ADEME a été utilisée.

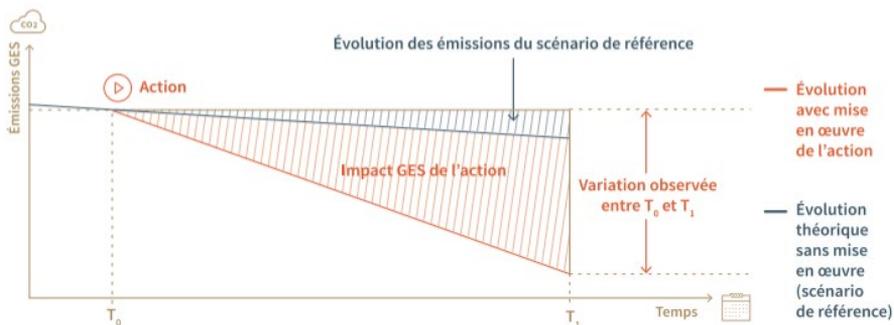
Schéma 3 - ADEME - Méthodologie Quanti GES



LA MÉTHODE EN QUELQUES LIGNES

L’OBJECTIF : QUANTIFIER L’IMPACT GES D’UNE ACTION DE RÉDUCTION

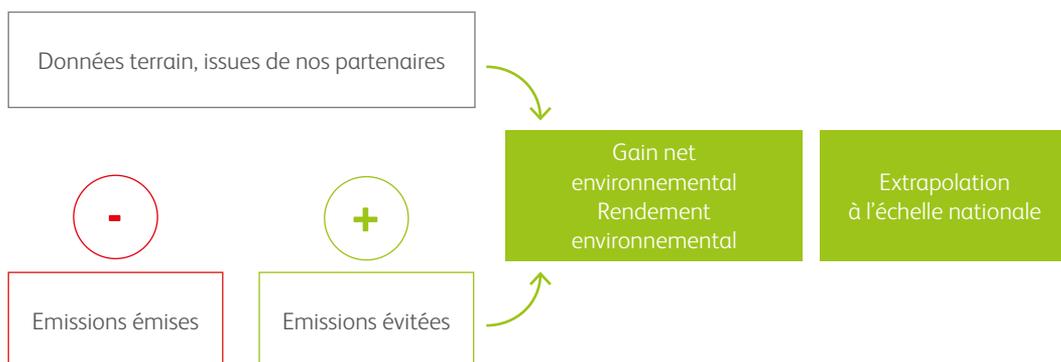
L’impact GES d’une action de réduction des émissions GES est la variation des émissions de GES, mesurée en tonne équivalent CO₂, résultant de la mise en œuvre de ladite action. Sa quantification est complexe et ne se limite pas à la simple différence des émissions observées avant/après mise en œuvre de l’action. Par définition, l’impact GES se calcule à partir de la comparaison, sur la période d’observation considérée, entre les émissions de GES du scénario de référence (sans action) et celles du scénario avec action.



L'objectif de l'exercice mené au cours de cette étude est de donner des ordres de grandeur afin d'estimer le potentiel de généralisation des solutions IoT sur la réduction des émissions gaz à effet de serre, de CO_2eq et de consommation d'eau. Il ne s'agit pas ici d'un exercice de quantification exhaustive, avec un niveau de précision scientifique.

En effet, les quantifications effectuées dans cette étude ont parfois été réalisées sur base de données déclaratives communiquées par les entreprises ayant contribué à notre étude.

Plus particulièrement dans le cadre des exercices d'extrapolation menés pour les différents cas d'usages, le procédé calculatoire utilisé consiste en l'extrapolation d'un modèle réduit à l'échelle d'un pays. Les résultats n'étant pas issus d'une quantification environnementale complète, ils n'ont donc pas comme finalité à être réutilisés en tant que source de donnée fiable à l'échelle d'un pays et sont à considérer en termes d'ordre de grandeur.



Notre partenaire transverse



Mavana est un acteur indépendant qui s'est donné pour mission d'aider les organisations à identifier leurs impacts environnementaux (notamment leurs émissions de gaz à effet de serre) qui peuvent être réduits grâce à l'utilisation de solutions IoT (Internet des Objets) du marché ; en prenant en compte 4 dimensions : l'adéquation technique, l'adéquation sociale, la rentabilité économique et la rentabilité environnementale.

Mavana est née de l'association de 4 personnes aux profils complémentaires. Gillo Malpart, Jean-François Pinson, Kelly Le Goff et Julie Parpaillon mêlent à la fois une expérience significative dans l'Internet des Objets (IoT), l'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage et une expertise en quantification des impacts environnementaux et sociaux de la technologie.

Les services offerts par Mavana

- Sensibilisation
- Évaluation
- Planification
- Intégration

Mavana propose un ensemble de services numériques et de prestations intellectuelles pour vous aider à trouver le meilleur compromis entre efficacité financière, technologique, environnementale et sociétale. S'inscrivant dans une démarche d'éco-conception et de bienveillance sociale, les experts de Mavana proposent un ensemble de prestations de services tout au long du cycle de vie d'un projet de transformation numérique.

1. Des ateliers et formations pour **sensibiliser** à l'impact des activités humaines et des entreprises afin de mobiliser pour une transition écoresponsable.
2. Des outils et méthodologies (Analyse de Cycle de Vie, Bilan Carbone®, Retour sur Investissement Financier et Environnemental...) afin **d'évaluer** l'impact des activités de l'entreprise ainsi que les solutions connectées pour le limiter.
3. Des études de faisabilité, des analyses de risques pour **préparer** et **planifier** le projet en amont et accompagner le changement.
4. De l'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage et de la gestion de projet pour mettre en œuvre et **intégrer** un projet IoT écoresponsable avec un suivi des indicateurs clés de performance.

Un outil d'aide à la décision

La méthodologie de Mavana est renforcée par un outil d'aide à la décision développé à l'attention des porteurs de projets qui souhaitent prendre en compte la triple comptabilité financière, environnementale et sociétale de leurs projets.

Cet outil incorpore un système de modélisation des activités d'une entreprise, ainsi qu'un évaluateur d'empreinte environnementale et un moteur de recommandations multicritères. Il permet aux organisations d'identifier dans leurs processus opérationnels les émissions de gaz à effet de serre – et plus généralement les impacts environnementaux – qui peuvent être réduits grâce à l'utilisation d'objets connectés et de recevoir des recommandations de solutions connectées, évaluées environnementalement et pertinentes pour leur situation.

www.mavana.earth

[Mavana : Présentation | LinkedIn](#)



Irrigation agricole



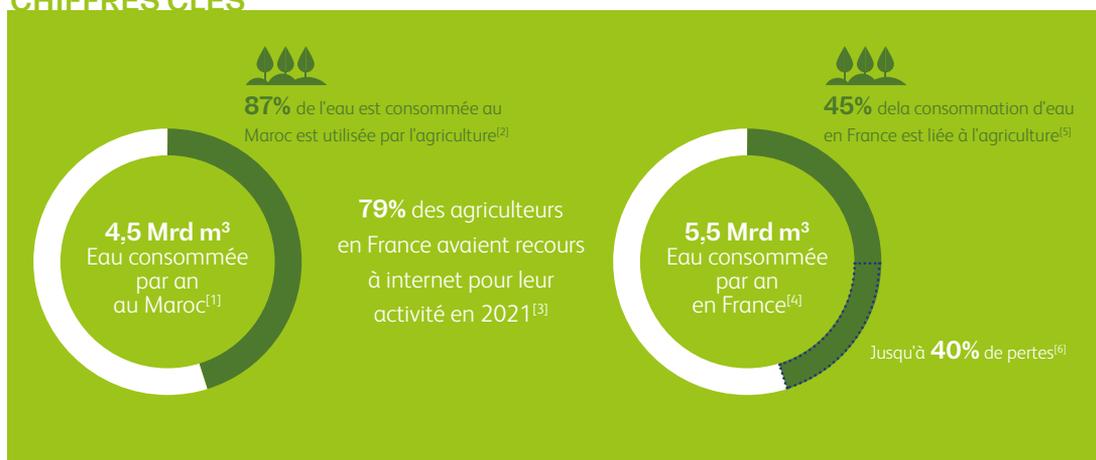
Pourquoi ce *use case* a-t-il été choisi ?

L'agriculture est l'activité la plus consommatrice en eau dans le monde, devant l'industrie et les usages domestiques. Cette consommation se fait principalement via l'irrigation qui utilise des méthodes conventionnelles très consommatrices en eau, notamment l'irrigation par aspersion. D'après le FAO, l'agriculture utiliserait environ 70% de la consommation mondiale en eau douce et serait responsable de 18% des émissions de gaz à effet de serre, mais l'efficacité d'utilisation dans de nombreux pays reste inférieure à 50%. C'est ainsi que la technologie (et notamment l'IoT) s'avère comme

l'un des principaux leviers pour la réduction de cette consommation en eau.

En effet, les agriculteurs se dirigent de plus en plus vers les nouvelles technologies pour optimiser leur consommation d'eau, augmenter leur rendement et réduire leur impact environnemental. Ainsi, face à cette émergence de la technologie et le manque d'efficacité des systèmes d'irrigation actuels, nous explorons, dans le cadre de cette étude, l'impact de l'IoT sur l'agriculture et le gain que certaines solutions de *smart irrigation* permettent d'atteindre.

CHIFFRES CLÉS



[1] LavieEco, Maroc : 70 litres d'eau par habitant et par jour, USA : 600 litres l - La Vie éco (lavieeco.com) - 2012

[2] AgriMaroc.ma, Maroc : l'agriculture utilise 87% des ressources en eau (agrimaroc.ma) - 2020

[3] Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, Infographie - L'agriculture connectée | Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire - 2021

[4] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, L'eau en France : ressource et utilisation - Synthèse des connaissances en 2021 | Données et études statistiques (developpement-durable.gouv.fr) - 2021

[5] OFB (Office français de la biodiversité) et la BNPE (Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau) d'après Francetvinfo, INFOGRAPHIES. Agriculture, eau potable, centrales nucléaires... Comment l'eau est consommée en France en quatre graphiques (francetvinfo.fr) - 2022

[6] Commission européenne d'après l'IRSTEA, DP Irstea Economies deau en irrigation.pdf (inrae.fr) - 2019

Description du *use case* & solutions IoT

La *smart irrigation* ou irrigation intelligente, permet à l'agriculteur d'optimiser ses systèmes d'irrigation. Via des capteurs de température et d'humidité ou même des capteurs météorologiques, l'agriculteur peut suivre

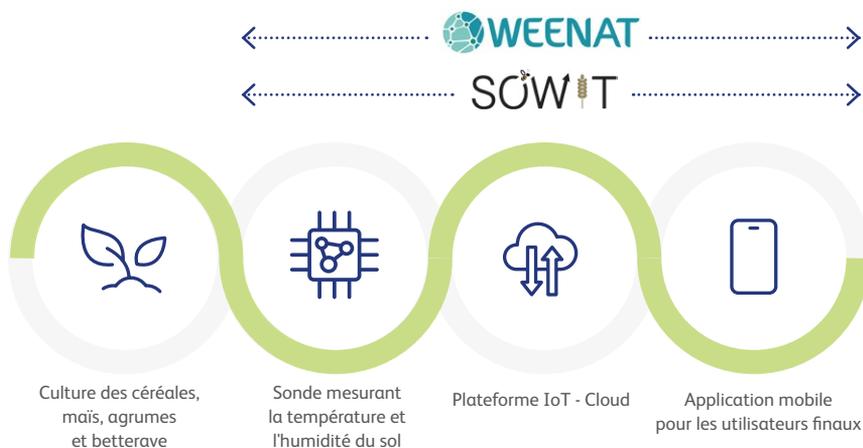
l'état de ses parcelles en temps réel pour ainsi détecter les périodes de stress hydriques. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes focalisés sur deux solutions déployées dans 2 zones géographiques différentes.

La solution de Weenat

Déployée principalement en Europe, la solution de Weenat permet aux agriculteurs de suivre en temps réel les conditions météorologiques, hydriques et agronomiques de leurs parcelles.

La solution de Sowit

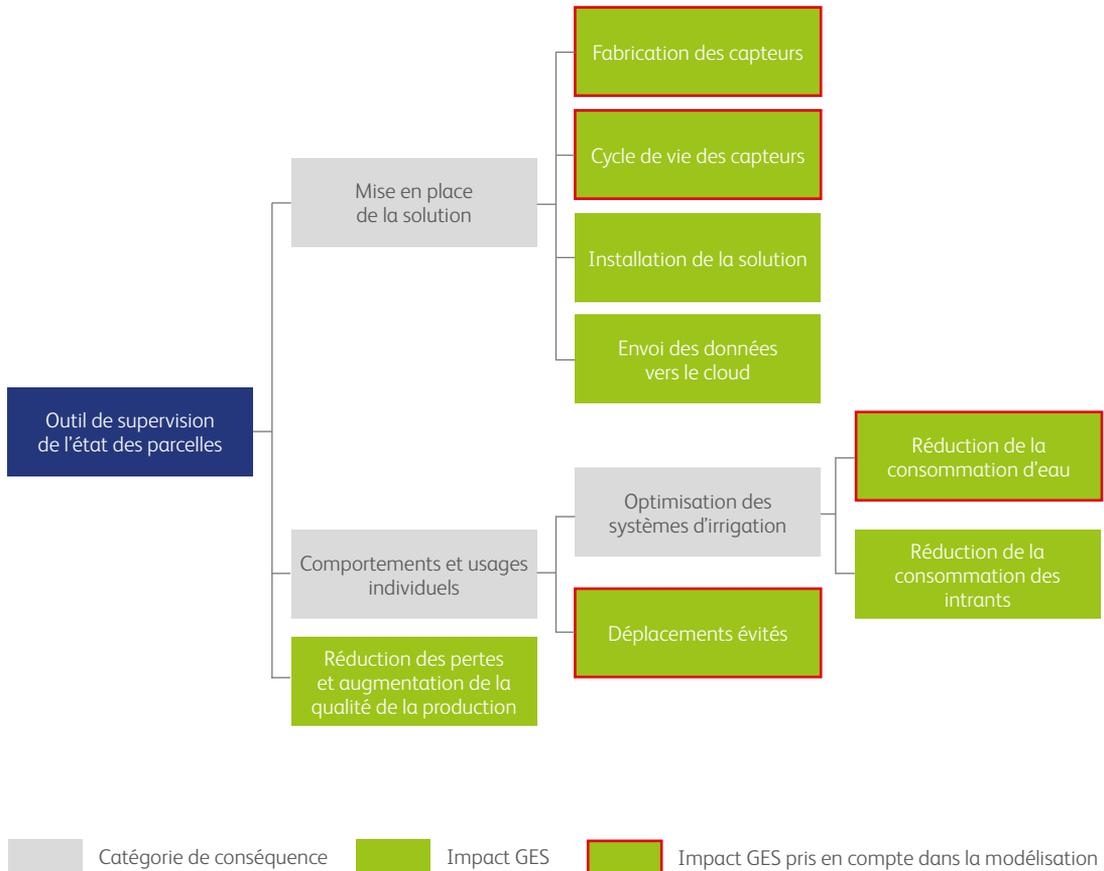
Déployée principalement en Afrique, la solution de Sowit combine IoT et imagerie satellitaire pour construire des outils d'aide à la décision pour l'agriculteur.



Arbre des conséquences et périmètre modélisé

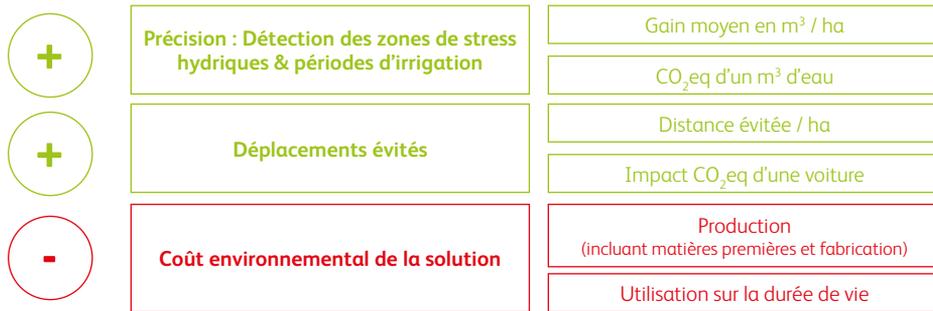
Afin de procéder à une analyse de l'impact environnemental avec et sans IoT, il s'agira de confronter la consommation d'eau des pratiques

agricoles conventionnelles avec celle d'une agriculture utilisant des capteurs pour piloter l'irrigation.



Modélisation

Afin d'estimer l'impact environnemental des solutions IoT, nous prenons en compte les éléments ci dessous :



Faute de données, nous ne prenons pas en compte le transport, l'installation et la fin de vie des capteurs dans le cadre de cette étude.

Hypothèses principales



Sources principales



Le volume d'eau d'irrigation change selon la région et la culture. Dans le cadre de cette étude, nous nous focaliserons sur la culture du maïs et des céréales en France, et des agrumes et de la betterave sucrière au Maroc. Ce choix découle du fait que la culture des céréales et du maïs consomme environ 45% de l'eau d'irrigation en France^[7]. Le Maroc, quant à lui, est

un leader mondial de l'agrumiculture, en particulier pour la production de mandarine, où il se place quatrième dans le monde avec plus de 1 300 000 tonnes produites par an. Enfin, la betterave sucrière est la source principale de sucre au Maroc et, en 2020, est devenue la production agricole avec le plus grand rendement du pays (15 à 20 t par hectare)^[8].

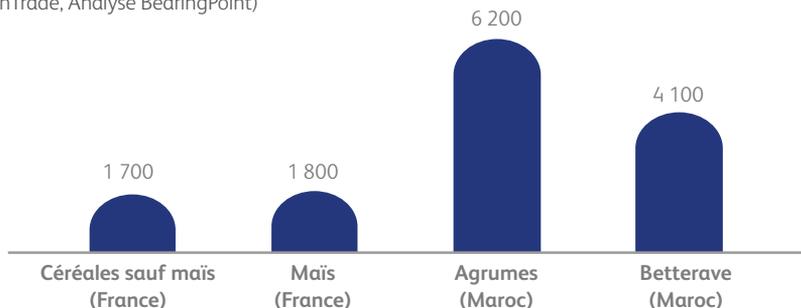
[7] Perspectives agricoles, untitled (perspectives-agricoles.com) – 2006

[8] FellaTrade, La culture de la betterave potagère - Fella Trade (fella-trade.com)

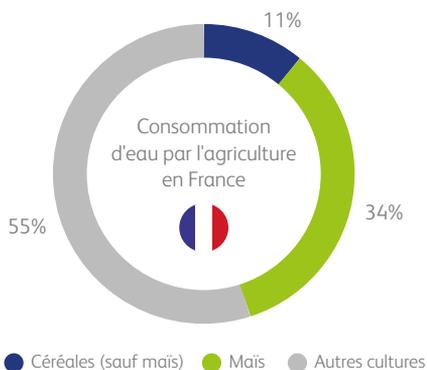
Notre analyse portera donc sur l'estimation du volume d'eau économisée et de l'empreinte carbone de ces solutions. Ainsi, nous nous intéressons aux données ci-dessous :

1. Le volume d'eau nécessaire pour chaque culture

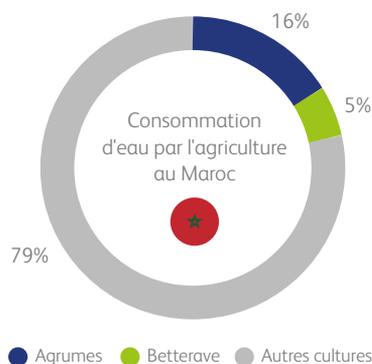
Graphe 1 : Estimation du volume d'eau d'irrigation nécessaire par saison agricole (en m³/ha) (Aquastat, FellaTrade, Analyse BearingPoint)



Graphe 2 : Répartition de la consommation d'eau d'irrigation par culture en France



Graphe 3 : Répartition de la consommation d'eau d'irrigation par culture au Maroc



Sources : EauFrance, Onep, Analyse BearingPoint, LaVieEco

2. Les économies d'eau réalisées grâce aux capteurs

Elles sont estimées à 20% en France selon les données de nos partenaires (cohérentes avec le rapport de l'IRSTEA publié en 2017). En tenant compte des méthodes d'irrigation déjà très économes en eau qui ont été mises en place au Maroc grâce au Plan Maroc vert lancé en 2008 (principalement de la micro-irrigation, contre de l'irrigation par aspersion en France), nous estimons que l'économie en eau apportée par la solution IoT est de 10% au Maroc.

Les émissions CO₂eq par culture

L'eau utilisée pour les cultures est pompée soit grâce au réseau électrique soit via un générateur thermique. En faisant l'hypothèse d'une répartition égale entre les deux méthodes de pompage (50% de pompage via le réseau électrique et 50% via un générateur thermique), nous trouvons un facteur d'émission en France de 0,15 kgCO₂eq/m³. Au Maroc, et sachant que le mix électrique est 12,5 fois plus émetteur que celui de la France (du fait des énergies principalement fossiles utilisées à ce jour pour la production de l'électricité)^[9], nous estimons le facteur d'émission à 0,275 kgCO₂eq/m³.

3. L'économie de CO₂ grâce au trajet économisé par l'agriculteur pour vérifier l'état de ses parcelles

D'après les données de nos partenaires, nous l'estimons à 20Km par jour en France.

4. L'empreinte des devices

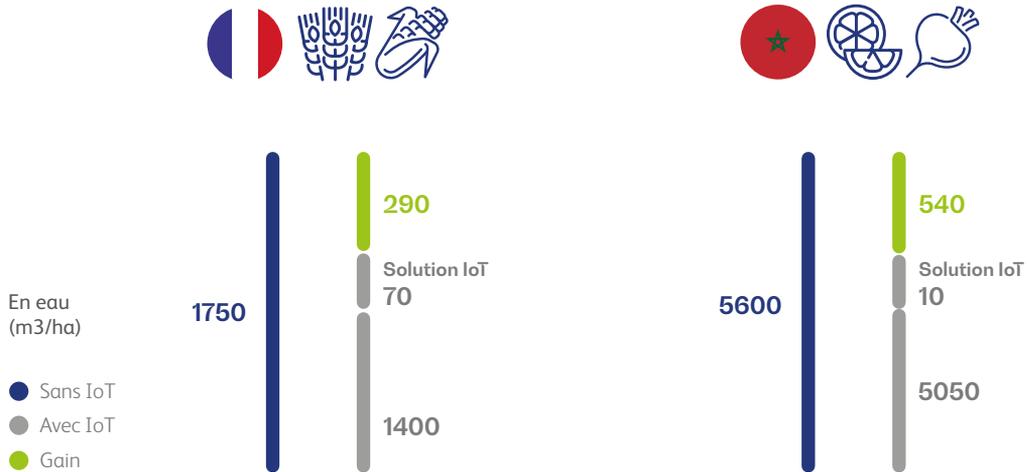
Empreinte carbone : en tenant compte de la production et l'utilisation pendant toute la durée de vie (10 ans), nous estimons l'empreinte carbone des capteurs utilisés à 24,3 kgCO₂eq, soit 2,43 kgCO₂eq/an.

Empreinte eau : En s'appuyant sur le poids des capteurs utilisés pour suivre l'irrigation, et en tenant compte de leur fabrication et utilisation, nous estimons leur empreinte eau à 1400 m³ soit 140 m³/an.

[9] Lydec ; (lydec.ma) - 2016

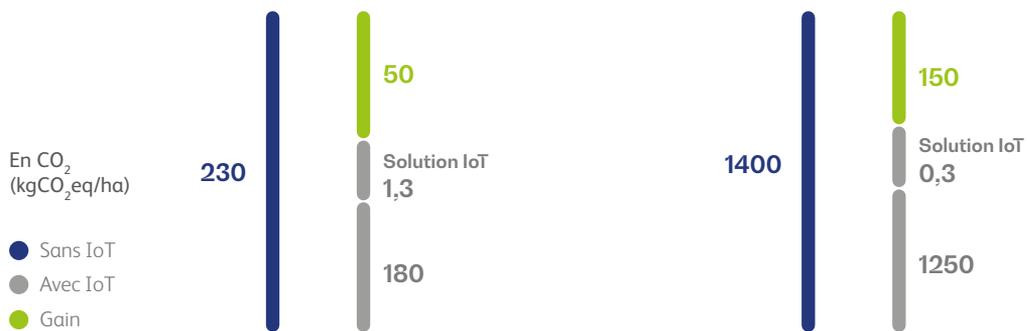
Résultats

Sur notre périmètre



La solution IoT permet d'économiser environ 290 m³ d'eau par hectare et par an pour la culture des céréales et maïs en France, et environ 540 m³ pour la culture des agrumes et betterave sucrière au Maroc.

Pour aller plus loin, et pour visualiser l'impact carbone de cette solution, nous établissons un bilan en prenant en compte l'empreinte carbone de la solution et les économies de déplacement (estimés à 20 km par jour) vers les parcelles grâce à la connectivité qui remonte les données en temps réel à l'agriculteur.



20% gain

Soit une économie par hectare équivalente aux émissions d'un trajet Paris – Tours en voiture

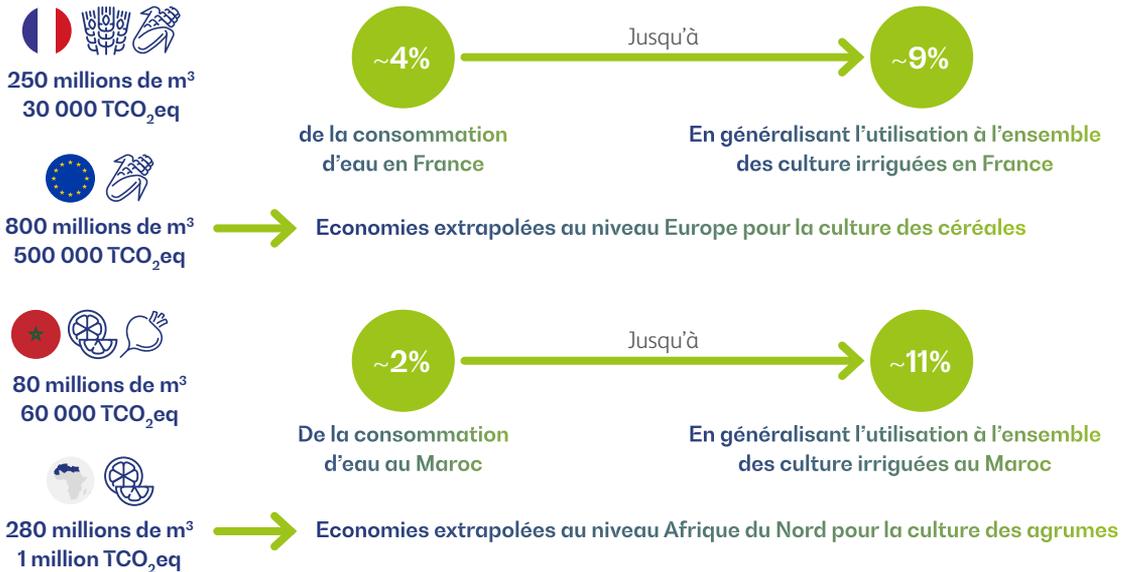
10% gain

Soit une économie par hectare équivalente aux émissions de 4 A/R Casablanca – Rabat en voiture

Extrapolation

Pour visualiser l'impact environnemental à plus grande échelle, nous appliquons les résultats trouvés à l'ensemble des surfaces irriguées en France, au Maroc,

en Europe et en Afrique du Nord pour lesdites cultures. Nous obtenons les gains d'eau et de CO₂ équivalent ci-dessous :



Les solutions de *smart irrigation* pour la culture des céréales et maïs pourraient contribuer à la réduction de la consommation d'eau en France jusqu'à environ 4%, soit l'équivalent de 2,5 fois la consommation des parisiens par an. En extrapolant à l'ensemble des surfaces irriguées pour les autres cultures en France, les économies pourraient atteindre 9% de la

consommation d'eau totale. Au Maroc, les solutions de *smart irrigation* pour la culture des agrumes et betterave pourraient contribuer à des économies d'eau d'environ 2%. En extrapolant à l'ensemble des surfaces irriguées pour les autres cultures au Maroc, les économies pourraient atteindre 11% de la consommation d'eau totale.

Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂ eq)

Gain environnemental net (Maroc)
Gain environnemental net (France)
Coût environnemental de la solution IoT



La solution IoT a un rendement 1 pour 10 en France et de 1 pour 100 au Maroc, c'est-à-dire que pour 1 tonne émise pour créer la solution, 10 tonnes sont économisées en France et 100 tonnes sont économisées au Maroc grâce à cette même solution.

Pour aller plus loin

En plus des économies d'eau et de déplacement, les solutions de *smart irrigation* permettent de limiter l'utilisation des intrants. Suite à une première analyse nous estimons les économies d'engrais à 300 kg par hectare. En tenant compte de la production et l'épandage, les économies carbone liées aux intrants s'élèvent à environ 1000 kgCO₂eq/ha soit une économie totale d'environ 150 000 tCO₂eq au Maroc

pour la culture des agrumes et de la betterave. Le potentiel de l'agriculture connectée ne se cantonne pas à l'optimisation des systèmes d'irrigation. De nombreuses autres solutions restent à analyser et leur potentiel demeure à explorer telles que les solutions pour l'automatisation des serres ou la surveillance et gestion du bétail.



Transport et consommation d'eau



Pourquoi ce *use case* a-t-il été choisi ?

En France, chaque année, 1 litre d'eau potable sur 5 serait gaspillé en raison de fuites^[1]. Cela correspond à 430 000 piscines olympiques par an. Dans le monde, on estime cette perte à 45 millions de mètres cubes par jour, soit une valeur de plus de 3 milliards de dollars (US\$) de perte par an^[2]. Selon l'ADEME, le facteur d'émission de l'eau potable s'élève à 0,132 kgCO₂eq/m³. Ainsi, chaque année la France émet 171 600 tonnes de CO₂eq en traitant de l'eau qui ne sera jamais utilisée^[3]. Au-delà des gaz à effet de serre émis, la perte d'eau potable représente un réel problème, d'autant qu'une grande partie du monde vit actuellement de fortes problématiques de sécheresse. Si nous ne contrôlons pas mieux les fuites, les problématiques d'aridité des sols et le manque d'eau ne feront qu'augmenter.

Face à ces pertes, l'IoT fournit des solutions innovantes et prometteuses. Cette étude se focalisera ainsi sur la détection intelligente des fuites grâce à la mise en place de compteurs d'eau équipés de capteurs IoT. Ces derniers sont capables de détecter des fuites d'eau directement depuis les canalisations.

Ils permettent à la fois d'améliorer la supervision et la maintenance à distance des équipements mais aussi d'alerter en temps réel le gestionnaire en cas de dysfonctionnement sur le réseau. Selon l'ADEME, les fuites risquent d'atteindre le seuil des 30% de pertes en France. Alors, afin de lutter contre un phénomène qui ne fait qu'amplifier, certaines entreprises et collectivités locales, par exemple la ville de Lyon accompagnée de l'entreprise Birdz se sont donnés pour objectif d'ici 2030 d'assurer la réduction de 30% des fuites d'eau des réseaux équipés de leurs capteurs IoT.

La mise en place de ces solutions de détection intelligente va également contribuer au contrôle de la qualité de l'eau et à la délimitation du périmètre de la fuite, pour ensuite procéder à un remplacement du matériel défaillant. Ainsi, Tomorrow city et IBM ont réussi dans de nombreuses villes d'Espagne, à diviser les pertes hydriques par deux^[4]. World Bank estime même que les fuites d'eau pourraient être réduites de 75% en utilisant des technologies IoT^[5].

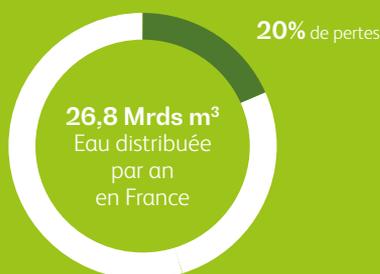
CHIFFRES CLÉS



Dans le monde, **50%** de l'eau puisée par le réseau d'une collectivité n'est jamais redistribuée aux foyer, en raison de canalisations perforées^[6].



En France, le rendement moyen des réseaux de distribution d'eau potable est évalué à près de 80% : les fuites représentent donc **20%** de l'eau mise en distribution^[7].



[1] Le Monde avec AFP - 1 300 milliards de litres d'eau potable perdus dans des fuites (lemonde.fr) - Mars 2014

[2] The World Bank and the International Water Association to Establish a Partnership to Reduce Water Losses - Janvier 2016

[3] ADEME - Documentation Base Carbone (ademe.fr), partie eau de réseau

[4] Tomorrow city - smart water management: real cases of iot that are helping to improve cities - Avril 2022

[5] Data Science Central (Sanjeev Verma) - Water Leakage Detection System: How IoT Technology Can Help? - Mai 2021

[6] Europe 1 (Louise Sallé) - Gaspillage : l'intelligence artificielle au secours des fuites d'eau potable - Mars 2022

[7] Eau France - Repère Rendement des réseaux d'eau potable - 2012

Description du *use case* & solutions IoT

La modélisation du circuit de l'eau comporte 3 étapes : le traitement de l'eau potable, son transport dans les canalisations urbaines et la consommation d'eau dans les bâtiments.

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés aux deux dernières étapes : le transport de l'eau dans les canalisations publiques et la consommation de l'eau dans les bâtiments industriels, dans les bâtiments tertiaires ainsi que dans les foyers résidentiels.



Afin de réaliser notre modélisation, nous avons coopéré avec des entreprises partenaires, fournisseurs de solutions IoT spécialisés dans le suivi et le pilotage de la consommation d'eau :

Nous avons coopéré avec l'entreprise **Birdz**, filiale de Veolia. Birdz propose des solutions IoT pour les villes, les industriels et le secteur tertiaire. L'entreprise propose notamment des solutions IoT permettant la gestion de la consommation d'eau et la détection de fuites à déployer sur tout le périmètre d'une ville : les canalisations, les habitations, ainsi que tout autre type d'immeubles. Le compteur d'eau intelligent déployé est complété par une plateforme permettant de mesurer la consommation d'eau en continu et de détecter les fuites en temps réel, grâce à des alertes de surconsommation.

Nous nous sommes concentrés également sur des périmètres spécifiques :

- Les immeubles industriels et tertiaires en partenariat avec l'entreprise **Robeau**. Cette société propose des compteurs et capteurs de consommation d'eau connectés.

Les produits IoT s'installent sur l'infrastructure des canalisations des bâtiments pour identifier des anomalies. Les données de consommation sont transmises en temps réel via un réseau privé LoRa à une plateforme de gestion. Le service alerte des fuites détecte de potentielles anomalies et surconsommations.

- Les immeubles résidentiels en partenariat avec l'entreprise **Vertical M2M** qui propose des solutions IoT sur plusieurs verticales (*Smart City, Smart Building, Smart Industry*). La solution étudiée consiste à apposer un compteur et des capteurs sur les tuyaux des bâtiments résidentiels collectifs, permettant de gérer les consommations d'eau à distance et de détecter les fuites grâce à une communication en temps réel des alertes.

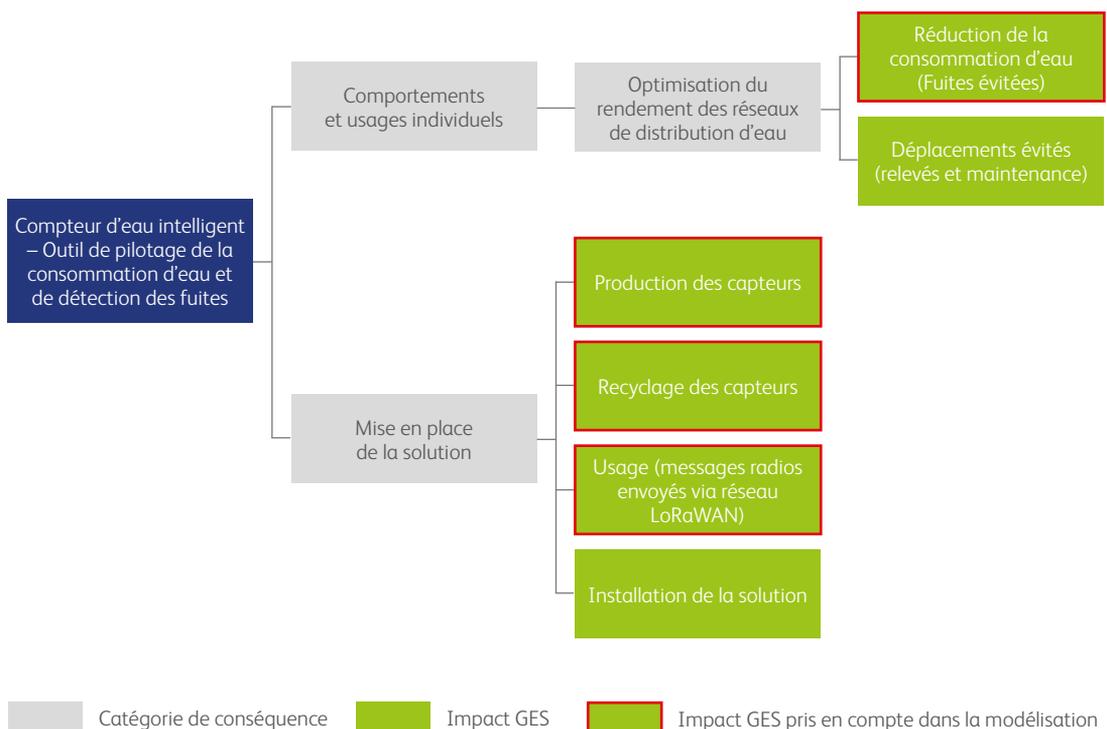
Arbre des conséquences et périmètre modélisé

Cette étude comparative se penchera donc sur deux cas de figures de gestion des eaux. Le premier cas explorera la gestion de la consommation d'eau par des compteurs conventionnels. Le second cas se penchera sur les changements que causent l'installation de compteurs connectés. Le cadre de cette étude se limitera à la détection de fuites à partir du moment où l'eau pénètre la canalisation et jusqu'à ce qu'elle arrive à sa destination dans un bâtiment.

Cette étude ne prendra pas en compte les émissions liées aux infrastructures d'extraction d'eau vu que les solutions IoT étudiées ne couvrent pas cette partie du processus. De plus on considère que les capteurs des solutions ont les mêmes caractéristiques techniques en termes de chaleur et température, cycle de vie de la batterie et kB de données envoyées.

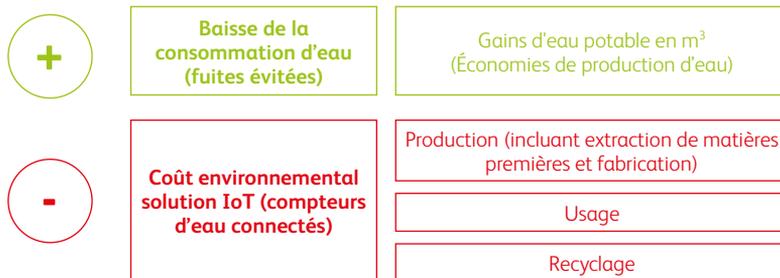
D'autre part, il est important de souligner qu'un système de détection intelligent permet un contrôle accru des canalisations et de limiter la fréquence de remplacement de celles-ci. Cette dimension est cruciale car le vieillissement des canalisations augmente les risques de fuites et il reste, encore aujourd'hui, plus de 10% du réseau français qui fait l'objet d'un renouvellement prioritaire car devenu défaillant^[8].

Un arbre des conséquences suivant la méthodologie QuantiGES de l'ADEME a été construit afin d'identifier les postes d'émissions et l'impact sur les émissions de GES induit par la solution IoT.



[8] Oryx Eleven - Comprendre les fuites d'eau sur le réseau d'adduction - Novembre 2020

Modélisation



Hypothèses principales



En France en 2020 :

Eau prélevée :
26 milliards de m³
 Eau consommée :
5,3 milliards de m³ [9]



1 m³ d'eau potable correspond à
0,132 kg CO₂eq (Facteur d'Emission ADEME) [10]



20% de l'eau potable produite est perdue chaque année en France, principalement à cause du vieillissement des canalisations [11]



Les capteurs IoT permettent une amélioration de la détection des fuites dans les canalisations publiques de **10%** (données Birdz), de **17,5%** sur les logements résidentiels (données M2M Vertical) et de minimum **20%** (données Robeau) sur les immeubles tertiaires et industriels

Sources principales



[9] Répertoire des données publiques sur l'eau - EauFrance

[10] ADEME - Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone - Juin 2013

[11] Banque des territoires - Distribution d'eau : 20% de fuites dans les réseaux depuis 2012 (banquedesterritoires.fr) - 2019

Résultats

Entreprise Partenaire



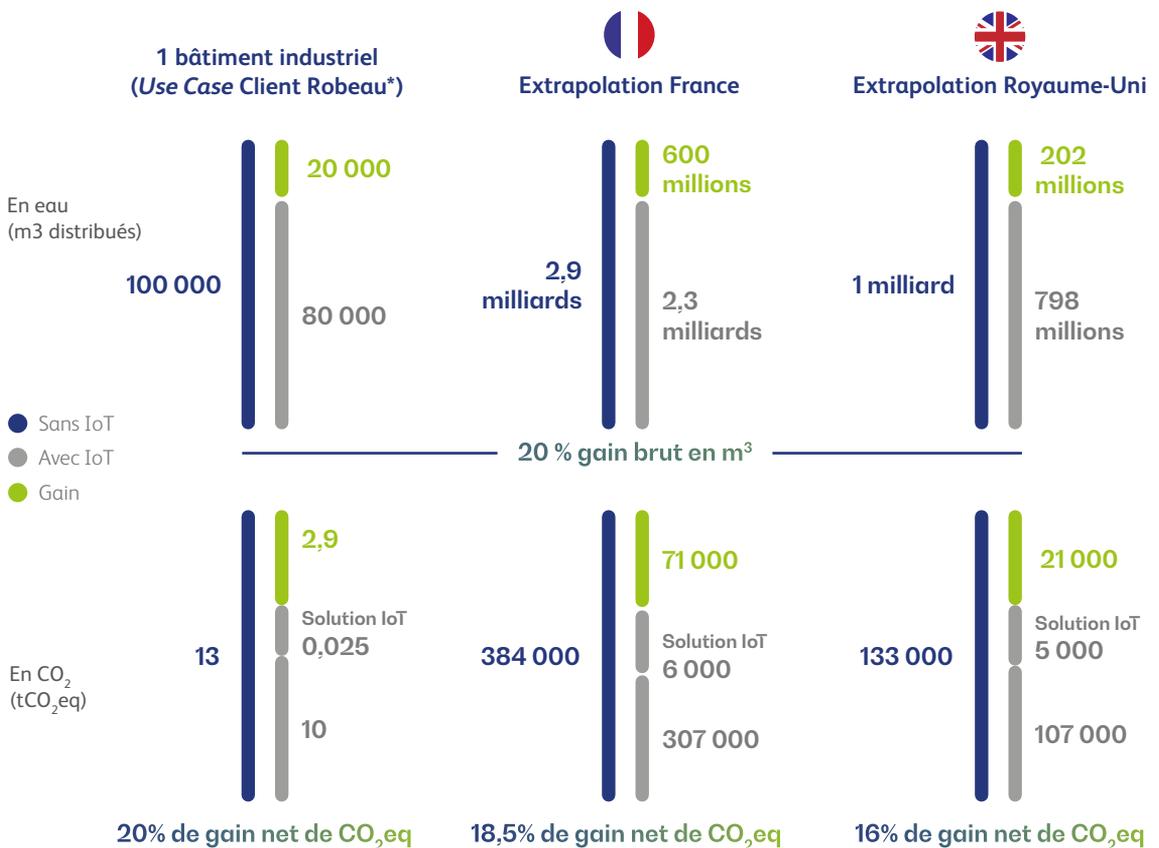
Périmètre bâtiments industriels

La solution étudiée consiste à placer des capteurs le long des canalisations des bâtiments industriels, pour permettre de générer des alertes en cas de

surconsommation. Celles-ci sont consolidées dans une plateforme et analysées afin d'élaborer une optimisation et profiter d'une maintenance prédictive.

Hypothèses principales

- 4% de la consommation d'eau totale est destinée à des usages industriels soit 2,9 milliards de m³ (BNPE)^[12]
- Nombre de bâtiments industriels en France : ~333K (INSEE)^[13]
- Nombre de bâtiments industriels au Royaume Uni : ~329K^[14]
- Périmètre temporel : 1 an
- Durée de vie des capteurs : 10 ans
- La mise en place d'une solution IoT dans un bâtiment industriel permet d'économiser 20% sur sa consommation d'eau annuelle (Use Case client Robeau)



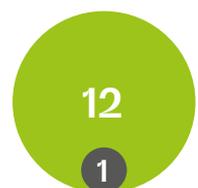
* Cas client Robeau non représentatif de la moyenne France car les cas sont basés sur des bâtiments fortement consommateurs en eau (environ 10x plus que la moyenne nationale)

Si des solutions IoT de détection des fuites étaient mises en place dans tous les bâtiments industriels, alors l'IoT pourrait contribuer à une réduction à hauteur de :

- 2% De la consommation d'eau annuelle en France
- 0,02% De la consommation de CO₂eq annuelle en France

Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂eq)

Gain environnemental net
Coût environnemental de la solution IoT



Pour 1 tonne émise par la solution, 10 tonnes sont économisées grâce à cette même solution.

[12] BNPE - Données sur les prélèvements en eau - 2022

[13] UK Government - Live tables on commercial and industrial floorspace and rateable value statistics - 2012

[14] Insee - Établissements dans le secteur industriel - 2015

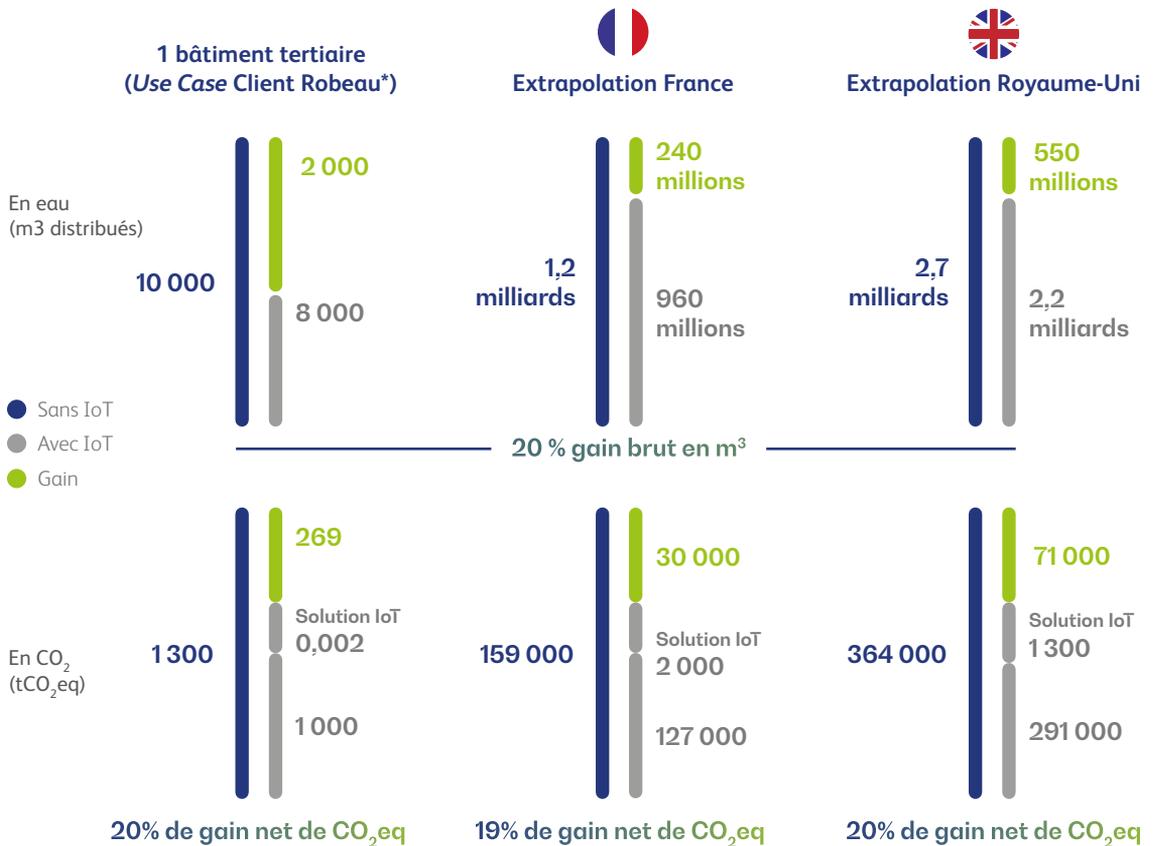
Périmètre bâtiments tertiaires

La solution étudiée consiste à installer des capteurs sur le réseau des canalisations des bâtiments, Ces capteurs permettent de générer des alertes en cas d'anomalies ou de fuites.

Les données de consommation sont consolidées sur une plateforme et analysées afin d'élaborer une optimisation et profiter d'une maintenance préventive.

Hypothèses principales

- 4,5% de la consommation d'eau totale est destinée à des usages tertiaires ^[15]
- Nombre de bâtiments tertiaires en France : ~1,2M^[16]
- Nombre de bâtiments tertiaires au Royaume Uni : ~900K^[17]
- Périmètre temporel : 1 an
- Durée de vie des capteurs : 10 ans
- La mise en place d'une solution IoT dans un bâtiment tertiaire permet d'économiser 20% sur sa consommation d'eau annuelle (Use Case client Robeau)



* Cas client Robeau non représentatif de la moyenne France car les cas sont basés sur des bâtiments fortement consommateurs en eau (environ 10x plus que la moyenne nationale)

Si des solutions IoT de détection des fuites étaient mises en place dans tous les bâtiments tertiaires, alors l'IoT pourrait contribuer à une réduction à hauteur de :

- **0,9%** De la consommation d'eau annuelle en France
- **0,01%** De la consommation de CO₂ eq annuelle en France

Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂eq)

Gain environnemental net
 Coût environnemental de la solution IoT



Pour 1 tonne émise par la solution, 10 tonnes sont économisées grâce à cette même solution.

[15] BNPE - Données sur les prélèvements en eau - 2022

[16] INSEE - 300 000 points de vente dans le commerce de détail - 2020

[17] UK Government - Live tables on commercial and industrial floorspace and rateable value statistics - 2012

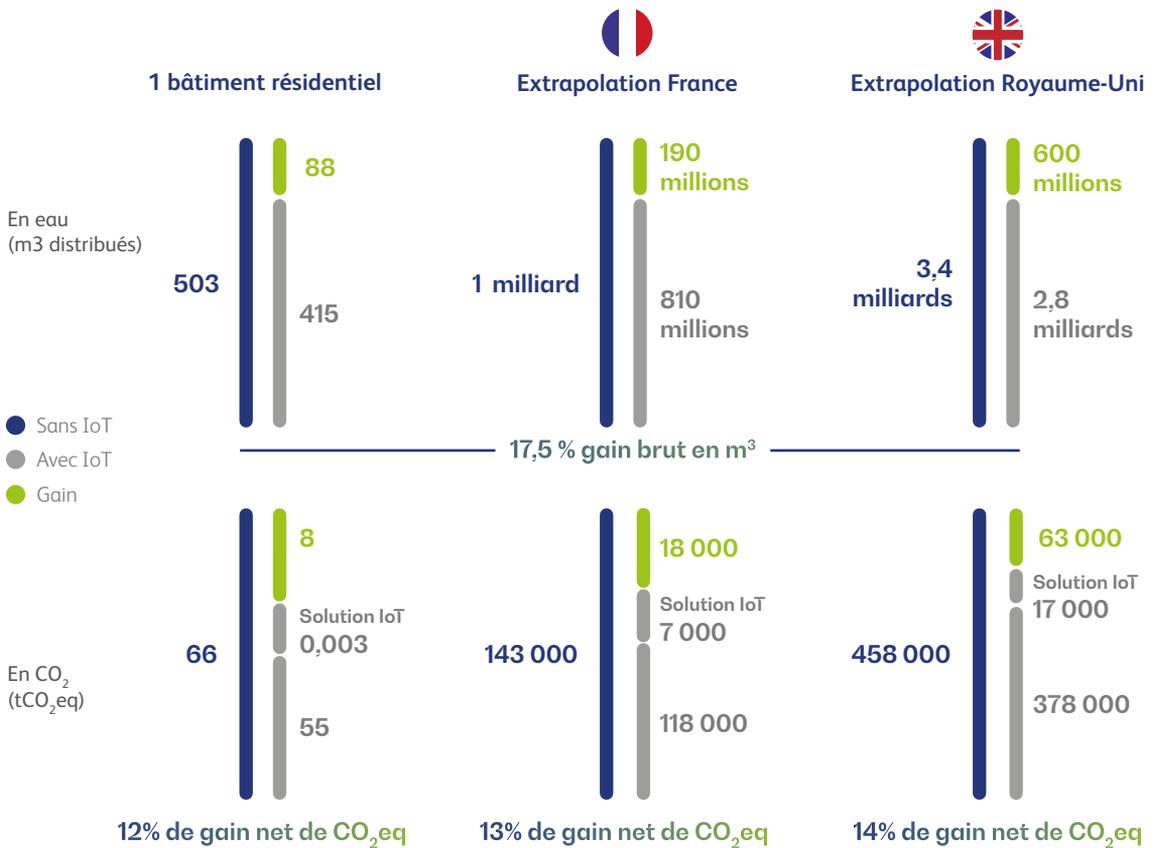
Périmètre bâtiments résidentiels



La solution étudiée consiste à apposer des capteurs sur les canalisations des bâtiments résidentiels collectifs, permettant de gérer les consommations d'eau à distance et de détecter les fuites grâce à une communication en temps réel des alertes.

Hypothèses principales

- 17 % de la consommation d'eau totale est destinée à des usages domestiques (BNPE)^[18]
- Nombre d'immeubles résidentiels (résidence principale) en France : ~2,1M^[19]
- Nombre d'immeubles résidentiels au Royaume-Uni : ~500K (EHS Household report, 2018)^[20]
- Nombre moyen de logements par immeuble résidentiels en France : 7,5 ^[21] ^[22]
- Périmètre temporel : 1 an
- Durée de vie des capteurs : 10 ans



Si des solutions IoT de détection des fuites étaient mises en place dans tous les bâtiments résidentiels, alors l'IoT pourrait contribuer à une réduction à hauteur de :

- **0,7%** De la consommation d'eau annuelle en France
- **0,005%** De la consommation de CO₂eq annuelle en France

Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂eq)

Gain environnemental net
Coût environnemental de la solution IoT



Pour 1 tonne émise par la solution, 3 tonnes sont économisées grâce à cette même solution.

[18] BNPE - Données sur les prélèvements en eau – 2022

[19] FNAIM – Le logement en France – 2014

[20] Government - Live tables on commercial and industrial floorspace and rateable value statistics - 2012

[21] INSEE- Répartition des résidences principales en immeuble collectif avec ascenseur selon le nombre d'étages de l'immeuble (en %) -2006

[22] Caisse des dépôts - Panorama du parc immobilier Français - 2005

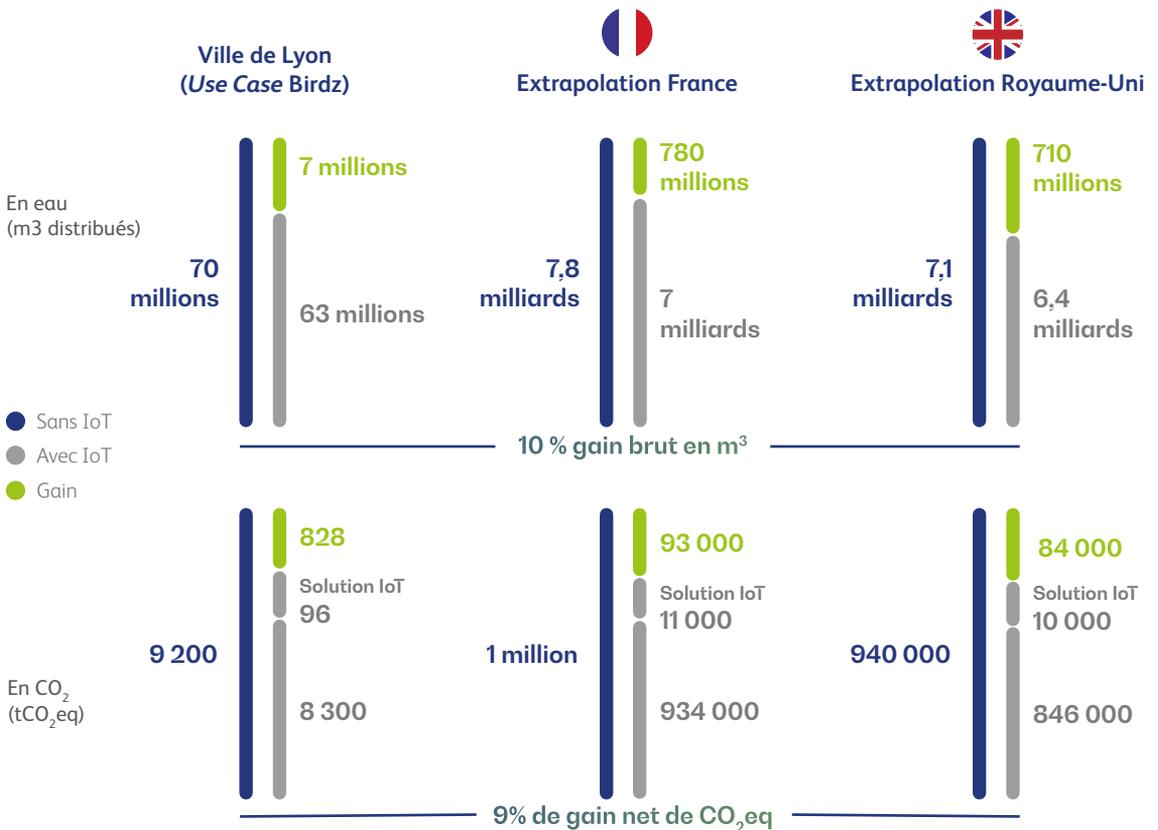
Périmètre villes



La solution déployée dans le cadre du cas client étudié (la ville de Lyon) consiste en l'installation de capteurs dans les habitations, immeubles tertiaires et industriels, dans les infrastructures publiques ainsi que dans les canalisations du réseau d'eau de la ville.

Hypothèses principales

- Nombre de capteurs nécessaires pour couvrir la distribution d'eau française : 26,9M (donnée Birdz)
- Emission CO₂eq annuelle d'un capteur : 0,2 kg CO₂eq (Extrapolation data use case ville de Lyon)
- Périmètre temporel : 1 an
- Durée de vie des capteurs : 10 ans



Si des solutions IoT de détection des fuites étaient mises en place dans toutes les villes de France, alors l'IoT pourrait contribuer à une réduction à hauteur de :

- **3%** De la consommation annuelle d'eau en France
- **0,03%** De la consommation annuelle de Co₂eq en France

Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂eq)

Gain environnemental net
Coût environnemental de la solution IoT



Pour 1 tonne émise par la solution, 10 tonnes sont économisées grâce à cette même solution.

Pour aller plus loin

Le résultat de notre modélisation se base sur un certain nombre d'hypothèses, et s'est déroulée avec certaines contraintes de temps, de praticité et d'accès aux informations. Si nous voulions rendre notre modélisation la plus complète possible, un certain nombre de pistes restent à explorer. Premièrement, nous avons choisi de prendre la ville de Lyon comme périmètre de référence. Or, le nombre des capteurs présents dans la ville de Lyon n'est pas forcément équivalent à d'autres grandes agglomérations françaises comme Marseille, Nice ou Paris. Nous aurions pu, pour rendre notre modélisation plus fine, s'appuyer sur les chiffres réels et prévisionnels associés à la volumétrie des capteurs dans toutes les villes. Également, nous avons pris l'hypothèse que les capteurs IoT utilisés ont les mêmes caractéristiques techniques et donc la même empreinte environnementale. Nous

pourrions donc, afin d'affiner notre calcul, calculer l'empreinte environnementale de tous les capteurs proposés sur le marché, et appliquer cette ventilation pour obtenir une empreinte environnementale plus précise des solutions IoT utilisées, d'autant plus dans l'extrapolation du calcul la France entière. Nous aurions pu également nous intéresser aux émissions liées aux infrastructures d'extraction d'eau et aux potentielles solutions IoT dédiées à ces environnements. De plus, il serait intéressant de prendre en compte les émissions de gaz à effet de serre évités en relation à la réduction des déplacements liés aux relevés des compteurs d'eau et à la maintenance associée à la réparation des fuites.



Logistique Agroalimentaire

KOOVEA
MAKING SMART TRACKING

 **mojix**

Pourquoi ce *use case* a-t-il été choisi ?

De la production à notre assiette, nos aliments passent par de nombreuses étapes. Au cours de ce long périple, une part importante de notre nourriture est gaspillée ou perdue, alors que son acheminement et sa production ont des impacts carbonés importants. D'après le Fonds des Nations unies pour l'alimentation (FAO), 1,3 milliard de tonnes d'aliments sont perdues ou gaspillées dans le monde chaque année^[1]. Non seulement ce chiffre paraît immense face aux 828 millions de personnes souffrant sévèrement de la faim dans le monde^[2], mais ces pertes et gaspillages correspondent également à la libération de 3,3 milliards de tonnes^[3] d'équivalent CO₂, soit près de 6 fois l'empreinte carbone annuelle de la France^[4]. Au total, chaque année dans le monde, 6% des prélèvements d'eau et 30% des superficies agricoles sont utilisés pour produire de la nourriture perdue ou gaspillée^[5].

Plus particulièrement en France, une étude de l'agence de la transition écologique (ADEME) montre que 10 millions de tonnes de nourriture n'arrivent pas

jusqu'à nos assiettes^[6]. Cette étude évalue que ces pertes et gaspillages ont un impact carbone d'environ 15,3 millions de tonnes^[7] de CO₂eq.

Il en est de même pour l'Allemagne qui produit environ 11 millions de tonnes de déchets alimentaires par an^[8]. Selon BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft), six millions de tonnes d'équivalents CO₂ d'émissions de gaz à effet de serre pourraient être économisées en Allemagne grâce à une réduction de 50% du gaspillage alimentaire dans les ménages privés^[9].

Selon le FAO, 14% des aliments sont perdus chaque année en phase de production, transformation, transport ou stockage avant d'atteindre la dernière étape de production ou d'entrer dans le circuit de vente au détail^[10]. Le suivi alimentaire, notamment au niveau de l'acheminement et de la gestion des stocks, est crucial pour limiter les pertes et l'impact carbone qui en résulte. De plus, un meilleur suivi permet également de renforcer la sécurité alimentaire.

CHIFFRES CLÉS



1,3 milliard de tonnes de nourriture sont perdues ou gaspillées par an^[11].

3,3 milliards de tonnes de CO₂ eq émis liées à la perte ou au gaspillage de nourriture correspondant à **6 fois** l'empreinte carbone française.

14% des aliments sont perdus avant d'entrer en circuit de vente.



10 millions de tonnes de nourriture perdues ou gaspillées par an.

15,3 millions de tonnes de CO₂ eq émis liées à la perte ou au gaspillage de nourriture.



8%^[3] des émissions de GES totales en France sont attribuées à l'élevage de bétail



11 millions de tonnes de nourriture perdues ou gaspillées par an.

Avec une réduction **de 50%** du gaspillage alimentaire dans les ménages privés, **6 millions** de tonnes de CO₂ eq émis pourraient être évitées.

[1] FAO - Global food losses and food waste - 2011

[2] FAO - Lutter contre les pertes et le gaspillage alimentaires pour accomplir des progrès sur trois plans - 2022

[3] FAO - Food wastage footprint - Impact on natural resources - 2013

[4] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires - Empreinte carbone de 1995 à 2020 - 2021

[5]. [6]. [7]. [8]. [9]. [10]. [11].

Description du *use case* & solutions IoT

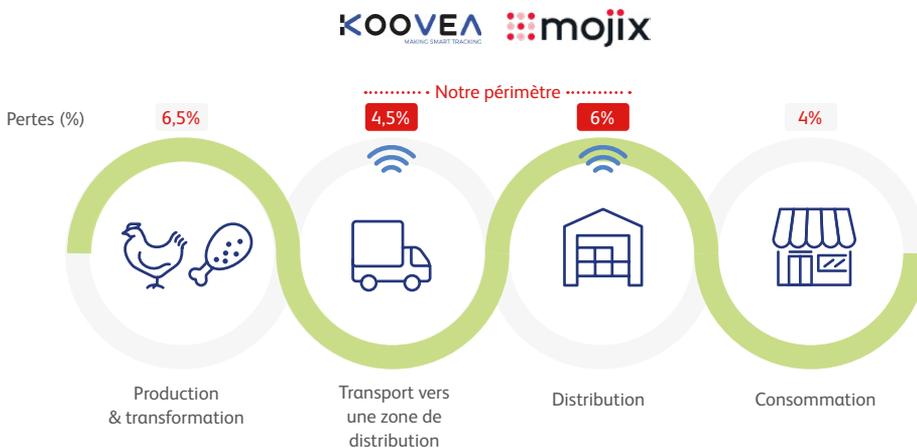
Les pertes de nourriture sur la chaîne d'approvisionnement peuvent survenir à plusieurs étapes : élevage, transformation, transport, stockage... Le cas d'usage choisi dans cet article est l'étude des pertes lors de la chaîne d'approvisionnement de la viande de poulet, qui est la première viande produite et consommée au monde^[12]. L'exemple se concentrera sur les pertes en amont de la consommation, survenant majoritairement lors de la distribution, du transport et du stockage avant mise en vente^[13]. Dans ce cas d'usage seront présentées des solutions d'objets connectés permettant de réduire les pertes et les impacts carbone survenant lors de ces étapes.

Tout d'abord, lors du stockage et du transport des produits alimentaires fragiles (tels que viandes fraîches, fruits de mer) la rupture de la chaîne du froid est un risque important. Par exemple, un chauffeur de poids lourd frigorifique qui n'est pas informé de la défaillance du système de refroidissement de son camion n'a pas la possibilité d'intervenir et peut ainsi perdre sa marchandise lors du transport. L'entreprise montpelliéraine **Koovea** conçoit des capteurs de température et des routeurs intelligents pouvant être installés dans les camions frigorifiques et mesurant la température en temps réel. Dans le cas d'une hausse trop importante de la température liée à une rupture de la chaîne du froid, une alerte sera envoyée au

conducteur via le routeur pour qu'il puisse intervenir avant que la marchandise ne soit perdue. Ce système peut aussi être installé dans les chambres froides pour prévenir d'éventuelles défaillances du système de réfrigération. Par ailleurs, Koovea s'inscrit dans une démarche écoresponsable : les capteurs sont conçus et fabriqués en France et sont proposés à leurs clients avec un système de consigne permettant de les recycler en fin de vie.

L'autre cause majeure des pertes alimentaires est la mauvaise optimisation de la chaîne logistique. Il peut arriver que des stocks d'aliments ne soient pas correctement suivis : ils pourraient alors ne pas être mis en vente à temps avant le dépassement leur DLC (Date Limite de Consommation). La société **Mojix** propose une solution innovante pour un meilleur suivi des aliments : lors de la transformation de la viande, à chaque pièce de viande est assigné un identifiant unique contenant les informations sur les caractéristiques du produit (provenance, DLC...). À chaque étape de la chaîne logistique, les informations permettant de tracer le produit sont enregistrées. L'ensemble des informations de suivi est centralisé sur la plateforme Mojix, permettant ainsi aux magasins d'optimiser leur stockage et leur mise en rayon.

Schéma 1- Chaîne d'approvisionnement du poulet en France

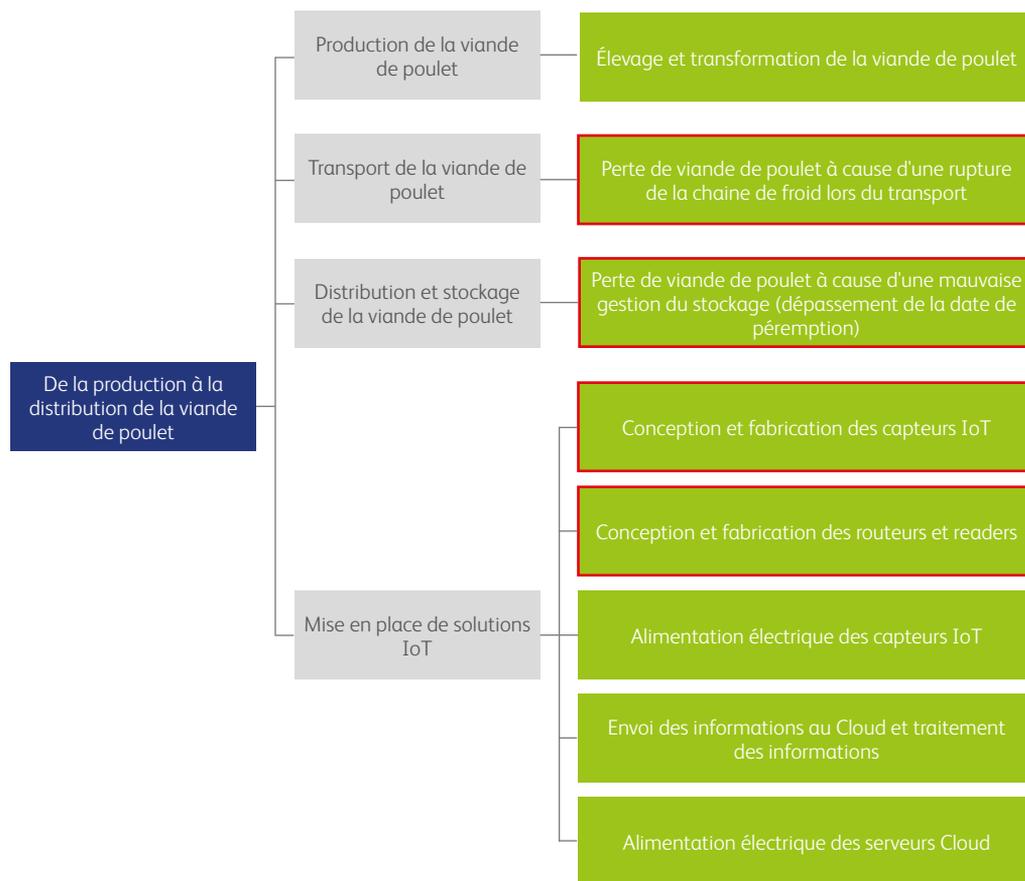


 Solution IoT

[12] Académie d'Agriculture de France - Production, consommation et échanges de viande de volaille dans le monde - 2021

[13] ADEME - Guide pratique manger mieux, gaspiller moins - 2019

Arbre des conséquences et périmètre modélisé



■ Catégorie de conséquence ■ Impact GES ■ Impact GES pris en compte dans la modélisation

La chaîne d'approvisionnement de la viande de poulet est composée de plusieurs étapes, dont :

- La production et transformation de la viande de poulet,
- Le transport de la viande de poulet,
- La distribution et le stockage de la viande de poulet.

Ces 3 étapes entraînent des émissions de gaz à effet de serre, dont le CO₂, avec par exemple :

- L'élevage et la transformation lors de l'étape de production de la viande de poulet (production de nourriture de viande de poulet, transport vers l'abattoir, pertes lors de la transformation...),
- La perte de viande lors du transport et du stockage (rupture de la chaîne du froid, produits abîmés...),
- La perte de viande lors de la distribution avant mise en vente (mauvaise gestion des stocks, produits abîmés...).

Dans le cas d'usage étudié, il a également été pris en compte la mise en place de solutions IoT entraînant une émission de CO₂eq, notamment lors de la fabrication des capteurs nécessaires à la solution.

Dans la modélisation présentée, le périmètre est la production annuelle française de viande de poulet s'élevant à 1,1 million de tonnes en 2020^[13].

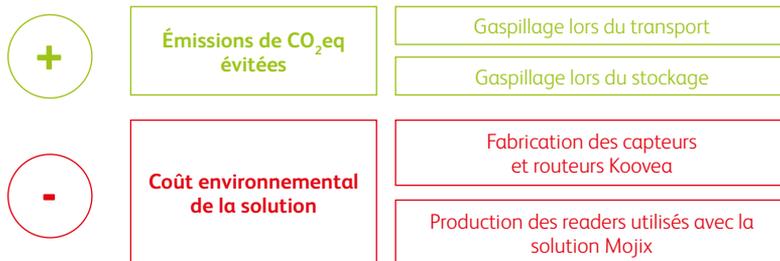
Les émissions de CO₂eq prises en compte seront :

- Les émissions de CO₂eq gaspillées lors de la perte de viande de poulet pendant le transport,
- Les émissions de CO₂eq gaspillées lors de la perte de viande de poulet pendant le stockage avant mise en vente,
- Les émissions de CO₂ liées à la fabrication des capteurs IoT.

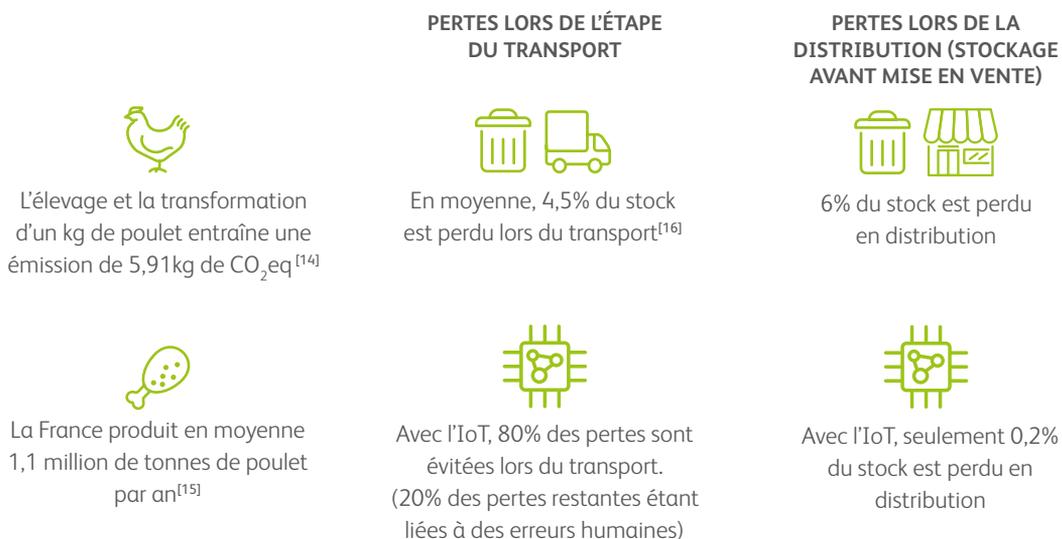
Remarque : Compte-tenu de la difficulté à modéliser l'empreinte carbone des échanges d'informations capteurs/scanners vers le Cloud et leur traitement, cette partie n'a pas été prise en compte dans la modélisation.

^[13] ADEME - Guide pratique manger mieux, gaspiller moins - 2019

Modélisation



Hypothèses principales



Sources principales



[14] ADEME - Bilan GES Ademe

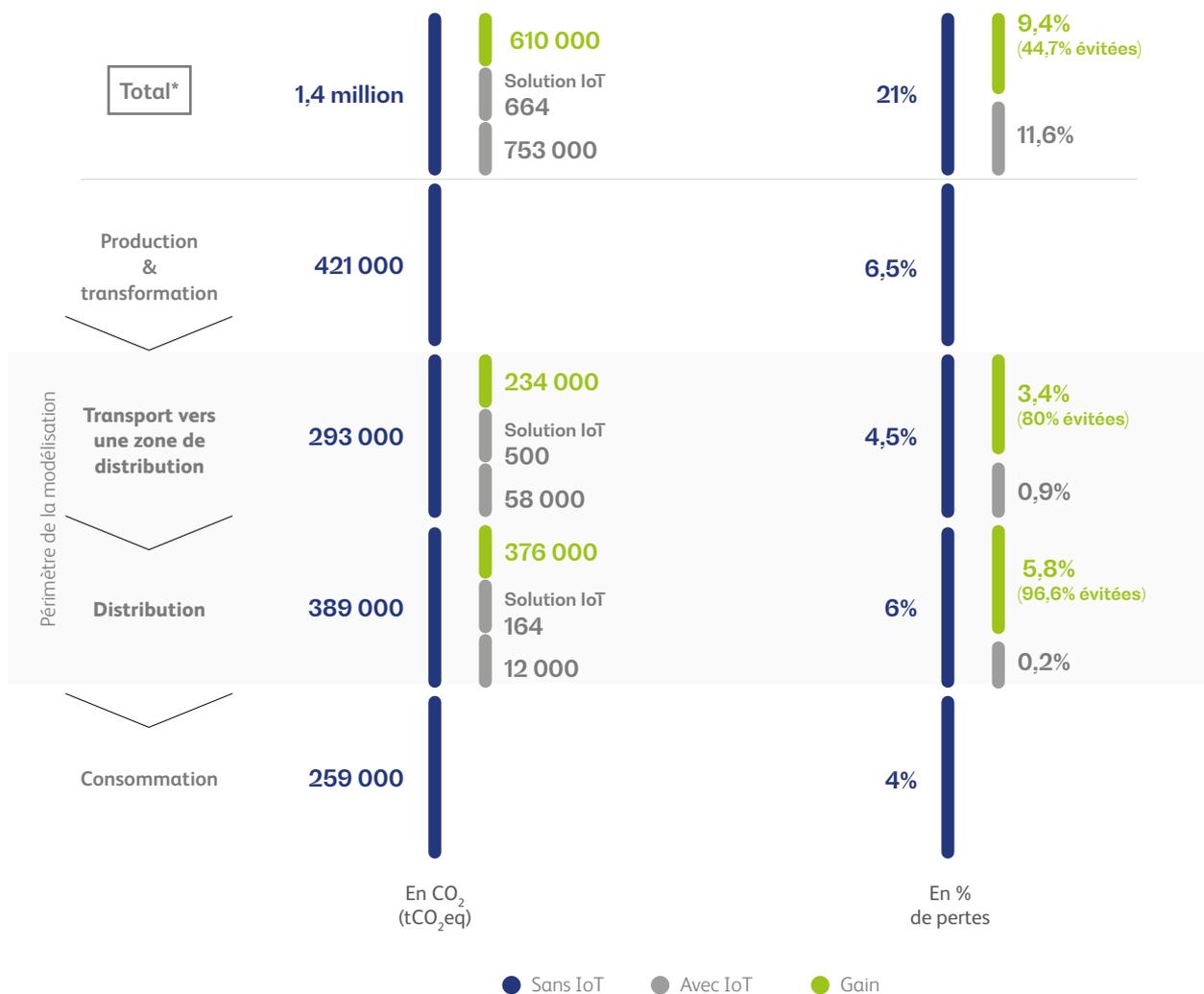
[15] FranceAgriMer - Fiche filière volaille de chair 2022 - 2022

[16] Cemafroid - Alimentaire : les innovations de la chaîne du froid pour réduire le gaspillage alimentaire – 2015 (et également: 21% gaspillés en sortie de transformation (transformation et transport) selon ADEME avec environ 9% perdus lors de la transformation selon ADEME donc 12% perdus lors du transport (rupture chaîne du froid compris))

Résultats

Sur notre périmètre

Graphe 1 - Présentation des résultats avec utilisation et sans utilisation de solution IoT sur la chaîne d'approvisionnement de poulet en France sur une année



*Sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement (élevage, transformation, transport, stockage, distribution, consommation)

Grâce à l'utilisation des solutions IoT proposées par Mojix et Kooeva, l'équivalent de près de 3 fois l'émission carbone annuelle de la ville de Marseille¹⁸ serait évitée lors du transport et du stockage de la production française de viande de poulet.

La modélisation du cas d'usage a été faite sur la production annuelle de viande de poulet en France. Selon FranceAgriMer, la France a produit 1,1 million de tonnes¹⁴ de poulet en 2020. L'ADEME estime que 21% de la production de poulet est perdue ou gaspillée sur l'ensemble de la chaîne (2% lors de l'élevage, 4,5% lors de la transformation, 4,5% lors du transport, 6% lors de la distribution, 4% en consommation)¹⁷.

Le transport

Sans l'utilisation de capteurs IoT, environ 49 500 tonnes de viande de poulet sont perdues lors du transport, correspondant à une émission à perte environ de 292 050 tonnes de CO₂eq.

En considérant que l'ensemble des 150 000 camions frigorifiques français¹⁹ sont équipés avec un capteur et un routeur de la solution Koovea, 39 600 tonnes de pertes annuelles seraient évitées, équivalant à 233 640 tonnes de CO₂eq. Il convient également de soustraire des pertes évitées les émissions de CO₂eq liées à la fabrication des capteurs et routeurs Koovea qui s'élèvent à 10,75 kg de CO₂eq pour une durée de vie de 3 ans, soit 3,58 kg par capteur par an.

En conclusion, avec la mise en place d'une solution IoT, l'émission de près de 233 040 tonnes de CO₂eq liée à la perte de viande de poulet lors du transport serait évitée.

Stockage en distribution

Sans l'utilisation de capteurs IoT, environ 66 000 tonnes de la viande de poulet produite en France sont perdues lors du stockage, correspondant à une émission à perte de près de 389 400 tonnes de CO₂eq.

Avec l'utilisation de la solution Mojix pour une meilleure gestion des stocks, environ 63 800 tonnes de pertes seraient évitées, correspondant à 376 420 tonnes de CO₂eq. Il faut également soustraire des pertes évitées les émissions de CO₂eq liées à la fabrication des scanners. Pour cela, il est considéré que chacun des 33 000 magasins alimentaires non-spécialisés français²⁰ est équipé des 2 scanners pour leurs rayons volaille ce qui équivaut à une émission estimée de 29,74 kg de CO₂eq par magasin équipé. La durée de vie moyenne de ces scanners est de 6 ans, donc l'émission estimée de conception et fabrication d'un scanner à l'année serait de 4,96 kg de CO₂eq.

En conclusion, avec la mise en place de la solution Mojix, l'émission de près de 376 256 tonnes de CO₂eq liée à la perte de viande de poulet pendant la phase de stockage serait évitée.

9%

Des émissions de CO₂eq pour la production de poulet en France sont évitées avec ces solutions

2%

De la quantité totale de viande produite en France serait évitée

Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂ eq.)

Gain environnemental net

Coût environnemental de la solution IoT

900

1

Extrapolation

Afin d'estimer l'impact de ces technologies sur d'autres géographies, nous avons extrapolé notre modélisation aux États-Unis :

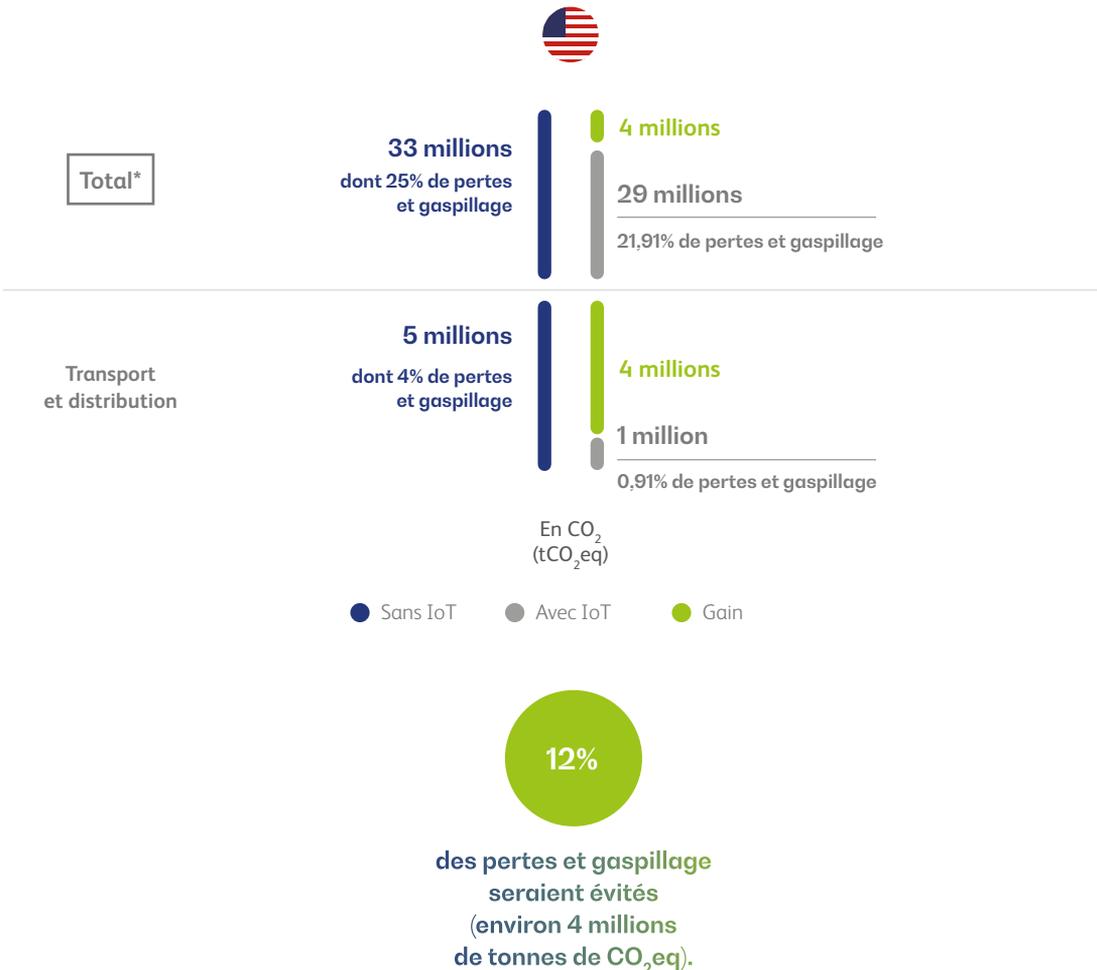
- La production de volaille est de 22,61 millions de tonnes²¹, plaçant les États-Unis comme le premier producteur mondial.
- 25% de la viande produite est perdue ou gaspillée lors des différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement²², avec 3% de pertes lors de l'élevage, 6% lors de la transformation et packaging, 4% lors du transport et mise en vente (gestion des stocks) et 12% lors de la consommation.

- Avec la mise en place des solutions IoT décrites précédemment sur les étapes du transport et de la distribution, il est estimé que :

- Les pertes lors du transport seraient réduites de 80%,
- Les pertes lors de la mise en vente (gestion des stocks) seraient réduites de 97%,
- Au total, les pertes lors du transport et mise en vente seraient réduites à 0,92% (en comparaison aux 4% sans IoT).

Remarque : faute de données disponibles, le coût carbone équivalent de la production des solutions IoT n'a pas été pris en compte dans le calcul.

Graphe 2 - Présentation des résultats avec utilisation et sans utilisation de solution IoT sur la chaîne d'approvisionnement de volaille aux États-Unis sur une année



Pour aller plus loin

Dans ce cas d'étude, nous avons pu étudier les gains apportés par les solutions IoT de Koovea et Mojix sur la réduction du gaspillage et des pertes lors du transport et de la distribution de la viande de poulet. Afin de déterminer les émissions GES des solutions IoT étudiées, nous avons, par manque de données disponibles, pris en compte uniquement des ACV (Analyse du Cycle de Vie) partielles. Pour affiner nos calculs, nous pourrions intégrer la réalisation d'ACV complets et prendre en compte l'intégralité du cycle de vie des solutions IoT (consommation énergétique lors de l'utilisation, recyclage en fin de vie...). Un autre axe d'approfondissement serait d'étudier le gaspillage d'autres types de denrées alimentaires (viandes rouges, poissons, légumes, fruits...) pour avoir une vision plus globale des gains apportés par l'IoT.

Par ailleurs, les impacts de l'utilisation de solutions IoT lors de l'élevage du poulet et de la transformation des poulets en viande pourraient également permettre de réduire l'émission de GES.

Nous avons pu voir dans notre étude que les solutions IoT mises en place apportent des diminutions significatives en termes de gaspillage et pertes alimentaires, permettant la réduction de leur empreinte carbone.



Autopartage



Pourquoi ce *use case* a-t-il été choisi ?

D'après l'EDGAR (*Emissions Database for Global Atmospheric Research*) de la Commission Européenne, les émissions de gaz à effet de serre (GES) mondiales s'élevaient à 55 milliards de tonnes de CO₂eq en 2018^[1]. Le secteur des transports est le deuxième plus gros contributeur d'émissions de GES de la planète derrière celui de l'énergie. Cependant, aux USA et en Europe, il constitue le premier poste d'émissions^[2]. La France se place au 12^{ème} rang des pays les plus émetteurs dans le secteur des transports, quatre places derrière l'Allemagne^[3]. En définitif, la diminution de l'empreinte carbone du transport constitue un enjeu primordial pour les pays.

En France, la voiture est le moyen de transport le plus utilisé et celui qui pollue le plus, tous moyens de transports confondus (avion, train, métro, etc.)^[4]. En termes d'émission de GES, l'utilisation automobile représentait, en 2019, 2 030 kgCO₂eq/habitant/an en France^[5]. Cela correspond à environ 20% ou environ un cinquième (1/5^e) des émissions totales produites par habitant par an en France.

Il existe, actuellement, plusieurs leviers pour réduire l'empreinte carbone de la voiture en France tels que le report modal vers des mobilités durables, la réduction du nombre de voyages en voiture effectués par an ou bien la réduction du nombre de voiture neuves fabriquées par an. L'autopartage, sujet sur lequel porte cette étude de cas, est une solution concrète et mature qui permet de répondre à ces trois enjeux.

Il existe 3 types d'autopartages :

- L'autopartage B2C en trace directe : il s'agit d'un service où le client peut choisir de déposer sa voiture dans n'importe quelle station de la société d'autopartage ou alors, si l'entreprise le propose, de déposer le véhicule n'importe où dans un périmètre donné.
- L'autopartage entre particuliers (P2P) par le biais d'opérateurs.
- L'autopartage B2C (Business to Customer) en boucle, *use case* sur lequel nous allons nous focaliser. Il s'agit d'une solution qui implique la réservation d'une voiture à l'avance (via l'utilisation de capteurs IoT), la précision de la durée de la location et la remise de la voiture dans la station de départ une fois la réservation terminée.

Le choix de ce cas d'usage est appuyé par un rapport de l'ADEME démontrant que l'inscription à un service d'autopartage ferait baisser de 20% le nombre de jours d'utilisation de la voiture personnelle^[6]. De plus, le rapport indique que l'autopartage encourage l'usage de moyens de transports alternatifs (+10% de jours d'utilisation par mois pour le vélo et +6% pour les transports en commun). Les trajets en voiture en seraient donc réduits au strict nécessaire. En outre, l'ADEME en a conclu qu'une voiture en autopartage remplacerait en moyenne 5 à 8 voitures personnelles^[7]. D'autres études internationales soutiennent la conclusion que l'autopartage en boucle favorise une démotorisation^{[8][9]}.

CHIFFRES CLÉS

L'industrie du transport est le **premier poste d'émissions** de GES aux USA et en Europe.

8 milliards de tonnes de GES sont dues à l'industrie des transports, sur 55 milliards de tonnes de GES d'émissions au global dans le monde.

Les États Unis sont responsables de **22%** des émissions de GES mondiales dans le secteur des transports.

La France est le **12^{ème} pays** le plus pollueur en termes de transports .

La France est responsable de **1,5%** des émissions des émissions de GES mondial dans le secteur des transports.

41% des émissions GES dues aux transports sont causées par l'utilisation de la voiture.

En France, les transports en voiture représentent **20,5%** des émissions totales par habitant.

[1] [2] [3] Commission Européenne EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research

[4] IEA - Global CO2 emissions in transport by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2070 – Charts – Data & Statistics - IEA - Octobre 2022

[5] ADEME; Haut Conseil pour le Climat; Ministère de la Transition écologique et solidaire - Rapport annuel Neutralité Carbone - Juin 2019

[6] ADEME; 6t-bureau de recherche - Enquête Nationale sur l'Autopartage - Novembre 2019

[7] ADEME; 6t-bureau de recherche - Enquête Nationale sur l'Autopartage - Novembre 2019

[8] Le Vine, S., Polak, J. - The impact of free-floating carsharing on car ownership: Early-stage findings from London. Transport Policy - Février 2017

[9] Migliore, M., D'Orso, G., & Caminiti, D - The environmental benefits of carsharing: the case study of Palermo. Transportation Research Procedia - 2020

Description du *use case* & solutions IoT

Cette étude de cas se concentre donc sur le cas d'usage de l'autopartage, instruit grâce à la collaboration de l'entreprise Citiz et de ses données. Le réseau d'autopartage Citiz, est présent dans plus de 170 villes de France et met à disposition 1700 voitures

partagées^[10]. L'autopartage est rendu possible par l'IoT car les voitures sont connectées entre elles, à un serveur centralis, avec les stations et avec les clients. Cette interconnexion ne serait pas possible sans le réseau de dispositifs IoT présents dans les voitures.



Solution IoT

Nous avons identifié les postes d'émissions (augmentées ou réduites) liés au cas d'usage de l'autopartage en boucle. L'autopartage présente trois types d'externalités en termes d'émissions de GES. La présence d'une flotte de véhicules, tous équipés d'un boîtier IoT, implique des émissions de GES liées à la production mais aussi tout le cycle de vie des véhicules du parc. Dans cette modélisation, les émissions liées aux infrastructures d'autopartage (hors véhicules) ne seront pas prises en compte. En parallèle, l'usage

de l'autopartage induit un impact positif sur les habitudes de mobilité des usagers et sur la possession d'un, ou plusieurs, véhicule thermique individuel. Enfin, l'autopartage présente des impacts en termes de congestion du trafic dans les villes, du nombre de places de parking nécessaires, d'aménagement urbain et plus généralement, de mobilité urbaine. Ces derniers types d'impacts ont des conséquences environnementales et sanitaires mais ils ne seront pas pris en compte dans notre modélisation.

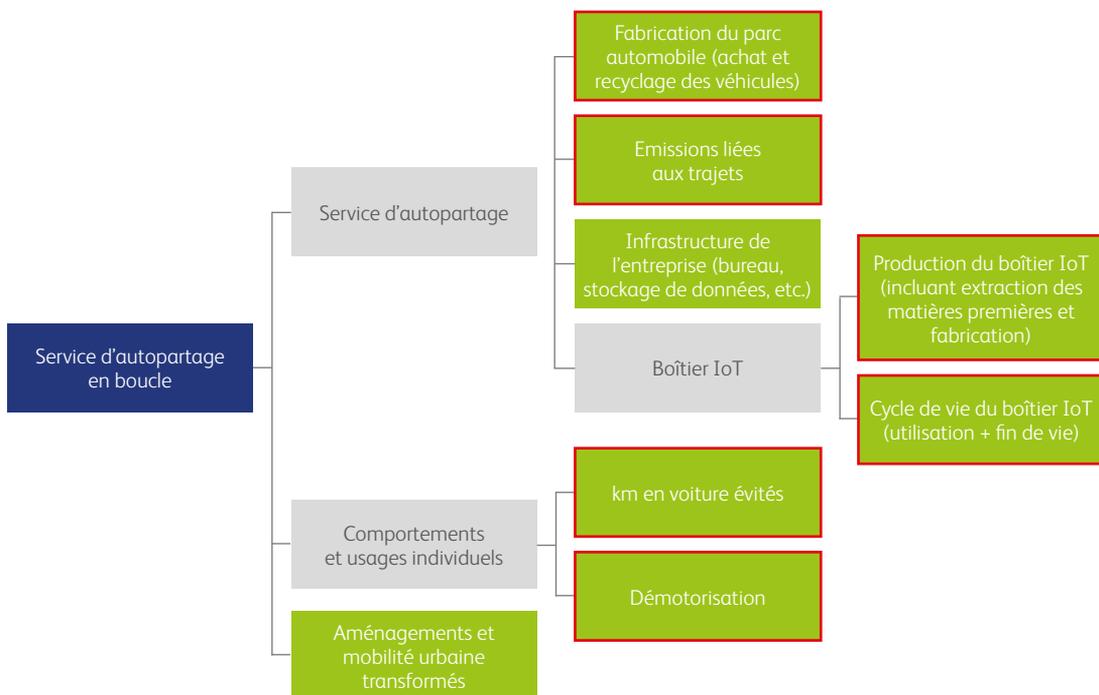
[10] ADEME - Base Carbone - Juin 2022

Arbre des conséquences et périmètre modélisé

Dans le cadre de cette étude de comparaison des empreintes carbone, nous allons nous concentrer sur la comparaison de deux scénarios. Le premier scénario est le scénario d'une mobilité « classique » sans autopartage. Le second scénario est celui d'une

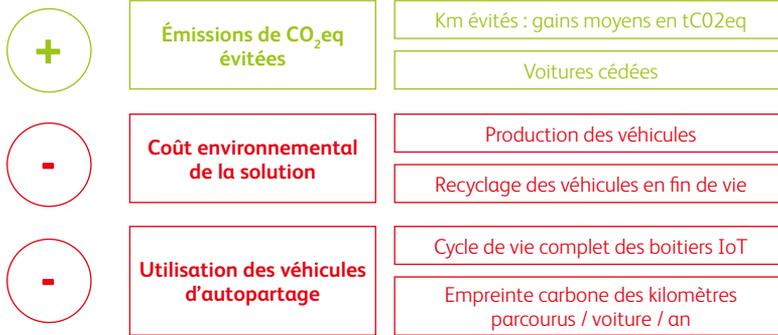
mobilité où un service d'autopartage en boucle est utilisé avec une solution IoT.

Dans ce contexte, nous avons réalisé un arbre des conséquences selon la méthodologie QuantiGES de l'ADEME.



Catégorie de conséquence
 Impact GES
 Impact GES pris en compte dans la modélisation

Modélisation



Hypothèses principales



La fabrication d'une voiture thermique émet **4,5 kgCO₂eq/kg**



Une voiture personnelle abandonnée grâce à l'autopartage parcourait de **3 600 km** par an (scénario bas) à **6 200 km** par an (scénario haut)



68% des sondés pour l'étude 6t (2019) de l'ADEME sont des clients du réseau Citiz



Les utilisateurs d'autopartage abandonnent leurs véhicules personnels entre **36%** (scénario bas) et **64%** des cas (scénario haut)

Sources principales



Notre estimation de l'impact environnemental de l'autopartage en boucle en France s'est faite en trois étapes :

- Nous avons commencé par calculer l'impact environnemental de l'autopartage pour chacun des trois sites Citiz pour lesquels nous avons reçu des données précises (Citiz Occitanie, Citiz Lille Arras, Citiz Grand Est).
- Nous avons ensuite pondéré les résultats par rapport au nombre de stations Citiz dans les communes (Citiz Occitanie, Citiz Lille Arras, Citiz Grand Est).
- La dernière étape nous permet de faire des projections à l'échelle nationale en séparant la France en 3 groupes :
 - Les villes de plus de 100 000 habitants,
 - Les villes dont le nombre d'habitants est compris entre 20 000 et 100 000,
 - Les villes/communes de moins de 20 000 habitants.

Graphe 1 - Répartition de la démographie en France en 2020 (INSEE)



Les voitures thermiques de la flotte sont séparées par catégories en fonction de leur taille (S, M, L ou XL), les voitures électriques sont à part. Nous estimons les émissions de CO₂eq moyennes par an de l'autopartage en boucle en France de manière suivante :

- Le coût environnemental de la création des parcs qui se traduit par les émissions liées à la fabrication des véhicules achetés (coût que l'on annualise et que l'on pondère au pourcentage de vie du véhicule passé dans l'organisme d'autopartage)^[11]. Nous excluons les émissions liées aux potentielles infrastructures pour les stations qui, une fois annualisées seraient marginales en regard des émissions de la flotte de véhicules.
- L'estimation comprend aussi les émissions liées à la fin de vie des voitures électriques (pondérées et annualisées de la même manière). Comme nous n'avons pas d'information sur la technique de recyclage utilisée par les services d'autopartage, nous utilisons les résultats d'une recherche évaluant les émissions de différents types de recyclages des batteries de voitures électriques^[12]. Nous avons décidé d'exclure les émissions liées à la fin de vie des voitures thermiques. En effet, des études nous permettent de prendre l'hypothèse que la fin de vie n'est pas significative en termes d'émission de CO₂eq pour les véhicules thermiques^[13].
- Enfin les émissions annuelles liées à l'utilisation des véhicules. Ceci comprend les rejets de CO₂eq relatifs aux carburant (Essence, Diesel)

et ceux liés à la consommation électrique pour les véhicules électriques^{[14][15]}. En revanche nous ne prenons pas en compte la maintenance des véhicules. En effet, des recherches montrent qu'une fois annualisées les émissions ne seront pas significatives (près de 1% des émissions du parc).

- Enfin, nous avons estimé les émissions liées à la fabrication, la distribution, l'utilisation et la fin de vie d'un boîtier IoT (permettant l'autopartage) à environ 28,5 kgCO₂eq.^{[16][17]} Nous excluons les émissions liées aux infrastructures des sociétés d'autopartage (bureau, stockage de données, site internet, etc.).

L'estimation du nombre de kilomètres évités par l'autopartage se fait en suivant les calculs du rapport de l'ADEME^[18]. Nous avons déterminé le nombre d'autopartageurs non démotorisés par un service d'autopartage, le nombre de voitures personnelles remplacées par une voiture d'autopartage, ainsi que le nombre de kilomètres que parcouraient les voitures qui ont été remplacées. Nous prenons en compte le fait que l'autopartage peut dans certains cas induire des kilomètres parcourus (ex : si l'utilisateur n'avait pas de véhicule personnel).

Nous convertissons les économies de kilomètres en tonnes de CO₂eq. Pour cette estimation, nous prenons la valeur moyenne du rejet de Co₂eq par kilomètre parcouru. Cette moyenne se fait par catégorie (S, M, L, XL ou Électrique). Nous évaluons les économies de CO₂eq en tenant compte de leur variabilité en fonction des catégories de véhicules (poids et motorisation).

[11] Nature Sustainability - Examining different recycling processes for lithium-ion batteries - Février 2019

[12] JLCA Newsletter - Life Cycle Assessment society of Japan - Septembre 2009

[13] ADEME - Car Labelling

[14] ADEME - Facteur d'émission voiture électrique : quel calcul ? - Aout 2021

[15] ADEME - Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective - Janvier 2022

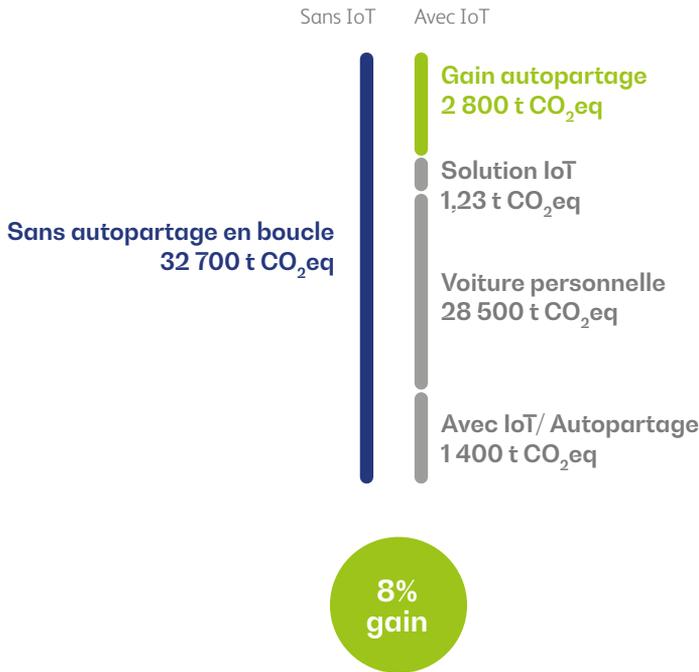
[16] ScienceDirect (Thibault Pirson) - Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach - Novembre 2021

[17] ADEME: 6t-bureau de recherche - Enquête Nationale sur l'Autopartage - Novembre 2019

[18] Insee - Comparateur de territoires - Septembre 2022

Résultats

Sur notre périmètre



Ce gain de CO₂eq correspond en volume à la consommation journalière en CO₂eq de la ville de Caen.

Nous pondérons les résultats avec la part de marché de Citiz dans les trois régions étudiées.

Sans autopartage IoT, les émissions liées à l'utilisation des voitures personnelles, s'élèvent à environ 32 700 tonnes de CO₂eq pour plus de 16 000 automobilistes (équivalent au nombre d'abonnés à un service d'autopartage dans les trois régions citées précédemment), correspondant à une émission moyenne de 2 000 kg de CO₂eq par automobiliste.

Nous supposons (quand Citiz n'est pas le seul acteur) que les autres acteurs de l'autopartage sont comparables à Citiz (en termes d'émissions et de gains). Nous trouvons ainsi que la création d'une flotte d'autopartage en boucle et son utilisation (dans les régions d'Occitanie, de Lille-Arras et Grand-Est) émettent environ 1 400 tonnes de CO₂eq par an, soit une moyenne de 82 kgCO₂eq par utilisateur.

Ainsi, nous estimons que l'autopartage IoT permettrait d'économiser environ de 2 800 tonnes de CO₂eq par an, soit un gain de 8,6%, ce qui représente une économie d'environ 170 kgCO₂eq par utilisateur. En termes d'équivalent, ces économies par abonnés représentent la quantité d'émissions pour parcourir plus de 800 km en voiture, un aller-retour entre Paris et Bruxelles.

Les abonnés d'un service d'autopartage utilisent tout de même leur voiture personnelle. Nous avons estimé les émissions liées à la voiture personnelle en tenant compte des kilomètres parcourus avec l'autopartage ainsi que des kilomètres évités grâce à l'autopartage.

Extrapolation

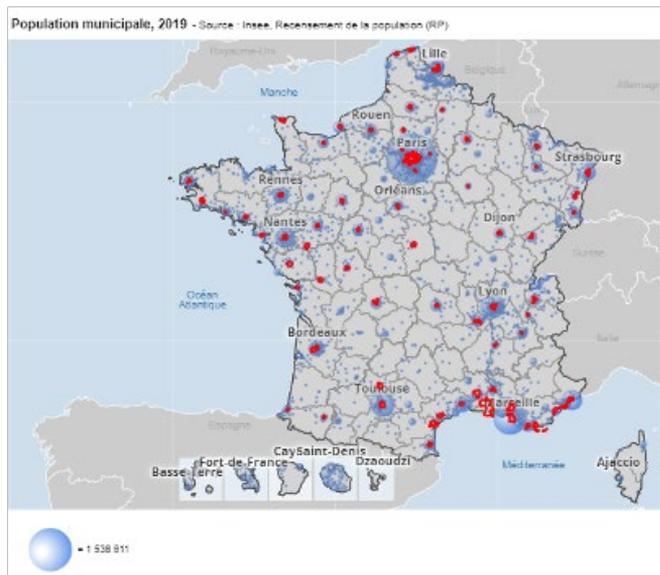
Nous utilisons le même principe que pour la modélisation de notre périmètre. Nous pondérons nos données avec celles de l'Insee qui recense le nombre d'habitants de chaque commune (en 2019)^[19]. Nous l'extrapolons à l'échelle de la France, en différenciant par taille de ville :

- Pour celles de plus de 50k habitants (soit moins de 23% de la population française), on estime un potentiel de 83 000 abonnés (soit près de 0,22% des automobilistes français). Sur ce périmètre, l'industrie de l'autopartage en boucle émettrait environ 7 000 tonnes de CO₂eq par an (soit 83 kgCO₂eq par abonné par an) et permettrait d'éviter l'équivalent de plus de 14 000 tonnes de CO₂eq par an (168 kgCO₂eq par abonné par an).

- Les villes de 20k à 50k habitants sont généralement proches de grandes villes, rendant l'autopartage possible dans ces dernières. Nous les avons donc inclus afin d'avoir une représentation de 40% de la population française. Il y a moins de modes de transport disponibles (métro, tramway, bus, etc.) donc l'autopartage y est moins présent.

Nous excluons les villes de -20k habitants en considérant que le potentiel d'autopartage y est négligeable.

Schéma 1 - Répartition de la population en France en 2019 (INSEE)



Ainsi à l'échelle de la France, nous estimons que l'industrie de l'autopartage détiendrait plus de 300 000 abonnés, émettrait 25 000 tonnes de CO₂eq par an en création et gestion de leur flotte et permettrait d'économiser 51 000 tonnes de CO₂eq par an.

Ce volume représente un gain de 8,4% comparé à un cas sans IoT, sans autopartage, et un gain de 1,6% sur les émissions globales des abonnés. Ce gain représente les émissions journalières combinées de Lyon, Marseille et Nice.

[19] Statista - Car sharing: number of users by type in Germany 2022 - Janvier 2023



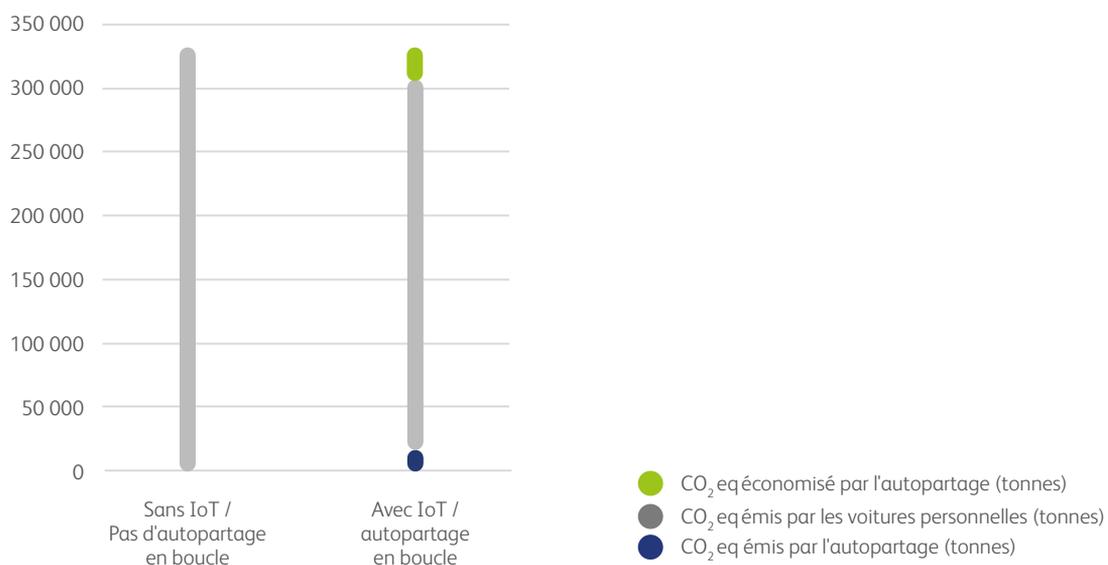
Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂eq.)

Gain environnemental net
Coût environnemental
de la solution IoT



La solution IoT a un rendement 1/1000, c'est-à-dire que pour 1 tonne émise pour créer la solution, 1000 tonnes sont économisées grâce à cette même solution.

Graphe 2 - L'impact environnemental de l'autopartage en France



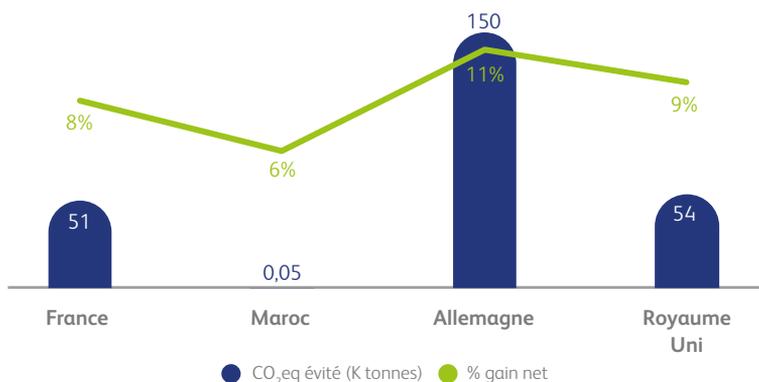
 L'utilisation de l'autopartage est plus développée en Allemagne qu'en France : le nombre d'abonnés en Allemagne représente 1,6% des automobilistes allemands contre 0,25% en France. L'Allemagne compte 59 utilisateurs par voiture autopartagée, un nombre important en comparaison à la France, qui n'en compte que 30 par voiture autopartagée.^[20] Ainsi, en considérant que la composition des flottes est similaire à celle de la France, nous arrivons à la conclusion qu'en Allemagne l'autopartage apporterait un gain de 11%.

 Le nombre d'abonnés à un service d'autopartage en boucle en 2014 pour le Royaume-Uni était d'environ 163k et 153k pour la France^[21]. Un calcul

de proportionnalité nous permet d'estimer l'impact environnemental de l'autopartage en boucle en 2022 au Royaume-Uni. En prenant l'hypothèse que l'utilisation des flottes est comparable à l'utilisation française, l'autopartage apporterait au Royaume-Uni un gain de 9,3%.

 Pour le Maroc, nous avons trouvé un facteur de proportionnalité qui prend en considération le kilométrage annuel par voiture au Maroc et en France, le nombre de voitures personnelles au Maroc^[22] et en France, ainsi que la part de marché de l'autopartage au Maroc. L'autopartage est encore très peu utilisé au Maroc, ce qui explique le faible gain. Au Maroc le gain apporté par l'autopartage serait de 6%.

Graphe 3 - Gains environnementaux permis par l'autopartage en boucle par pays (périmètre 1 an)



[20] Climate Chance - Allemagne, Transport, Tours et détours sur la route de la Verkehrswende, la « mobilité verte » - Novembre 2019

[21] Car Labelling Ademe - Évolution du taux moyen d'émissions de CO₂ en France - 2022

[22] Statista - Car sharing users in Europe by country - 2014

Pour aller plus loin

Cette étude de cas a permis de montrer que l'autopartage en boucle, dont le passage à l'échelle à été rendu possible grâce aux technologies IoT, permet des économies d'émissions de CO₂eq considérables. En effet, à l'échelle de la France nos estimations montrent que l'autopartage permettrait d'éviter en moyenne 51 000 tonnes de CO₂eq par an.

Cela représente presque le double des émissions d'un service d'autopartage (sans compter le coût environnemental des infrastructures des entreprises). C'est aussi plus de 8% d'économie d'émissions en comparaison à une utilisation du véhicule sans autopartage.

Nous avons aussi quantifié la réduction du nombre d'achat de voitures neuves par rapport au nombre d'autopartageurs démotorisés. En effet, plus l'autopartage deviendra une pratique courante, moins il n'y aura de véhicules neufs achetés, ce qui à terme fera baisser la productions de véhicules. Cela pourrait correspondre à une moyenne de 91 000 tonnes de CO₂eq par an évitées en supposant, à défaut d'un service d'autopartage, que tous les abonnés actuels en France auraient acheté une voiture neuve.

En extrapolant ces données avec l'idée que tous les automobilistes français souscrivent à un service d'autopartage, en partant du principe que les paramètres ne changent pas, nous estimons que l'autopartage émettrait environ 3 140 000 tonnes de CO₂eq. Les automobilistes continueraient à utiliser leur voiture personnelle, ce qui émettrait environ

114 000 000 tonnes de CO₂eq. En ce qui concerne les économies faites grâce à l'autopartage en boucle, il y a les kilomètres évités et les émissions évitées pour l'achat de nouvelles voitures. Ce qui représente un total de 18 000 000 tonnes de CO₂eq.

91 000 tonnes de CO₂eq évitées c'est :



302 kgCO₂eq par an par utilisateur d'un service d'autopartage

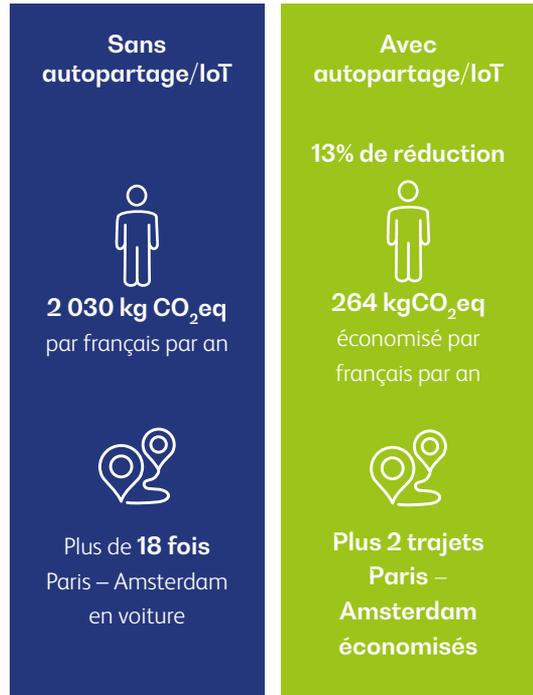
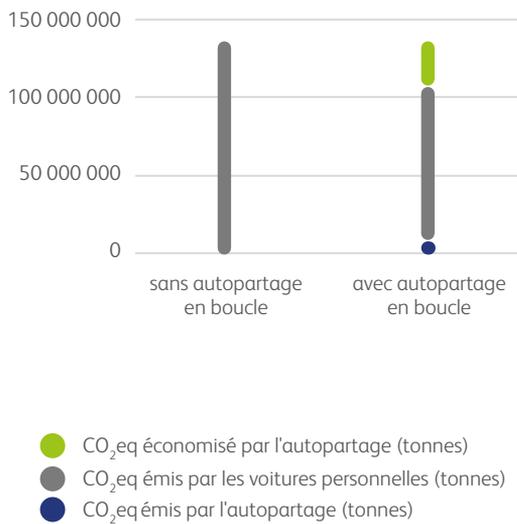


La quantité de CO₂eq de l'empreinte carbone liée au transport de **45 500 français**. C'est également l'empreinte carbone transport des habitants de Meudon.

À titre comparatif, en 2019 la France a émis plus de 135 000 000 tonnes de CO₂eq du fait du seul usage de la voiture.

Ainsi, nous estimons que l'autopartage pourrait permettre d'économiser jusqu'à 13% des émissions liées au transport automobile de personnes en France.

Graphe 4 - Comparaison des émissions avec et sans autopartage en boucle en France



Il est indéniable que l'autopartage constitue une solution concrète pour participer à la réduction de l'empreinte carbone au niveau du secteur des transports. Toute la puissance de ce dispositif sera son association avec les applications d'autres services de location (vélo, trottinette ou les transports en commun) afin de favoriser le report modal vers des mobilités douces et réduire davantage l'empreinte des français.

Pour approfondir cette étude et en fiabiliser les résultats, il serait opportun d'intégrer les données d'autres fournisseurs d'autopartage, d'inclure l'empreinte liée à l'infrastructure des sociétés (que nous avons décidé d'exclure ici car difficile à estimer et non-influencées par l'IoT) et d'élargir sur un nombre de sites couverts plus important en France. Le même exercice pourrait être réalisé dans d'autres géographies

avec davantage de données locales.

Dans nos extrapolations à la France entière nous ne prenons que les données de la France métropolitaine.

Enfin, il est important de préciser que les résultats ne doivent pas être considérés comme des données exactes mais davantage comme des ordres de grandeur auxquels l'IoT pourrait contribuer.



Éclairage public



NRGYBOX
ENERGY JUST IN TIME

Pourquoi ce *use case* a-t-il été choisi ?

D'après l'IEA (*International Energy Agency*), le secteur de l'énergie est le premier poste mondial d'émissions de gaz à effet de serre (GES) avec 36,3 milliards de tonnes de CO₂eq en 2021^[1].

L'éclairage public émet en France 670 000 tonnes de CO₂eq par an et constitue pour les communes 37 % des factures d'électricité.^[2]

D'après l'Association Française de l'Éclairage, 75% des luminaires installés en Europe ont plus de 25 ans^[3]. Avec l'arrivée de nouvelles technologies beaucoup plus économes telles que les luminaires à LEDs et l'IoT, la rénovation des systèmes d'éclairage public est l'occasion pour les collectivités de mettre en place des installations plus performantes pour optimiser le bilan énergétique des communes.

La solution IoT décrite dans cette étude peut se connecter directement au pied du candélabre et permet un pilotage intelligent de l'éclairage.

De plus, la solution s'adapte à toutes les technologies d'éclairage, nouvelles ou anciennes. Elle fonctionne aussi bien sur un luminaire à LED que sur un luminaire à lampe à décharge^(a) (lampe à vapeur de sodium, lampe à halogénures métalliques...) permettant ainsi aux communes d'échelonner

le renouvellement de leur infrastructure (achat de nouveaux luminaires), de réduire la consommation énergétique ainsi que les frais liés à la maintenance de ces infrastructures.

Pour les communes, la possibilité de piloter à distance l'éclairage public constitue un réel avantage et pour certaines un pré-requis à l'installation de solutions de programmation de l'intensité lumineuse des luminaires.

CHIFFRES CLÉS

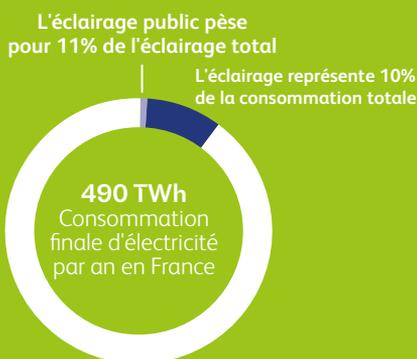


36,3 milliards de tonnes de CO₂eq sont liées à la consommation d'énergie.^[4]

L'éclairage représente près de **5% des émissions mondiales** de Gaz à effet de Serre.^[5]



En France, l'éclairage public émet **670 000 tonnes de CO₂eq** par an et représenterait **0,75% du total** des émissions de gaz à effet de serre du pays.^[6]



[1] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022

[2] ADEME - Éclairage public : un gisement d'économies d'énergie.

[3] Association Française de l'Éclairage - Actualisation 2019 des chiffres sur les LED - 2019

[4] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022

[5] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022

[6] Ministère de la Transition Énergétique - Pollution lumineuse - 2021

(a) Lampe dans laquelle la lumière est produite par le passage d'une décharge électrique dans une ampoule renfermant une ou plusieurs vapeurs métalliques.

Description du *use case* & solutions IoT

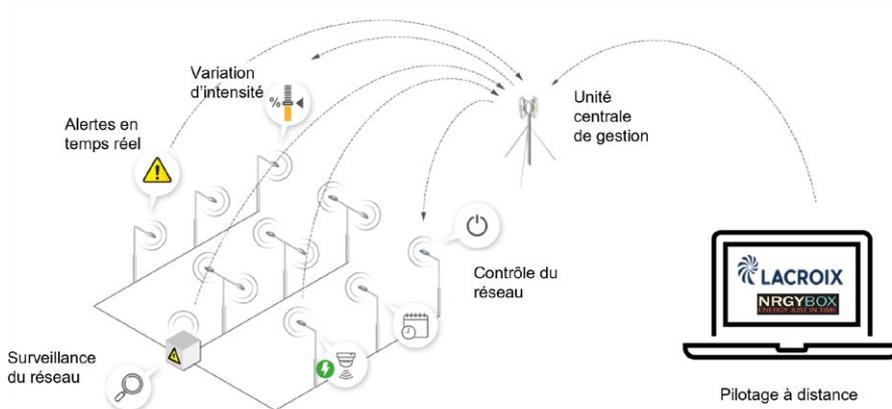
Afin de récolter des données nous permettant de modéliser l'impact environnemental des solutions IoT appliquées à l'éclairage public, nous avons collaboré avec deux entreprises du secteur : le groupe LACROIX ainsi que l'entreprise NRGYBOX.

Le **groupe LACROIX** est une ETI familiale cotée qui conçoit et fabrique des équipements électroniques et des solutions IoT (hardware, software & cloud) et IA pour les produits de ses clients dans les secteurs de l'industrie, l'automobile, la domotique, l'avionique ou la santé. Le groupe fournit également des solutions électroniques connectées et sécurisées pour la gestion d'infrastructures critiques telles que la voirie intelligente (éclairage public, signalisation, gestion de trafic, V2X^(b)), ainsi que les infrastructures d'eau et d'énergie. Le groupe LACROIX propose d'accompagner les collectivités vers un éclairage responsable et connecté grâce à Tegis, sa solution de gestion intelligente modulaire et évolutive, à l'armoire jusqu'aux points lumineux, et ce, quelle que soit l'infrastructure d'éclairage public de la collectivité. La solution permet la commande connectée, la surveillance du parc, la remontée des consommations des armoires, le pilotage et la surveillance des points lumineux.

Ainsi, le pilotage à l'armoire et les profils d'abaissement de nuit permettent de concilier économie d'énergie tout en respectant le rythme de vie de usagers. Des solutions de détection et de transformation du réseau d'éclairage public en réseau d'alimentation permanent sont également proposées par le groupe LACROIX mais ne rentrent pas dans le périmètre de notre étude.

NRGYBox est une start-up française qui propose de transformer un parc de lampadaires existants en un parc intelligent, sobre et facilement contrôlable à distance. Son objectif est de réduire l'empreinte écologique de l'éclairage public et la facture énergétique des collectivités, tout en maintenant une ambiance lumineuse adaptée aux usages des rues. L'entreprise a breveté un procédé qui associe un module électronique à un module d'intelligence artificielle qui utilise les données de fréquentation des opérateurs téléphoniques, pour réguler automatiquement l'éclairage public. La solution de NRGYBox se fixe au pied du candélabre et permet d'éteindre ou d'éclairer à l'instant optimal pour les luminaires à lampe à décharge et de faire varier l'intensité lumineuse pour les luminaires à LEDs.

Schéma 1 : Fonctionnement de la solution d'éclairage public connecté



La modélisation suivante traite les économies environnementales engendrées par une solution IoT permettant de piloter l'intensité lumineuse sur les

luminaires à LEDs ainsi que sur les luminaires à lampe à décharge se fixant au pied du candélabre.

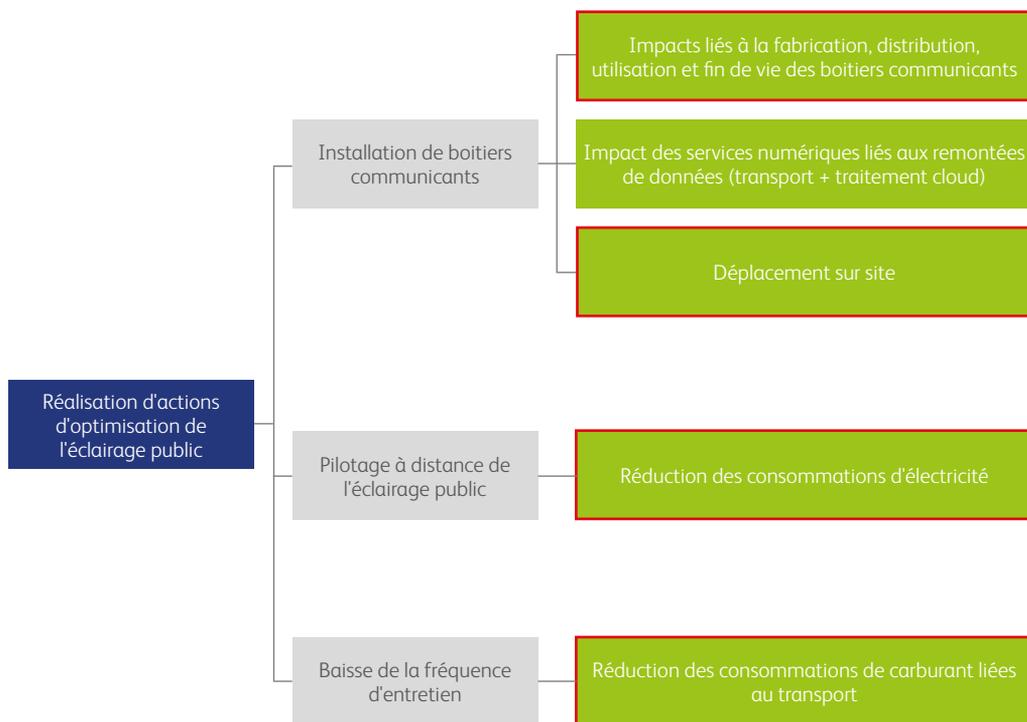
(b) V2X: technologie qui permet la communication de plusieurs véhicules, le cloud et l'infrastructure routière.

Arbre des conséquences et périmètre modélisé

L'objectif de cette étude est de réaliser deux modélisations, l'une avec un parc d'éclairage public sans solution IoT, et l'autre avec un parc d'éclairage public pourvu d'une solution IoT comme présentée précédemment afin de pouvoir comparer leurs empreintes environnementales et mettre en évidence les économies d'émissions de CO₂eq engendrées grâce à l'IoT.

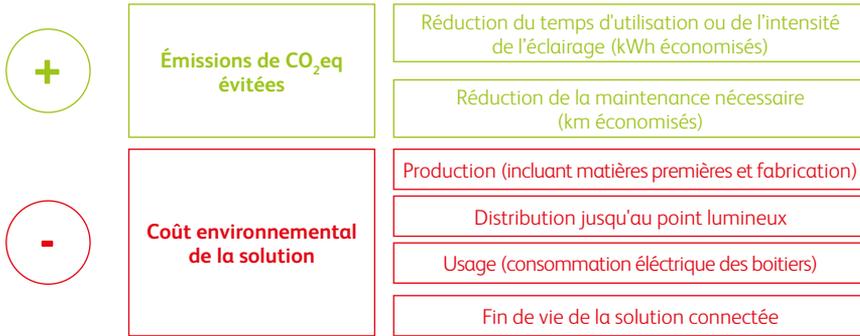
Un arbre des conséquences, construit selon la méthodologie QuantiGES de l'ADEME, est présenté ci-dessous pour mettre en évidence les relations de causalités de l'optimisation de l'éclairage public via une solution IoT.

Nous avons pris le parti de ne pas prendre en compte l'impact des services numériques liés aux remontées de données faute de données terrain suffisantes.



-  Catégorie de conséquence
-  Impact GES
-  Impact GES pris en compte dans la modélisation

Modélisation



Afin de réaliser cette étude, nous nous sommes basés sur les principes de modélisation QuantiGES de l'ADEME. Dans notre calcul, les émissions de gaz à effet de serre liées à l'intégralité du cycle de vie de la solution connectée ont été prises en compte, à savoir : la production, la distribution, l'utilisation et la fin de vie. De plus, nous avons pris en compte les activités de maintenance évitées suite à la mise en place de la solution.

Les émissions de gaz à effet de serre de la solution sont tirées des rapports de Profils Environnementaux Produits (PEP) fournis par LACROIX.

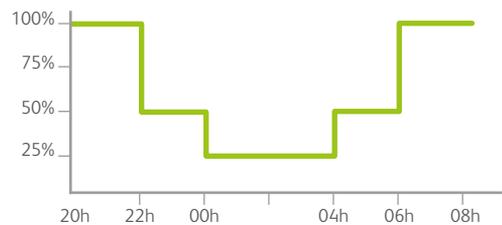
Concernant les gains d'énergie associés à la solution, nous avons retenu une hypothèse conservatrice de 40 % d'économie, cependant il faut souligner que d'autres solutions opérationnelles sont éprouvées et permettent des gains pouvant aller jusqu'à 80%* en fonction de la politique retenue par la ville^[7].

La modélisation est réalisée pour un parc d'éclairage public composé de 100 luminaires avec 75% de luminaires à lampe à décharge et 25% de luminaires à LEDs (proportions représentatives de la moyenne nationale en France) sur un cycle de vie de 15 ans.

Dans le scénario sans solution IoT, les luminaires sont allumés de 20h à 7h du matin.

Dans le scénario avec IoT, les luminaires sont allumés toute la nuit en faisant varier l'intensité lumineuse de cette façon :

Graphes 1 : Variation de l'intensité lumineuse des luminaires à LEDs



Hypothèses principales



Puissance moyenne
lampe à décharge
0,115 kW

Puissance moyenne
luminaire LED
0,04 kW ^[8]



Émissions GES
moyennes d'un véhicule
thermique
0,19 kgCO₂eq/km ^[9]



Durée annuelle
d'éclairage des
luminaires
4100h ^[10]



Moyenne nationale
française du taux de
pénétration des LED
en France pour
l'éclairage public
25% ^[11]

Sources principales



[7] chambre régionale des comptes - Concession de la distribution du gaz et lutte contre le réchauffement climatique - 2018

[8] Open data Paris - Eclairage public - 2021

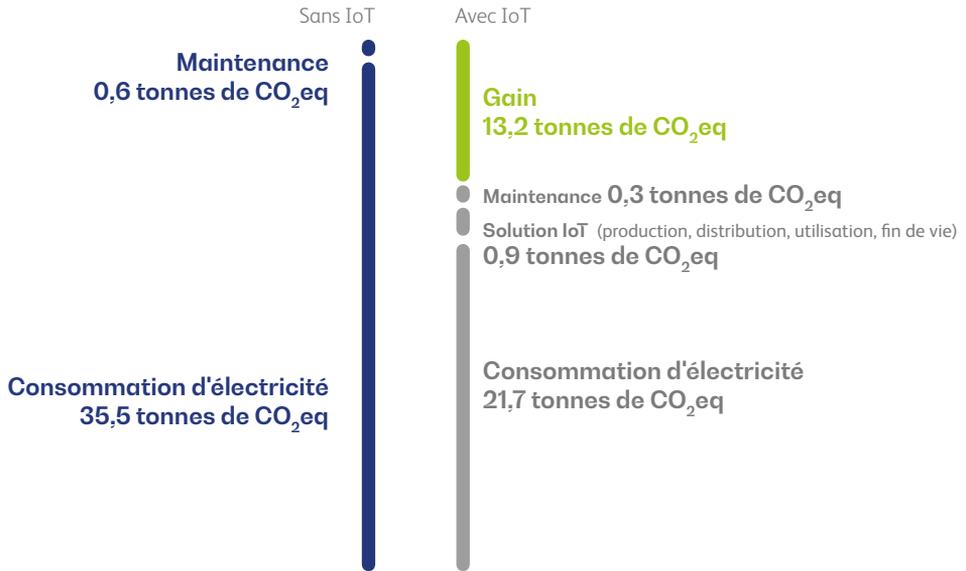
[9] ADEME - Impact Co2 - 2021

[10] Light Zoom lumière - Éclairage solaire et éclairage conventionnel, étude comparative - 2022

[11] Figaro - L'éclairage public intelligent, qui permet aux collectivités de faire des économies d'énergie, gagne du terrain - 2022

Résultats

Sur notre périmètre



de CO₂eq économisé

Grâce à la solution connectée, sur un parc de 100 luminaires et sur une durée de 15 ans.

Rendement environnemental de la solution IoT sur le périmètre sur une durée de 15 ans (CO₂ eq.)

Gain environnemental net
Coût environnemental de la solution IoT



La solution IoT a un rendement 1/15, c'est-à-dire que pour 1 tonnes de Co₂eq émise pour créer la solution, 15 tonnes de Co₂eq sont économisées grâce à cette même solution.

Extrapolation France

Nous utilisons ici les mêmes principes de modélisation que sur notre périmètre et nous l'extrapolons à l'échelle de la France. Le Ministère de la Transition énergétique estime le nombre de points lumineux en France à 11 millions, nous avons pris un taux de pénétration des luminaires à LED en France pour l'éclairage public de 25%.

Même si l'évitement des activités de maintenance grâce à l'IoT représente un bénéfice environnemental important, nous prenons ici le parti de ne pas le prendre en compte dans les extrapolations, car difficile à estimer sur un périmètre aussi large. Sur 1 an, les émissions de gaz à effet de serre sont les suivantes :



Tableau 1 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté en France (périmètre 1 an)

Mix électrique : 0,06 kgCO₂/kWh

Ventilation éclairage	Luminaires à LEDs	luminaires à lampes à décharge	Total
En % ^[13]	25%	75%	100%
En nombre de points lumineux ^[14]	2 750 000	8 250 000	11 000 000
En % de consommation électrique du pays	10%	90%	100%
Gain en CO ₂ engendré par l'IoT	8 500 TCO ₂ eq	86 200 TCO ₂ eq	94 700 TCO ₂ eq
Les économies d'énergie engendrées permettraient d'éclairer la ville de Paris pendant	1,5 an	13,5 ans	15 ans

En France, si la solution IoT était installée et appliquée à l'ensemble des luminaires du parc d'éclairage public français, jusqu'à 36% d'économies sur les émissions de gaz à effet de serre pourraient être observées en 1 an.*

*Sans prendre en compte les émissions GES liées à la maintenance

3%

de la consommation annuelle d'électricité en France pourrait être évitée grâce à la solution connectée

0,03%

Des émissions de GES en France seraient évitées (base 2020)

[12] Ministère de la Transition Énergétique - Pollution lumineuse - 2021

[13] Figaro - L'éclairage public intelligent, qui permet aux collectivités de faire des économies d'énergie, gagne du terrain - 2022

[14] Ministère de la Transition Énergétique - Pollution lumineuse - 2021

Extrapolation à l'international

Nous avons extrapolé la modélisation à trois autres pays : l'Allemagne, le Royaume-Uni et le Maroc.

Nous avons comptabilisé pour chaque pays :

- le facteur d'émissions de gaz à effet de serre du mix électrique du pays,
- le nombre de points lumineux,
- la répartition des luminaires à LEDs et des luminaires à lampes à décharge.

Par manque de données disponibles sur la puissance moyenne des luminaires dans ces zones géographiques, nous avons pris le parti d'utiliser les mêmes valeurs que pour la France soit 0,115 kW pour les luminaires à lampes à décharge et 0,04 kW pour les luminaires à LEDs.

Tableau 2 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté en Allemagne (périmètre 1 an)



Mix électrique : 0,314 kgCO₂/kWh

Ventilation éclairage	Luminaires à LEDs	Luminaires à lampes à décharge	Total
En % ^[15]	40%	60%	100%
En nombre de points lumineux ^[16]	3 640 000	5 460 000	9 100 000
En % de consommation électrique du pays	19%	81%	100%
Gain en CO ₂ engendré par l'IoT	63 300 TCO ₂ eq	305 800 TCO ₂ eq	369 100 TCO ₂ eq
Les économies d'énergie engendrées permettraient d'éclairer la ville de Paris pendant	10 ans	47 ans	57 ans

Tableau 3 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté au Royaume Uni (périmètre 1 an)



Mix électrique : 0,242 kgCO₂/kWh

Ventilation éclairage	Luminaires à LEDs	Luminaires à lampes à décharge	Total
En % ^[17]	55%	45%	100%
En nombre de points lumineux ^[18]	3 575 000	2 925 000	6 500 000
En % de consommation électrique du pays	30%	70%	100%
Gain en CO ₂ engendré par l'IoT	95 500 TCO ₂ eq	78 200 TCO ₂ eq	173 700 TCO ₂ eq
Les économies d'énergie engendrées permettraient d'éclairer la ville de Paris pendant	15 ans	12 ans	27 ans

[15] Infranken - Forscher warnen vor negativen Auswirkungen von LED-Licht: Veränderungen des Bio-Rhythmus möglich – 2021

[16] OCDE - Building capacity for PPP street lighting projects

[17] Ministère de l'énergie - 2020 Streetlighting Survey - 2020

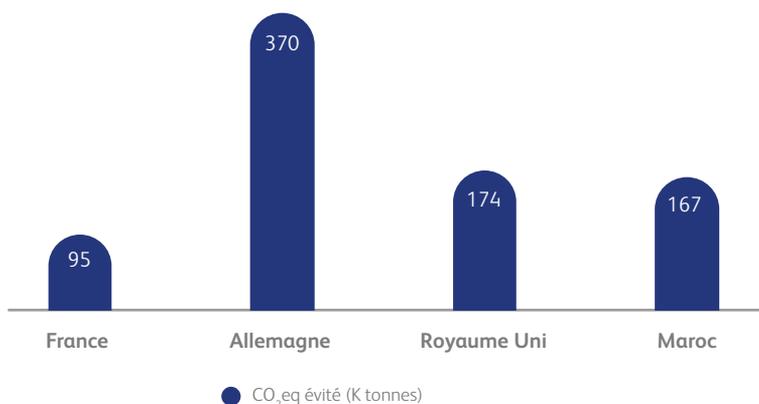
[18] Shropshire - Street lighting facts

Tableau 4 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté au Maroc (périmètre 1 an)



Mix électrique : 0,767 kgCO ₂ /kWh			
Ventilation éclairage	Luminaires à LEDs	Luminaires à lampes à décharge	Total
En % ^[19]	35%	65%	100%
En nombre de points lumineux ^[20]	560 000	1 040 000	1 600 000
En % de consommation électrique du pays	16%	84%	100%
Gain en CO ₂ eq engendré par l'IoT	24 000 TCO ₂ eq	142 800 TCO ₂ eq	166 800 TCO ₂ eq
Les économies d'énergie engendrées permettraient d'éclairer la ville de Paris pendant	4 ans	22 ans	26 ans

Graph 2 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté par pays (périmètre 1 an)



[19] Fond pour l'Environnement Mondial - Transformation de marché de l'éclairage efficace au Maroc - 2019

[20] Association Marocaine de l'éclairage public - Éclairage public : une économie potentielle d'un milliard de dirhams - 2022

Pour aller plus loin

Nous avons pris en compte dans cette modélisation l'état actuel du parc d'éclairage public, à savoir une moyenne nationale de 75% de lampes à décharge et 25% de luminaires à LEDs. L'évolution du parc tend vers un pourcentage de plus en plus important en faveur de la LED. Cette technologie a une consommation d'énergie moindre comparée la lampe à décharge. Ainsi, plus la technologie LED sera déployée, plus les économies de CO₂ apportées par l'IoT seront proportionnellement plus faibles.





Eclairage tertiaire

ignify

OSRAM

Pourquoi ce *use case* a-t-il été choisi ?

D'après l'IEA (*International Energy Agency*), le secteur de l'énergie est le premier poste mondial d'émissions de gaz à effet de serre (GES) avec 36,3 milliards de tonnes de CO₂eq en 2021^[1]. L'éclairage quant à lui est responsable de 5% des émissions de GES mondiales^[2]. D'après l'ADEME, en France l'éclairage représente 10% de la consommation nationale totale d'électricité^[3]. C'est un poste consommateur, notamment dans les bureaux où des économies importantes sont

envisageables. À titre d'exemple, en France, avant même le début de la crise COVID-19, le taux d'occupation des bureaux était de 60%^[4]. Il y a un réel enjeu à pouvoir piloter l'éclairage.

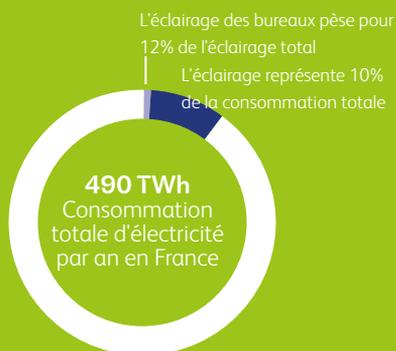
Cette étude va se concentrer sur l'éclairage tertiaire et notamment l'éclairage dans les bureaux, représentant 12% de la consommation électrique due à l'éclairage au global.

CHIFFRES CLÉS

D'après le *United Nations Environment Programm*, l'éclairage est responsable de **5%** des émissions GES mondiales⁵.

2,5 Milliards tonnes de GES dues à l'industrie de l'éclairage^[6].

70% de la consommation d'éclairage intérieur se fait le jour, période pendant laquelle des systèmes de gestions type IoT peuvent faire la différence pour près de **70%** sur la consommation^[7].



[1] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022.

[2] United Nations Environment Program - BRIGHTEN UP! Making the switch to efficient lighting - 2017

[3] ADEME - L'éclairage - 2021

[4] Le Parisien - Covid-19 et télétravail : «Le bureau restera un lieu de sociabilisation important» - 2020

[5] United Nations Environment Program - BRIGHTEN UP! Making the switch to efficient lighting - 2017

[6] EDGAR Emissions Database for Global Atmospheric Research - GHG emissions of all world countries - 2021

[7] Association Française de l'éclairage - Actualisation 2019 des chiffres sur les LED - 2019

Description du *use case* & solutions IoT

Afin de déterminer l'impact environnemental de l'IoT sur l'éclairage tertiaire, nous avons collaboré avec deux entreprises : Signify et Osram. Leurs solutions consistent à installer un réseau de capteurs intelligents qui vont communiquer entre eux afin de faire varier l'intensité lumineuse des luminaires à LEDs.

Signify est une entreprise néerlandaise spécialisée dans la conception, la production et la commercialisation de produits et solutions d'éclairage. Signify est l'un des plus importants fournisseurs de produits d'éclairage professionnel et résidentiel dans le monde, avec une présence dans plus de 100 pays. Signify propose une large gamme de produits d'éclairage et se concentre également sur le développement de technologies de l'éclairage intelligentes pour aider les entreprises et les particuliers à réduire leur empreinte carbone.

Osram est une entreprise allemande spécialisée dans la production de lampes et de composants électroniques pour l'éclairage. Elle propose une large gamme de produits et se concentre également sur la recherche et le développement de nouvelles technologies d'éclairage, notamment en matière de connectivité et de gestion de l'énergie.

Cette étude portera plus précisément sur une solution IoT qui consiste à mettre en place des luminaires à LEDs équipés de capteurs permettant de varier l'intensité lumineuse en fonction de l'occupation et des apports de lumière du jour. Ces luminaires sont connectés via le cloud et pilotables par les utilisateurs en fonction de leurs besoins individuels.

Il est ainsi possible de limiter le sur-éclairage des espaces de travail en ne maintenant pas en permanence la valeur minimale de 500 lux^[8] mais en l'appliquant uniquement lorsque l'utilisateur en a réellement besoin.



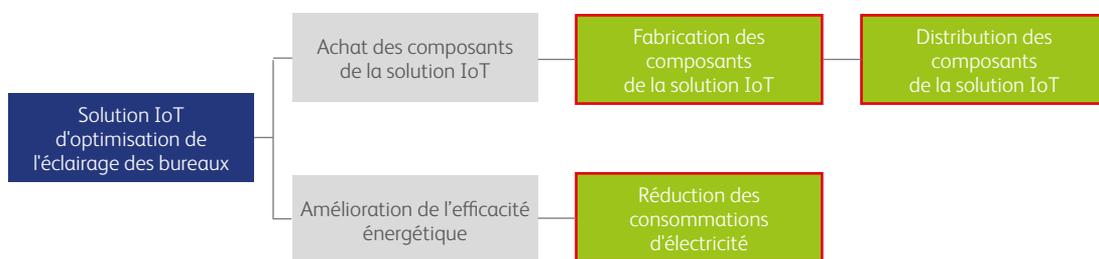
 Solution IoT

[8] Association Française de l'éclairage - Les normes européenne de l'éclairage - 2004

Arbre des conséquences et périmètre modélisé

Nous avons réalisé deux modélisations, l'une pour un bâtiment utilisant des luminaires à LEDs et des capteurs indépendants, et l'autre intégrant des luminaires LEDs avec des capteurs connectés entre eux qui font varier l'intensité lumineuse en fonction de l'occupation. Dans ce

contexte nous avons réalisé un arbre des conséquences selon la méthodologie QuantiGES de l'ADEME (l'impact du cloud en terme d'émission de GES n'est pas pris en compte dans le calcul).



■ Catégorie de conséquence ■ Impact GES ■ Impact GES pris en compte dans la modélisation

Modélisation



Hypothèses principales



La durée de vie des capteurs connectés utilisés dans cette solution est de **15 ans**.



La production d'un luminaire à LED émet **34 kgCO₂eq.**



La durée quotidienne d'éclairage des luminaires choisie est de **10 heures**.



La consommation électrique des LEDs calculée par les entreprises est de **0,0125 kWh** sans solution IoT et **0,0075 kWh** avec la solution IoT.

Sources principales



Pour la modélisation, nous avons calculé les émissions de gaz à effet de serre liées à la mise en place de la solution IoT pour :

- La production (incluant extraction des matières premières et fabrication)
- Le transport
- L'utilisation (en incluant la transmission des données)

Pour la production et le transport les chiffres sont tirés des données des entreprises contributrices ou de la littérature.

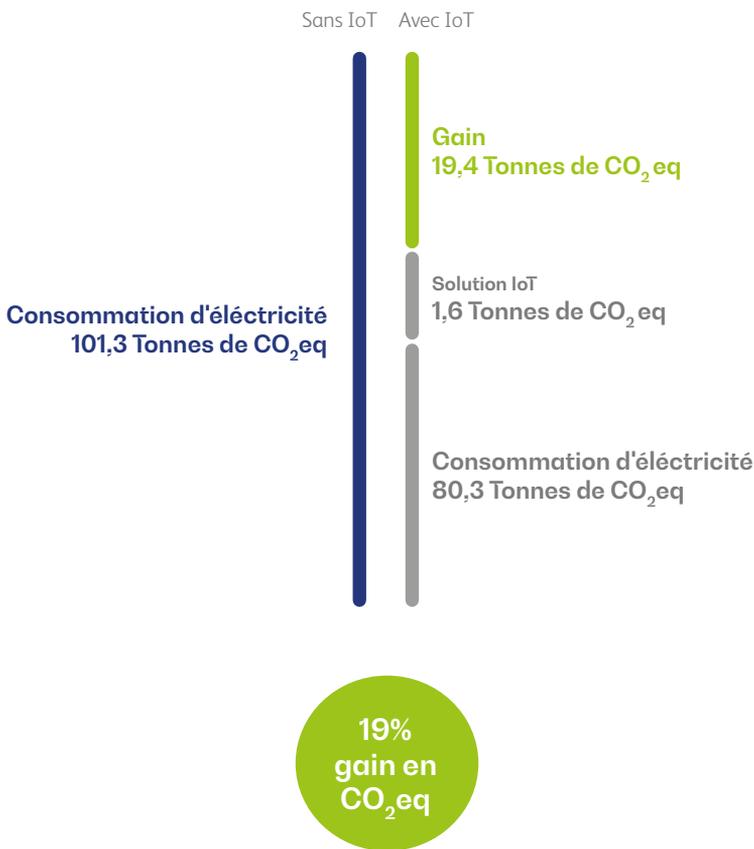
Nous réalisons notre étude sur un bâtiment de 10 000 m² avec une durée quotidienne d'éclairage des luminaires de 10 heures.

Résultats

Sur notre périmètre

La mise en place d'une telle solution IoT sur un immeuble de 10 000 m² permettrait d'économiser 19% d'émissions de GES sur la durée de vie d'un luminaire à LED (15 ans).

La mise en place de ces solutions IoT pour ce cas d'usage permettrait de contribuer à l'atteinte des objectifs fixés par la Stratégie Nationale Bas Carbone de réduction des émissions du secteur résidentiel – tertiaire avec une diminution annuelle moyenne de 2,5 Mt CO₂eq/an entre 2015 et 2050^[9].



Ce gain en CO₂eq correspond à 2 mois d'éclairage d'un immeuble de 10 000 m²

[9] Stratégie Nationale Bas Carbone - Stratégie Nationale Bas-Carbone - 2022

Extrapolation en France

Nous utilisons le même principe que pour la modélisation de notre périmètre pour extrapoler à l'échelle de la France et estimer le potentiel de ces solutions à grande échelle. La surface totale

des bureaux en France est estimée à 200 millions de m²[10]. En appliquant la solution à toute la France, les émissions de gaz à effet de serre que l'IoT pourrait contribuer à éviter représenteraient 388 528 tCO₂eq sur 15 ans (durée de vie des luminaires), soit une économie annuelle de 25 901 tCO₂eq.

Si des solutions IoT similaires étaient mises en place dans tous les bâtiments tertiaires français, l'IoT pourrait contribuer à éviter des émissions à hauteur de :



Dans les bureaux équipés d'un éclairage à LEDs
(Calcul sur 15 ans - durée de vie des LEDs)

L'IoT dans le cadre de l'éclairage tertiaire pourrait ainsi contribuer à une réduction à hauteur de :



de la consommation annuelle d'électricité en France

Rendement environnemental de la solution IoT (CO₂ eq.)

Gain environnemental net
Coût environnemental de la solution IoT



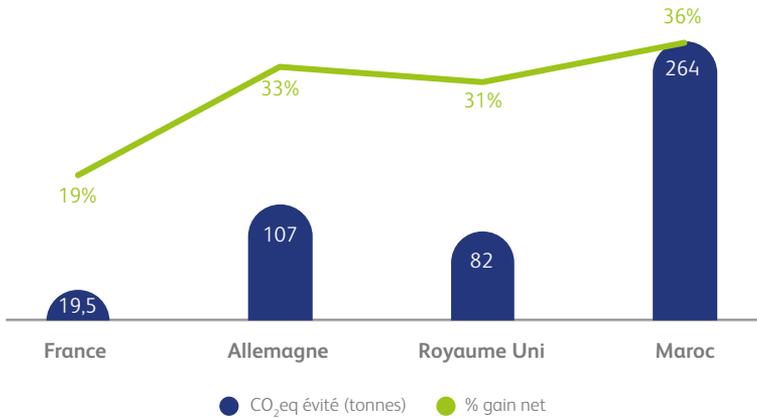
La solution IoT a un rendement 1/12, c'est-à-dire que pour 1 tonne de CO₂eq émise pour créer la solution, 12 tonnes de CO₂eq sont économisées grâce à cette même solution.

Nous avons réalisé cette modélisation avec les mêmes hypothèses (à savoir un immeuble de 10 000m² sur 15 ans) pour différents pays. Les hypothèses concernant la fabrication et le transport sont considérés identiques car nous avons choisi de prendre pour la modélisation une moyenne

européenne. La seule différence se retrouve au niveau de la phase d'utilisation car les valeurs d'intensité des émissions de GES de la production d'électricité sont propres à chaque pays et dépendent du mix électrique national.

[10] Philips - Office lighting The Edge Amsterdam - 2017

Graphe 1 : Gains environnementaux permis par l'éclairage tertiaire connecté par pays (Périmètre 1 an)



Pour aller plus loin

Faute d'accès à des données complètes, nous n'avons pas pris en compte toutes les émissions GES liées au cycle de vie des produits dans nos calculs. Notre modélisation aurait pu être plus précise en prenant en compte les émissions de gaz à effet de serre liées à la fin de vie du produit et l'échange des données sur le cloud.

D'autres effets indirects sont également exclus de la modélisation (effet rebond, mauvais comportement du côté utilisateur qui amène à réduire le gain en pratique).

De plus, nous aurions pu prendre en compte dans la modélisation les surfaces de construction évitées grâce à la mise en place de cette solution IoT. Une étude^[11] menée à Amsterdam sur les données d'occupation réelles montre que l'utilisation de luminaires à LEDs connectés permettaient d'identifier des zones de

bâtiments non utilisées (car les LEDs ne s'y allument pas) et donc de réduire l'espace nécessaire par employé de 12,6 à 7,6 m² (soit près de 40% de réduction).

En considérant, une hypothèse de 10%, il serait alors possible de libérer 1000 m² pour un immeuble tel que celui que nous avons modélisé (de 10 000 m²). Rendu possible par la solution IoT, cet espace libéré pour d'autres occupants permettrait d'éviter environ 1400 TCO₂eq par la non construction de surface supplémentaire. En effet, d'après une étude publiée en décembre 2019, l'Observatoire de l'Immobilier Durable^[11] estime qu'il faut 2,3 TCO₂eq pour réaliser 1 m² de travaux avec 1,4 TCO₂eq/m² pour les travaux lourds et 0,9 TCO₂eq/m² pour les travaux récurrents (rénovation et rafraîchissement).

Image 1 : Heatmap de l'occupation d'un bureau - données Signify



[11] Observatoire de l'Immobilier Durable - Quel est le poids carbone global d'un immeuble de bureaux en France ? - 2020



Consommation électrique résidentielle



ecojoko

advizeo



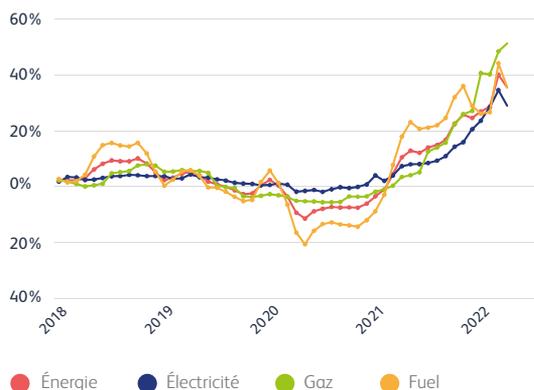
foobot

Contrairement aux autres uses cases de l'étude, ce use case n'a pas été traité via une modélisation quantitative mais avec une approche qualitative, faute de disponibilité de données chiffrées. Les calculs effectués se basent sur des données déclaratives communiquées par les entreprises citées. Le but de l'exercice étant de mettre en lumière 3 types de solutions IoT dans le domaine du suivi et pilotage de la consommation électrique et des ordres de grandeur associés aux gains d'électricité et de Co₂.

Pourquoi ce use case a-t-il été choisi ?

Depuis le début de l'ère industrielle notre consommation énergétique augmente de façon exponentielle. Nous assistons aujourd'hui à une hausse sans précédent et globale des prix des énergies^[1]. L'Europe (EU 28) est, elle aussi, fortement impactée. La crise en Ukraine a contribué à amplifier la tendance. Cela touche toutes les énergies comme le montre le graphique ci-contre de la direction générale de la Commission européenne chargée de l'information statistique à l'échelle communautaire (Eurostat)^[2].

Graph 1 : Évolution du prix de l'Énergie en Europe, sur les 5 dernières années (Source : Eurostat)



Toujours d'après Eurostat, en 2020, le mix énergétique de l'UE, c'est-à-dire l'éventail des sources d'énergie disponibles, était principalement composé de trois sources différentes :

- les énergies fossiles (pétrole, gaz naturel et combustibles fossiles solides) à hauteur de 70%
- les énergies renouvelables à hauteur de 17%
- l'énergie nucléaire à hauteur de 13 %^[3].

Limiter la consommation énergétique aura également, comme co-bénéfice, une influence positive sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) liées à la combustion d'énergies fossiles.

En France, afin d'intégrer sur le plan national ces engagements, la loi relative à La Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV)^[4] du 18 août 2015 fixe des objectifs à moyen terme de :

- Réduire nos émissions de GES de 40% entre 1990 et 2030,
- Réduire notre consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30% en 2030 par référence à l'année 2012.

CHIFFRES CLÉS



En France, entre le printemps 2020 et le 1^{er} Septembre 2022, les prix de marché ont été multipliés par :

- x 2,5 pour le pétrole
- x 3 pour le gaz
- x 40 pour l'électricité ^[5].

Objectifs fixés par la PPE* pour 2030 :

- -40% d'émission de GES d'ici 2030
- -30% de consommation d'énergie fossile

* PPE = Programmations pluriannuelles de l'énergie

[1] International Energy Agency (IEA) - Evolution of energy prices, Oct 2020-Jan 2022 – Charts – Data & Statistics - IEA - 2022

[2] Eurostat - Statistics for the European Green Deal (europa.eu) - 2022

[3] Eurostat - Energy Balances (europa.eu) - 2022

[4] Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires Loi de transition énergétique pour la croissance verte | Ministères Écologie Énergie Territoires (ecologie.gouv.fr) - 2017

[5] Sénat - Impact de la flambée des prix des énergies sur les collectivités territoriales - Sénat (senat.fr) - 2022

Description du *use case* & solutions IoT

Il existe un grand nombre de solutions utiles pour le décret tertiaire, regroupées en quatre catégories :

- le pilotage des installations chauffage, ventilation et climatisation,
- le suivi énergétique multi-fluide,
- le suivi de l'occupation des locaux (flex-office),
- le pilotage des ouvrants (Volet/stores, Fenêtres).

Nous allons nous intéresser plus spécifiquement à la catégorie « suivi énergétique » et plus précisément au suivi de consommation d'électricité en temps réel puisqu'il s'agit d'un cas d'usage mature qui présente, selon le rapport de France Stratégie, de « forts enjeux environnementaux d'optimisation énergétique ».

Dans le but d'assurer le suivi électrique d'un bâtiment, il s'agit d'abord d'équiper le compteur électrique avec une technologie AMR (*Automated Meter Reading*) qui mesure de manière détaillée et en temps réel la consommation d'électricité d'un bâtiment et qui peut être connectée au système de gestion technique du bâtiment.

Puis, en complément vient la surveillance non intrusive de la charge (NILM pour *Non Intrusive Load Monitoring*, ou NIALM pour *Non-Intrusive Appliance Load Monitoring*) qui est un processus permettant d'analyser les changements de la tension et du courant entrant dans une maison et de déduire quels sont appareils utilisés dans la maison ainsi que leur consommation d'énergie individuelle. La NILM est considérée comme une alternative peu coûteuse à l'installation de moniteur individuel sur chaque appareil.

Nous avons étudié trois solutions qui ont toutes été récompensées par la fondation Solar Impulse et pour lesquelles des retours d'expérience et des économies d'énergie électrique entre 10 et 28% par an ont été publiés (il est à noter que la fourchette est assez large du au fait que la gestion de l'énergie dans des bâtiments résidentiels ou tertiaires diffère) :

- Ecojoko
- Advizeo
- Foobot

L'assistant connecté **Ecojoko**, constitué d'un capteur installé au niveau du compteur électrique et d'un écran, affiche en temps réel la consommation électrique des foyers. Grâce à l'intelligence artificielle, il identifie la quantité d'énergie consommée par les appareils électriques et fournit des recommandations pour induire des changements de comportement et ainsi réduire la facture d'électricité.

Selon les chiffres communiqués par Ecojoko, 4 860 Tonnes de CO₂ équivalent seraient évitées sur un déploiement dans 10 000 foyers grâce aux économies d'énergie réalisées.

La solution **Advizeo** s'adresse aux gestionnaires de bâtiments et permet :

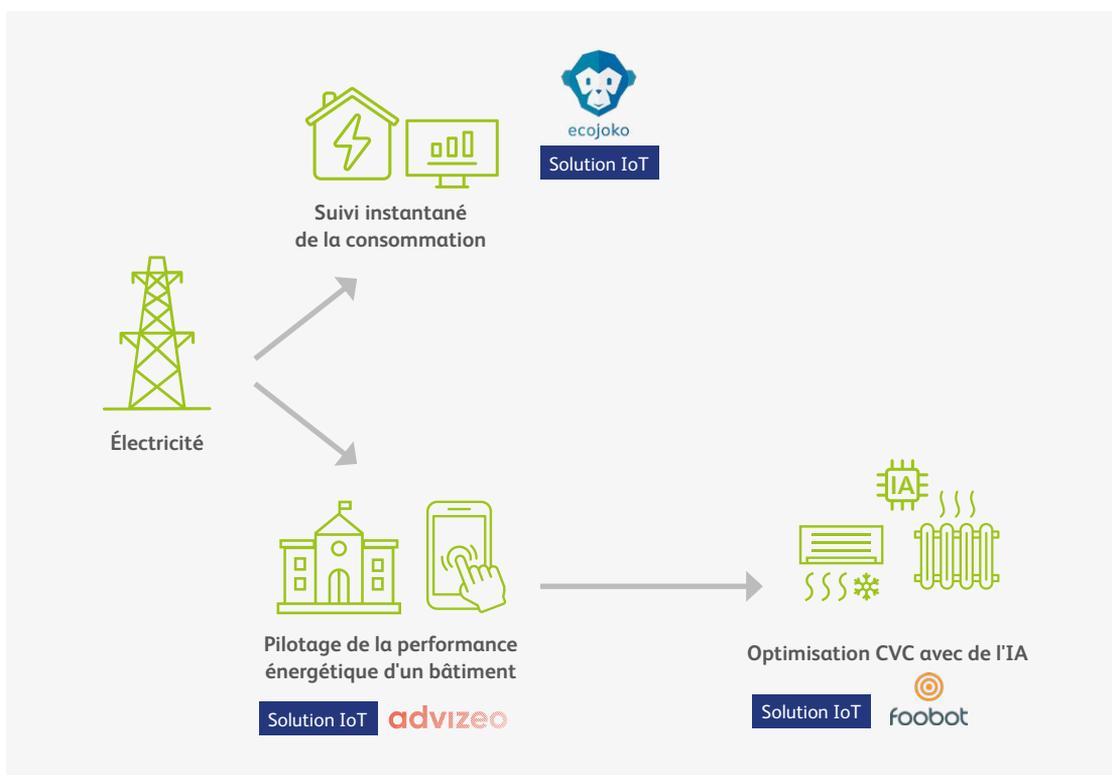
- d'acquérir de la donnée sur les bâtiments via les factures, les compteurs connectés et, enfin via des sondes et capteurs temps réel,
- aux *Energy Managers* d'Advizeo d'analyser ces données pour recommander un plan d'action,
- de suivre les plans d'actions.

Dans le cadre d'un déploiement de cette solution sur des surfaces entre 74 000 m² et 150 000 m², 100-150 capteurs ont été posés pour le suivi de la consommation d'énergie et du confort (température et humidité). Les données liées à l'exploitation du site ont été analysées et centralisées au sein de l'application. Des changements de comportement ainsi que des détections de surconsommation ont ainsi induit des gisements d'économies d'énergie entre 9% et 10,7%.

Un dernier exemple nous vient du Luxembourg avec la solution **Foobot** à base d'Intelligence Artificielle couplée à la Gestion Technique du Bâtiment (GTB) et à l'installation d'un Chauffage-Ventilation-Climatisation (CVC) connecté. Une démarche en 3 phases avec :

- Entraînement de l'algorithme,
- Connexion à la GTB,
- Optimisation de la CVC grâce à la remontée de données.

Finalement, selon Foobot, entre 43% et 52% d'économies d'énergies ont été atteintes dès la 1^{ère} année sur des surfaces entre 8 800 m² et 15 400 m² de bâtiments tertiaires grâce au pilotage des installations CVC. Cela prend en compte l'occupation des bâtiments, leur inertie thermique et les données météorologiques locales.



Résultats

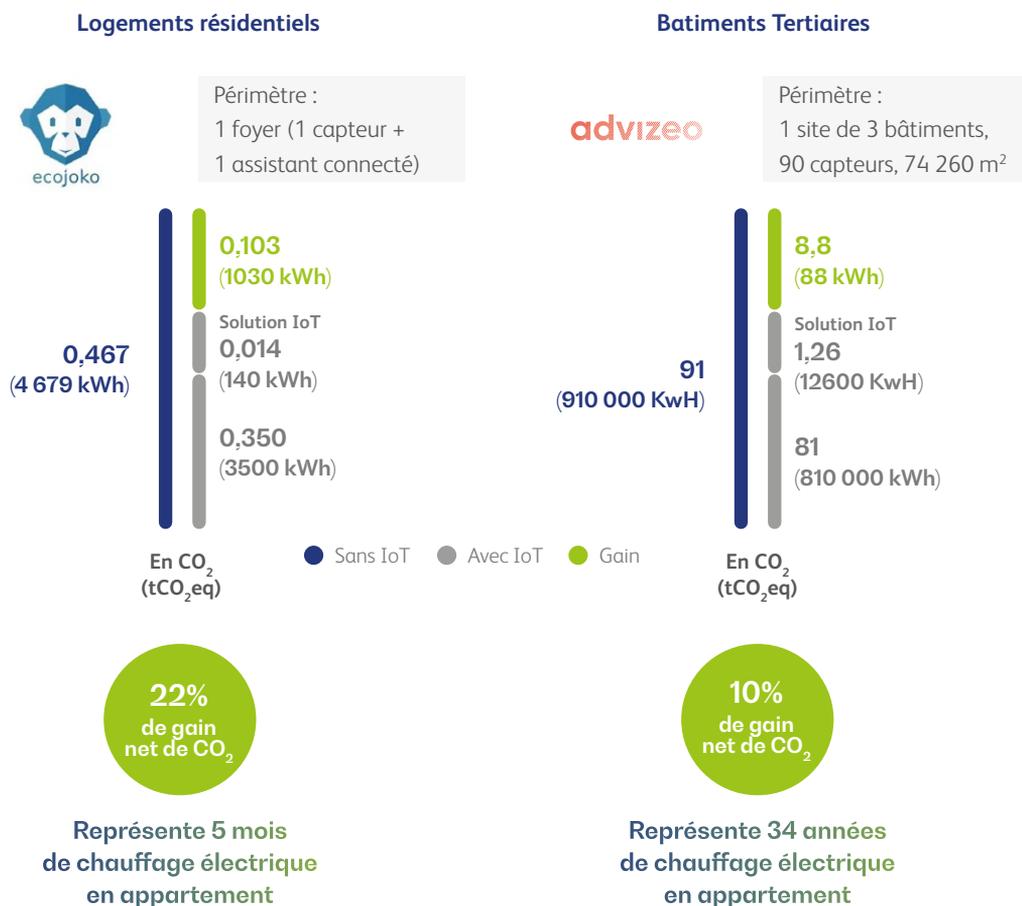
Hypothèses principales

Nombre de ménages en France : 29 millions (2019- INSEE)

Consommation électrique d'un ménage : 4679 kWh (2022- Engie)

Superficie totale des bâtiments tertiaires en France : 940 millions de m² (2022-Opera Energie)

Sur nos périmètres (1 an)



Rendement environnemental des solutions IoT (CO₂ eq.)



Les résultats présentés ci-dessus sont basés sur des données déclaratives communiquées par les entreprises citées. Certains effets indirects tels que l'effet rebond ou la mauvaise utilisation des produits par les utilisateurs ne sont pas pris en compte dans ce calcul.

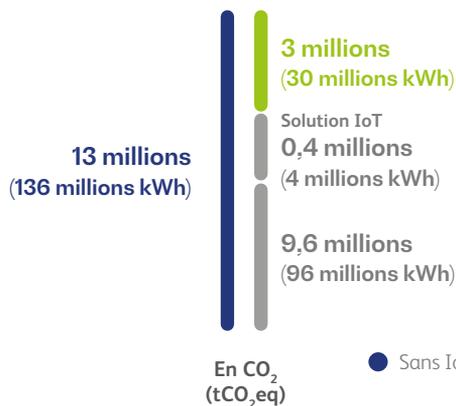
Extrapolation périmètre France (1 an)



Logements résidentiels



Périmètre :
Tous les foyers français

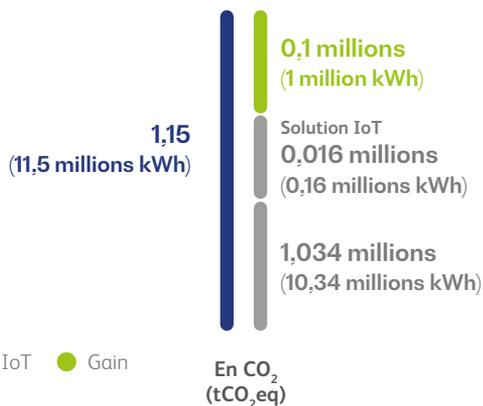


22%
de gain
net de CO₂

Bâtiments Tertiaires



Périmètre :
Tous les immeubles tertiaires français



10%
de gain
net de CO₂

Si des solutions IoT similaires étaient mises en place dans tous les logements & bâtiments tertiaires français, l'IoT pourrait contribuer à une réduction à hauteur de :

1%

de la consommation annuelle d'électricité en France soit l'équivalent de 12,9 millions de maisons chauffées (électriquement) pendant 1 an^[6]

Et dans le monde ?

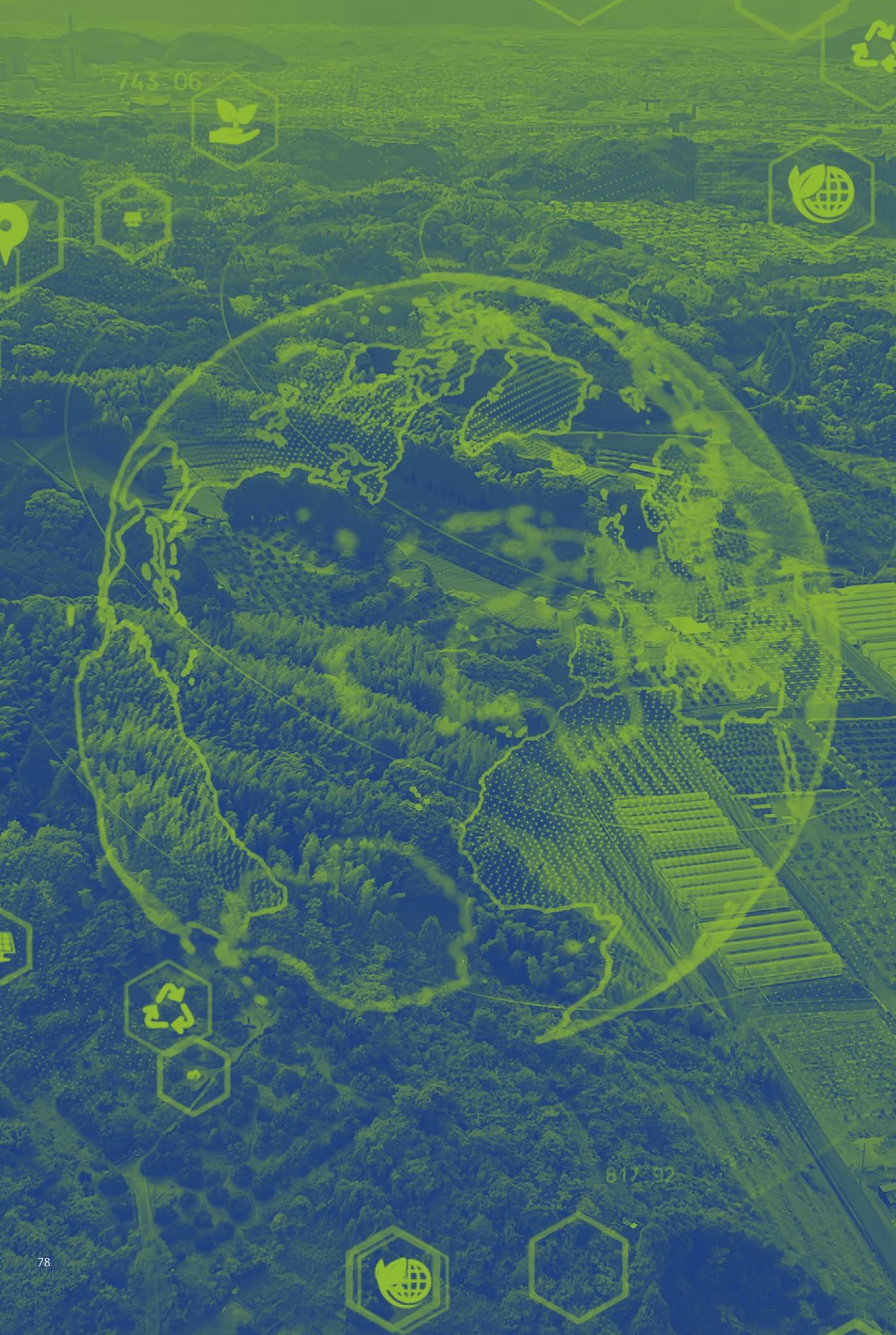
Selon Claude Kirchner, Le monde de l'internet des objets : des dynamiques à maîtriser, Février 2022, L'IoT permettrait d'économiser 1,8 PétawattHeure (PWh ou 10E15 Wh) sur la consommation énergétique des bâtiments résidentiels et commerciaux dans le monde (en tenant la consommation induite par l'IoT).^[7]

À titre de comparaison, 1,4PW correspond au flux de chaleur estimé transporté par le Gulf Stream^[8].

[6] ADEME - Impact CO2 | Datagir (ademe.fr) - 2023

[7] Claude Kirchner, Le monde de l'internet des objets : des dynamiques à maîtriser, Février 2022

[8] Wikipedia - Ordres de grandeur de puissance - Wikipédia (wikipedia.org) - 2023



743 06

817 92

Entreprises contributrices

Votre entreprise en quelques mots

Weenat propose aux agriculteurs des solutions mobiles, connectées et simples d'utilisation leur permettant de suivre en temps réel les conditions météorologiques, hydriques et agronomiques de leurs parcelles.

Au plus près des territoires, les équipes Weenat travaillent en continu au développement de nouvelles solutions dans le but d'accompagner les agriculteurs vers de meilleures performances techniques, économiques et environnementales.

L'IoT chez vous

Weenat développe des capteurs connectés capables de mesurer avec précision les paramètres météo susceptibles d'impacter l'activité agricole.

L'exploitant peut consulter l'ensemble des données météorologiques de sa parcelle via une application dédiée. Pluviométrie, température des sols, force du vent, hygrométrie... Il accède, en quelques gestes, à une donnée ultra-précise, locale et en temps réel.

Weenat est spécialiste des capteurs et modèles hydriques, permettant aux exploitants de raisonner leur pratiques d'irrigation.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

Nous produisons et vendons 4.000 capteurs par an (atterrissage 2022), ce qui représente environ 35% de part de marché en France. Nous avons une activité commerciale en France, en Espagne et en Allemagne et estimons que le taux de pénétration des solutions de *smart irrigation* se situe entre 10 et 15% dans ces trois pays.

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

Selon les statistiques de la FAO (Food and Agriculture Organization), l'agriculture représente 70% de la consommation d'eau mondiale. Toujours selon ces statistiques, 60% de cette consommation (donc env. 40% de la consommation d'eau mondiale) est perdue à cause de l'inefficacité des systèmes d'irrigation et la sur-irrigation.

En donnant accès à la quantité d'eau réellement contenue dans le sol en temps réel, nos solutions permettent aux irrigants d'économiser en moyenne 20% d'eau chaque saison.

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

Nous proposons aux agriculteurs des capteurs connectés simples d'utilisation leur permettant de connaître en temps réel la quantité d'eau dans le sol de leurs parcelles. Ils peuvent ainsi adapter leurs apports d'eau et améliorer leurs performances culturales tout en réalisant des économies d'eau conséquentes.

Bonnes pratiques de mise en œuvre

Production locale

- Tous nos capteurs sont produits en Loire-Atlantique dans des ateliers adaptés ou dans nos propres chaînes d'assemblage. L'ensemble des composants d'assemblage : mécanosoudage, reprise électronique, cartonnage, etc. sont également produits en Loire-Atlantique au plus près de nos lignes d'assemblage.
- Les éléments techniques : sondes, pluviomètres, etc. sont tous sourcés en EU. Seuls les circuits électroniques sont sourcés en Asie, faute d'équivalent européen.

Réparabilité

- Tous nos capteurs sont réparables par l'utilisateur pour les points de maintenance courante : changement de la pile (tous les 4 à 5 ans), changement de sondes pour réétalonnage, changement de cuillère du pluviomètre pour réétalonnage, etc.

Recyclage

- Les piles restent le seul élément non réutilisable des capteurs Weenat. Nous nous engageons à récupérer toutes les piles usagées pour les faire recycler.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Selon les études menées par les instituts de recherche agricoles, l'utilisation de solutions de pilotage de l'irrigation réduit très nettement les volumes d'irrigation. Le cas particulier des tensiomètres est aussi assez bien étudié, comme par exemple dans l'étude de l'IRSTEA publiée en 2017 sur l'évaluation des économies d'eau potentielles à la parcelle réalisables par la modernisation des systèmes d'irrigation qui estime les économies réalisable grâce à des solution IoT à 20% en moyenne – chiffre très variable bien sûr selon les années, les sols et les cultures.



20%
d'économies d'eau

Nous préconisons l'utilisation de 6 tensiomètres par parcelle afin d'obtenir une bonne représentation de la réserve en eau de la parcelle. Il faut donc bien avoir en tête ce facteur 6 dans les calculs de retour sur investissement.

Évolution de vos projets IoT

Nous concevons et produisons les premiers tensiomètres connectés, robustes et simples d'utilisation. Depuis 2014, c'est plus de 2.500 tensiomètres qui ont été déployés dans les parcelles en France, en Espagne et en Allemagne. Ce volume de capteurs nous permet de suivre une grande diversité de situations : climats, sols, cultures, etc. Nos équipes de data-scientistes utilisent ces données et développent, par Machine Learning, des outils prédictifs capables d'anticiper la tension hydrique à 7 jours. Donnée très précieuse qui permet aux irrigants de piloter leurs apports d'eau au plus juste.



Votre entreprise en quelques mots

SOWIT est une entreprise se situant au carrefour de la télédétection, de l'IA et de l'agronomie, dont l'objectif est de construire des produits adaptés aux besoins des exploitants agricoles africains.

SOWIT vise ainsi à aider les agriculteurs à mieux comprendre leurs exploitations et à piloter activement leurs opérations les plus critiques telles que la fertilisation, l'irrigation ou l'estimation de la date de récolte.

Afin d'apporter ces solutions au plus grand nombre, SOWIT déploie une application mobile « freemium » qui accompagne l'utilisateur dans sa démarche d'intensification durable de ses productions. L'accompagnement fourni s'appuie sur des données satellitaires complexes qui digérées, en cartes simples, mettent en évidence des phénomènes tels que le stress hydrique et la biomasse des cultures. Ceci permettant de fournir des recommandations, simples et adaptées à la capacité d'intervention de l'utilisateur, visant la réalisation d'une action telles que la récolte ou l'irrigation.

L'IoT chez vous

L'IoT est utilisé dans le cadre de la R&D pour le développement de nos produits et chez nos clients qui souhaitent avoir une vision en temps réel pour contrôler leur niveau d'irrigation, de PH ou encore une vision de la météo sur la parcelle.

Nos outils accompagnent les agriculteurs au travers d'alertes spécifiques qui leurs permettent d'adapter leur conduite technique ou d'anticiper une maladie ou un risque de ravageurs sur leurs parcelles.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

Actuellement, plus de 2000 utilisateurs en Afrique du Nord (Maroc, Tunisie) et en Afrique de l'Ouest (Niger, Sénégal, Côte d'Ivoire) représente plus de 80 000 hectares sous gestion. Les utilisateurs SOWIT s'appuient aussi bien sur des centaines d'objets IoT (déployés au Maroc et en Tunisie principalement) que sur les outils d'aide à la décision reposant sur l'analyse de l'imagerie satellite.

Les clients n'ont pas besoin de se déplacer, car toutes les données sont centralisées sur le cloud et visualisables directement sur l'application mobile. Nos capteurs sont waterproof et ne nécessitent aucune maintenance. La batterie à une durée de vie de 3 ans et peut être remplacée pour quelques euros par le client lui-même.

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

L'utilisation combinée de l'IoT et de l'imagerie satellitaire permet de construire des outils d'aide à la décision au plus près des agriculteurs.

Ces outils, qui favorisent le pilotage par la donnée des exploitations, permettent de faire un suivi en temps réel du besoin des cultures et des intrants sur les parcelles.

Cela a permis à nos clients de faire une économie d'irrigation moyenne de 15 à 20%, en modulant les apports sur les secteurs les plus demandeurs et les parcelles les plus en difficultés.

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

Nous mettons entre les mains des agriculteurs, une application mobile et un dashboard web qui consolident l'ensemble de nos solutions à base d'imagerie satellitaire ou d'IoT, pour leur permettre de suivre leurs exploitations en temps réel.



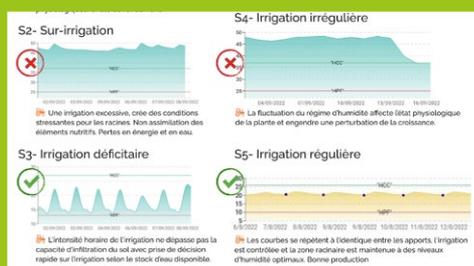
Bonnes pratiques de mise en œuvre

L'IoT seul ne permet pas d'avoir une vision globale des problèmes sur une exploitation, car les mesures restent localisées.

C'est pour cette raison que chez SOWIT nous développons des modèles de télédétection utilisant l'imagerie satellitaire pour analyser les besoins en intrant des exploitations. Ces analyses nous permettent de capter l'hétérogénéité des cultures avec une forte résolution (3 m) et régulièrement (2 à 3 images satellites par semaine en fonction de la zone et des conditions météorologiques).

Grâce à cela nous conseillons aux agriculteurs un placement optimisé de leurs devices IoT, pour mesurer et alerter en temps réel sur les problèmes liés à l'irrigation sur la ferme (bouchages, sur-irrigation, sous-irrigation, etc.).

Toutes nos devices IoT fonctionnent à l'énergie solaire et communique via un le protocole bas débit LORAWAN, ce qui leur confère une durée de vie supérieur à 3 ans, sans maintenance ou intervention sur le terrain.



Les impacts de votre action IoT au service de la planète

L'application variable des intrants grâce à l'utilisation combinée de l'imagerie satellitaire et de l'IoT permet :

- Une optimisation de l'irrigation, en la dirigeant vers les zones les plus stressées,
- Un contrôle pour éviter la sur-irrigation, et la dépense de la ressource hydrique,
- Une réduction moyenne de l'irrigation sur l'ensemble de nos clients mesurée entre 15 et 20%.

La réduction et l'optimisation de l'irrigation sur les exploitations agricole, permet d'une part de conserver la ressource hydrique et de l'utiliser là où se situe le besoin, mais également de réduire les émissions de gaz à effet de serre, car moins d'irrigation implique moins de pompage et donc moins de kWh au compteur.

Évolution de vos projets IoT

Nos solutions sont au carrefour de la télédétection, de l'agronomie et du Machine Learning, pour apporter à l'agriculteur une information précise mais aussi adaptée à son contexte agro et pédoclimatique.

Nous avons déployé cette année un produit qui donne à l'agriculteur son besoin en eau actuel et une prévision sur 7 jours de ce besoin, pour amener une capacité d'anticipation nécessaire à une conduite optimisée des cultures.

Nous travaillons également sur l'ajout de nouvelles fonctionnalités et de nouvelles alertes sur notre dashboard IoT, pour prendre en compte des cultures précises, ou des maladies spécifiques et alerter l'agriculteur le plus tôt possible pour lui permettre d'adapter son itinéraire technique.

Votre entreprise en quelques mots

Fondée en 2016, Robeau s'engage à réduire les consommations d'eau en déployant des solutions innovantes et engagées en faveur du développement durable. Nous accompagnons les gestionnaires de bâtiments de tout secteur (Industrie, Tertiaire et Collectivités Publiques) à réaliser des économies d'eau d'au moins 20%, grâce à l'installation d'un dispositif simple et intuitif qui permet la mesure de la consommation et la détection d'anomalies en temps réel. Notre mission, préserver la ressource eau partout dans le monde et mettre un terme aux gaspillages en sensibilisant les personnes à adapter en conscience leurs habitudes de consommation.

L'IoT chez vous

Nous travaillons depuis plusieurs années au développement d'une solution IoT clé en main qui associe la technologie LoRa aux derniers composants innovants. Nos capteurs débit-métriques à turbine sont reliés à un boîtier connecté qui génère et transfère, via un réseau privé et sécurisé, un indicateur de consommation d'eau en temps réel. Nous avons conçu et développé une plateforme de gestion simple, intuitive et interopérable qui assure la centralisation des données afin de suivre les consommations, détecter les anomalies et alerter de la présence de fuites en temps réel.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

Dans le monde, la part de marché *Smart Water* est estimée en 2021 à environ 14 milliards de dollars, soit ~2,8% du marché total disponible. Elle doublera d'ici 2028 avec un taux de croissance annuel composé de 12%. En 2018, les segments « *Smart City* » et « *Connected Building* », qui incluent des projets *Smart Water*, respectivement à la 1^{ère} et 3^{ème} place des projets IoT, constituaient à eux deux plus de 35% du marché. Ce marché évoluera de manière exponentielle dans les 10 prochaines années.

Le segment IoT « *Smart Energy* », dans lequel s'inscrit la thématique eau, se situait à la 5^{ème} place avec 10% de part de marché (dont 4% lié à la gestion de l'eau).

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

D'ici 2050, plus des deux tiers de la population mondiale risquent d'être en situation de stress hydrique de manière permanente ou temporaire.

Aujourd'hui, 34% de l'eau produite est perdue dans le monde et 40 % de ces pertes sont liés aux fuites d'eau. Ces pertes peuvent être évitées notamment grâce à l'installation d'une solution de détection, de maintenance prédictive et de sensibilisation des populations aux méthodes de consommation.

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

Nous avons conçu et construit une plateforme de gestion des données de consommation d'eau pour que chacun puisse surveiller comment et où l'eau est consommée ainsi que détecter les anomalies de manière instantanée. La plateforme récupère toutes les données des capteurs et compteurs installés sur les infrastructures du client via notre passerelle, puis les centralise afin de fournir une analyse complète et exhaustive via l'élaboration d'outils de suivi sur mesure.



Bonnes pratiques de mise en œuvre

Nous nous assurons que notre entreprise et notre solution limitent leur impact environnemental :

- Nous nous appuyons sur des partenaires régionaux et avons sélectionné des intervenants locaux pour la fabrication de nos produits,
- Nous favorisons également les circuits courts en nous fournissant en France ou en Europe pour les composants électroniques qui y sont disponibles. À ce titre, nous sommes fiers d'être labellisés « Made in France »,
- Nous collaborons avec des entreprises qui s'engagent en faveur du développement durable. Par exemple, nous avons choisi de collaborer avec l'Entreprise GLS dans le cadre du transport de colis express en Europe. L'entreprise a mis en place une politique RSE de référence et présente différentes certifications et engagements en faveur du développement durable.

En dehors de la production ou du transport, nous limitons nos impacts sur l'environnement au sein de nos bureaux en valorisant le télétravail afin de limiter nos émissions de gaz à effet de serre causées par les transports; en encourageant une politique responsable concernant nos emballages et en menant une politique de recyclage.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Robeau participe à la lutte contre le stress hydrique dans le monde, répondant ainsi à 4 des 17 objectifs définis par les Nations Unies : "Industrie, Innovation et Infrastructure", "Villes et Communautés Durables", "Consommation et production responsables", "Lutte contre les changements climatiques" (cycle de l'eau).

Les retours d'expérience de nos clients sur les 2-3 dernières années indiquent systématiquement des diminutions de leur consommation de 20-30% minimum :

- 2020 / Vinci Airport – Aéroport de Clermont-Ferrand – Diminution de la consommation de 30%, ~ 10 fuites détectées en moyenne par an,
- 2021 / L'Oréal – Campus Charles Vziak – Diminution de la consommation de 50%, +10 fuites détectées en moyenne par an.

Ces objectifs sont atteignables en agissant sur la réduction des consommations d'eau et la sensibilisation du personnel sur les actifs de l'infrastructure (robinetterie, sanitaires, canalisations) et son entretien.

La solution Robeau permet également de faire un pas de plus vers le développement durable en intégrant ses fonctions dans les politiques RSE, et les certifications LEED, HQE et BREEAM en réduisant l'empreinte eau de nos clients.

Évolution de vos projets IoT

La qualité de l'eau est également un critère significatif aujourd'hui dans le monde. Il reste encore trop de maladies d'origine hydrique liées à l'agriculture intensive ou à la pollution et des déchets.

Nous prévoyons de développer un capteur pour s'assurer de cette qualité de l'eau.

Afin de réduire les délais d'intervention sur site, nous envisageons de proposer à nos clients dès 2023 un mécanisme de contrôle d'ouverture / fermeture de valve à distance.

Des capteurs d'eaux usées et de récupération d'eau de pluie seront proposés dès 2024.



Votre entreprise en quelques mots

Vertical M2M est un éditeur de logiciels télécoms spécialisé dans les solutions IoT industrielles pour les marchés de l'Énergie, de l'Environnement, du Bâtiment intelligent, des Territoires connectés et de l'Industrie 4.0. Notre offre logicielle *CommonSense IoT Platform®* est à la fois :

- une plateforme technologique permettant de résoudre les principaux freins au succès et déploiement à grande échelle de projets IoT,
- le socle d'un catalogue de solutions métier utilisant l'IoT et répondant à des enjeux concrets sur nos marchés cibles : *smartwater*, irrigation connectée, suivi de la qualité de l'air, monitoring d'installations en énergies renouvelables, performance énergétique des bâtiments, logistique connectée...

L'IoT chez vous

Vertical M2M est un *pure player* IoT, c'est-à-dire un acteur opérant exclusivement dans le domaine de l'IoT ; Nos activités sont donc orientées vers l'utilisation efficiente d'objets connectés industriels pour la création de nouveaux services et usages ou l'optimisation et la maîtrise des processus et coûts de maintenance.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

De manière générale, la mise en œuvre d'une solution IoT dans nos domaines d'activité procure un retour sur investissement compris entre 3 et 12 mois et génère des économies comprises entre 10 et 50% des coûts initiaux (consommation d'eau ou d'énergie, coûts de maintenance, etc.).

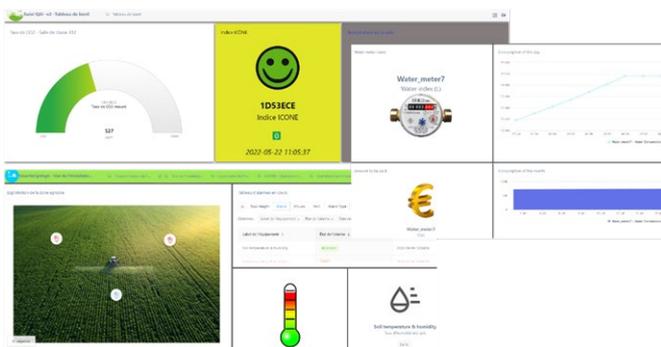
Environ 20% de l'eau potable des réseaux d'eau français est perdue sur les réseaux ou au niveau des abonnés. Cela représente un gisement d'économie d'environ 1,3 millions de m³, soit près de 5 milliards d'euros annuels en France.

De même, les objectifs de réduction des gaz à effet de serre liés à l'efficacité énergétique des bâtiments représente un marché de plusieurs milliards d'euros sur le parc Français.

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés & vos projets IoT pour relever ces enjeux

Les principaux domaines dans lesquels nous intervenons tournent autour des défis de l'énergie et de l'environnement. Nous contribuons grâce à l'IoT à diminuer la consommation d'énergie et améliorer l'efficacité énergétique (dans les bâtiments, pour l'éclairage public, par la production d'énergies renouvelables...), réduire les pertes en eau dans les réseaux, optimiser la consommation d'eau (arrosage intelligent et automatisé des parcs et jardins ou parcelles agricoles), contrôler la pollution atmosphérique ou améliorer la pré-collecte des déchets.



Bonnes pratiques de mise en œuvre

Les projets IoT menés par Vertical M2M s'appuient généralement sur des capteurs sourcés localement (par rapport au pays dans lequel le projet est mené), ce qui est rendu possible par le catalogue étendu de « *CommonSense-ready devices* » de notre plateforme (+350 types de capteurs déjà supportés).

Grâce à notre moteur de *scripting* intégré pour gérer des capteurs ou effectuer des calculs associés aux données de ces capteurs, les temps de traitement sont réduits, ce qui limite également l'utilisation de ressources IT superflues.

Enfin, la forte réutilisabilité des composants logiciels de notre plateforme et ses mécanismes internes permettent là aussi de limiter l'empreinte carbone de notre offre tout en bénéficiant d'une capacité de montée en charge très importante (jusqu'à plusieurs millions de capteurs sur une seule infrastructure) : ainsi nos clients bénéficient d'une seule infrastructure plus légère car totalement mutualisable au niveau des applications et des requêtes IT.

De même, notre architecture pouvant se déployer de différentes manières, les ressources requises (CPU, stockage, etc.) peuvent être adaptées précisément au besoin du projet. Il est ainsi possible de déployer en mode EDGE une infrastructure ultralégère pour une volumétrie limitée de capteurs (> 500), ou au contraire déployer une infrastructure multi-instanciée dédiée dans un cloud privé ou datacenter pour des projets de grande capacité (dizaines de milliers et au-delà).

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Au travers des applications et solutions IoT mises en œuvre sur notre plateforme *CommonSense IoT Platform*, nous apportons des solutions qui répondent à plusieurs des objectifs (ou *goals*) clés du développement durable définis par les Nations Unies pour les Villes, la gestion de l'énergie (énergies propres et efficacité énergétique), l'amélioration de l'utilisation des ressources en eau, la lutte contre la pollution, etc. :

- Solution de gestion énergétique des bâtiments,
- Solution de monitoring de production d'énergies renouvelables,
- Solution de pilotage de la consommation d'eau et de contrôle des réseaux d'eau,
- Solution d'irrigation intelligente pour l'agriculture ou les parcs&jardins,
- Solution de monitoring de la qualité de l'air intérieur ou atmosphérique (extérieur),
- Solution de pilotage intelligent de l'éclairage public.

Évolution de vos projets IoT

A partir de 2023, nous envisageons de mieux mesurer les impacts de nos infrastructures et processus de développement en termes d'empreinte carbone et de consommation énergétique.

Cela sera possible en mettant en place des indicateurs spécifiques pour apporter sur les prochaines années des solutions frugales en énergie et ressources, à impact positif pour la planète et les territoires.

Votre entreprise en quelques mots

Koovea conçoit et commercialise une solution de suivi de température connectée et autonome pour faire face aux pertes financières importantes et aux risques sanitaires liés à une rupture de chaîne du froid. Lancée en 2018, notre solution a permis de révolutionner la logistique des produits thermosensibles de la santé et de l'alimentaire en permettant une surveillance en temps réel et à distance. Notre technologie aux multiples brevets conçue après 3 années de R&D permet un suivi plus simple et plus fiable. Face aux solutions du marché trop complexes et aux normes de plus en plus strictes, Koovea propose aujourd'hui une solution de surveillance de la température complète grâce à une offre par abonnement tout-en-un.

L'IoT chez vous

L'IoT chez Koovea c'est un peu le cœur de notre activité. Nous mettons à profit la technologie et la connectivité pour apporter plus de sécurité à nos clients, et surtout simplifier de façon considérable la gestion de la chaîne du froid. L'utilisation combinée des connectivités Bluetooth et cellulaires nous permet de proposer un usage aussi bien sur le stockage que sur le transport, et ce dans le monde entier.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

Après avoir levé 2,5M€ en 2021, Koovea compte déjà plus de 30 collaborateurs et plus de 250 clients. À ce jour la jeune pousse Montpelliéraine compte déjà plus de 30 000 dispositifs à travers le monde. Koovea a l'ambition de devenir d'ici peu le leader français du suivi de température connectée avec une projection de 10M€ de chiffres d'affaires d'ici 3 ans, tout en préparant son lancement sur la scène internationale.

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

Koovea lutte contre les pertes alimentaires et financières colossales liées aux ruptures de chaîne du froid. Chaque année les pertes de produits alimentaires liées à des mauvaises gestions de température se comptent en plusieurs centaines de milliards de dollars dans le monde.

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

L'intégration de l'IoT dans la surveillance de température durant la logistique des produits alimentaires a permis de supprimer 100% des pertes.

La connectivité de nos dispositifs permet d'alerter en temps réel les utilisateurs responsables des marchandises pouvant être exposées à des risques. Une notification (appel/SMS) est envoyée afin de pouvoir mener une action correctrice et éviter la perte d'un stock au retour des employés sur un site ou lors d'une livraison de marchandise > 100 k€.

Avec les milliards de données remontées chaque jour, nous pouvons même aller encore plus loin que l'alerte en temps réel. L'implémentation d'algorithmes complexes au travers de l'intelligence Artificielle et du Big Data nous permet aujourd'hui de pouvoir anticiper les défaillances.

Nous pouvons par exemple prendre en compte les données de suivi précédentes, la météo, les habitudes des usagers et les technologies de maintien en froid pour prévoir et anticiper les ruptures avec un principe de notation des risques de 0 à 100%.



Bonnes pratiques de mise en œuvre

Chercher la technologie IoT la plus performante à son cas d'usage c'est bien, mais aujourd'hui les enjeux sont d'avantages portés sur le gain en service et simplicité client.

Il est primordial de concevoir des systèmes robustes et fiables, notamment en cas de perte réseau ou de défaillance technique interne. Ces derniers travaux nous ont d'ailleurs permis d'aboutir à 2 brevets permettant à nos systèmes de continuer de fonctionner même en cas de perte de connectivité, ou en anticipant les défaillances par un mécanisme de maintenance prédictive.

Il est aussi très important d'accompagner ses clients dans cette conduite du changement pour intégrer l'IoT dans leur environnement et dans leurs procédures. C'est d'ailleurs pour cela que nous proposons une offre de service tout en un. Nos clients n'achètent d'ailleurs pas des enregistreurs de température mais plutôt la tranquillité en s'assurant que l'ensemble de leurs produits seront toujours stockés et transportés à bonne température, sans avoir à se soucier de la mise en place et de la maintenance du matériel, puisque le faisons pour eux à distance.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Nos objectifs :

- Réduire d'ici 2030 de 80% les pertes de produits alimentaires liées à des ruptures de la chaîne du froid grâce à l'ajout de système de mesure de température connectée sur l'ensemble de la chaîne logistique.
- Développer l'écoconception. Il faut en effet nous assurer que nous ne résolvons pas un problème en n'en apportant un autre. C'est pourquoi tous nos équipements sont entièrement conçus de façon éco-responsable. Lorsque nos équipements arrivent en fin de vie, ou subissent des dommages, ils rentrent dans un processus de reconditionnement afin d'éviter systématiquement la production de nouveaux dispositifs. Notre empreinte est ainsi considérablement réduite. À ce jour c'est 80% de nos dispositifs qui entrent dans un processus de reconditionnement.
- Améliorer la gestion du cycle de vie de nos équipements. Notre offre de service par abonnement ainsi que notre mécanisme de caution nous permettent de nous assurer des retours des équipements en fin de vie pour permettre leur reconditionnement au sein de nos locaux avant une remise sur le marché.

Évolution de vos projets IoT

Nos principaux enjeux à venir portent sur la réduction des coûts de nos dispositifs. Les coûts actuels de nos solutions, pourtant déjà très faibles (quelques euros par mois par enregistreurs seulement) ne permettent pas toujours un suivi intégral de la chaîne du froid de bout en bout et produit par produit.

Dans le secteur alimentaire, les suivis sont généralement assurés uniquement durant les transports et le stockages en gros. Nous sommes donc en train de travailler à pousser notre technologie, pour proposer des enregistreurs de température au format d'une étiquette souple avec un coût inférieur à 1€ par dispositif. Cela permettrait ainsi de suivre la température de chaque produit de sa fabrication à son utilisation, peu importe le circuit de distribution suivi.

Votre entreprise en quelques mots

Le Réseau Citiz, est un réseau coopératif d'opérateurs de service d'autopartage en France. Il a été créé il y a vingt ans, dans le but de mutualiser les expériences, les fonctionnements et les investissements de ces opérateurs ainsi de que promouvoir le développement de ce service en France. Les voitures partagées du réseau sont accessibles dans 170 villes françaises, dont une soixantaine de gares SNCF.

L'IoT chez vous

L'IoT est une solution technologique globale utilisée par Le Réseau Citiz pour permettre aux opérateurs du réseau de fournir le service d'autopartage. Cette solution s'appuie sur un boîtier télématique embarqué dans chacun des véhicules. Le boîtier est crucial pour accéder sans clé physique au véhicule en libre-service 24h/24 et 7j/7 et pour interagir avec les abonnés ou l'application Citiz. Il informe également en quasi temps réel de la situation du véhicule.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

Nos services permettent à 70 000 utilisateurs de se partager l'utilisation de 1 800 voitures en libre-service réparties sur plus de 600 stations. Le Réseau Citiz représente environ 23% du marché d'autopartage en France.

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

Selon la Carsharing Association, l'autopartage pourrait contribuer à atteindre les objectifs suivants :

- Réduire les émissions de GES grâce au partage, à la diminution de voitures particulières et à la réduction des distances réalisées en voiture.
- Encourager l'utilisation des modes de transport alternatifs (marche, vélo, bus, métro, trains...).
- Diminuer la dépendance à l'énergie fossile en facilitant le recours à des flottes électriques.

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

Afin de limiter l'empreinte environnementale de la solution numérique, nous avons plusieurs démarches en place pour allonger la durée de vie de nos solutions IoT :

- Un choix de matériel couvrant les différentes générations de réseaux (2G/3G/4G),
- L'utilisation de Bluetooth Low Energy pour la communication entre le smartphone et le boîtier IoT,
- L'intégration de carte SIM multi-opérateurs,
- La mise à jour régulière à distance des boîtiers IoT,

Plus généralement, nos démarches pour augmenter pour augmenter l'impact positif de l'autopartage du réseau Citiz consistent à :

- Communiquer auprès du grand public pour gagner en notoriété et conquérir de nouveau public,
- Conquérir de nouveaux territoires, en particulier en banlieue immédiate des villes-centres,
- Augmenter le nombre de véhicules électriques ou hybrides pour maximiser la décarbonation du transport urbain.

Bonnes pratiques de mise en œuvre

Les opérateurs du réseau essaient de limiter au maximum l'impact de leur flotte :

- Avec une offre de plus en plus grande de véhicules électriques,
- Avec l'achat de véhicules d'occasion pour les véhicules thermiques,
- Avec une maintenance scrupuleuse des véhicules pour limiter leur impact et augmenter leur durée de vie.

Les véhicules électriques et hybrides rechargeables bénéficient d'une image positive en tant que solution de mobilité décarbonée. Toutefois, le besoin en recharge électrique limite la portée des déplacements effectués, principalement si l'autonomie des véhicules proposés est peu élevée.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Le service d'autopartage est par essence très vertueux pour la planète. Une étude ADEME et 6-t (2019) distingue 3 co-bénéfices :

- l'abonné à un service d'autopartage réduit ses émissions de gaz à effet de serre de 10% ;
- l'usage d'une voiture en autopartage remplace, en moyenne, celle de 5 à 8 voitures particulières. C'est donc 80% des places de stationnement qui pourraient être réaffectés à d'autres usages
- l'inscription à un service d'autopartage fait, en moyenne, varier fortement à la baisse l'utilisation de la voiture personnelle : 30% d'utilisation journalière en moins. En outre, 68% des autopartageurs ont connu une expérience de démotorisation.

De plus, le réseau Citiz, de par le fait de son rôle précurseur sur le marché français, continue d'avoir un rôle éducatif important.

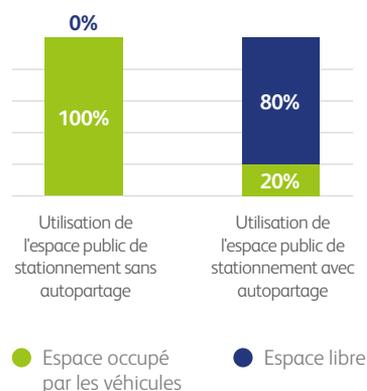
La structuration de nos offres doit elle aussi accueillir les nouveaux usagers de l'autopartage. Par exemple l'offre YEA! facilite l'accès pour des utilisateurs occasionnels avec l'accès spontané, sans réservation, avec une dépose sur toutes les places du périmètre et avec un retour libre, sans heure de restitution.

Evolution de vos projets IoT

Nous avons plusieurs axes stratégiques qui visent à promouvoir l'autopartage en France :

- Avec plusieurs opérateurs, nous avons constaté le besoin d'aller aux périphéries de nos grandes villes et de permettre à des citoyens démotorisés de pouvoir rayonner au-delà des réseaux de transports en commun. Nous avons donc créé de nouvelles stations plus éloignées des centres-villes.
- Nous continuons de nouer de plus en plus de partenariats avec les opérateurs de transport en commun afin de faciliter l'intermodalité.
- Nous répondons également au besoin de nos clients de relier des villes d'opérateurs différents. Nous facilitons donc l'itinérance d'un opérateur à l'autre avec la prise en charge d'un véhicule dans une ville d'un opérateur et son retour dans la ville d'un autre opérateur.
- Nous définissons actuellement une charte nous permettant d'accueillir et d'intégrer de nouveaux opérateurs dans de nouvelles villes en France afin de faire grandir le réseau et proposer de nouveaux territoires.

Graph 5 - Affectation de l'espace public de stationnement en France avec et sans autopartage (ADEME)



Votre entreprise en quelques mots

LACROIX est une ETI familiale cotée qui conçoit et fabrique des équipements électroniques et des solutions IoT (*hardware, software & cloud*) et IA pour les produits de ses clients, notamment pour l'industrie, l'automobile, la domotique, l'avionique ou la santé. Le Groupe fournit également des solutions électroniques connectées et sécurisées pour la gestion d'infrastructures critiques telles que la voirie intelligente (éclairage public, signalisation, gestion de trafic, V2X^(c)), ainsi que les infrastructures d'eau et d'énergie.

L'IoT chez vous

Fort de son expérience et de son expertise technologique, LACROIX accompagne ses clients dans le développement d'écosystèmes de vie intelligents. Grâce à son centre de design intégré (via son offre *Impulse*), LACROIX développe des solutions IoT hardware et software complètes, de la conception à la fabrication.

En intégrant l'excellence opérationnelle et l'écoute client au cœur de son activité, LACROIX propose des équipements et des solutions IoT adaptés aux besoins de chaque marché auquel il s'adresse.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

- 80% des châteaux d'eau en France sont équipés de nos solutions IoT de contrôle et de gestion à distance de l'eau.
- 9 000 carrefours routiers en France sont équipés de nos solutions IoT de voirie intelligente.
- 1/3 des éoliennes en Allemagne sont équipées de nos solutions IoT pour les *Smart Grids*.
- 9000 armoires d'éclairage public et plus de 90 000 points lumineux sont gérés à distance grâce à notre solution IoT et 25 000 points lumineux bénéficient de système de détection *SensyCity*

80%
des châteaux d'eau
en France sont équipés de
solutions IoT Lacroix

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

Les équipements et solutions connectés des activités City et Environment de LACROIX répondent aux grands enjeux suivants :

- Amélioration de la qualité de l'air,
- Lutte contre la pollution lumineuse et pour la préservation de la biodiversité,
- Diminution de la consommation d'énergie et lutte contre le changement climatique,
- Préservation de la ressource en eau et gestion de la qualité des rejets d'eau.

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

- Amélioration de la qualité de l'air : LACROIX est spécialisé en gestion et régulation de trafic urbain grâce à l'expertise de son activité City. La gamme de feux de signalisation lumineuse tricolore *Alumix* et le contrôleur de feux de signalisation *Traffy City* visent à fluidifier le trafic et faciliter la mobilité afin de réduire la pollution en centre-ville.
- Lutte contre la pollution lumineuse et préservation de la biodiversité : LACROIX développe des écosystèmes pour l'éclairage intelligent et facilite leur installation. Notre offre de *smart lighting* inclut notre écosystème intelligent de détection *SensyCity* qui maximise les économies d'énergie tout en préservant la sécurité et l'environnement nocturne. La solution de gestion *Tegis* complète cette offre et permet la gestion à distance des installations d'éclairage public.

(c) V2X: technologie qui permet la communication de plusieurs véhicules, le cloud et l'infrastructure routière.

- Diminution de la consommation d'énergie et lutte contre le changement climatique : LACROIX développe des applications industrielles pour les *Smart Grids* et les applications HVAC^(d). Nos solutions IoT permettent aux exploitants de développer la productivité des infrastructures et d'assurer une qualité de service aux usagers grâce à la télégestion de l'énergie.
- Préservation de la ressource en eau et gestion de la qualité des rejets d'eau : LACROIX offre aux exploitants des équipements et solutions IoT pour mettre en place des réseaux d'eau connectés et cybersécurisés. Conçus pour la surveillance permanente des installations isolées et autonomes, les data loggers SOFREL DL4W surveillent et accroissent la performance des réseaux d'eaux.

Bonnes pratiques de mise en œuvre

De la conception à la production, LACROIX met en place de nombreuses actions concrètes qui réduisent l'empreinte environnementale des projets IoT. Notre processus d'éco-conception inclut la réalisation d'une analyse de cycle de vie (ACV) et un travail sur l'empreinte environnementale de la solution développée, tant pour le hardware que pour la couche connectée : utilisation de matières recyclées et recyclables, réduction des déchets liés à la production et des consommations d'énergie, réflexion sur la distribution et le transport des équipements, anticipation de la fin de vie du matériel, etc.

Nous veillons également à conduire nos opérations de manière responsable sur l'ensemble de nos sites : réduction des consommations d'énergie et d'eau, réduction et valorisation des déchets, maîtrise des rejets dans l'eau, l'air et le sol, etc.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Préservation de la ressource en eau :

- Les solutions LACROIX installées sur le réseau d'eau de Quimperlé Communauté à permis à la communauté de communes d'augmenter le rendement de son réseau de 95%.
- Les solutions LACROIX installées sur le réseau d'eau potable de la Société Wallonne Des Eaux a permis à la société de gagner 30% de productivité sur les interventions des équipes et d'économiser 4M de m³ d'eau en 2 ans.

Lutte contre la pollution lumineuse :

- La solution SensyCity installée dans l'Agglomération d'Agen a permis de réaliser jusqu'à 96% de réduction des consommations d'énergie (remplacement des anciennes sources lumineuses par des la LED combiné à du boost sur détection) tout en réduisant les pollutions lumineuses.

Évolution de vos projets IoT

Nous prévoyons dans les mois qui viennent de renforcer notre action autour de l'IoT sur quatre chantiers prioritaires :

- Développement de produits et de solutions à impact positif : nous souhaitons cibler les marchés sur lesquels nous pouvons aider nos clients à construire et à gérer des écosystèmes de vie plus intelligents et plus durables ;
- Eco-conception de nos produits et de nos solutions : nous voulons aller plus loin, avec la définition d'objectifs chiffrés et une certification externe ;
- Chaîne d'approvisionnement responsable : nous souhaitons nous inscrire dans les initiatives sectorielles ambitieuses et travailler avec nos principaux fournisseurs à l'amélioration de la performance environnementale et sociale de nos fournisseurs ;
- Développement des synergies entre les acteurs de l'écosystème IoT : nous voulons développer nos échanges avec les acteurs de l'IoT ayant des expertises spécifiques et complémentaires à nos activités pour offrir des services toujours plus complets et performants à nos clients. Nous le faisons déjà avec le projet IoT Continuum, intégrant Orange, par exemple.

(d) HVAC : Heating, Ventilation and Air Conditioning

Votre entreprise en quelques mots

NRGYBox est une startup française, engagée dans la transition écologique, qui propose de transformer un parc de lampadaires existants en un parc intelligent, sobre et facilement contrôlable à distance. Son objectif est de réduire l'empreinte écologique de l'éclairage public et la facture énergétique des collectivités, tout en maintenant une ambiance lumineuse adaptée aux usages des rues.

L'entreprise a breveté un procédé qui associe un module électronique à un module d'intelligence artificielle, qui utilise les données de fréquentation des opérateurs téléphoniques, pour réguler automatiquement l'éclairage public.

L'IoT chez vous

- 400 points lumineux supervisés.
- une plateforme de traitement scalable.
- agnostique aux opérateurs et fonctionne aussi bien sur des réseaux privés que public.
- une solution très simple vu du client.
- du LoraWan

Des chiffres clés sur vos activités IoT

- 400 points lumineux gérés
- 227 000 messages par mois
- + de 96% de disponibilité des objets chaque jour
- 100% des programmes réalisés dans les temps
- 70% d'économie en moyenne sur le parc supervisé
- 0 réclamation des populations (enquête réalisée par 2 collectivités)

70%
d'économies
grâce à NRGYBox

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

L'éclairage public en France représente 670 millions kilogrammes de CO₂ par an, soient 21 kilogrammes par seconde. C'est aussi d'importantes nuisances lumineuses :

- Depuis 1989, 80 % des insectes d'Europe ont disparu en raison de l'utilisation des pesticides dans l'agriculture et de l'augmentation de la pollution lumineuse, selon la Direction départementale des territoires et de la mer.
- NRGYBox est une solution développée au service de la transition écologique pour éclairer au plus juste des besoins, et limiter la production de CO₂ et réduire la destruction des éco-système nocturnes.

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

- L'éclairage public en France représente 11 millions de lampadaires qui consomment 5,6 TWh.
- Notre ambition est de réduire cette consommation de 10% d'ici 5 ans.
- En pilotant intelligemment les horaires d'éclairage nous réduisons la consommation de nos clients de 60 à 80% sans gêner les habitants.
- Nous pensons que la technologie, et particulièrement l'IoT, est un formidable outil pour réduire notre empreinte carbone et pour réduire nos consommations d'énergie. De plus, l'IoT permet de disposer de systèmes rapidement déployables qui sont peu intrusifs et apportent de la flexibilité aux systèmes industriels robustes mais peu agiles.
- Nous pensons que l'Intelligence Artificielle, associé à l'IoT, offre des leviers colossaux pour aider à maîtriser nos usages et adapter la technologie aux enjeux des populations. Grâce à l'Intelligence Artificielle nous pouvons piloter une flotte d'objets connectés, permettant ainsi d'éclairer moins pour éclairer mieux.

Bonnes pratiques de mise en œuvre

Développement itératif : l'IoT nécessite une montée en compétences spécifiques aux technologies utilisées et les expertises réelles dans le domaine sont assez rares. Nous avons donc décidé de prendre en compte cette courbe d'apprentissage en avançant par itérations. Le retour d'expérience de chaque installation fut intégré dans l'itération suivante. À l'issue de 4 versions nous disposons à présent d'un produit complet et maîtrisé.

Découplage fort : dès la conception, nous avons travaillé pour obtenir un produit spécifique à notre besoin mais qui dispose d'une interopérabilité forte grâce aux API de ces systèmes. Ce choix nous permet de nous adapter aujourd'hui à tous les réseaux, de basculer d'un réseau privé ou public vers un autre réseau instantanément et de disposer d'API évolutives pour fonctionner avec toutes les infrastructures techniques. Ce choix nous permet de maîtriser nos technologies et de nous adapter aux besoins de nos clients.

Orienté besoins utilisateurs : trop souvent l'IoT collecte des données dont l'usage n'est pas déterminé, voire peu ou pas utile. Et il est possible de tout imaginer mais le vrai besoin n'est connu que de nos clients. Nous avons donc travaillé par expérimentation sur les segments de notre marché pour appréhender le besoin de chaque collectivité et faire évoluer notre solution en fonction du marché.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Fabrication locale : nous produisons en France et au plus près de nos clients pour éviter les déplacements et du transport inutile et diminuer notre empreinte carbone au maximum.

Optimisation de la consommation énergétique : chaque décision technique est évaluée selon son impact carbone. Notre module est conçu pour ne consommer presque rien, émettre très peu et économiser de l'énergie tout le temps. Nos serveurs sont dimensionnés au plus juste et notre plateforme IoT est hébergée en France qui dispose de l'énergie disponible la plus décarbonée.

Impact environnemental : nous avons réduit la consommation d'énergie de nos clients de 60 à 80% grâce à un simple module. Nous avons pensé l'installation pour qu'elle se réalise rapidement en évitant le déplacement de camion ou nacelle. Nous proposons une supervision du parc pour éviter les tournées de contrôle coûteuses en CO₂ eq. Nous nous installons sur le parc existant pour ne pas jeter le matériel qui est encore fonctionnel. Nous menons tous ces chantiers pour permettre une transition écologique de l'éclairage public rapide et efficace.

Évolution de vos projets IoT

Plusieurs évolutions nous tiennent à cœur :

- La première est de factueliser le retour de la biodiversité grâce à notre solution et nous recherchons des collectivités capables de s'engager dans la durée pour mesurer le retour des écosystèmes nocturnes, sur 2 à 3 ans.
- La seconde est d'apporter à nos clients une maintenance prédictive de leur éclairage pour permettre de regrouper les tournées de maintenance et éviter la production de CO₂ associée, identifier les lampes les plus consommatrices et remplacer le matériel lorsque le bilan de ce remplacement est positif pour la planète.
- La dernière est de nous montrer exemplaire en intégrant une démarche RSE orientée bas carbone. Nous travaillons actuellement au Bilan Carbone® de la Société NRGYBox ainsi que sur l'analyse de cycle de vie de notre produit pour identifier les axes qui nous permettraient d'être plus vertueux.

Votre entreprise en quelques mots

Signify est le nouveau nom de Philips Eclairage depuis 2018, nous sommes spécialisés dans l'éclairage conventionnel, LED et connecté dans trois secteurs (Professionnel, Particulier & Grand publique, Grand conso).

En chiffres : Plus de 86 millions de points connectés, 6,9 milliards de CA en 2021 (4,8% du CA en R&D), présent dans plus de 70 pays, 40 000 employés, plus de 100 partenariats universitaires, 1^{ère} société d'éclairage pour l'IoT.

Innovations : Désinfection UV-C / Trulifi (connection à travers des ondes lumineuses) / Impression 3D (Favorise l'économie circulaire) ...

L'IoT chez vous

La plateforme IoT Interact permet aux systèmes d'éclairage LED connectés et aux réseaux de capteurs intégrés de fournir des informations, des avantages et de nouveaux services aux clients. Il rend l'éclairage intelligent et permet de fournir un écosystème IoT pour nos partenaires, clients et développeurs, alimenté par le plus grand réseau au monde - l'éclairage LED connecté. Nos capacités dans Interact sont office, city, retail, industrie, landmark, hospitality, sports, et pro(entreprise). Interact peut collecter des données sur utilisation de l'espace, la présence, la température et l'humidité, les niveaux de bruit, les modèles de trafic et les conditions routières.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

Le marché de l'éclairage connecté (IoT) connaît une croissance annuelle de 10 à 20% dans tous les segments (extérieur, bureau, commerce, industrie, etc.). Cette croissance est accélérée par le passage à l'éclairage LED. Sur un espace de 10 000 m², passer à l'éclairage LED permet d'économiser 400 000 euros par an en coûts de location et de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées à la construction de 1 200 tCO₂ par an.

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

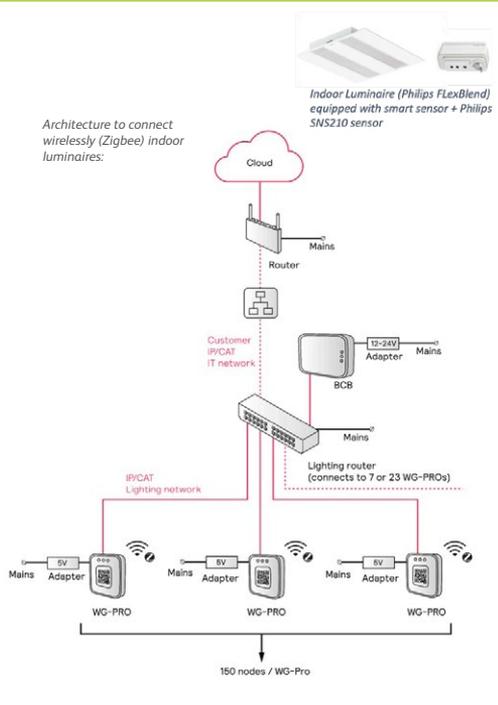
Un immeuble de bureau avec une superficie de 10 000 m² avec un éclairage de 10h par jour.

Scénario sans IoT, c'est-à-dire luminaire sans solution de capteur ou de télégestion mais uniquement avec un profil de gradation nocturne : 1400 luminaires LED sans capteur (avec tout de même variation d'intensité lumineuse)

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

Scénario avec IoT, c'est-à-dire luminaire avec capteur autonome qui fait varier la lumière en fonction des passages : (éclairage minimal 300 lux et passage à 500 lux quand une personne est détectée)

1400 luminaires LED, 1400 capteurs connectés à internet, les capteurs vont jouer sur la variation de la lumière en fonction de l'occupation, 1 Building Connectivity Bridge (BCB), 10 wireless Gateway, 2 Routeurs, 1 km de câble ethernet.



Bonnes pratiques de mise en œuvre

- Interact Office transforme le bureau afin d'augmenter l'efficacité du bâtiment et la productivité des employés.
- Interact City permet d'améliorer l'éclairage public, la sécurité et d'embellir le paysage urbain.
- Le logiciel Interact Retail permet de regrouper, de zoner et de programmer l'éclairage connecté pour créer une puissance d'arrêt.
- Le logiciel Interact Industry fournit des données et des informations en temps réel sur le fonctionnement de l'entreprise afin que vous puissiez rationaliser la logistique, réduire les temps d'arrêt, optimiser la préparation des commandes et améliorer les flux de circulation.
- Le logiciel Interact Landmark gère et déclenche des spectacles de lumière afin d'accroître le tourisme, de régénérer les centres-villes et de stimuler le commerce.
- Interact Sports vous permet de surveiller, gérer et coordonner toute l'infrastructure d'éclairage à partir d'un seul tableau de bord, qu'il s'agisse de l'éclairage des terrains, des spectacles lumineux, des zones d'accueil ou de l'éclairage architectural extérieur.
- Interact Hospitality offre une transparence opérationnelle en temps réel sur l'ensemble de votre propriété.
- Interact Pro est un logiciel intuitif basé sur le cloud pour les petites et moyennes entreprises qui automatise l'éclairage et permet une gestion à distance.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Le logiciel Interact Office et l'architecture du système aident les employés à trouver des salles de réunion libres ou un espace de travail disponible, et leur permettent de personnaliser l'éclairage. Il suffit d'installer un éclairage connecté LED de Signify avec des capteurs IoT intégrés, et d'utiliser le logiciel et les insights Interact Office pour augmenter l'efficacité du bâtiment et optimiser l'espace afin de créer un bureau intelligent durable.



Par exemple, The Edge (un bâtiment de 40 000 m² qui se situe à Amsterdam aux Pays-Bas) dispose d'un système d'éclairage connecté géré par le logiciel Interact Office pour créer un environnement de travail plus confortable, productif et durable. En terme d'énergie, l'éclairage LED est connu pour ses faibles consommations d'énergie, donc des économies d'énergie ont été intégrées dès le premier jour. Après 20 mois de fonctionnement, Deloitte (le principal locataire) a ajouté plus de 1 000 employés tout en réduisant le coût annuel par employé de plus de 1 800 €. En se basant sur les données réelles d'occupation au fil du temps, Deloitte a pu réduire l'espace par employé de 12,6 à 7,6 m² tout en améliorant le confort et la satisfaction des employés. Ouvert pour la première fois en 2015 à Amsterdam, aux Pays-Bas, The Edge a reçu un score exceptionnel de 98,36% - le plus élevé jamais attribué - par BREEAM, la principale méthode de conception et d'évaluation des bâtiments durables.

Évolution de vos projets IoT

- L'IoT dans l'éclairage devrait apporter des avantages supplémentaires aux utilisateurs finaux, notamment dans le domaine du bien-être.
- Un éclairage adaptatif qui s'adapte au biorythme (intensité lumineuse, spectre).
- Exploiter la densité unique du réseau lumineux à l'intérieur des bâtiments pour mesurer le bien-être (bruit, CO₂, densité de personnes, etc.).

Votre entreprise en quelques mots

Foobot décarbone les bâtiments tertiaires grâce à l'IA qui crée des algorithmes d'optimisation des matériels existant de production du Chaud, du Froid et de la Ventilation dans les bâtiments sans jamais modifier le confort thermique des usagers.

C'est de la Rénovation Énergétique Logicielle !

L'IoT chez vous

L'IoT dans notre activité consiste à déployer un automate, ou passerelle, embarquant notre logiciel d'optimisation et connecté à la GTB (Gestion Technique du Bâtiment) qui pilote les matériels du confort thermique.

La passerelle permet d'écrire les ajustements de consignes, à la source des économies d'énergie. Elle permet également de gérer les différents protocoles de communication des appareils sur site.

Des chiffres clés sur vos activités IoT

Le marché de la rénovation énergétique a été estimé en France à 600M€/an, mais la part purement digitale de ce marché n'est pas quantifiée.

Les gains procurés par notre solution sont situés entre 30% et 40% d'économie pour 90% des bâtiments.

Vos projets IoT au service de la planète

Les enjeux environnementaux soulevés

Les enjeux environnements sont doubles et étroitement liés :

- Réduction des consommations d'énergie (Décret Tertiaire, hausse des coûts d'énergie)
- Réduction de l'empreinte carbone (engagement RSE des entreprises)

Vos projets IoT pour relever ces enjeux

La technologie Foobot
Implémentation en 3 étapes



- 3 sources d'information du bâtiment et du CVC
- 12 dernières factures d'énergie
- Données extérieures météo/pollution...

Bonnes pratiques de mise en œuvre

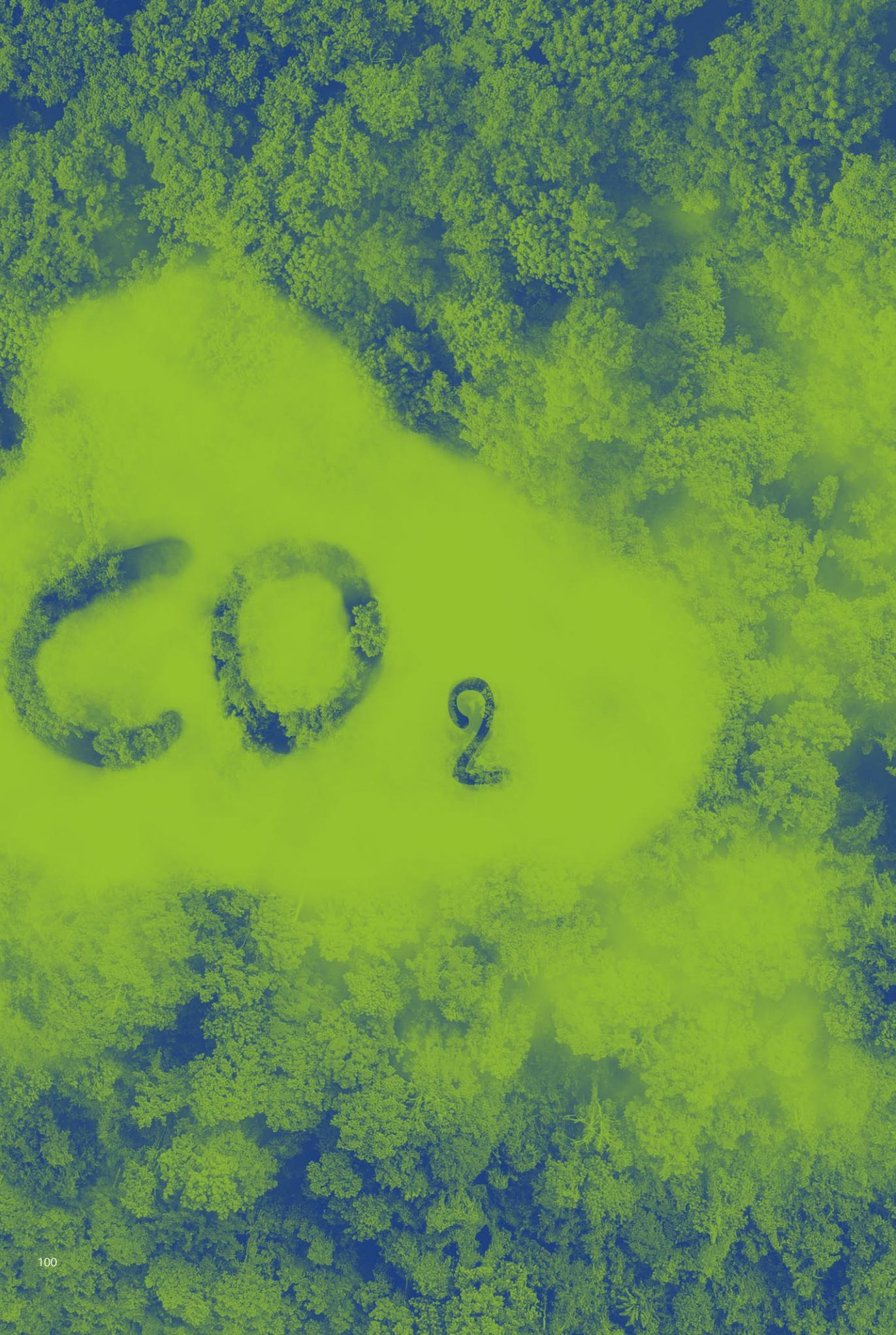
Pour simplifier et alléger le process, nous avons opté pour l'emploi d'un matériel IoT existant plutôt que de re-créeer le nôtre.

Nous bénéficions également de l'expérience et la certification cyber-sécurité du fournisseur du matériel.

Les impacts de votre action IoT au service de la planète

Nos 2 contributions à la minimisation de l'empreinte environnementale de notre solution réside dans :

- L'usage de *hardware* IoT existant et le développement de solutions *software* pour embarquer directement notre solution dans des matériels existants,
- L'optimisation Cloud du process IA permettant d'alléger et raccourcir le temps de travail de l'IA dans le cloud sur les machines virtuelles.



Annexes

Irrigation agricole

Bibliographie

- [1] LavieEco, Maroc : 70 litres d'eau par habitant et par jour, USA : 600 litres ! - La Vie éco (lavieeco.com) - 2012
- [2] AgriMaroc.ma, Maroc : l'agriculture utilise 87% des ressources en eau (agrimaroc.ma) - 2020
- [3] Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, Infographie - L'agriculture connectée | Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire - 2021
- [4] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, L'eau en France : ressource et utilisation - Synthèse des connaissances en 2021 | Données et études statistiques (developpement-durable.gouv.fr) - 2021
- [5] OFB (Office français de la biodiversité) et la BNPE (Banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau) d'après Francetvinfo, INFOGRAPHIES. Agriculture, eau potable, centrales nucléaires... Comment l'eau est consommée en France en quatre graphiques (francetvinfo.fr) - 2022
- [6] Commission européenne d'après l'IRSTEA, DP Irstea Economies deau en irrigation.pdf (inrae.fr) - 2019
- [7] Perspectives agricoles, untitled (perspectives-agricoles.com) - 2006
- [8] FellahTrade, La culture de la betterave potagère - Fellah Trade (fellah-trade.com)
- [9] Lydec, ; (lydec.ma) - 2016

Schémas et graphiques

Graph 1 : Estimation du volume d'eau d'irrigation nécessaire par saison agricole (en m³/ha) (Aquastat, FellahTrade, Analyse BearingPoint)

Graph 2 : Répartition de la consommation d'eau d'irrigation par culture en France (EauFrance, Analyse BearingPoint)

Graph 3 : Répartition de la consommation d'eau d'irrigation par culture au Maroc (LaVieEco, Analyse BearingPoint)

Données utilisées pour la modélisation

Donnée	Unité	Valeur	Source
Irrigation en France	%	45%	EauFrance
Surface irriguée des céréales en France	hectares	270 000	Agreste - Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Surface irriguée du maïs en France	hectares	646 000	Agreste - Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
Consommation d'eau totale en France	m ³	5,5 Milliards	Ministère de la Transition écologique
Estimation de l'irrigation des céréales et du maïs en France	%	50%	Perspectives agricoles
Irrigation au Maroc	%	87%	ONEP
Surface irriguée de betterave au Maroc	hectare	44 000	FellahTrade
Surface irriguée des agrumes au Maroc	hectare	101 000	FellahTrade
Consommation d'eau totale au Maroc	m ³	4,65 Milliards	ONEP
Économie d'eau en France	%	20%	Weenat + IRSTEA
Nombre de capteurs par hectare en France	-	0,5	Weenat
Nombre de capteurs par hectare au Maroc	-	0,1	Sowit
Trajet moyen vers les parcelles pour vérifier l'état des sols en France	km	20	Weenat

Transport et consommation d'eau

Bibliographie

- [1] Le Monde avec AFP - 1 300 milliards de litres d'eau potable perdus dans des fuites (lemonde.fr) - Mars 2014
- [2] The World Bank and the International Water Association to Establish a Partnership to Reduce Water Losses - Janvier 2016
- [3] ADEME - Documentation Base Carbone (ademe.fr), partie eau de réseau
- [4] Tomorrow city - SMART WATER MANAGEMENT: REAL CASES OF IOT THAT ARE HELPING TO IMPROVE CITIES - Avril 2022
- [5] Data Science Central (Sanjeev Verma) - Water Leakage Detection System: How IoT Technology Can Help? - Mai 2021
- [6] Europe 1 (Louise Sallé) - Gaspillage : l'intelligence artificielle au secours des fuites d'eau potable - Mars 2022
- [7] Eau France - Repère Rendement des réseaux d'eau potable – 2012
- [8] Oryx Eleven - Comprendre les fuites d'eau sur le réseau d'adduction - Novembre 2020
- [9] Répertoire des données publiques sur l'eau - EauFrance
- [10] ADEME - Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone - Juin 2013
- [11] Banque des territoires - Distribution d'eau : 20% de fuites dans les réseaux depuis 2012 (banquedesterritoires.fr) - 2019
- [12] BNPE - Données sur les prélèvements en eau – 2022
- [13] UK Government - Live tables on commercial and industrial floorspace and rateable value statistics - 2012
- [14] Insee - Établissements dans le secteur industriel - 2015
- [15] BNPE - Données sur les prélèvements en eau - 2022
- [16] INSEE - 300 000 points de vente dans le commerce de détail - 2020
- [17] UK Government - Live tables on commercial and industrial floorspace and rateable value statistics - 2012
- [18] BNPE - Données sur les prélèvements en eau - 2022
- [19] FNAIM – Le logement en France – 2014
- [20] UK Government - Live tables on commercial and industrial floorspace and rateable value statistics - 2012
- [21] INSEE- Répartition des résidences principales en immeuble collectif avec ascenseur selon le nombre d'étages de l'immeuble (en %) -2006
- [22] Caisse des dépôts - Panorama du parc immobilier Français - 2005

Autre bibliographie

- BFMTV (Jade Theerlynck avec Amaury Tremblay) - LA MÉTROPOLÉ DE LYON PART À LA CHASSE AUX FUITES SUR SON RÉSEAU D'EAU POTABLE - Aout 2022
- Journal du BTP (Severine Renard) - Eau du robinet à Lyon : 7 millions de m³ d'eau économisés grâce à la lutte contre les fuites - Mars 2021
- World Bank Press Release - The World Bank and the International Water Association to Establish a Partnership to Reduce Water Losses - Septembre 2016
- IBM (Matt Bellias) - IoT for Water utilities - Janvier 2017
- Tomorrow City (Eduardo Bravo) - SMART WATER MANAGEMENT: REAL CASES OF IOT THAT ARE HELPING TO IMPROVE CITIES - Avril 2021
- Oryx Eleven - Comprendre les fuites d'eau sur le réseau d'adduction - Novembre 2020
- ADEME - ALLÉGER L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DE LA CONSOMMATION DES FRANÇAIS EN 2030 - Novembre 2014
- UK Government - Department for International Trade - Water and treated water - Mai 2015
- GrandLyon, La métropole - AquaLyon, station d'épuration de la Feysine, une station d'épuration exemplaire en matière de respect de l'environnement - Septembre 2018
- Francetvinfo.fr - En France, de nombreuses fuites d'eau potable en raison d'un réseau vieillissant - Aout 2022

Données utilisées pour la modélisation

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Facteur d'émission eau potable	kg eq de CO ₂ eq	0,132	ADEME	
Taux de fuites en France	%	20	L'impressionnant taux de fuite du réseau d'eau français - Capital.fr	
Eau prélevée en France	m ³	26 850 000 000	https://tableau.apps.fao.org/views/ReviewDashboard-v1/country_	
Eau consommée en France	m ³	5 300 000 000	L'eau en France : ressource et utilisation - Synthèse des connaissances en 2021 Données et études statistiques (developpement-durable.gouv.fr)	
Eau prélevée pour les bâtiments industriels en France	m ³	2 908 873 852	acces-donnees BNPE (eaufrance.fr)	
Eau prélevée pour les bâtiments tertiaires en France	m ³	1 199 486 921	acces-donnees BNPE (eaufrance.fr)	eau potable (eau utilisée pour le domestique + eau pour tertiaire) = 5,6 milliards. Or, on connaît les chiffres pour le résidentiel, on fait la différence.
Prélèvement nécessaire pour la consommation d'eau résidentielle en France	m ³	4 422 000 000	https://www.services.eaufrance.fr/docs/synthese/rapports/Rapport_Sispea_2019_VF.pdf	À cause du rendement du réseau de 80%, 67 m ³ d'eau doivent être distribués par français par an pour des usages domestiques
Eau prélevée en France annuellement pour usages eau potable, industriels et tertiaires	m ³	7 860 000 000	Classeur : Review Dashboard-v1 (fao.org)	16 milliards de m ³ sont utilisés pour le refroidissement des centrales et 2,9 milliards pour l'agriculture
Eau consommée / prélevée par an au Royaume Uni au total	m ³	8 420 000 000	Classeur : Review Dashboard-v1 (fao.org)	Au Royaume-Uni l'eau prélevée est équivalente à l'eau consommée

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Taux de fuite au Royaume-Uni	%	21	Case Study: Ovarro's Collaborative Leakage Project with Anglian Water - World WaterTech London (worldwatertechinnovation.com)	
Eau prélevée/ consommée par les bâtiments industriels au Royaume-Uni	m ³	1 010 000 000	Classeur : Review Dashboard-v1 (fao.org)	
Eau prélevée/ consommée par les immeubles tertiaires au Royaume-Uni	m ³	2 757 390 000	Classeur : Review Dashboard-v1 (fao.org)	Usage domestique + tertiaires = 6230000000. Or, nous connaissons la consommation domestique
Eau prélevée/ consommée par les immeubles tertiaires au Royaume-Uni	m ³	3 472 610 000	Classeur : Review Dashboard-v1 (fao.org)	Un britannique consomme 142L par jour pour son usage domestique.
Eau consommée/ prélevée par an au Royaume-Uni annuellement pour usages eau potable, industriels et tertiaires	m ³	7 120 000 000	Classeur : Review Dashboard-v1 (fao.org)	Nous avons déduit l'eau utilisée pour le refroidissement de centrales et pour l'agriculture (y compris l'irrigation)
Émissions de la fabrication et le recyclage d'un capteur IoT	Kg CO ₂ eq	3,12	Donnée Birdz	Dans nos calculs nous annualisons ces émissions sur la base de la durée de vie d'un capteur
Émissions liées à l'utilisation d'un capteur IoT (sur 1 an)	Kg CO ₂ eq	0,0014	Birdz Est-ce que j'émet du CO2 quand j'utilise Internet? – Energuide	Un capteur envoie 2 messages/j soit 0,0002 megabyte et 1 megabyte = 0,02 kg CO ₂ eq

Logistique Agroalimentaire

Bibliographie

- [1] FAO - Global food losses and food waste - 2011
- [2] FAO - Lutter contre les pertes et le gaspillage alimentaires pour accomplir des progrès sur trois plans - 2022
- [3] FAO - Food wastage footprint – Impact on natural resources - 2013
- [4] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires - Empreinte carbone de 1995 à 2020 – 2021
- [5] Représentation permanente de la France auprès des nations unies à Rome - Pertes et gaspillages alimentaires - 2021
- [6] et [7] ADEME - Pertes et gaspillages alimentaires: l'état des lieux et leur gestion par étape de la chaîne alimentaire - 2016
- [8] BMEL - En Allemagne, 11 millions de tonnes de déchets alimentaires sont générés chaque année - 2022
- [9] BMEL - Stratégie nationale de réduction du gaspillage alimentaire - 2022,
- [10] Représentation permanente de la France auprès des nations unies à Rome - Pertes et gaspillages alimentaires – 2021
- [11] FAO - Global food losses and food waste - 2011
- [12] Académie d'Agriculture de France - Production, consommation et échanges de viande de volaille dans le monde -2021
- [13] ADEME - Guide pratique manger mieux, gaspiller moins - 2019
- [14] ADEME - Bilan GES Ademe
- [15] FranceAgriMer - Fiche filière volaille de chair 2022 - 2022
- [16] Cemafruid - Alimentaire : les innovations de la chaîne du froid pour réduire le gaspillage alimentaire – 2015 (et également: 21% gaspillés en sortie de transformation (transformation et transport) selon ADEME avec environ 9% perdus lors de la transformation selon ADEME donc 12% perdus lors du transport (rupture chaîne du froid compris))

Schémas et graphiques

Schéma 1- Chaîne d'approvisionnement du poulet en France

Graphe 1 - Présentation des résultats avec utilisation et sans utilisation de solution IoT sur la chaîne d'approvisionnement de poulet en France sur une année

Graphe 2 - Présentation des résultats avec utilisation et sans utilisation de solution IoT sur la chaîne d'approvisionnement de volaille aux Etats-Unis sur une année

Données utilisées pour la modélisation

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Quantité d'aliments perdus/gaspillés dans le monde par an	Tonnes	1,3 milliard	https://www.fao.org/3/mb060e/mb060e00.pdf	
Nombre de personnes souffrant de la faim dans le monde	Nombre de personnes	828 millions	https://www.fao.org/newsroom/detail/FAO-UNEP-agriculture-environment-food-loss-waste-day-2022/fr	
Impact carbone des pertes et du gaspillage alimentaire dans le monde par an	Tonnes CO ₂ eq	3,3 milliards de tonnes d'équivalent CO ₂	https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf	
Empreinte carbone annuelle française	Tonnes CO ₂ eq	552 millions de tonnes équivalent CO ₂	https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/estimation-de-lempreinte-carbone-de-1995-2020	
Prélèvement d'eau et utilisation des superficies agricoles pour produire de la nourriture perdue ou gaspillée	%	6% des prélèvements d'eau et 30% des superficies agricoles	https://onu-rome.delegfrance.org/Pertes-et-gaspillages-alimentaires	
Quantité de nourriture gaspillée ou perdue en France par an	Tonnes	10 millions de tonnes	http://multimedia.ademe.fr/dossier-presse-etude-masses-pertes-gaspillages/enseignementsgeneraux.html	

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Impact carbone des pertes et du gaspillage alimentaire en France par an	Tonnes CO ₂ eq	15,3 millions de tonnes équivalent CO ₂	http://multimedia.ademe.fr/dossier-presse-etude-masses-pertes-gaspillages/enseignementsgeneraux.html	
Quantité de nourriture gaspillée ou perdue en Allemagne par an	Tonnes	11 millions de tonnes	https://www.bmel.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2022/90-lebensmittelabfaelle.html	
Émission carbone pouvant être économisée en Allemagne par an grâce à une réduction de 50% du gaspillage alimentaire dans les ménages privés	Tonnes CO ₂ eq	6 millions de tonnes CO ₂ eq	https://www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/lebensmittelverschwendung/strategie-lebensmittelverschwendung.html	
Pourcentage des pertes alimentaires liées à la production, transformation, transport ou stockage avant d'atteindre la dernière étape de production ou d'entrer dans le circuit de vente au détail	%	14% des aliments	https://onu-rome.delegfrance.org/Pertes-et-gaspillages-alimentaires	
Production et consommation de viande dans le monde	Tonnes	129 millions de tonnes	https://www.academie-agriculture.fr/sites/default/files/publications/encyclopedie/final_10.05.q03_marches_v viande_volaille.pdf	Le poulet est la première viande produite et consommée au monde

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Pourcentage et répartition des pertes en amont de la consommation	%	21% de pertes lors de la transformation, transport et stockage 14% de pertes lors de la distribution	https://librairie.ademe.fr/cadic/1953/guide-pratique-manger-mieux-gaspiller-moins.pdf?modal=false	Les pertes surviennent majoritairement lors de la distribution, du transport et du stockage avant mise en vente
Production française de poulets en 2020	Tonnes	1,1 millions de tonnes	https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/68231/document/FICHE%20FILIERE%20VOLAILLE%20DE%20CHAIR%202022.pdf?version=5	
Émission carbone pour la production d'un kg de poulet	kg CO ₂ eq/1 kg	5,9 kg CO ₂ eq/1 kg	https://bilans-ges.ademe.fr/documentation/UPLOAD_DOC_FR/index.htm?repas.htm	
Pourcentage de pertes alimentaires liées au transport sans mise en place de solution IoT	%	4,5% du stock	https://librairie.ademe.fr/cadic/2444/pertes-et-gaspillages-alimentaires-201605-rapport.pdf	On considère que les pertes liées au transport sont comprises dans le pourcentage des pertes lors de l'étape de transformation (9%). Nous avons pris l'hypothèse que 4,5% des pertes étaient liées au transport et 4,5% étaient liées aux activités de transformation.
Pourcentage de pertes évitées lors du transport liées à la mise en place de la solution IoT Koovea	%	80% des pertes sont évitées lors du transport. (20% restants dus à des erreurs humaines)	Koovea	
Pourcentage de pertes alimentaires liées à la distribution sans mise en place de solution IoT	%	6% du stock est perdu en distribution	https://librairie.ademe.fr/cadic/2444/pertes-et-gaspillages-alimentaires-201605-rapport.pdf	
Pourcentage de pertes alimentaires avec mise en place de solution IoT	%	0,2% du stock	Mojix	

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Répartition des pertes et du gaspillage alimentaire sur la chaîne d'approvisionnement du poulet	%	21% de la production de poulet est perdue ou gaspillée sur l'ensemble de la chaîne (2% lors de l'élevage, 4,5% lors de la transformation, 4,5% lors du transport, 6% lors de la distribution, 4% en consommation)	https://librairie.ademe.fr/cad-ic/2444/pertes-et-gaspillages-alimentaires-201605-rapport.pdf	
Nombre de camions frigorifiques circulant en France	Unitaire	150 000 camions frigorifiques français	https://www.koovea.com/chaîne-froid-camions/	
Émission carbone liée à la conception et fabrication des capteurs et routeurs des solutions IoT	kg CO ₂ eq	Solution IoT Koovea : 10,75 kg de CO ₂ eq pour une durée de vie de 3 ans, soit 3,58 kg par capteur par an Solution IoT Mojix : 29,74 kg de CO ₂ eq pour une durée de vie de 6 ans, soit 4,96 kg par capteur par an	Mavana, selon les informations disponibles sur le capteur Koovea	
Quantité de magasins alimentaires non-spécialisés en France	Unitaire	33 000 magasins alimentaires non-spécialisés français	https://www.insee.fr/fr/statistiques/4474959	
Émission carbone annuelle de la ville de Marseille	Tonnes CO ₂ eq	207 300 tCO ₂ eq	https://www.marseille.fr/environnement/developpement-durable/le-bilan-carbone	
Production de volaille aux États-Unis par an	Tonnes	22,61 millions de tonnes	Aviculture Passerelle sur l'aviculture et les produits avicoles Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (fao.org)	
Répartition pertes et gaspillage de la viande aux différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement aux États-Unis	%	25% de la viande produite est perdue ou gaspillée lors des différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement avec 3% de pertes lors de l'élevage, 6% lors de la transformation et packaging, 4% lors du transport et mise en vente (gestion des stocks) et 12% lors de la consommation.	https://www.nrdc.org/sites/default/files/wasted-food-IP.pdf	

Autopartage

Bibliographie

- [1] Commission Européenne EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research
- [2] Commission Européenne EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research
- [3] Commission Européenne EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research
- [4] IEA - Global CO2 emissions in transport by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2070 – Charts – Data & Statistics - IEA - Octobre 2022
- [5] ADEME; Haut Conseil pour le Climat; Ministère de la Transition écologique et solidaire - Rapport annuel Neutralité Carbone - Juin 2019
- [6] ADEME; 6t-bureau de recherche - Enquête Nationale sur l'Autopartage - Novembre 2019
- [7] ADEME; 6t-bureau de recherche - Enquête Nationale sur l'Autopartage - Novembre 2019
- [8] Le Vine, S., Polak, J. - The impact of free-floating carsharing on car ownership: Early-stage findings from London. Transport Policy - Février 2017
- [9] Migliore, M., D'Orso, G., & Caminiti, D - The environmental benefits of carsharing: the case study of Palermo. Transportation Research Procedia - 2020
- [10] ADEME – Base Carbone – Juin 2022
- [11] Nature Sustainability - Examining different recycling processes for lithium-ion batteries – Février 2019
- [12] JLCA Newsletter – Life Cycle Assessment society of Japan – Septembre 2009
- [13] ADEME – Car Labelling
- [14] ADEME- Facteur d'émission voiture électrique : quel calcul ? – Aout 2021
- [15] ADEME - Évaluation de l'impact environnemental du numérique en France et analyse prospective - Janvier 2022
- [16] ScienceDirect (Thibault Pirson) - Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach – Novembre 2021
- [17] ADEME; 6t-bureau de recherche - Enquête Nationale sur l'Autopartage - Novembre 2019
- [18] Insee - Comparateur de territoires - Septembre 2022
- [19] Statista - Car sharing: number of users by type in Germany 2022- Janvier 2023
- [20] Climate Chance - Allemagne, Transport ,Tours et détours sur la route de la Verkehrswende, la « mobilité verte » - Novembre 2019
- [21] Car Labelling Ademe - Évolution du taux moyen d'émissions de CO2 en France - 2022
- [22] Statista - Car sharing users in Europe by country - 2014

Schémas et graphiques

Graph 1 - Répartition de la démographie en France en 2020 (INSEE)

Graph 2 - L'impact environnemental de l'autopartage en France

Schéma 1 - Répartition de la population en France en 2019 (INSEE)

Graph 3 - Gains environnementaux permis par l'autopartage en boucle par pays (périmètre 1 an)

Graph 4 - Comparaison des émissions avec et sans autopartage en boucle en France

Graph 5 - Affectation de l'espace public de stationnement en France avec et sans autopartage (ADEME)

Données utilisées pour la modélisation

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Fabrication voiture thermique	kgCO ₂ eq / kg fabriqué	4,5	ADEME - Site Bilans GES	
Fabrication voiture électrique	kgCO ₂ eq / kg fabriqué	9,4	ADEME - Site Bilans GES	Nous comparons ces données avec celles pour les voitures thermiques et après un calcul de proportionnalité nous trouvons la donnée utilisée
Recyclage voiture électrique	kgCO ₂ eq / kg de batterie	8,5	<i>Examining different recycling processes for lithium-ion batteries / Nature Sustainability</i>	Moyenne des 3 méthodes de recyclage pour une batterie de Renault Zoe
Distance que parcourait une voiture privée abandonnée grâce à l'autopartage (bas)	km	3 600	Enquête Nationale sur l'Autopartage - Édition 2019 - La librairie ADEME	
Distance que parcourait une voiture privée abandonnée grâce à l'autopartage (haut)	km	6 200	Enquête Nationale sur l'Autopartage - Édition 2019 - La librairie ADEME	
% d'une voiture privée remplacée par un utilisateur d'autopartage (bas)	%	36	Enquête Nationale sur l'Autopartage - Édition 2019 - La librairie ADEME	Nous avons pris en compte le fait que le périmètre du cas d'usage n'inclut pas l'Ile-de-France
% d'une voiture privée remplacée par un utilisateur d'autopartage (bas)	%	64	Enquête Nationale sur l'Autopartage - Édition 2019 - La librairie ADEME	Nous avons pris en compte le fait que le périmètre du cas d'usage n'inclut pas l'Ile-de-France

Éclairage Public

Bibliographie

- [1] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022
- [2] ADEME - Éclairage public : un gisement d'économies d'énergie
- [3] Association Française de l'Éclairage - Actualisation 2019 des chiffres sur les LED - 2019
- [4] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022
- [5] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022
- [6] Ministère de la Transition Énergétique - Pollution lumineuse - 2021
- [7] Chambre Régional des Comptes - Concession de la distribution du gaz et lutte contre le réchauffement climatique - 2018
- [8] Open data Paris - Eclairage public - 2021
- [9] ADEME - Impact Co2 - 2021
- [10] Light Zoom lumière - Éclairage solaire et éclairage conventionnel, étude comparative - 2022
- [11] Figaro - L'éclairage public intelligent, qui permet aux collectivités de faire des économies d'énergie, gagne du terrain - 2022
- [12] Ministère de la Transition Énergétique - Pollution lumineuse - 2021
- [13] Figaro- L'éclairage public intelligent, qui permet aux collectivités de faire des économies d'énergie, gagne du terrain - 2022
- [14] Ministère de la Transition Énergétique - Pollution lumineuse - 2021
- [15] Infranken - Forscher warnen vor negativen Auswirkungen von LED-Licht: Veränderungen des Bio-Rhythmus möglich - 2021
- [16] OCDE - Building capacity for PPP street lighting projects
- [17] Ministère de l'énergie - 2020 Streetlighting Survey - 2020
- [18] Shropshire - Street lighting facts
- [19] Fond pour l'Environnement Mondial - Transformation de marché de l'éclairage efficace au Maroc - 2019
- [20] Association Marocaine de l'éclairage public – Eclairage public : une économie potentielle d'un milliard de dirhams - 2022

Schémas et graphiques

Schéma 1 : Fonctionnement de la solution d'éclairage public connecté

Graph 1 : Variation de l'intensité lumineuse des luminaires à LEDs

Tableau 1 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté en France (périmètre 1 an)

Tableau 2 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté en Allemagne (périmètre 1 an)

Tableau 3 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté au Royaume Uni (périmètre 1 an)

Tableau 4 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté au Maroc (périmètre 1 an)

Graph 2 : Gains environnementaux permis par l'éclairage public connecté par pays (périmètre 1 an)

Données utilisées pour la modélisation

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Durée de vie d'une LED	An	15	ADEME	
Durée de vie d'une lampe à décharge	An	4	ADEME	
Durée de vie d'un boîtier connecté	An	15	NRGYBox	
Économie moyenne réalisée grâce au <i>dimming</i> (technique d'abaissement) sur les luminaires à LEDs avec le boîtier connecté	%	40	LACROIX	
Intensité des émissions de gaz à effet de serre en France	kgCO ₂ /kWh	0,06	https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1	
Intensité des émissions de gaz à effet de serre au Maroc	kgCO ₂ /kWh	0,767	https://revues.imist.ma/index.php/EGSM/article/download/15050/8369	
Intensité des émissions de gaz à effet de serre au Royaume-Uni	kgCO ₂ /kWh	0,242	https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1	
Intensité des émissions de gaz à effet de serre en Allemagne	kgCO ₂ /kWh	0,314	https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1	
Boîtiers avec risque de changement	%	15	NRGYBox	

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Distance parcourue pour la maintenance (sans Iot)	Km	200	LACROIX	Scénario avec 100 luminaires
Distance parcourue pour la maintenance (avec Iot)	Km	100	LACROIX	Scénario avec 100 luminaires
Facteur d'émission lié à la distance parcourue d'un véhicule km	kgCO ₂ eq/km	0,19	ADEME	

Éclairage tertiaire

Bibliographie

- [1] International Energy Agency - Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer - 2022
- [2] United Nations Environment Program - BRIGHTEN UP! Making the switch to efficient lighting - 2017
- [3] ADEME - L'éclairage - 2021
- [4] Le Parisien - Covid-19 et télétravail : «Le bureau restera un lieu de sociabilisation important» - 2020
- [5] United Nations Environment Program - BRIGHTEN UP! Making the switch to efficient lighting - 2017
- [6] EDGAR Emissions Database for Global Atmospheric Research - GHG emissions of all world countries - 2021
- [7] Association Française de l'éclairage - Actualisation 2019 des chiffres sur les LED - 2019
- [8] Association Française de l'éclairage - Les normes européenne de l'éclairage - 2004
- [9] Stratégie Nationale Bas Carbone - Stratégie Nationale Bas-Carbone - 2022,
- [10] Philips - Office lighting The Edge Amsterdam - 2017
- [11] Observatoire de l'Immobilier Durable - Quel est le poids carbone global d'un immeuble de bureaux en France ? - 2020

Schémas et graphiques

Graph 1 : Gains environnementaux permis par l'éclairage tertiaire connecté par pays (Périmètre 1 an)

Image 1 : Heatmap de l'occupation d'un bureau en France - données Signify

Données utilisées pour la modélisation

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Durée de vie d'une LED	h	50000	Signify	
Durée de vie d'un capteur	h	50000	Signify	
Nombre d'heures d'utilisation de la lumière par jour	h	10	Signify	
Économie moyenne réalisée grâce à la solution IoT	%	40	Signify	
Mètres de câbles	m	200		
Intensité des émissions de gaz à effet de serre en France	kgCO2/kWh	0,06	https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1	
Intensité des émissions de gaz à effet de serre au Maroc	kgCO2/kWh	0,767	https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1	
Intensité des émissions de gaz à effet de serre au Royaume-Uni	kgCO2/kWh	0,242	https://revues.imist.ma/index.php/EGSM/article/download/15050/8369	
Intensité des émissions de gaz à effet de serre en Allemagne	kgCO2/kWh	0,314	https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1	

Consommation électrique résidentielle

Bibliographie

[1] International Energy Agency (IEA) - Evolution of energy prices, Oct 2020-Jan 2022 – Charts – Data & Statistics - IEA - 2022

[2] Eurostat - Statistics for the European Green Deal (europa.eu) - 2022

[3] Eurostat - Energy Balances (europa.eu) - 2022

[4] Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires Loi de transition énergétique pour la croissance verte |
Ministères Écologie Énergie Territoires (ecologie.gouv.fr) - 2017

[5] Sénat - Impact de la flambée des prix des énergies sur les collectivités territoriales - Sénat (senat.fr) - 2022

[6] ADEME - Impact CO2 | Datagir (ademe.fr) - 2023

[7] C. Kirchner - Le monde de l'Internet des objets : des dynamiques à maîtriser | France Stratégie (strategie.gouv.fr) Février
2022

[8] Wikipedia - Ordres de grandeur de puissance - Wikipédia (wikipedia.org) - 2023

Autre bibliographie

- Solar Impulse - Ecojoko - Une solution efficace pour Solar Impulse - Janvier 2021
- Solar Impulse - Behavioural Insights platform - Une solution efficace pour Solar Impulse - Janvier 2022
- Foobot - L'efficacité énergétique des bâtiments avec... du LOGICIEL // Foobot - 2023

Données utilisées pour la modélisation

Donnée	Unité	Valeur	Source	Commentaire
Émission de CO ₂ évitées	kgCO ₂ eq	500	Ecojoko	Donnée déclarative
Émission de CO ₂ évitées	Tonnes CO ₂ eq	10	Advizeo	Donnée déclarative
Émission de CO ₂ évitées	Tonnes CO ₂ eq	12	Foobot	Donnée déclarative
Émission de CO ₂ générées	kgCO ₂ eq	14	Ecojoko	Donnée déclarative sur la base d'un Bilan Produit® de l'ADEME
Consommation électrique d'un ménage	kWh	4 679	Insee	
Nombre de ménages en France		29 199 000	Ined	lien
Surface des bâtiments tertiaires en France	Millions de M ²	940	Opera-energie	lien
Consommation d'électricité en France	TWh	468	RTE	Bilan électrique 2021 - Une production d'électricité assurée à plus de 92% par des sources n'émettant pas de gaz à effet de serre RTE (rte-france.com)

Remerciements

Direction de publication : Sylvain Chevallier, Ouassim Driouchi

Comité éditorial : Araxie Papazian

Remerciements aux contributeurs BearingPoint :

- Bailleux Madeleine
- Boualem Houssam
- Bouydraren Abdelhakim
- Duval Florent
- Ferrier Laurent
- François Augustin
- Gallet Antoine
- Gledhill Malo
- Hallery Mélanie
- Mendes Ludovic
- Nordé Théo
- Philippotaux Joris
- Poiseau Cloe
- Sergent Remy
- Schollaert Thomas
- Trapp Dylan
- Trunde Julie
- Vavala Gonzales Daniela

Remerciements à l'équipe Marketing et Communication : Florie D'Anna, Charlotte Ronze, Angélique Tourneux, Ludovic Roux et Nathalie Ollivier

Remerciements à notre partenaire transverse Mavana : Gillo Malpart, Jean-François Pinson, Kelly Le Goff, Julie Parpaillon

Remerciements aux entreprises contributrices de l'étude :

- Birdz : Pierre-Guillaume De La Salle, Jimmy Rosmade
- Citiz : Claire Lambert, Jean-Baptiste Schmider, Jean-François Virot, Alexandre Jouaville
- Groupe Lacroix : Guillaume Moenne Loccoz , Laurent Huot, Florentin Poyet, Louis Prat
- Koovea : Adrien Content, Romain Penot
- M2M vertical : Maurice Zembra
- Mojix : Hélène de Lailhacar, Estelle Huynh
- NRGYBox : Rémi Kupisz, Alban Bergeras
- Robeau : Philippe Goudal, Sylvain Spenle
- Signify : François Darsy, Jae Hwan Jeong
- Sowit : Hamza Benhadou
- Weenat : Laurent Leuleu, Jérôme Le Roy

Remerciements à I Care by BearingPoint pour la contribution aux relectures.

A propos de BearingPoint

BearingPoint est un cabinet de conseil en management et technologie indépendant aux racines européennes et à la couverture mondiale.

Le cabinet est structuré autour de trois entités. La première couvre les activités de conseil en mettant clairement l'accent sur les domaines d'expertises clés du cabinet à développer dans le monde entier. La deuxième fournit des solutions technologiques avancées combinant conseil et logiciel, et offre des services gérés à forte valeur ajoutée aux clients. La troisième se concentre sur des investissements innovants ; par exemple dans des solutions logicielles très spécifiques permettant de répondre aux exigences réglementaires ou d'accompagner la transformation numérique. Elle a également pour vocation d'explorer des business models innovants avec les clients et les partenaires, en favorisant la création d'écosystèmes, le financement et le développement de startups.

BearingPoint compte parmi ses clients les plus grandes organisations mondiales publiques et privées ; fort d'un réseau international de plus de 10 000 collaborateurs, BearingPoint accompagne ses clients dans plus de 75 pays et les aide à obtenir des résultats mesurables et durables.

BearingPoint dispose notamment d'un centre d'excellence IoT d'une trentaine de consultants avec des expertises sectorielles, économiques et techniques variées.

Pour de plus amples informations : www.bearingpoint.com

Retrouvez-nous sur twitter : @BearingPoint_FR

iotbusinesshub.com/rejoignez-nous/

Contacts

Sylvain Chevallier
Associé Télécoms et IoT
sylvain.chevallier@bearingpoint.com

Ouassim Driouchi
Associé Télécoms et IoT
ouassim.driouchi@bearingpoint.com

www.bearingpoint.com