



Janv.  
2021

---

# INNOVATION FRUGALE

---

Analyse technique, propositions de KPI  
et perception entreprise

---

GUIDE METHODOLOGIQUE



En partenariat avec :

Orange  
L'Université de Technologie de Troyes (UTT)  
L'Université Paris 2 Panthéon-Assas



## REMERCIEMENTS

Tatiana REYES (Université de Technologie de Troyes)  
Isabelle DABADIE (Université Paris 2 Panthéon-Assas)  
Luis-Miguel LOPEZ-SANTIAGO (Université de Technologie de Troyes)  
Marc VAUTIER (Orange)  
Samuli MIKKO-VAIJA (Orange)  
Paul VIGNERON (Université Paris 2 Panthéon-Assas)

Cet ouvrage est disponible en ligne [www.ademe.fr/mediatheque](http://www.ademe.fr/mediatheque)

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

### **Ce document est diffusé par l'ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : **XXXXXXXXXX**

Étude réalisée par Benjamin Metayer pour ce projet **financé ou cofinancé** par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Eco SD

Coordination technique - ADEME : **NOM Prénom ingénieur**

Direction/Service : **XXXXX**

## TABLE DES MATIERES

<b>Résumé</b> .....	4
Abstract.....	4
1. Introduction.....	6
1.1. Contexte et objectifs du projet.....	6
1.2. L'innovation frugale.....	6
2. Méthodologie.....	8
2.1. Partie conception.....	8
2.1.1. Sélection des caractéristiques.....	9
2.1.2. Sélection et développement des indicateurs.....	10
2.2. Partie perception.....	12
2.2.1. Critères ou dimensions de l'innovation frugale.....	12
2.2.2. L'innovation frugale dans les processus de développement.....	12
2.2.3. Les discours sur l'innovation frugale.....	13
3. Bilan / Principaux résultats obtenus.....	13
3.1. Partie conception.....	13
3.1.1. Fonctionnalités essentielles.....	13
3.1.2. Ergonomie.....	15
3.1.3. Qualité.....	17
3.1.4. Prix.....	20
3.1.5. Empreinte environnementale.....	21
3.1.6. Conclusion sur les indicateurs.....	23
3.2. Partie perception.....	24
3.2.1. La place de l'innovation frugale dans les processus de développement.....	24
3.2.2. Les discours sur l'innovation frugale.....	27
4. Conclusion & Perspectives.....	28
Références.....	30
<b>Index des tableaux et figures</b> .....	31
<b>Sigles et acronymes</b> .....	31
Annexes.....	32

## Résumé

Ce projet est issu de la collaboration entre Orange, l'Université de Technologie de Troyes (UTT) et l'Université Paris 2 Panthéon-Assas dans le cadre de l'association EcoSD. L'objet de cette étude est de proposer une méthode d'intégration de l'innovation frugale dans un processus de conception. L'innovation frugale est une notion émergente popularisée par Navi Radjou avec son best-seller « L'innovation Jugaad, redevenons ingénieux » qui peut se résumer par « **faire mieux avec moins** » en se focalisant sur les besoins essentiels du consommateur et en impliquant une meilleure gestion des ressources.

Ce projet se compose de deux axes d'étude, le premier est la proposition d'une méthode d'aide à la conception basée sur des indicateurs de mesure des caractéristiques principales de l'innovation frugale. Il en résulte une proposition d'indicateurs pour les critères suivants : **fonctionnalités essentielles, ergonomie, qualité, prix et empreinte environnementale.**

Le second axe s'intéresse aux perceptions de l'innovation frugale en situation à travers une étude de cas menée au sein du groupe Orange. Une enquête menée auprès de collaborateurs impliqués dans les processus de conception des produits, ainsi qu'auprès de clients de l'entreprise a permis d'une part de confronter les indicateurs d'innovation frugale à la réalité du terrain et d'autre part d'identifier les éléments de langage utilisés pour évoquer ces enjeux.

Ce projet propose une première exploration de ces thématiques. Les indicateurs restent à être évalués sur des cas pratiques et l'analyse sémiotique validée avec de plus larges échantillons.

## Abstract

This project is the result of partnership between Orange, the University of Technology of Troyes (UTT) and the University of Paris 2 Panthéon-Assas within the framework of the EcoSD association. The aim of this study is to propose a method for integrating frugal innovation in a design process. Frugal innovation is an emerging concept popularized by Navi Radjou with his best-seller "Jugaad innovation, let's become ingenious again" which can be summarized as "doing better with less" by focusing on the essential needs of the consumer and by involving a better management of resources.

This project consists of two parts, the first is the proposal of a design support method based on indicators for measuring the main characteristics of frugal innovation. The result is a proposal for indicators for the following criteria: essential functionality, usability, quality, price and environmental footprint.

The second part addresses the question of the perceptions of frugal innovation thanks to a case study in a large telecommunications company, the Orange Group. Relying on interviews of Orange employees involved in the product innovation and development process, as well as interviews of customers, this study confronts frugal innovation indicators with the reality in the field. It also aims at identifying the language used to refer to frugal innovation and highlighting discrepancies in these perceptions.

This project proposes an initial exploration of these themes. The indicators remain to be evaluated on practical cases and the semiotic analysis validated with larger samples.



# 1. Introduction

## 1.1. Contexte et objectifs du projet

L'association EcoSD est une association loi de 1901 dont le but principal est de favoriser les échanges et collaborations entre universitaires (CentraleSupélec, UTT, Mines ParisTech, ENSAM...) et industriels (PSA, RTE, Vinci, Orange...) autour de la thématique de l'éco-conception de (EcoSD). Ce projet est une collaboration entre Orange, l'UTT et l'Université Paris 2 Panthéon-Assas dont l'objectif principal est de proposer une méthode d'intégration de l'innovation frugale dans un processus de conception. Cette étude comporte deux axes :

- Un **axe conception** dont l'objectif est de proposer une méthodologie de conception d'une innovation frugale. Cette méthodologie se base sur des indicateurs de mesure des caractéristiques principales de l'innovation frugale. Cet axe de travail a été développé par Orange.
- Un **axe perception** dont l'objectif est double : *i)* confronter les dimensions de l'innovation frugale à la réalité des processus de conception des produits et services dans une entreprise qui poursuit des objectifs ambitieux en termes de soutenabilité sans pour autant avoir encore engagé de démarche d'innovation frugale ; *ii)* explorer les perceptions des décideurs/concepteurs et des consommateurs à travers l'analyse des éléments de langage mobilisés pour évoquer les démarches et produits relevant de l'innovation frugale. Cet axe de travail a été développé par l'Université Paris 2 Panthéon-Assas

Ces deux axes de recherche sont basés sur la définition de l'innovation frugale à travers un ensemble de caractéristiques ou critères principaux. Cet angle d'étude constitue un travail préliminaire réalisé dans le cadre d'une thèse de l'Université de Technologie de Troyes (UTT).

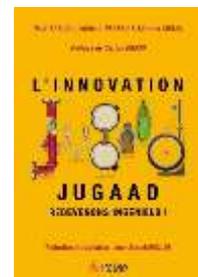
## 1.2. L'innovation frugale

La notion d'innovation frugale (IF) a émergé à la fin des années 2000 avec l'auteur Prahalad qui a soulevé le rôle primordial des multinationales dans l'innovation face à l'évolution des industries confrontées aux défis sociétaux et environnementaux. Le terme « d'ingénierie frugale » a été exprimé pour la première fois par Carlos Ghosn en 2006 lorsque l'alliance Renault-Nissan ciblait les marchés émergents. Carlos Ghosn se disait alors très impressionné et inspiré par l'aptitude de certains indiens à trouver des solutions ingénieuses pour résoudre un problème ou répondre à un besoin avec des ressources limitées. C'est cette démarche qui fut à l'origine de la gamme Dacia chez Renault.

Le terme d'innovation frugale est directement inspiré de celui d'innovation « Jugaad ». « Jugaad » est un terme utilisé dans l'hindi, le bengali ou encore le pendjabi pour désigner un objet ingénieusement bricolé ou détourné de son usage pour résoudre un problème. Une innovation Jugaad peut être décrite comme une solution ingénieuse répondant à un besoin spécifique dans un milieu contraint. Cousine du « système D » français ou encore des solutions bricolées par Mc Gyver, cette notion d'innovation Jugaad a été largement popularisée par Navi Radjou dans son best-seller « l'innovation Jugaad, redevenons ingénieurs ! » (2013).

Dans son livre, Navi Radjou articule la « pensée Jugaad » autour de 6 principes :

- La recherche d'opportunités dans l'adversité
- Faire plus avec moins
- Penser et agir avec flexibilité
- Viser la simplicité
- Intégrer les marges et les exclus
- Suivre son cœur



Les innovations frugales proviennent essentiellement des marchés émergents qui représentent un terrain fertile pour ce type d'innovation du fait de leurs fréquentes contraintes en termes de ressources. L'Inde notamment est considérée comme l'épicentre de l'innovation frugale.

Du fait qu'il s'agisse d'une notion émergente, peu de publications (notamment sur l'aspect de la conception) sont disponibles sur le sujet. De plus, il n'existe pas encore aujourd'hui de définition consensuelle de l'IF. La définition la plus récurrente de l'innovation frugale est celle vue à travers le prisme des ressources (matérielles, financières ou humaines) et de la valeur. Ainsi une innovation frugale peut être perçue comme une **solution proposant plus de valeur au consommateur tout en optimisant l'utilisation des ressources.**

Une innovation frugale vise à satisfaire les besoins des moins aisés dont la demande pour des produits et services de qualité est grandissante. C'est pourquoi les entreprises occidentales sont de plus en plus intéressées par ce type d'innovation. Cependant, ces solutions bien souvent issues de l'ingéniosité d'une personne quotidiennement confrontée à une contrainte et peinent à être insérées dans des processus de conception standards.

Ce projet s'inscrit ainsi dans une volonté de mieux maîtriser les clés de conception (KPI) d'une innovation frugale afin de pouvoir en standardiser le processus.

(Thogersen, 2018), (Hossain, Mapping the frugal innovation phenomenon , 2017), (Y.Back, 2014), (H.Dellestrand, 2011) , (Z.Xie, 2015), (M.Zeschky, 2011) , (A.Nair, 2015), (B.C.Rao, 2013), (Howell, 2018), (Soni, 2014), (R.Basu, 2013), (A.K.Gupta, 2012), (Hossain M. , 2016) , (C. Balkrishna, 2017), (Agarwan, 2017), (Tiwari, Aiming Big with Small cars: Emergence of a Lead Market in India, 2014), (Hossain M. , 2020) , (Zeschky, 2014), (Howard, 2011), (Tiwari, Frugal Innovation and Analogies: Some Propositions for Product Development in Emerging Economies , 2014), (Govindarajan, 2012), (Radjou, 2012), (Ray, 2009), (Kolk, 2014), (Rosca, 2018)

Quelques exemples d'innovations frugales :

- **La lampe à gravité**

Ce système, constitué d'une ampoule à LED, d'une dynamo et d'un sac lesté permet aux personnes non connectées au réseau d'électricité d'accéder à une alternative plus sécurisée que la bougie et lampes à pétroles. De plus, ce système permet d'obtenir de la lumière gratuitement (pas de consommables ni carburant) pour un prix d'investissement non prohibitif de l'ordre de 80 €.



Figure 1: La lampe à gravité

- **Le microscope en bambou**

Ce microscope en bambou, allié à un système optique simple, a été développé afin d'améliorer les conditions d'éducation des enfants défavorisés en Inde. Grâce à son prix très abordable de 4 €, ce microscope s'est rapidement répandu dans les écoles indiennes puis à travers de nombreux pays.



Figure 2: Le microscope en bambou

- **La Tata Nano**

Bien que n'ayant pas rencontré un franc succès, la Tata nano est un très bon exemple d'innovation frugale. Développée en Inde par l'entreprise Tata motors, elle fut à son lancement la voiture neuve la moins chère du monde (prix de lancement de 1560 €). Son créateur a eu l'idée de développer ce modèle en constatant le nombre important de familles qui se déplaçaient à plusieurs sur une moto. Il a voulu ainsi proposer un moyen de transport sécurisé pour les familles peu aisées. Son très faible coût est due au fait que la Tata Nano répond au simple besoin de se déplacer sur de longue distance de manière sécurisée. Ce modèle de très petite taille n'est pas équipé d'options ou accessoires superflues tels que le chauffage, la radio ou encore la direction assistée.



Figure 3: La Tata Nano

- **Le Tata swatch**

Toujours chez le groupe Tata mais dans une autre filiale : Tata Chemicals, le Tata Swatch est un purificateur d'eau qui a été développé pour venir en aide aux sinistrés du tsunami de Sumatra de 2004. C'est le premier purificateur d'eau développé à échelle industrielle à un prix dit « low-cost » (15€). Ne nécessitant pas d'alimentation électrique, le système de purification repose sur un système de captation chimique des polluants avec du riz, du charbon actif et des nano particules d'argent. A la fois abordable, mobile et facile d'utilisation, ce produit fut d'une aide très précieuse pendant cette catastrophe.



Figure 4: Le Tata swatch

- **Le Nokia 1200**

Bien qu'il ne s'agisse pas ici d'une innovation produit à proprement parlé mais plutôt d'un positionnement stratégique, le Nokia 1200 est un bon représentant de la frugalité. Dans l'univers concurrentielle des smart phones où la course à l'armement technologique est la règle d'or, Nokia a décidé de lancé sur le marché en 2007 un téléphone aux fonctionnalités basiques : le Nokia 1200. Téléphone abordable, très robuste et proposant une autonomie pouvant aller jusqu'à 390 h en veille, ce modèle n'a pas uniquement trouvé le succès dans les pays émergents mais a également su séduire une partie de la population occidentale en quête de simplicité et de réelle utilité. Ce téléphone est aujourd'hui le modèle le plus vendu de l'histoire.



Figure 5: Le Nokia 1200

## 2. Méthodologie

Cette section décrit la méthodologie proposée pour les deux axes d'études : l'axe conception et l'axe perception.

### 2.1. Partie conception

La méthodologie de la partie conception repose sur une définition de l'innovation frugale à travers un ensemble de critères ou **caractéristiques techniques**. Une fois la liste des caractéristiques déterminées, des indicateurs sont développés afin de proposer une évaluation d'un produit ou d'un service pour chaque critère.



Figure 6: représentation schématique de la méthodologie - partie conception

### 2.1.1. Sélection des caractéristiques

La détermination des caractéristiques repose sur une revue de la littérature relative à la notion d'innovation frugale qui permet de recenser les caractéristiques les plus couramment utilisées pour décrire une innovation frugale. Ce simple processus de recensement ne permet pas d'obtenir une liste de caractéristiques fiables. C'est pourquoi un travail supplémentaire doit être effectué sur cette liste de critères. La présente étude repose donc sur deux articles proposant une méthodologie pour déterminer les caractéristiques principales de l'innovation frugale : (Janda, 2019) ; (Weyrauch, 2016)

Ces deux études sont basées sur la méthodologie suivante :



Figure 7: représentation de la méthodologie des articles de référence

- **Recensement des caractéristiques de l'IF** : cette étape est une revue de la littérature scientifique associée à un traitement et une analyse de données qualitatives (nécessite une expertise).
- **Création de catégories de caractéristiques** : cette étape vise à créer des familles de critères en regroupant des termes relevant du même domaine technique. « Abordable » et « Accessible » relèvent tous les deux de la notion d'un faible coût par exemple.
- **Entretiens avec des experts de l'IF et des consommateurs** : cette étape repose principalement sur un système de notation de 0 à 5 des critères pour les experts (question : est-ce que ce critère s'applique à l'IF ?). Pour les consommateurs, il s'agit principalement d'entretiens basés sur la présentation d'un produit frugal et d'un produit non frugal (description

des produits et de leur avis sur ces produits avec leur propre mots). A noter qu'une expertise linguistique est nécessaire pour la partie consommateur.

- **Détermination des catégories de caractéristiques principales** : Il s'agit d'une dernière phase d'analyse des données recueillies lors des phases précédentes afin d'en déterminer les catégories principales (principe de hiérarchisation).

Selon les deux articles de référence, les catégories de caractéristiques principales sont les suivantes :

(Janda, 2019) :

- Abordabilité
- Durabilité
- Simplicité
- Qualité

(Weyrauch, 2016) :

- **Abordabilité** (inclu la minimisation de l'utilisation des ressources -> durabilité)
- **Fonctionnalités essentielles** (inclu la minimisation des ressources et l'ergonomie/simplicité)
- **Niveau de performance** (inclu la minimisation des ressources et la simplicité/ergonomie)

Ces deux études présentent des résultats assez similaires qui s'entrecroisent. Dans cette étude les deux listes sont associées afin de conserver un maximum d'exhaustivité. L'association des deux listes mène au résultat suivant :

- Abordabilité
- Fonctionnalités essentielles
- Simplicité/Ergonomie
- Qualité/niveau de performance
- Durabilité

### Pourquoi ces critères sont liés à l'innovation frugale ?

- **Abordabilité** : une IF doit être accessible aux plus modestes (BoP consumers)
- **Simplicité/Ergonomie** : l'utilisation d'une IF doit être facilement accessible aux plus grand nombre (y compris les personnes les moins éduquées)
- **Qualité/niveau de performance** : Une IF n'est pas une simple innovation « low-cost ». Une IF ne doit pas uniquement répondre à un besoin mais bien y répondre. La juste utilisation des ressources, notions cruciales de l'IF, implique également une bonne durée de vie du produit.
- **Fonctionnalités essentielles** : Une IF ne comporte pas de fonctionnalités accessoires, superflues ou secondaires mais se concentre sur les besoins réels du consommateur. Ce critère est la clé pour associer abordabilité et qualité.
- **Durabilité** : une IF s'inscrit dans une logique de développement durable (pérennité économique, sociale et environnementale).

### 2.1.2. Sélection et développement des indicateurs

Une fois la liste des critères établie, un ou des indicateurs sont associés à chaque critère. Dans un premier temps, une revue de la littérature des méthodologies a été réalisée pour chaque indicateur. Les indicateurs pertinents pour notre étude sont présentés dans la section résultats. Pour certaines caractéristiques, des indicateurs ont été développés dans ce projet. Le choix et le développement des indicateurs sont influencés par les objectifs suivants :

- **Un système de notation homogène** est souhaitable : la majorité des indicateurs ont été construits pour proposer un score allant de **0 (pire score)** à **100% (meilleur score)**.

- Les indicateurs doivent être **le plus générale possible** et ainsi pouvoir être appliqués à un maximum de produits

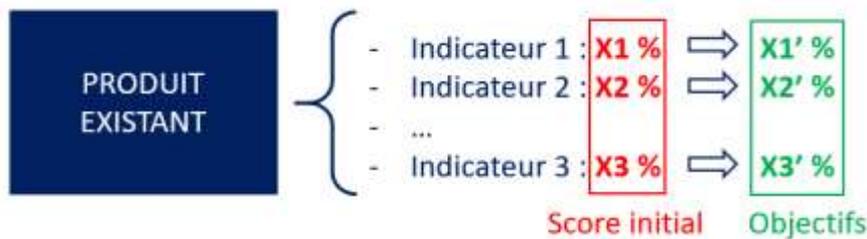


Figure 8: représentation de la méthodologie pour les indicateurs

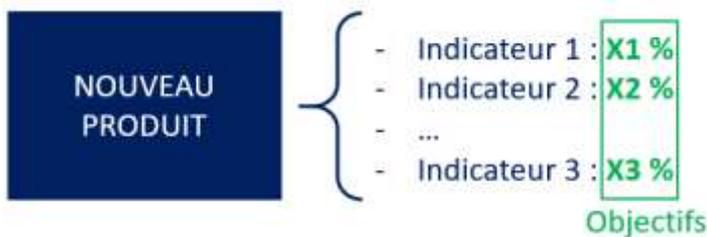
### Comment utiliser ces indicateurs ?

Ces indicateurs peuvent être utilisés pour :

- **Évaluer le niveau de frugalité d'un produit déjà conçu** et ainsi permettre de mettre en évidence les axes d'améliorations.



Comme **objectifs/scores à atteindre pour un nouveau produit à concevoir**. Dans ce cas les indicateurs peuvent faire office de balises pour guider le processus de conception.



A noter que les scores de ces indicateurs ont peu de sens dans l'absolu, leur utilité réside dans la comparaison de deux produits similaires (idéalement de même unité fonctionnelle). Dans le cas d'un produit nouveau à concevoir, une autre possibilité est d'évaluer un produit similaire représentatif du marché puis d'utiliser ses scores comme valeurs de référence.



## 2.2. Partie perception

### 2.2.1. Critères ou dimensions de l'innovation frugale

Pour cette partie, d'autres critères ont été utilisés. Alors que la partie « conception » de ce projet s'appuie essentiellement sur deux articles axés sur les caractéristiques techniques intrinsèques aux produits issus de l'innovation frugale, nous abordons ici la question de l'innovation frugale d'un point de vue interne, au niveau des processus de conception et d'un point de vue externe, au niveau des perceptions des consommateurs. Notre première grille d'analyse a été réalisée à partir d'une revue de la littérature et d'un document de travail regroupant 52 critères de l'innovation frugale rédigé par L-M Lopez Santiago dans le cadre sa thèse. Nous avons ensuite agrégé ces critères en reprenant les huit dimensions décrites par (Santiago, 2019). Celles-ci nous ont permis d'identifier plus facilement les principaux aspects de l'innovation frugale dans les processus d'innovation et dans les perceptions des décideurs/concepteurs et des consommateurs.

Les huit principales dimensions (terme plus approprié que « critères » ici) de l'innovation frugale retenues sont :

- **Abordabilité** : le produit doit être proposé à un prix accessible aux plus démunis.
- **Disponibilité** : le produit doit être rendu accessible pour les plus isolés (dimension des circuits et méthodes de distribution)
- **Acceptabilité** : il est ici question d'acceptabilité sociale ou culturelle (mœurs, coutumes, croyances...)
- **Connaissance du produit** (de l'anglais *awareness*) : d'un point de vue stratégique, il faut que les marchés ciblés aient connaissances du produit (dimension communication, marketing)
- **Inspiration** (de l'anglais *aspirational*) : la possession du produit doit inspirer la fierté.
- **Fonctionnalités** : les fonctionnalités proposées par le produit sont compatibles avec les conditions d'utilisation des plus démunis.
- **Changement d'échelle** (de l'anglais *scalability*) : le produit doit pouvoir être reproduit à plus grande échelle (industrialisable en quelque sorte)
- **Durable** (de l'anglais *sustainability*) : le produit doit s'inscrire dans une logique de développement durable.

### 2.2.2. L'innovation frugale dans les processus de développement

Afin de comprendre la manière dont des méthodes de conception s'inscrivent dans une logique d'innovation frugale pourraient s'intégrer les processus de développement d'une entreprise, nous avons mené une étude de cas au sein du groupe Orange. Si Orange mène une politique ambitieuse pour réduire ses impacts environnementaux, notamment à travers l'éco-conception de ses produits, et s'il réfléchit et agit en faveur d'une consommation numérique responsable, le groupe n'a pas encore pour autant explicitement mis en œuvre de démarche d'innovation frugale. Nous avons donc cherché à identifier, dans les processus de développement actuellement en place dans l'entreprise, les critères de conception qui pourraient relever de l'innovation frugale.

Nous avons mené pour cela des entretiens auprès de différents décideurs, chefs de produits, ingénieurs et techniciens impliqués dans les processus de conception des produits d'Orange. Nous nous sommes appuyés sur la documentation des processus de développement produit chez Orange, qui distinguent plusieurs phases, et avons cherché à identifier les critères d'innovation frugale pris en compte lors de chacune de ces phases. Nous avons également cherché à identifier les obstacles qui peuvent se présenter pour la prise en compte des différents critères d'innovation frugale ainsi que les facteurs qui peuvent faciliter leur intégration dans les processus de conception.

L'échantillon est composé de six collaborateurs d'Orange : deux ingénieurs, deux responsables marketing, deux « intrapreneurs ». Nous avons classé ces profils (cf. figure 9) :

- en trois catégories, reflétant les différents niveaux de décision à l'intérieur de l'entreprise : décideurs, opérationnels et « intrapreneurs » ; les intrapreneurs sont ici compris comme des décideurs mais disposant d'une plus large autonomie.
- en deux types de fonctions : marketing et R&D

	Décideurs	Opérationnels	Intrapreneurs	
Marketing	Chef de produits (Rep2)	Analyste en charge de la traduction des besoins clients (Rep6)	Responsable d'une démarche d'innovation « positive » (Rep 3)	Responsable packaging (Rep1)
R&D	Responsable des solutions techniques (Rep5)	Ingénieur en charge de l'écoconception (Rep4)		

Figure 9 : répartition de l'échantillon pour l'enquête auprès des collaborateurs

### 2.2.3. Les discours sur l'innovation frugale

L'enquête auprès des collaborateurs d'Orange a été complétée par une série d'entretiens du côté des consommateurs. L'échantillon de personnes interrogés est constitué de six individus clients d'Orange : deux personnes ayant entre 60 et 75 ans et quatre personnes ayant entre 20 et 60 ans. Une septième personne, cliente d'un autre fournisseur d'accès internet, a également été interrogée.

Les entretiens collaborateurs et consommateurs ont été analysés afin d'identifier les éléments de langage mobilisés pour évoquer les différentes dimensions de l'innovation frugale.

## 3. Bilan / Principaux résultats obtenus

Cette section expose les principaux résultats obtenus pour les deux études. Pour la partie conception, des indicateurs sont proposés pour les caractéristiques principales de l'innovation frugale. Pour la partie perception/considération, les principaux résultats et conclusions de l'étude de terrain sont exposés.

### 3.1. Partie conception

#### 3.1.1. Fonctionnalités essentielles

Pour cette indicateur, la notion clé est celle de fonction essentielle ou principale. Mais alors comment déterminer les fonctions principales d'un produit ? Une méthode largement utilisée en conception de produit est l'**Analyse fonctionnelle**.

L'analyse fonctionnelle permet de déterminer :

- Les **fonctions** que le produit doit proposer
- Les **contraintes** que le produit doit intégrer

Le principe de l'analyse fonctionnelle est décrit en [Annexe 1 : principe de l'analyse fonctionnelle et hiérarchisation des fonctions](#). Dans cette étude seules les fonctions du produit sont étudiées (non les contraintes).

Une fois les fonctions déterminées, il est possible de les hiérarchiser afin de mettre en évidence les fonctions principales.

Le principe de la hiérarchisation des fonctions et de les comparer une à une puis d'attribuer un système de notation en fonction de l'importance relative des fonctions. Le système de notation suivant est le plus courant :

- 0 : ligne moins importante que la colonne
- 1 : ligne un peu plus importante que la colonne
- 2 : ligne moyennement plus importante que la colonne
- 3 : ligne beaucoup plus importante que la colonne

### Exemple de hiérarchisation de fonctions :

	F1	F2	F3	F4	F5	Total	Poids fonctionnel
F1		0	0	0	0	0	0%
F2	2		0	0	0	2	8%
F3	3	3		3	0	9	38%
F4	1	1	0		0	2	8%
F5	3	3	2	3		11	46%

Figure 10: exemple de hiérarchisation de fonctions

Dans ce cas par exemple, la fonction F2 est moyennement plus importante que la fonction F1 mais moins importante que les autres fonctions.

A partir de la hiérarchisation des fonctions, il est possible de déterminer les fonctions principales. Deux méthodes peuvent être utilisées :

- Par palier : **F<sub>x</sub> est une fonction principale si Poids fonctionnel (F<sub>x</sub>) > X %**
- Par nombre de fonctions : **les X premières fonctions sont considérées comme fonctions principales**

Note : cette sélection comporte nécessairement une part de subjectivité. La sélection des fonctions principales doit donc être influencée par la lecture des résultats : dans notre exemple, deux fonctions se démarquent des autres, il semble donc ici évident de considérer ces deux fonctions comme fonctions principales.

Le nombre de fonctions principales constitue le premier élément de l'indicateur. Dans l'optique d'obtenir un score allant de 0 à 100%, il semble intuitif d'insérer cet élément dans un ratio. Par soucis d'homogénéité, il est préférable de trouver un dénominateur de même dimension, c'est-à-dire un nombre de fonctions. Il existe plusieurs types de fonctions :

- **Fonctions d'usage** : satisfont un besoin de l'utilisateur, assurent la prestation d'un service rendu. Ce type de fonction relève d'un aspect utilitaire.
- **Fonctions contraintes** : correspond aux contraintes déterminées lors de l'analyse fonctionnelle.

Parmi les fonctions dites « complémentaires » ou « secondaires », il y a les :

- **Fonctions internes** : correspondent à une solution technique permettant le bon fonctionnement des fonctions d'usage (fonctions d'interactions entre composants par exemple)
- **Fonctions d'estime** : ensemble des fonctions ayant un impact psychologique ou affectif sur l'utilisateur (esthétisme, « image », style...)

La notion de fonctionnalités essentielles se rattachant à la notion d'utilité, il semble plus cohérent d'utiliser le nombre de **fonctions d'usage** dans cet indicateur.

Ainsi un indicateur compris entre 0 et 100% peut être obtenu en divisant le nombre de fonctions principales par le nombre de fonctions d'usage.

$$FE(\%) = \frac{\text{nombre de fonctions principales}}{\text{nombre de fonctions d'usage total}}$$

Avec : FE : Fonctionnalités Essentielles

Si le produit à évaluer est déjà conçu, le nombre de fonctions d'usage peut être obtenu dans le **cahier des charges fonctionnel** ou, le cas échéant, directement déduite de l'analyse du produit : « Quels

services ou actions permet ce produit ? ». Si le produit est à concevoir (et se veut frugal), cet indicateur invite à concevoir un produit proposant un minimum de fonctions non principales.

### 3.1.2. Ergonomie

- **Méthodes de l'AFNOR**

Les principales méthodes d'évaluation de l'ergonomie sont présentées dans la norme de l'AFNOR ISO 209241-210\_2010.

Ces méthodes se divisent en deux catégories :

#### Les méthodes impliquant la participation directe des utilisateurs

- Observation des utilisateurs
- Mesurages relatifs au performances/tâches
- Analyse des incidents risques
- Questionnaires
- Interviews
- « Penser tout haut »

#### Les méthodes impliquant la participation indirecte des utilisateurs

- Méthodes basées sur des documents
- Méthodes basées sur des modèles
- Evaluation par expertise

Ces méthodes sont décrites (principe, ressources nécessaires, avantages, inconvénients) en [Annexe 2 : méthodes d'évaluation de l'ergonomie de l'AFNOR ISO 209241-210\\_2010](#)

#### Choix des méthodes

Premièrement, chacune des méthodes est plus ou moins appropriée en fonction du **stade du projet** pour le produit évalué.

	Observation des utilisateurs	Mesurages performance	Analyse incidents critiques	Questionnaires	Interviews	Penser tout haut	Méthodes basées sur des documents	Méthodes basées sur des modèles	Evaluation par expertise
Acquisition – Approvisionnement	++	+	+	+	+		++		+
Développement – Analyse des exigences	++	+	+	++	++	++	+	+	+
Développement – Conception architecturale	+	++		+	+	++	++	+	+
Développement – Test de qualification	+	++	+	++	++	+	+	+	+
Maintenance –Fonctionnement	+	+	++	+	+				+

Figure 11: Choix des méthodes - phases du projet

De plus, en fonction du stade du projet, une version plus ou moins aboutie du produit sera disponible pour les tests (concept, maquette, prototype, version beta...)

Deuxièmement, le choix de la méthode peut être motivé par les **contraintes principales** du projet.

	Observation des utilisateurs	Mesurages performance	Analyse incidents critiques	Questionnaires	Interviews	Penser tout haut	Méthodes basées sur des documents	Méthodes basées sur des modèles	Evaluation par expertise
Echelle de temps très limité		-	-	-		-	+	-	++
Contrôle du coût/prix		-	-		-	-	++	-	+
Niveau de qualité produit exigeante	++	++	+	++	++	+	+	+	+
Besoin d'un diagnostic précoce	+			+	++				+
Spécifications très évolutives	+	+	+	+	+	+			

Figure 12: choix des méthodes - contraintes du projet

De manière générale, il existe de nombreuses méthodes permettant d'évaluer le niveau d'ergonomie d'un produit et choix de la méthode est fonction du projet concerné. L'ergonomie étant une discipline à part entière, un certain niveau d'expertise est souvent nécessaire pour appliquer ces méthodes.

### • Indicateur de considération de l'ergonomie sur l'ensemble du projet

Une autre approche permettant d'évaluer un critère est de déterminer les efforts ou moyens alloués au projet de conception d'un produit sur ce critère. Autrement dit, il est question de mesurer le niveau de considération de ce critère sur l'ensemble du projet plutôt que de tenter de directement mesurer le critère. Un moyen d'évaluer cette considération pour le critère est de compter le nombre de phases du projet dans lesquelles le critère est considéré.

Ce système de notation se présente ainsi :

- **0** : l'ergonomie n'est considérée dans aucune phase du projet
- **1** : l'ergonomie est considérée dans 1 phase du projet
- **2** : l'ergonomie est considérée dans 2 phases du projet
- ...
- **X** : l'ergonomie est considérée dans X phases du projet

Une variante possible de cet indicateur est d'attribuer des coefficients de pondération aux phases du projet. En effet, en fonction du projet, il est possible que la considération de l'ergonomie soit plus pertinente pour certaines phases.

Cette proposition d'indicateur se formule ainsi :

- **Phase 1** : Acquisition – Approvisionnement : Si ergonomie considérée : **A1**
- **Phase 2** : Développement – Analyse des exigences : Si ergonomie considérée : **A2**
- **Phase 3** : Développement – Conception architecturale : Si ergonomie considérée : **A3**
- **Phase 4** : Développement – Test de qualification : Si ergonomie considérée : **A4**
- **Phase 5** : Maintenance – fonctionnement : Si ergonomie considérée : **A5**

Note : il s'agit ici d'un exemple avec les mêmes phases de projet que décrites dans la norme de l'AFNOR ISO 209241-210\_2010, ces phases sont à adapter au projet considéré.

**Ax** : coefficient de pondération de la phase de projet x

La méthode de hiérarchisation des fonctions peut être utilisé pour déterminer les coefficients. La valeur des coefficients est dans ce cas la valeur correspondant au poids fonctionnel (l'importance relative).

	A1	A2	A3	A4	A5	Total	Importance relative
A1		0	0	0	0	0	0 %
A2	2		0	0	0	2	8 %
A3	3	3		3	0	9	38 %
A4	1	1	0		0	2	8 %
A5	3	3	2	3		11	46 %

Figure 13: hiérarchisation des coefficients

Dans ce cas :

*Considération de l'ergonomie = Somme des coefficients des phases considérés*

Si la somme des coefficients n'est pas égale à 100% (1,2,3,4,5 par exemple) alors :

$$\text{Considération de l'ergonomie} = \frac{\text{Somme des score des phases considérées}}{\text{Somme des scores totale}}$$

Ce système de notation va de **0%** (ergonomie non considérée dans le projet) à **100 %** (ergonomie intégralement considérée dans le projet)

### 3.1.3. Qualité

- Niveau de performance

Un premier axe de qualité considéré dans cette étude est la notion de performance. **Un système est considéré ici comme performant s'il répond efficacement aux niveaux d'exigence des fonctions qu'il propose.**

En d'autres termes, une innovation frugale doit proposer un bon niveau de performance pour les fonctions (essentielle) qu'elle propose.

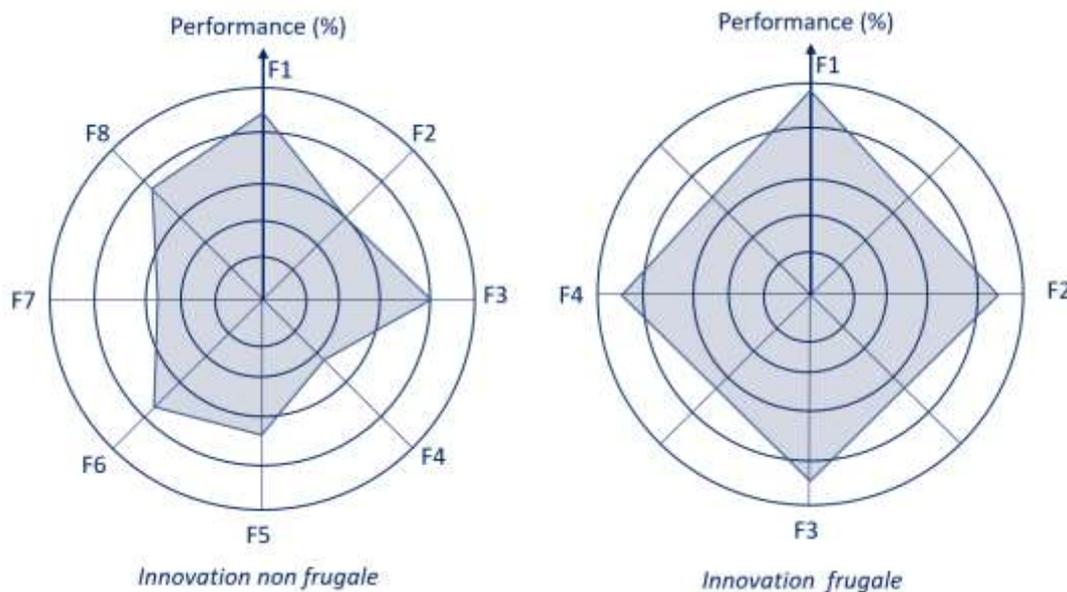


Figure 14: représentation d'une IF sous le prisme des fonctions et de la performance

A partir des fonctions déterminées lors de l'analyse fonctionnelle, il est possible de définir des exigences de performance pour chacune des fonctions :

Fonction	Critère	Exigence
Fonction 1	Critère 1	> X
...	...	...
Fonction N	Critère N	< Y

Figure 15: Fonction / Critère / Exigence

Note : il est possible de déterminer plusieurs critères pour une même fonction.

A ce stade il s'agit de la forme classique d'un **cahier des charges fonctionnel**

Exemple :

Si le système étudié est une voiture, une des fonctions principales est de permettre à l'utilisateur de se déplacer. La performance de la fonction « se déplacer » peut, par exemple, être quantifiée à travers la vitesse de déplacement.

Fonction	Critère	Exigence
Se déplacer	vitesse	> 130 km/h

Figure 16: Exemple de critère et d'exigence pour une voiture

- **Intégration du poids fonctionnel des fonctions**

Un système doit être considéré comme globalement plus performant s'il atteint les niveaux d'exigences pour les fonctions les plus importantes. L'intégration du poids fonctionnel dans l'indicateur permet donc de tenir compte de ce paramètre.

Fonction	Poids fonctionnel	Critère	Exigence
Fonction 1	X1 %	Critère 1	> X
...	...	...	...
Fonction N	XN %	Critère N	< Y

Figure 17: Intégration du poids fonctionnel

Si plusieurs critères existent pour une même fonction, il est possible d'intégrer des sous-poids fonctionnels pour ces critères. La même méthode de hiérarchisation que pour les fonctions peut être utilisée pour hiérarchiser ses critères.

Fonction	Poids fonctionnel	Critère	Sous-poids fonctionnel	Exigence
Fonction 1	X1 %	Critère 1.1	X1.1 %	> X1
		...	...	...
		Critère 1.M	X1.M %	> XM
...	...	...	...	...
Fonction N	XN %	Critère N.1	XN.1 %	< Y1
		...	...	...
		Critère N.Z	XN.Z %	> YZ

Figure 18: Intégration des sous-poids fonctionnels

Il est possible d'approfondir ce système de notation en ne considérant pas une évaluation « binaire » de l'exigence (atteinte ou non atteinte) mais en tenant compte du « niveau d'atteinte » de ce critère car le niveau de performance d'un produit n'est pas le même si, pour un critère, il atteint 10% ou 90% du niveau d'exigence. On vient donc ajouter un niveau d'atteinte de l'exigence en pour chaque critère (majoré à 100% si le niveau d'exigence est atteint).

Fonction	Poids fonctionnel	Critère	Sous-poids fonctionnel	Exigence	Niveau
Fonction 1	X1 %	Critère 1.1	X1.1 %	> X1	100 %
		...	...	...	...
		Critère 1.M	X1.M %	>XM	60 %
...	...	...	...	...	...
Fonction N	XN %	Critère N.1	XN.1 %	< Y1	50 %
		...	...	...	...
		Critère N.Z	XN.Z %	> YZ	100 %

Figure 19: Intégration du niveau d'atteinte de l'exigence

Ainsi, l'indicateur de performance correspond à la somme des produits du poids fonctionnel, du sous-poids fonctionnel et du niveau et est compris entre 0 et 100 %

Note : Le système de hiérarchisation en poids fonctionnels peut aboutir à des valeurs à 0% dans le cas où une fonction ou un critère serait considéré comme moins important que tous les autres. Si cette fonction ou ce critère doit être considéré, il faut alors ajuster la notation en le considérant au moins « un peu plus important » qu'une autre fonction/critère.

- **Indicateur de considération de la qualité sur l'ensemble du projet**

Ici, un indicateur similaire à celui de l'ergonomie (cf 3.2.2) est proposé :

- **0** : la qualité n'est considérée dans aucune phase du projet
- **1** : la qualité est considérée dans 1 phase du projet
- **2** : la qualité est considérée dans 2 phases du projet
- ...
- **X** : la qualité est considérée dans X phases du projet

Version de l'indicateur avec pondération des phases :

- **Phase 1** : Acquisition – Approvisionnement : Si qualité considérée : **A1**
- **Phase 2** : Développement – Analyse des exigences : Si qualité considérée : **A2**
- **Phase 3** : Développement – Conception architecturale : Si qualité considérée : **A3**
- **Phase 4** : Développement – Test de qualification : Si qualité considérée : **A4**
- **Phase 5** : Maintenance – fonctionnement : Si qualité considérée : **A5**

Note : il s'agit ici d'un exemple avec les mêmes phases de projet que décrites dans la norme de l'AFNOR ISO 209241-210\_2010, ces phases sont à adapter au projet considéré.

Dans le cas où la méthode de hiérarchisation des fonctions est utilisée pour les coefficients :

*Considération de la qualité = Somme des coefficients des phases considérés*

Si la somme des coefficients n'est pas égale à 100% (1,2,3,4,5 par exemple) alors :

$$\text{Considération de la qualité} = \frac{\text{Somme des score des phases considérées}}{\text{Somme des scores totale}}$$

Ce système de notation va de **0%** (qualité non considérée dans le projet) à **100 %** (qualité intégralement considérée dans le projet)

- **Le Net Promoter Score (NPS)**

Le Net Promoter Score est un indice de satisfaction du client basé sur la question suivante :

« **Recommanderiez-vous notre produit à quelqu'un ?** »

La personne questionnée doit ensuite évaluer la probabilité qu'elle recommande le produit sur une échelle allant généralement de 1 à 10.

Les évaluateurs donnant une note allant de 0 à 6 sont appelés : « **détracteurs** »

Les évaluateurs donnant une note allant de 7 à 9 sont appelés : « **passifs** »

Les évaluateurs donnant une note allant de 9 à 10 sont appelés : « **promoteurs** »

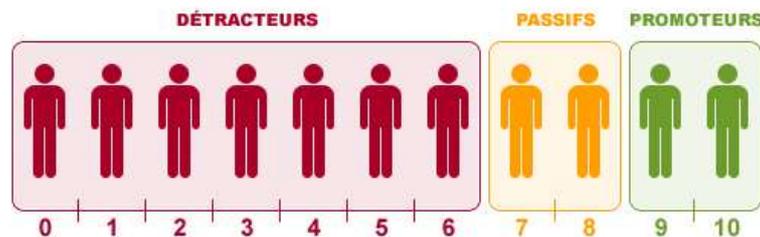


Figure 20: catégories du NPF

Le NET Promoter Score est ensuite calculé de la manière suivante :

$$\text{Net Promoter Score} = \% \text{ Promoteurs} - \% \text{ Détracteurs}$$

Cet indicateur propose donc une évaluation de la qualité à travers la satisfaction du client, on peut ainsi parler de **qualité perçue**.

Ce système de notation propose un score compris en -100% et 100%. Pour homogénéiser cet indicateur avec les autres, il est possible de minorer le score à 0%.

Note : Pour appliquer cet indicateur il est important d'interroger un panel le plus représentatif possible.

### 3.1.4. Prix

Le prix correspond au critère abordabilité traduit sur le plan technique, il est un indicateur directement mesurable. Cependant, considérer la notion de prix d'un produit dans l'absolu aurait peu de sens. Afin qu'un produit soit considéré comme abordable, il faut donc le comparer à des produits similaires (de même unité fonctionnelle). Ainsi, un indicateur peut être établi en calculant le rapport entre le prix du produit et la moyenne des prix pour ce type de produit sur le marché.

L'indicateur suivant est alors proposé :

$$\text{Abordabilité} = \frac{\text{Prix du produit}}{\text{Prix moyen du marché pour ce type de produit}}$$

On peut considérer que cet indicateur est compris entre 0 et 100 % car s'il est >100% alors le produit est considéré comme non frugale. Cependant, cet indicateur n'est pas homogène avec les autres car plus le score est proche de 100% moins le produit est frugal. Afin de palier à ce problème, l'indicateur d'abordabilité peut être construit ainsi :

$$\text{Abordabilité} = 1 - \frac{\text{Prix du produit}}{\text{Prix moyen du marché pour ce type de produit}}$$

Le prix moyen du marché doit faire l'objet d'une étude à part entière et nécessite une expertise. On peut par exemple considérer la moyenne de prix de tous les objets de même unité fonctionnelle en pondérant

avec les parts de marché de chaque produit (l'indice de Herfindahl-Hirschman peut également être utilisé).

Note : il est ici question du prix d'acquisition du produit pour le consommateur. Ce prix inclut donc l'ensemble de la chaîne de valeur du produit

### 3.1.5. Empreinte environnementale

L'empreinte environnementale est la traduction technique de la dimension environnementale du développement durable. Les dimensions sociales et économiques étant considérées comme ne relevant pas directement du domaine technique dans cette étude (plutôt du ressort de la stratégie, du choix des partenaires, de la politique sociale de l'entreprise).

L'empreinte environnementale s'insère dans la logique de durabilité/soutenabilité de l'innovation frugale. Ce critère permet notamment de quantifier l'efficacité du produit en termes de gestion des ressources.

Concernant cet indicateur, l'unique méthode actuelle permettant de considérer globalement l'impact environnemental d'un produit est **l'analyse de cycle de vie**. En effet cette méthode permet de considérer les impacts environnementaux d'un produit sur l'ensemble de son cycle de vie et sur de nombreuses catégories d'impact. La contrepartie de l'exhaustivité de cette méthode est qu'elle nécessite beaucoup d'informations et donc bien souvent beaucoup de temps pour être appliquée. Il est cependant possible de simplifier la méthode en se consacrant uniquement à l'étude de certaines phases de vie et/ou de certaines catégories d'impact (à déterminer au cas par cas donc).

Si une ACV standard n'est pas réalisable, il existe des méthodes qualitatives plus simples et plus rapides à mettre en place. En voici quelques exemples :

- **ESQCV (Evaluation Simplifiée et Qualitative du Cycle de Vie)**

Cette méthode permet de donner une appréciation qualitative de l'impact d'un produit/service pour chacune de ses phases de vie et pour chaque catégorie d'impact mise à l'étude.

	Extraction des matières premières	Production	Distribution	Utilisation	Fin de vie
Pollutions et déchets: quantité, toxicité	?	□	**	0	*
Epuisement des ressources naturelles: quantités utilisées, origine renouvelable ou non, ressources abondante ou rare	□	□	*	□ - ** 0	défavorable favorable très favorable absence de données sans objet ?
Bruits, odeurs, atteinte à l'esthétique	□	?	*	**	?

Figure 21: ESQCV

Note : les catégories d'impact présentées ici sont un exemple, il est évidemment possible de sélectionner celles de son choix.

- **Matrice MET (Matériaux, Energie, Toxicité)**

Cette méthode a pour objectif de déterminer les flux de matières (quantité et nature), les flux d'énergie (nature et quantité) et la toxicité des rejets (quantité et toxicité) sur chaque phase de vie du produit.

Étapes du cycle de vie	Catégories d'impacts		
	Matières (Input et Ouput)	Energies (Input et Outputs)	Toxicité rejets (Ouput)
Extraction de matières premières	Nature et quantité		
Production et autres opérations			
Distribution du produit			
Utilisation du produit			
Fin de vie du produit			

Figure 22: Matrice MET

- Grille ADEME

Cette méthode permet de mettre en évidence les **axes d'amélioration** d'un produit/service en termes d'impact environnemental pour des catégories données (appelées « rubriques écologiques ») et pour chaque phase de vie de ce produit/service.

Rubriques écologiques	N°	Sous-rubriques	Extract MP	Prod matériaux	Fab produit	Utilisation	Élimination	Transport et entrees
Énergie	1	Renouv						
	2	Non renouv	X					
MP	3	Renouv						
	4	Non renouv						
	5	Rares						
Émissions / rejets	6	Acidif					?	X
	7	Eutroph						
	8	Et saes						
	9	Cosmétique						
Déchets	14	C I					?	
	15	C B						
Durabilité	23	Durée vie techn						
	24	...						

X : aspect à prendre en compte  
 - : aspect négligeable ou nul  
 ? : pas d'élément de réponse

Figure 23: Grille ADEME

Il existe encore de nombreuses autres méthodes, outils ou certifications proposant une évaluation environnementale simplifiée (en fonction du type de produit, de la catégorie d'impact...) et il n'est donc pas possible d'en faire une liste exhaustive ici.

*L'ACV n'offre pas de résultats homogènes avec les autres indicateurs [0-100%]. Il est envisageable de construire un indicateur basé sur la comparaison avec un produit de référence ou la moyenne des impacts pour la catégorie du produit considéré. De par sa complexité, un tel indicateur n'est pas proposé ici mais pourrait constituer une perspective à cette étude.*

Un indicateur de **consommation d'énergie** peut être particulièrement pertinent pour des produits dont la phase de vie la plus impactante est celle de l'usage du fait de la nécessité d'une consommation d'énergie (cas d'une voiture par exemple). De plus, cet indicateur est très souvent lié à la catégorie d'impact la plus considérée : le réchauffement climatique (conséquence de l'émission de gaz à effet de serre).

- Rendement énergétique

Un indicateur largement utilisé pour mesurer la performance énergétique d'un produit est le rendement énergétique d'un système, il se formule ainsi :

$$\text{Rendement énergétique}(\eta) = \frac{\text{Puissance à l'entrée (ou utile) du système}}{\text{Puissance à la sortie (ou consommée) du système}}$$

Dans le cas d'un radiateur électrique par exemple, le rendement énergétique est de 1 car l'intégralité de l'énergie consommée (l'électricité) est convertie en chaleur (« énergie utile) via les pertes joules.

Si l'on prend l'exemple d'une voiture, le rendement énergétique peut se traduire par le rapport entre l'énergie cinétique générée (l'utilité d'une voiture étant de se déplacer) et l'énergie potentielle contenue dans la quantité de carburant consommée sur le déplacement considéré. Dans ce cas, le rendement énergétique est inférieur à 1 car il y a des pertes d'énergie sur toute la chaîne de transmission de puissance (échappement de gaz chauds, dissipation thermique dans les pièces mécaniques, frottements au sol, frottements de l'air...)

Le rendement énergétique est donc fonction des déperditions énergétiques du système, en d'autres termes : plus le rendement énergétique est élevé, moins il y a d'énergie gaspillée.

Note : La notion de rendement est souvent confondue avec celle d'efficacité. L'efficacité énergétique est une valeur théorique mesurée par le rapport entre la puissance utile d'un système et la puissance théorique maximale de ce système.

- **Performance énergétique**

Une autre manière de percevoir la consommation énergétique d'un système est de considérer la puissance nécessaire à la réalisation d'un service. Il s'agit donc ici de **comparer la puissance de deux produits proposant la même unité fonctionnelle**. Dans le cas où deux produits fourniraient les mêmes services, si l'un d'entre eux consomme moins d'énergie que l'autre alors il peut être considéré comme plus performant sur le plan énergétique. Cet indicateur peut ainsi être utilisé pour comparer la performance énergétique de deux produits répondant aux mêmes exigences fonctionnelles (BoR, cahier des charges...).

Exemple :

Un projet de conception d'un produit a pour objectif de fournir un service à un niveau de performance « y ». Le premier produit proposé atteint exactement le niveau de performance « y » et le second le dépasse. On peut alors considérer que les deux produits ont un service rendu équivalent car les études ont montré que le consommateur ne dépassera jamais le niveau de performance « y », ils ont donc la même « utilité ». Le fait que le second produit propose un niveau de performance supérieur peut être lié à un surdimensionnement du système qui, bien souvent, impliquera une consommation énergétique excessive. Le second produit est alors moins performant énergétiquement que le premier au regard de cet indicateur.

Autre façon de voir la chose : si les deux produits proposent le niveau de performance « y » mais que l'un des deux le fait avec une puissance inférieure, alors il est également énergétiquement plus performant.

*A noter que cet indicateur n'est pas en l'état homogène avec les autres ([0-100%]). Au même titre que l'ACV il est envisageable de construire un indicateur basé sur la comparaison avec un produit de référence ou une moyenne.*

### **3.1.6. Conclusion sur les indicateurs**

Les informations principales pour chaque indicateur sont rassemblées dans le tableau suivant :

Caractéristique/critère	Indicateur	Echelle de notation	Commentaires/Recommandations
Fonctionnalités essentielles	$FE(\%) = \frac{\text{nombre de fonctions principales}}{\text{nombre de fonctions d'usage total}}$	0 – 100 %	- Importance de l'AF et de la hiérarchisation des fonctions pour le nombre de fonctions principales (à faire avec un maximum de personnes avec des profils variés) - Enjeu du juste comptage des fonctions d'usages
Ergonomie	AFNOR norme ISO 210-2010	-	- Choix fonction des phases et contraintes du projet - Nécessite souvent une expertise
	Considération de l'ergonomie	0 – 100 %	- Enjeu de la détermination des phases de projets (pas nécessairement bien définies) - Enjeu de la détermination des coefficients des phases
Prix	$Abordabilité = 1 - \frac{\text{Prix du produit}}{\text{Prix moyen du marché}}$	0 – 100 %	- Enjeu du calcul de coût moyen du marché (étude de marché) - Varie en fonction du pays
Empreinte environnementale	ACV ou variations qualitatives	Fonction des catégories d'impacts	- Méthode exhaustive mais coûteuse (temps, expertise) - Alternatives à choisir en fonction des objectifs, des types de produits, des catégories d'impacts ciblés - Score à harmoniser [0-100%]
	$n = \frac{\text{Puissance à la sortie du système}}{\text{Puissance à l'entrée du système}}$	0-100%	- Pertinent pour des produits dont la consommation d'énergie représente une part conséquente de l'impact environnemental - La puissance à la sortie du système peut être difficile à déterminer pour certains produits (comment calculer la puissance utile d'une télé par exemple ?)
	Performance énergétique	W	- Pertinent pour des produits dont la consommation d'énergie représente une part conséquente de l'impact environnemental - Valable pour comparer 2 produits de même unité fonctionnelle - Score à harmoniser [0-100%]
Qualité	Niveau de performance	0 – 100 %	- Nécessite une analyse fonctionnelle - Expertise de conception produit requise (complexe)
	Net Promoter Score (NPF)	-100 – 100 % ou 0 -100%	- Nécessite un panel représentatif et objectif pour être fiable - Score pouvant être minorer par 0% pour être homogène avec les autres indicateurs
	Considération de la qualité	0 – 100 %	- Enjeu de la détermination des phases de projets (pas nécessairement bien définies) - Enjeu de la détermination des coefficients des phases

Figure 24: tableau récapitulatif des indicateurs

Parmi les indicateurs présentés, les suivants correspondent des méthodes existantes :

- Normes de l'AFNOR ISO 209241-210\_2010 (Ergonomie)
- ACV et exemples de variations qualitatives (Empreinte environnementale)
- Rendement énergétique (Empreinte environnementale)
- Net Promoter Score (Qualité)

Les autres indicateurs ont été développés au cours du projet.

Cette liste d'indicateurs n'est pas exhaustive, d'autres indicateurs pourraient être ajoutés à celle-ci. L'harmonisation de l'unité du score de l'empreinte environnementale et de la performance énergétique avec les autres indicateurs peut faire l'objet d'une étude plus approfondie.

## 3.2. Partie perception

### 3.2.1. La place de l'innovation frugale dans les processus de développement

L'enquête menée auprès de collaborateurs d'Orange a permis d'explorer la manière dont les différents critères de l'innovation frugale s'inscrivent dans les processus existants de développement des produits chez Orange.

## Critères et métiers :

L'analyse des verbatims de chacune des personnes interrogées a permis d'identifier les dimensions de l'innovation frugale présentes ou absentes dans leur approche du développement des produits.

	décideurs N°2 N°5		opérationnels N°4 N°6		intrapreneurs N°1 N°3		
Acceptabilité	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Abordabilité	✗	✗				✓	
Inspiration							
Disponibilité					✓		
Connaissance							
Fonctionnalités	✓		✓	✓	✓		
Changement d'échelle	✓	✓					
Durable	✓		✓	✓	✓	✓	

**Dimension :**

✓ Considérée

✗ Non considérée

✗ Opposition

Figure 25: Association des critères à l'IF

On remarque que les critères « acceptable », « durable » et « fonctionnalités » sont les plus largement pris en compte par les différents collaborateurs interrogés. Ceci peut s'expliquer par le fait que plusieurs des critères de l'innovation frugale sont communs aux approches d'innovation classique (e.g. acceptabilité de l'innovation) ou aux critères de l'innovation responsable ou durable, déjà largement mise en œuvre chez Orange (e.g. critère « durable »). La présence du critère « fonctionnalités » peut sans doute quant à elle s'expliquer par le type de produits et services développés par Orange, et par une culture de l'industrie des télécoms très orientée vers la performance et le souci de l'intégration de toutes les fonctionnalités dont les clients pourraient avoir besoin y compris dans un futur lointain. En revanche, la manière dont ce critère est pris en compte diffère probablement de ce qui est préconisé dans les approches d'innovation frugale (se concentrer sur les fonctions essentielles ou proposer des fonctionnalités compatibles avec les conditions d'utilisation des plus démunis). La réflexion sur les fonctionnalités est en effet davantage tournée vers la recherche de l'excellence des produits, même si certains s'interrogent sur la possibilité de limiter les fonctionnalités superflues.

Certains autres critères qui caractérisent l'innovation frugale semblent en revanche peu ou pas considérés. L'absence du critère « inspirant » peut s'expliquer par le type de produits et services fournis par Orange, ceux-ci étant plutôt d'ordre utilitaire (e.g. accès à internet), peu visibles, et peu susceptibles de faire appel à des savoir-faire ancestraux ou de constituer une source de fierté pour les clients. Les critères « connu », « disponible » et « massifiable » sont probablement également peu considérés car ne posant pas problème dans le processus d'innovation classique pour ce type de produits et services (innovation incrémentale tournée l'amélioration de la performance ou vers l'efficacité énergétique).

Le critère « abordable » est quant à lui parfois ignoré, voire exclu, la question du prix étant biaisée par des contraintes réglementaires qui empêchent l'opérateur de les fixer librement. Ce critère est cependant pris en compte dans des démarches spécifiques, dites « d'innovation positive », qui sont celles qui se rapprochent le plus de l'innovation frugale. Ce type d'innovation consiste par exemple à proposer des offres visant un public ayant un moindre pouvoir d'achat et un accès limité au numérique, basées sur une importante réduction des coûts grâce à la mise à disposition d'équipements informatiques reconditionnés par exemple.

Il est important de rappeler ici que l'entreprise Orange ne cherche pas encore aujourd'hui à développer explicitement des innovations frugales. Cette étude de terrain constitue donc un premier état des lieux de la présence des critères et non une évaluation de l'intégration des caractéristiques de l'innovation frugale au sein du processus de développement d'un produit.

### Critères et chronologie :

On pourrait penser que le processus de développement d'un produit est linéaire, mais ce n'est pas le cas. Des réitérations, des boucles sont faites entre les différents acteurs du processus qui interviennent dans la conception du produit, pour s'accorder notamment sur les caractéristiques techniques et le coût de celui-ci. Ces dialogues, qui font intervenir des rapports de force entre les différents métiers, prennent en compte certains critères de l'innovation frugale parfois bien très en amont du processus. Tout part d'une décision du management, qui la transmet à un chef de produit, responsable désigné issu du marketing qui développera le produit, prenant alors en première considération l'acceptabilité (*affinity*) de ce produit avec des données issues de sondages et d'études de marché. La suite consistera à se poser des questions sur les dispositions logistiques (*availability*) et de prix (*affordability*), mais celui-ci est encadré par la réglementation du marché et le chef de produit a des objectifs à la fois en matière de qualité perçue du produit (NPS) et en matière de rentabilité. Le prix ne peut donc ici constituer un levier facilement actionnable en matière d'innovation frugale.

La figure ci-dessous est une illustration de la prise en compte ou non prise en compte des critères d'innovation frugale par les différents métiers au cours du processus de développement des produits.

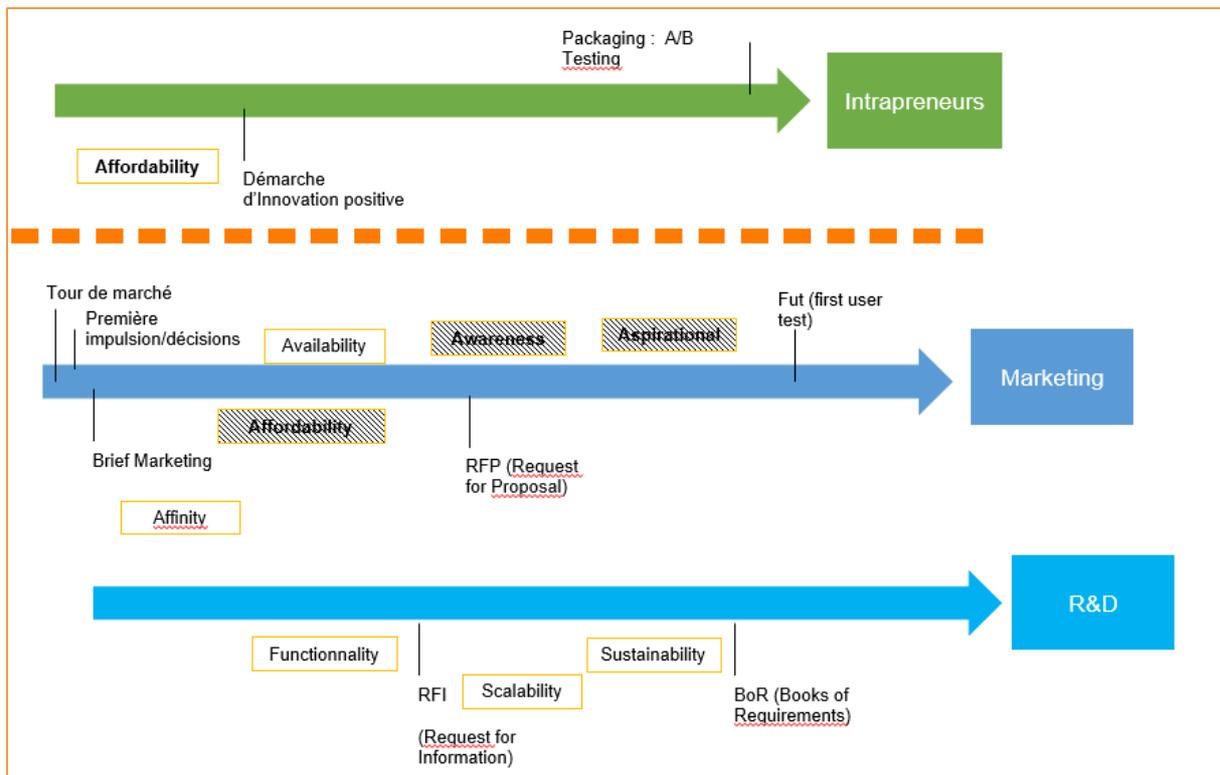


Figure 26 : chronologie de la prise en compte des critères d'innovation frugale

Au fur et à mesure que les modalités sont négociées avec l'industriel en charge de la fabrication des produits, la scalabilité est prise en considération du côté ingénierie, interlocuteurs privilégiés de ces partenaires. Mais la marge de manœuvre d'Orange, en tant qu'opérateur de service, est limitée. Si plusieurs propositions en matière de réduction d'impacts et d'une forme de sobriété dans les produits peuvent être mises en œuvre, l'opérateur reste dépendant des capacités de production à grande échelle de ces fabricants et la recherche de soutenabilité se heurte souvent aux exigences de rentabilité. Il serait cependant caricatural de s'arrêter à ce constat, puisque l'économie de fonctionnalité apparaît comme un moyen efficace de l'organisation pour encourager le développement de cette soutenabilité.

L'économie de fonctionnalité désigne un *business model* qui laisse le consommateur profiter d'un produit sans en être propriétaire, simplement en louant l'objet à l'abonné. Ce type de *business model* est à l'origine d'avancées significatives sur certains produits d'Orange qui sont conçus pour être reconditionnés. Ceci participe à la réduction de l'empreinte carbone puisqu'il n'est donc plus question de fabriquer et de mettre au rebut du matériel après restitution par un client mais de le reconditionner localement pour le mettre à disposition d'un autre client. Ce type d'actions démontre la prise en compte de la soutenabilité dans le processus. La mise en œuvre de solutions durables dans le processus de

développement ne semble pas cependant faire à ce jour l'objet d'une communication spécifique à destination des consommateurs.

Ce qu'il faut retenir ici de l'analyse, c'est que la mise en œuvre d'une approche comme l'innovation frugale se trouve éclatée entre différentes fonctions dans l'entreprise, l'implémentation d'une nouvelle solution dans un produit n'étant pas ici l'affaire d'une personne issue du marketing ou d'un ingénieur seul, mais de toute une équipe qui devra s'articuler autour des différents axes pour parvenir à faire attention à chacune de ces dimensions, quand elle est présente.

Encore faudra-t-il que ces différents acteurs partagent la même compréhension des notions, le même langage, lorsqu'il s'agit d'intégrer ces dimensions de l'innovation frugale.

### 3.2.2. Les discours sur l'innovation frugale

L'analyse des discours des répondants du côté des collaborateurs d'Orange a permis de mettre en lumière les associations qu'ils font entre les notions de sobriété et les critères que nous avons retenus comme caractérisant l'innovation frugale.

Côté « décideurs », la perception de la notion de sobriété semble associée à celle de réduction de coûts. Réduire les coûts de fabrication des produits implique en effet une forme de simplification et de chasse au gaspillage qui peut d'une certaine manière aboutir à la conception d'un produit plus sobre. Si la question du coût est elle-même liée à celle de prix, la notion de sobriété est rarement associée à des problématiques d'« abordabilité », à l'exception des projets d'innovation positive dont la finalité même est de permettre l'accès à des services numériques aux personnes les plus démunies.

Du côté des « opérationnels », les démarches mises en œuvre pour limiter l'impact environnemental des produits (e.g. politiques d'éco-conception) et les réflexions sur la sobriété ou la frugalité sont associées au problème d'effet rebond. Selon nos répondants, les optimisations permises par les efforts de R&D chez Orange sont en effet annulées par la recherche du « plus » avec des générations de produits successives qui embarquent toujours plus de fonctionnalités, et des consommateurs qui en font un usage toujours plus intensif.

Deux axes de réflexion se dessinent. D'un côté la prise en compte de la dimension « fonctionnalités » avec la remise en cause de ce dogme du « toujours plus » et une interrogation sur les fonctions essentielles pour le client. Les décideurs/opérationnels évoquent la possibilité de supprimer les fonctions superflues des produits et le souci de répondre le plus simplement possible aux besoins essentiels. D'un autre côté, on s'interroge sur le rôle du consommateur, qui apparaît comme un facteur déterminant, car tout dépend de l'usage qu'il fera des produits et services télécom mis à sa disposition.

Les consommateurs interrogés, adoptent tous, face au développement durable, un comportement adaptatif (c'est-à-dire qu'ils acceptent une modification de leur mode de vie dans un souci de conformité, de légitimité vis-à-vis des autres) ou proactif (modification spontanée, volontaire du mode de vie, le but recherché n'étant pas la conformité par rapport aux autres mais de vivre en accord avec ses convictions personnelles). Aucune des personnes interrogées ne rejette le bienfondé d'une telle démarche. Ils associent la notion de sobriété à l'idée d'une réduction volontaire de la consommation. Dans le cadre de la consommation de produits et services numériques, ils évoquent également la question des « fonctionnalités » incluses dans les offres qui leur sont proposées et pointent le caractère superflu de certaines options comprises dans les packs. C'est le cas, pour les uns, de la ligne de téléphone fixe qu'ils n'utilisent plus, et, pour les autres, de la télévision numérique dont ils se passeraient volontiers. La question de l'usage apparaît également centrale. On voit également émerger une possible remise en question du « toujours plus » à travers l'idée que certains ne ressentent pas le besoin de « plus » par rapport à leurs offres actuelles. L'usage est également questionné mais tous ne sont pas prêts à adopter des comportements de consommation numériques plus sobres ou en tout cas pas dans certains domaines (e.g. connexion à internet).

Cette exploration des perceptions des producteurs de l'offre (les collaborateurs d'Orange) et des consommateurs en matière de sobriété et d'innovation frugale met en lumière les rôles et responsabilités de part et d'autre, chacun envisageant l'autre partie comme un possible frein à la mise en œuvre d'innovations frugales ou au basculement vers des comportements de consommation plus sobres. Ainsi côté producteur il apparaît qu'une conception frugale est vaine si le consommateur ne fait pas un usage sobre des produits, et côté consommateur, réduire ses usages semble une voie intéressante si tant est qu'on arrête de pousser vers lui des fonctionnalités dont il n'a pas besoin.

Cette étude a également mis en lumière un décalage de perception entre les producteurs de l'offre et les consommateurs dans leurs approches de la sobriété et de la frugalité, les uns étant sensibles aux améliorations qu'ils peuvent apporter par leur métier dans la conception des produits, les autres étant plutôt sensibles, s'agissant notamment de services comme l'accès à internet, à la performance des services auxquels ils souscrivent, et se préoccupant peu des produits « support » de ces offres (les box). On note par ailleurs une forme de déconnexion entre le concepteur qui ne maîtrise pas l'usage qui sera fait des produits qu'il développe et le consommateur qui accède à des services sans avoir vraiment idée de ce que contient le produit qu'il utilise pour le faire.

## 4. Conclusion & Perspectives

### *Partie conception*

Les indicateurs développés dans cette étude ne proposent pas de score ayant un sens absolu mais trouvent uniquement leur pertinence dans la comparaison du degré de frugalité de deux produits de même catégorie. La liste des critères principaux est relativement fiable de par la profondeur des travaux réalisés lors des études des articles de référence. Cependant, cette liste reste à être validée ou éventuellement complétée (la modularité, la réparabilité peuvent être des critères à explorer sur le plan de la conception par exemple). La liste des indicateurs peut également être modifiée ou complétée.

Les indicateurs sont théoriques et restent à être validés en pratique. Une étude de test des indicateurs pourrait être réalisée en les utilisant pour comparer des produits considérés frugaux avec des produits considérés comme non frugaux de la même catégorie (Tata nano VS SUV tout équipé ou encore I phone X VS Nokia 1200 par exemple). Les indicateurs développés dans ce projet pourraient servir de base à la construction d'un score unique de l'innovation frugale. Pour parvenir à cela, il conviendrait d'harmoniser les indicateurs d'empreinte environnementale et éventuellement de performance énergétique ([0-100%]) ainsi que de clarifier la gestion des critères comportant plusieurs indicateurs (moyenne, moyenne pondérée, sélection d'un seul indicateur ?). Il est également envisageable d'aller plus loin en proposant une hiérarchisation des critères principaux, hiérarchisation qui permettrait de plus d'établir des coefficients pour le calcul du score unique de frugalité.

### *Partie Perception*

En parallèle des efforts faits pour formaliser les démarches d'innovation frugale, cette recherche visait à comprendre dans quelle mesure de telles démarches pourraient s'intégrer dans les processus de conception d'une entreprise. A travers une étude de cas au sein du groupe Orange, nous avons cherché à savoir quelles dimensions de l'innovation frugale sont présentes ou absentes dans les processus de développement des produits, sachant que l'entreprise a mis en place depuis de nombreuses années des démarches d'éco-conception et mène un programme ambitieux au niveau du groupe pour réduire ses impacts environnementaux, mais n'a pas encore lancé de programme d'innovation frugale à proprement parler. Cette étude exploratoire a permis de mettre en évidence, dans les processus classiques d'innovation, la présence de certaines dimensions relevant de l'innovation frugale (e.g. acceptabilité, durabilité, fonctionnalités). Elle montre également l'absence d'autres dimensions comme le caractère « connu » et « inspirant », absence qui ouvre des pistes de réflexion pour l'intégration de l'innovation frugale. Si des freins à l'adoption de démarches d'innovation frugale ont été mis en lumière, le caractère « inspirant » peut constituer un levier intéressant en attirant l'attention des décideurs/concepteurs sur les bénéfices sociétaux d'une offre issue d'un processus d'innovation frugale (répondant aux justes besoins du client, apportant au consommateur une valeur éthique, etc.). Cette étude a également permis d'explorer les perceptions des notions de sobriété et de frugalité côté « producteur » comme côté « consommateur » et de mettre en évidence certains décalages qui constituent également des pistes pour travailler à la construction de représentations et de langages communs.

Cette étude présente en revanche plusieurs limites. Tout d'abord elle s'appuie sur une étude de cas dans un domaine d'activité bien spécifique, celui des produits et services télécoms, dans lequel l'innovation frugale a encore été peu expérimentée. Côté consommateurs, c'est par ailleurs un domaine dans lequel la prise de conscience d'une possible forme de sobriété est encore naissante et a dans une certaine mesure été mise entre parenthèses, à l'heure où nous faisons cette étude, par la crise sanitaire et le recours au tout numérique pour la poursuite de nombreuses activités. Cette étude, au caractère exploratoire, mériterait donc d'être approfondie, à la fois en variant les cas d'étude et en multipliant le

nombre de personnes interrogées, la crise ayant également limité l'accès au terrain. Elle ouvre néanmoins de nombreuses voies de recherches futures autour des leviers et des freins pour l'adoption de démarches d'innovation frugale dans les organisations. Elle invite également à approfondir la compréhension des perceptions des enjeux de l'innovation frugale ainsi que des éléments de langage mobilisés pour les penser.

## Références

- A.K.Gupta. (2012). Innovations for the poor by the poor . *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development* Vol. 5, 28-39.
- A.Nair. (2015). Innovation in India: a review of past research and future directions . *Asia pacific journal of management* 32, 925-958.
- Agarwan, N. (2017). A systematic review of constraint-based innovations: State of the art and future perspectives. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 64 No1 , 3-15.
- B.C.Rao. (2013). How disruptive is frugal? . *Technology in society* 35, 65-73.
- C. Balkrishna, R. (2017). Advances in Sciences and Technology Through Frugality . *IEEE ENGINEERING MANAGAMENT REVIEW*, VOL. 45.
- Govindarajan, V. (2012). Reverse innovation: create far from home, win everywhere.
- H.Dellestrand. (2011). Subsidiary embeddedness as a determinant of divisional headquarters involvement in innovation transfer processes. *Journal of International Management* , 229-242.
- Hossain. (2016). Can frugal go global? Diffusion patterns of frugal innovations . *Technology in Society* 46, 132-139.
- Hossain. (2017). Mapping the frugal innovation phenomenon . *Technology in Society* 51, 199-208.
- Hossain, M. (2016). Can frugal go global? Diffusion patterns of frugal innovations. *Technology in Society* 46, 132-139.
- Hossain, M. (2020). Frugal innovation: Conception, development, diffusion, and outcome . *Journal of Cleaner Production* 262.
- Howard, M. (2011). Will frugal innovation challenge the West? . *Mark.Lead. Quart.* 3, 53.
- Howell. (2018). Value capture and value creation: the role of information technology in business models for frugal innovations in Africa. *Technology forecasting and Social change* 131, 227-239.
- Janda. (2019). what frugal products are and why they matter : A cross-national multi-method study . *Journal of Cleaner Production* .
- Kolk. (2014). Reviewing a decade of research on the base/bottom of the pyramid (BOP) Concept . *Business and Society*, Vol. 53 No. 3, 338-377.
- M.Zeschky. (2011). Frugal innovation in emerging markets . *Research technology management* 54, 38-45.
- R.Basu. (2013). Frugal innovation: core competencies to adress global sustainability. *Journal of Management for Global Sustainability*, 63-82.
- Radjou, N. (2012). Jugaad innovation: Think frugal, Be flexible, Genereate Breakthrough Growth, Jossey-Bass.
- Ray, P. R. (2009). Resource-constrained innovation for emerging economies: the case of the Indian telecommunications industry. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 57, 144-156.
- Rosca, E. (2018). Does Frugal Innovation Enable Sustainable Development? A systematic Literature Review. *European Journal of Development Research* Vol. 30 No. 1, 136-157.
- Santiago, L. (2019). exploratory study of the integration of frugal innovation in the design of products of the bop. *international conference on engineering design, ICED 2019*. delft.
- Soni. (2014). Frugal innovation: aligning theory, practice, and public policy. *Journal of Indian Business Research* 6, 29-47.
- Thogersen. (2018). Frugal or green ? Basic drivers of energy saving in europena households . *Journal of Cleaner Production* 197, 1521-1530.
- Tiwari, R. (2014). Aimaing Big with Small cars: Emergence of a Lead Market in India.
- Tiwari, R. (2014). Frugal Innovation and Analogies: Some Propositions for Product Development in Emerging Economies . *Technology and Innovation Management* 84, 15-23.
- Weyrauch. (2016). What is frugal inovation ? Three defining criteria . *Journal of Frugal Innovation* .
- Y.Back. (2014). Innovation in emerging markets: the role of management consulting firms . *Journal of International Management* 20, 390-405.
- Z.Xie, M. (2015). Demand Heterogeneity, learning diversity and innovation in an emerging economy . *Journal of International Management* , 277-292.
- Zeschky, S. (2014). From cost to frugal and reverse innovations: mapping the field and implications for global competitiveness. *Research Technology Management* 57, 20-27.

## Index des tableaux et figures

Figure 1: La lampe à gravité.....	7
Figure 2: Le microscope en bambou.....	7
Figure 3: La Tata Nano.....	8
Figure 4: Le Tata swatch.....	8
Figure 5: Le Nokia 1200.....	8
Figure 6: représentation schématique de la méthodologie - partie conception.....	9
Figure 7: représentation de la méthodologie des articles de référence.....	9
Figure 8: représentation de la méthodologie pour les indicateurs.....	11
Figure 9 : répartition de l'échantillon pour l'enquête auprès des collaborateurs.....	13
Figure 10: exemple de hiérarchisation de fonctions.....	14
Figure 11: Choix des méthodes - phases du projet.....	15
Figure 12: choix des méthodes - contraintes du projet.....	16
Figure 13: hiérarchisation des coefficients.....	17
Figure 14: représentation d'une IF sous le prisme des fonctions et de la performance.....	17
Figure 15: Fonction / Critère / Exigence.....	18
Figure 16: Exemple de critère et d'exigence pour une voiture.....	18
Figure 17: Intégration du poids fonctionnel.....	18
Figure 18: Intégration des sous-poids fonctionnels.....	18
Figure 19: Intégration du niveau d'atteinte de l'exigence.....	19
Figure 20: catégories du NPF.....	20
Figure 21: ESQCV.....	21
Figure 22: Matrice MET.....	22
Figure 23: Grille ADEME.....	22
Figure 24: tableau récapitulatif des indicateurs.....	24
Figure 25: Association des critères à l'IF.....	25
Figure 26 : chronologie de la prise en compte des critères d'innovation frugale.....	26
Figure 27 : Produit et milieux extérieurs.....	32
Figure 28: Fonction d'une analyse fonctionnelle.....	32
Figure 29: Contrainte d'une analyse fonctionnelle.....	33
Figure 30: exemple partiel d'une analyse fonctionnelle pour une box.....	33

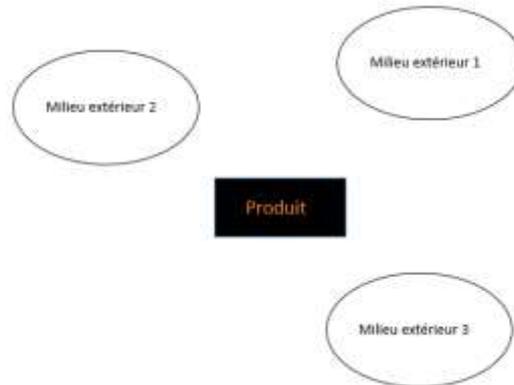
## Sigles et acronymes

<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
<b>AFPIA</b>	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
<b>IF</b>	Innovation frugale
<b>PED</b>	Pays en voie de développement

# Annexes

## [Annexe 1 : Principe de l'analyse fonctionnelle](#)

La première étape consiste à placer les **milieux extérieurs** avec lesquels le produit est susceptible d'interagir



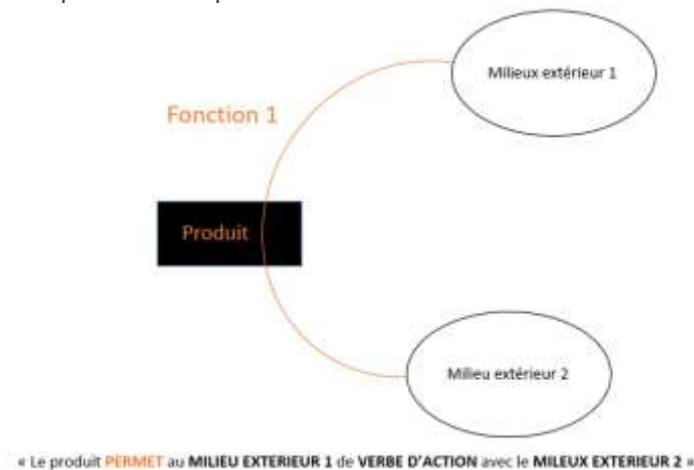
**Figure 27 : Produit et milieux extérieurs**

Ces milieux extérieurs peuvent être de natures diverses : des objets, des personnes, des ambiances (température, humidité)...

A partir des milieux extérieurs, il est alors possible de déterminer les fonctions du produit. **Une fonction relie nécessairement deux milieux extérieurs en passant par le produit** et se formule de la manière suivante :

« Le produit **PERMET** au **MILIEU EXTERIEUR X** de **VERBE D’ACTION** avec le **MILIEUX EXTERIEUR Y** »

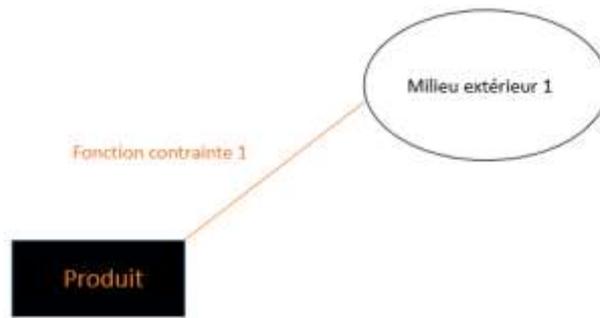
Une fonction répond à la question « à quoi cela sert »



**Figure 28: Fonction d'une analyse fonctionnelle**

Une **contrainte** quant à elle, relie le produit avec un seul milieu extérieur et se formule ainsi :

« Le produit **DOIT** **VERBE D’ACTION** avec le **MILIEUX EXTERIEUR z** »



« Le produit **DOIT** VERBE D’ACTION avec le MILEUX EXTERIEUR z »

Figure 29: Contrainte d'une analyse fonctionnelle

Exemple (partiel) pour une box :

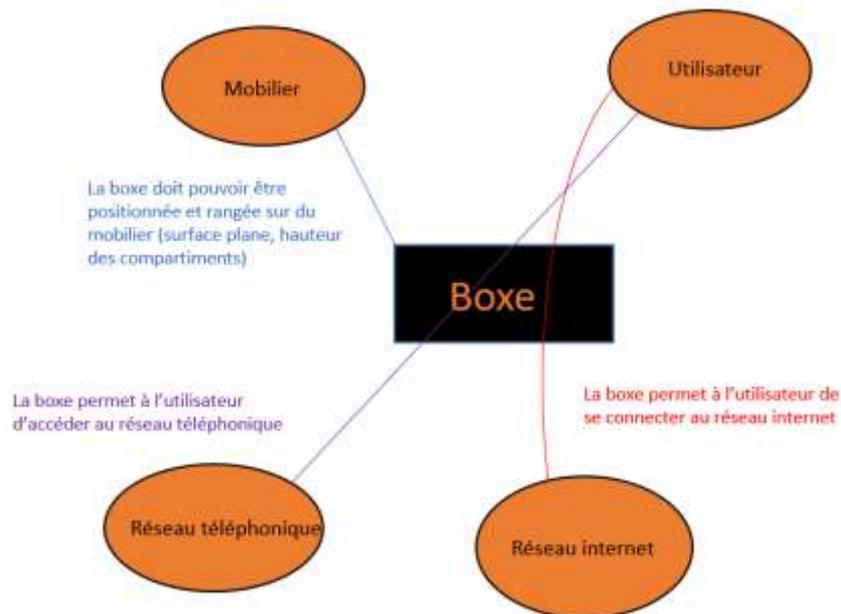


Figure 30: exemple partiel d'une analyse fonctionnelle pour une box

## [Annexe 2 : méthodes d'évaluation de l'ergonomie de l'AFNOR ISO 209241-210\\_ 2010](#)

- **Méthodes impliquant la participation directe des utilisateurs**

### Observation des utilisateurs

Cette méthode consiste en la collecte précise et systématique d'informations sur le comportement et les performances des utilisateurs dans le contexte de tâches spécifiques. Une grande part de l'observation est basée sur la prise de notes détaillées du comportement des utilisateurs.

- **Ressources nécessaires :**
  - Panel d'utilisateurs représentatif
  - Grilles, protocoles.
  - Personne(s) experte(s) pour l'analyse des données (ergonome)
  - Produit(s) à tester

### **Avantages :**

- Méthode pouvant être pratiquée dans des situations réelles
- Activité réelle révélée

### **Inconvénients :**

- Analyse des données pouvant prendre du temps

- Pas d'accès direct aux processus mentaux (observation et interprétation uniquement)
- Expertise requise pour l'analyse des données

### Mesurages relatifs aux performances/tâches

Cette méthode consiste en la mesure de performances quantifiables d'utilisateurs en situation de manipulation du produit

Exemples de performances mesurées : temps passé pour accomplir une tâche, temps passé à la localisation et à l'interprétation des informations dans le manuel utilisateur, nombre de fonctionnalités utilisées pendant la période de test.

- **Ressources nécessaires :**
  - Panel d'utilisateurs représentatif
  - Grilles, protocoles.
  - Produit(s) à tester

#### Avantages :

- Collecte de données quantifiables
- Résultats faciles à comparer

#### Inconvénients :

- Ne détermine pas nécessairement la cause des problèmes

### Analyses des incidents risques

Cet indicateur consiste en une collecte systématique d'**événements remarquables**. Les incidents sont décrits sous forme de brefs rapports. Les données relatives aux incidents peuvent être collectées à partir d'interviews des utilisateurs ou d'analyse objective des incidents.

Remarque : les incidents peuvent également être de nature positive.

- **Ressources nécessaires :**
  - Panel d'utilisateurs représentatifs
  - Produit(s) à tester
  - Personnes experte pour les interviews et/ou le rapport des incidents

#### Avantages :

- Collecte les causes des problèmes, des défaillances
- Activité réelle décrite

#### Inconvénients :

- Peut nécessiter beaucoup de temps
- L'insuffisance des événements survenus peut limiter la validité de l'analyse
- Expertise requise pour l'analyse des données

### Questionnaires :

Les questionnaires prennent la forme de checklists ou échelles de notation. Les questions peuvent être ouvertes ou fermées mais **l'utilisation de questions fermées est recommandée**. Des contrôles de cohérence sont nécessaires pour les questionnaires (différents formats de questions faisant référence au même élément)

- **Ressources nécessaires :**
  - Panel d'utilisateurs représentatif
  - Questionnaire réalisé par une personne experte.

#### Avantages :

- Dévoile des préférences subjectives
- Relativement facile et rapide à organiser
- Ne nécessite pas nécessairement une version du produit testé

#### Inconvénients :

- Articles du questionnaire sujets aux biais

### Interviews :

Les interviews sont proches des questionnaires mais sont plus flexibles et requiert une procédure en face-à-face. Les questions peuvent également être plus ou moins ouvertes.

▪ **Ressources nécessaires :**

- Panel d'utilisateurs représentatifs
- Personne(s) experte(s) pour la réalisation de l'interview et l'analyse des données

**Avantages :**

- Recueille un aperçu rapide de l'opinion des utilisateurs
- Flexibilité (les réponses des utilisateurs peuvent être stimulées)

**Inconvénients :**

- Analyse pouvant prendre du temps
- Méthode sujette à des biais dans les questions et les réponses
- Expertise requise pour l'exercice

### Penser tout haut

Penser tout haut implique que les utilisateurs verbalisent continuellement leurs idées, leurs attentes, leurs doutes... tout au long de leur activité lors de l'utilisation du produit. Il est important de rappeler la consigne (penser à voix haute) au cours de l'exercice aux utilisateurs. Les verbalisations peuvent à la fois réalisées e cours d'action ou de manière rétrospective (une fois la tâche terminée)

▪ **Ressources nécessaires :**

- Panel d'utilisateurs représentatifs
- Personne(s) experte(s) pour l'analyse des données (ergonome)
- Produit(s) à tester

**Avantages :**

- Rapide à mettre en place
- Permet d'appréhender les processus mentaux des utilisateurs

**Inconvénients :**

- Peut gêner certains utilisateurs
- Analyse pouvant prendre du temps
- Ne permet pas de recueillir des données de performance de tâches pendant la méthode (utilisation non naturelle)

• **Méthodes impliquant la participation indirecte des utilisateurs**

### Méthodes basées sur des documents

Dans cette méthode, un spécialiste en utilisabilité utilise des documents existants pour compléter son propre jugement. L'expert doit avoir suffisamment d'expérience pour utiliser ces documents de manière appropriée. Les documents en question peuvent provenir de diverses sources (littérature scientifique, normes...) et être de différentes natures (grilles d'évaluation, cheminements cognitifs...)

▪ **Ressources nécessaires :**

- Expert (pour certains documents)
- Document(s)
- Produit(s) à tester ou informations sur le produit permettant l'utilisation du document utilisé

**Avantages :**

- Expertise pas toujours requise

**Inconvénients :**

- Ne couvre pas tous les aspects de l'interaction de l'utilisateur avec le système

### Méthodes basées sur des modèles

Ces modèles sont principalement de deux types :

- Méthodes de spécification et de conception de l'interface utilisateur (modélisation de l'utilisateur et des données)

- Méthodes formelles basées sur des modèles d'utilisateurs et de tâches (modèles de prédiction des performances de l'utilisateur)

- **Ressources nécessaires :**

- Modèles
- Expert(s) pour créer et interpréter les modèles

**Avantages :**

- Modèles largement disponibles
- Permet de prévoir les performances
- Applicable avec une représentation modélisée du produit à tester et donc méthode applicable plus en amont d'un projet de conception de produit

**Inconvénients :**

- Peut prendre du temps
- Ouvert aux biais
- Expertise requise pour créer et interpréter les modèles

### Evaluation par expertise

Cette méthode est basée sur la connaissance de l'expert en utilisabilité. L'expert identifie les problèmes les plus fréquemment observés en référence à un modèle d'interface homme-système optimal qu'il doit déterminer.

- **Ressources nécessaires :**

- Expert

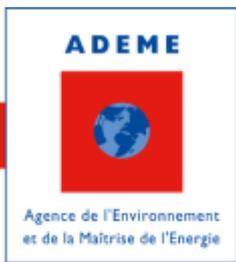
**Avantages :**

- Rapide à mettre en place
- Adapté aux premiers stades d'un projet
- Permet l'identification des problèmes récurrents

**Inconvénients :**

- Niveau d'expertise requis élevé

Risque de passer outre des problèmes importants



[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

