

Importance des métaux et matériaux pour le secteur des TIC

Gilles DRETSCH est responsable de projets concernant l'efficacité énergétique et l'économie circulaire, à la Direction de l'Innovation d'Orange, essentiellement au service des réseaux fixes et mobiles de l'opérateur.

Ce chapitre est essentiellement centré sur les aspects économie circulaire, recyclage, et leur signification pour Orange. Quelques figures sont présentées en préliminaire pour montrer que ces aspects s'inscrivent dans notre démarche de responsabilité sociale d'entreprise (RSE).

Comme toutes les entreprises, nous avons des engagements vis-à-vis de la RSE. Le principal, celui qui nous occupe le plus aujourd'hui, c'est la réduction des émissions de gaz à effet de serre et notamment du CO₂ (**Figure 1**) qui se fait aussi au travers d'un recours accru aux énergies renouvelables

et de l'amplification du programme d'économie circulaire, et, je rajouterais, même d'éco-conception. Nous avons aussi pris des engagements de réduction d'émissions de CO₂ sur les émissions indirectes.

Dans le cadre de notre nouvelle stratégie, qui a été annoncée en février 2023 après le colloque, ces objectifs ont été légèrement modifiés :

Le Groupe Orange poursuit son programme de réduction des émissions de CO₂ pour diminuer de plus de 30 % les émissions sur les scopes 1 et 2 en 2025 (base 2015) et prend l'engagement supplémentaire de réduire de 45 % ses émissions sur les scopes 1, 2 et 3 d'ici 2030 (base 2020).

1. TIC : Technologie de l'information et des communications.

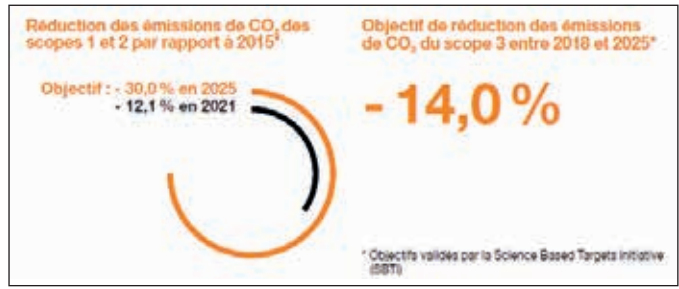


Figure 1

Objectifs de réduction des émissions de CO₂ pour Orange.

1 La démarche de responsabilité sociale d'entreprise d'Orange

1.1. La notion de scope

La notion de scope² est importante et surtout liée au carbone mais nous verrons plus loin son lien avec l'économie

2. Périmètre/Cadre.

circulaire. Cette notion de scope (Figure 2) est de plus en plus utilisée pour décrire les émissions des gaz à effet de serre des entreprises. Elle se décompose essentiellement en trois parties.

Le scope 1 concerne les émissions directes. Pour Orange, ce sont essentiellement les émissions de gaz à effet de serre dans nos bâtiments et

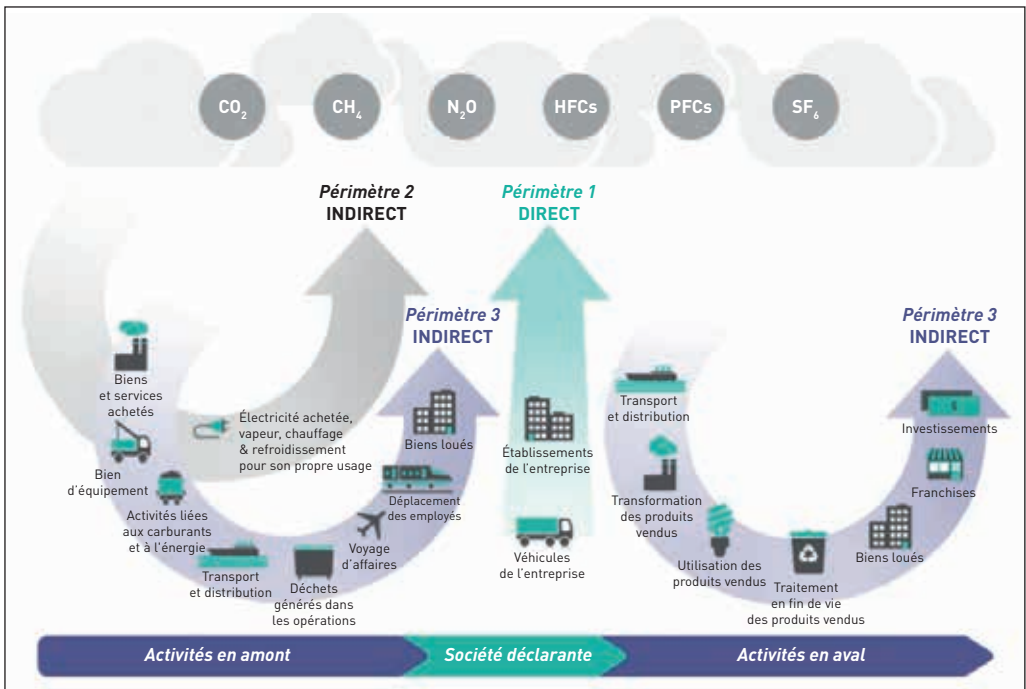


Figure 2

Les trois types de scopes et leurs origines.

dans notre flotte de véhicules thermiques.

Le scope 2, ce sont les émissions indirectes que nous maîtrisons partiellement : elles concernent les émissions de CO₂ de l'électricité que nous consommons, avec des mix carbonés qui sont assez différents car nous sommes opérateurs dans différents pays en Europe, en Afrique et au Moyen-Orient. Nous utilisons des mix carbonés qui sont exprimés en grammes de CO₂ par kWh, mais la France est par exemple très différente de la Pologne qui utilise un mix beaucoup plus carboné et c'est encore plus différent en Afrique.

Le scope 3, ce sont toutes les autres émissions indirectes qui concernent à la fois les émissions de CO₂ liées aux équipements achetés par Orange, mais aussi celles liées aux installations sur notre réseau ou à la vente à nos clients. Cela concerne aussi l'extraction des matériaux qui entrent dans la composition des équipements de réseau ou dans les smartphones,

la partie aval qui touche l'usage de ces équipements chez nos clients, et aussi les phases de fin de vie, de recyclage, et de traitement de ce que nous appelons nous les D3E c'est-à-dire les Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques. Nous verrons que l'économie circulaire est très concernée par ce scope 3.

1.2. Le programme d'Orange de réduction des émissions CO₂

Notre programme pour réduire nos émissions de CO₂ est représenté **Figure 3**. Nous avons pour objectif d'être net zéro carbone en 2040, c'est-à-dire de réduire nos émissions de CO₂ d'environ 80 % par rapport à une base de 2015, et de compenser le reste au travers de puits de carbone. Avec cet objectif, nous optimisons l'architecture de nos réseaux en y développant aujourd'hui des fonctionnalités d'efficacité énergétique.

Il y a tout un débat autour de la consommation électrique de la 5G, cependant, globalement,

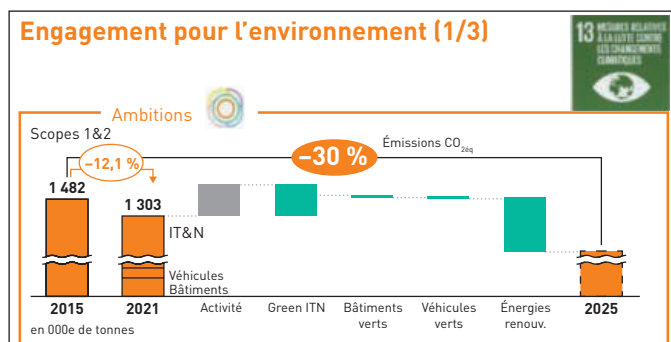


Figure 3

Programme d'Orange pour réduire ses émissions de CO₂

la 5G est plus efficace que les technologies antérieures pour la consommation du réseau d'accès mobiles. On adapte mieux la consommation des réseaux, notamment aux courbes de charge que l'on a sur ces réseaux. Nous faisons également du partage d'infrastructures avec d'autres opérateurs, nous appelons cette démarche du RAN-sharing³. De plus nous sortons du réseau les anciennes technologies qui étaient généralement davantage consommatrices d'électricité. Finalement, à fonctionnalité équivalente, la 2G consommait plus que la 3G qui consommait plus que la 4G qui consommait plus que la 5G. Nous essayons au travers de différents moyens d'augmenter la part d'énergies renouvelables dans notre mix énergétique (*Figure 4*), par exemple en solarisant les sites notamment dans les zones qui

3. Le RAN-sharing (Radio Access Network-sharing) ou le partage de réseaux mobiles correspond à la mise en commun entre plusieurs opérateurs de tout ou partie des équipements constituant leurs réseaux mobiles.

sont dans nos filiales en zone Afrique ou au Moyen-Orient. Nous avons aussi recours à ce qu'on appelle les PPA (les *Power Purchase Agreement*⁴) qui nous permettent d'acheter à un certain prix, sur une certaine période, de l'énergie avec des garanties d'origine renouvelable, à un producteur d'électricité sans passer par un fournisseur d'électricité. Ce sont des contrats qui sont très convoités par toutes les entreprises surtout dans le contexte actuel.

Avec l'économie circulaire, nous avons une démarche de recyclage et d'éco-conception (*Figure 5*). Qui dit éco-conception dit un travail important en amont avec nos fournisseurs pour que par exemple, les produits, que ce soient les téléphones portables ou les LiveBox, soient mieux éco-conçus. Par exemple, afin de

4. La vente directe d'électricité (*Power Purchase Agreement* en anglais) est un contrat passé par un producteur d'électricité, souvent d'origine renouvelable avec une structure qui la consomme directement, sans passer par un fournisseur d'électricité.

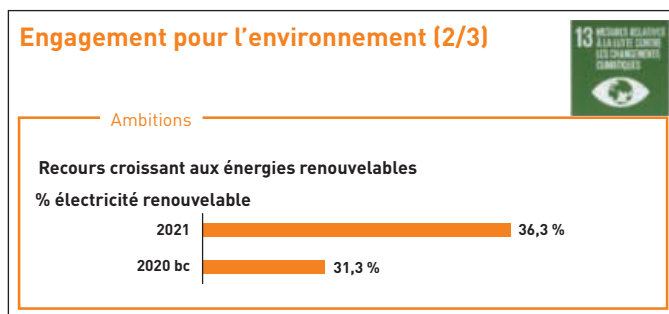


Figure 4

Programme d'Orange pour augmenter la part d'énergies renouvelables dans son mix énergétique.

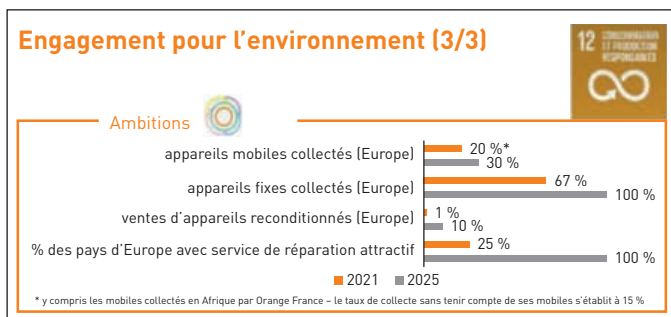


Figure 5

Programme d'Orange en faveur du recyclage et de l'éco-conception.

pouvoir reconditionner ces produits, il faut que les cartes électroniques se dévissent rapidement et facilement. Orange est un membre fondateur de l'initiative Eco Rating (Figure 6) qui est une sorte de notation que l'on donne à nos téléphones portables. Nous travaillons aujourd'hui avec 12 fournisseurs et aussi avec d'autres opérateurs.

Nous avons mis en place un programme de reconditionnement dans différents pays en termes de recyclabilité, de durabilité, d'exposition aussi aux métaux rares⁵ (Figure 7). Des ateliers de réparation se développent dans un certain nombre de pays où nous sommes présents, notamment en France, en Belgique ou en Pologne.

5. Les métaux rares, aussi appelés terres rares, sont une famille d'éléments chimiques composée de 17 métaux. Ceux-ci sont omniprésents dans l'industrie de pointe et les nouvelles technologies. On les retrouve dans la fabrication des composants électroniques, dans les ordinateurs et les smartphones mais aussi dans les batteries de véhicules électriques.

Notre scope 3, c'est-à-dire nos émissions indirectes, sont souvent les émissions directes de nos fournisseurs qui eux-mêmes ont déjà, comme Orange, pris des engagements sur leur scope 2 (Figure 8). La JAC, la Joint Alliance for CSR⁶, est un consortium d'opérateurs qui rassemble tous les grands opérateurs dont nos concurrents : par exemple Deutsche Telekom, Vodafone ou AT&T. Nous essayons notamment d'avoir des exigences communes et pas contradictoires vis-à-vis de nos fournisseurs dans ces domaines et nous favorisons également l'achat d'équipements reconditionnés dans nos appels d'offres.

Pour un opérateur comme Orange, aujourd'hui l'empreinte carbone (Figure 9) provient pour plus de 80 % environ de ce scope 3, et c'est

6. La Joint Alliance for CSR (Corporate Social Responsibility) est un regroupement d'opérateurs de télécommunications qui vise à vérifier, à évaluer et à développer la mise en œuvre de la durabilité dans les centres de fabrication des fournisseurs multinationaux impliqués dans l'industrie des TIC.

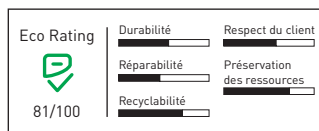


Figure 6

L'Eco Rating pour noter l'éco-conception des téléphones portables.



Figure 7

Programme de reconditionnement mis en place par Orange.



Figure 8

Objectifs d'Orange de réduction des émissions indirectes de CO₂ (scope 3).

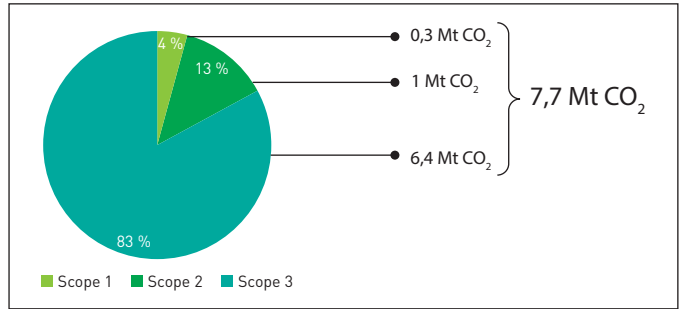


Figure 9

L'empreinte carbone d'Orange par scope.

ce que nous maîtrisons finalement le moins mais ce pour lequel nous essayons d'avoir une influence sur nos fournisseurs, ce qui est très important car les autres scopes ont un effet plus limité.

Si on regarde l'origine de l'empreinte carbone dans les différents scopes (Figure 10), dans le cas des émissions

directes des scopes 1 et 2, c'est l'électricité. Le scope 3 représente tout ce qu'on fait en termes d'interventions sur nos réseaux après la phase de fabrication, tous les équipements qu'on achète, tout ce qui concerne le recyclage par exemple qui est très important d'un point de vue environnemental mais qui aujourd'hui

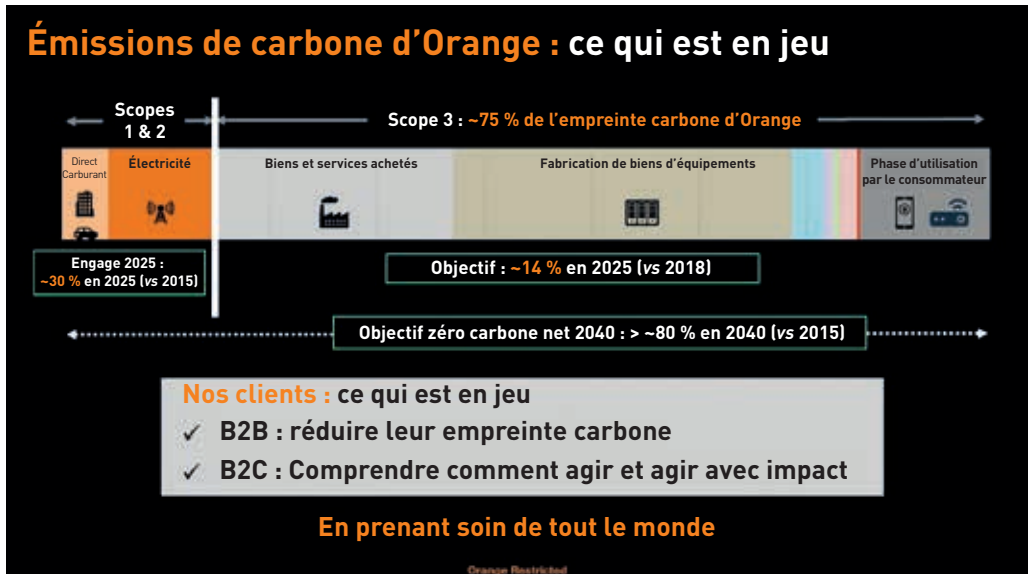


Figure 10

Décomposition détaillée de l'empreinte carbone d'Orange par scope et par cause.

Domaine du TIC	Types d'équipement	Exemples d'équipement
Sites TIC (incluant les centres de données, les OS et les NDN)	Équipement de télécommunications de réseau : équipement situé entre les limites des réseaux centraux et/ou d'accès et destiné à assurer la connexion à ces réseaux	<ul style="list-style-type: none"> • Équipement de transmission du cœur de réseau • Équipement de transmission du réseau d'accès • Stations de base
	Équipement de technologie de l'information : équipement fournissant des services de stockage, de traitement et de transport de données pour la distribution par l'équipement de télécommunications en réseau	<ul style="list-style-type: none"> • Commutateur de serveur • Routeurs matrices de disques • Robots de sauvegarde • Disques durs • Lecteurs à semi-conducteurs
	Fonction de surcharge	<ul style="list-style-type: none"> • PC fixes et ordinateurs portables • Moniteurs, écrans, imprimantes, scanners • Accessoires, autres périphériques
Infrastructure externe	Unité d'interface réseau : dispositif principal dans les locaux permettant à l'utilisateur d'accéder aux services fournis par le réseau d'accès par câble	<ul style="list-style-type: none"> • Points d'accès Wip • Unités radio • Antennes
Locaux du client	Équipement terminal	<ul style="list-style-type: none"> • Téléphones fixes • Boîtiers Internet • Boîtiers TV • Appareils connectés, y compris ceux destinés à l'IoT
Utilisateur	Équipement de l'utilisateur	<ul style="list-style-type: none"> • Téléphones mobiles • Ordinateurs portables • Tablettes et autres appareils connectés, y compris l'IoT

Figure 11

Exemples d'équipements du domaine des TIC.

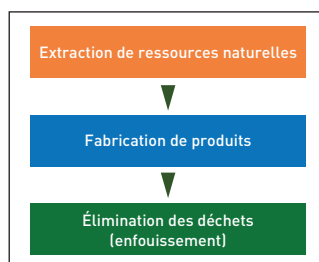
n'est pas très important en termes d'émissions de CO₂. Pour information, la **Figure 11** résume quelques types d'équipements qu'on peut rencontrer dans le domaine des TIC.

2 Comment lutter contre l'épuisement des ressources dans le domaine des TIC ?

2.1. Passage de l'économie linéaire à l'économie circulaire

Autrefois le modèle économique était très linéaire : on extrayait des ressources, on élaborait des équipements, on fabriquait des appareils qui étaient sortis du réseau ou abandonnés par les clients et après on en recyclait ce que l'on pouvait, souvent pas toujours très bien (**Figure 12**). Dans l'Union européenne, beaucoup d'efforts ont été

faits depuis un certain nombre d'années, notamment au travers de la directive DEEE, et on essaie aujourd'hui de passer vers un modèle circulaire via différentes phases (**Figure 13**). On va reconditionner les équipements, quand c'est possible extraire des pièces détachées notamment dans les équipements réseau, et puis, au bout du processus, comme il y a quand même des équipements qui vont être recyclés,


Figure 12

Modèle d'économie linéaire.

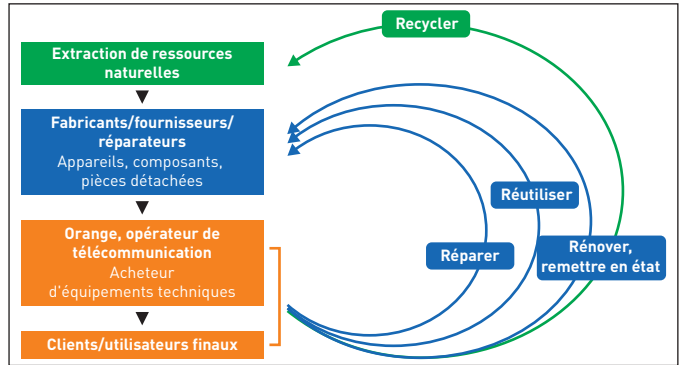


Figure 13

Modèle d'économie circulaire.

on essaie de faire de la valorisation matière notamment avec les partenaires.

Une matrice de Responsabilité sociale et environnementale d'Orange est représentée sur

la **Figure 14**. On y retrouve les aspects sociétaux, les aspects économie circulaire et les aspects environnementaux. On voit aussi que l'épuisement des ressources est positionné

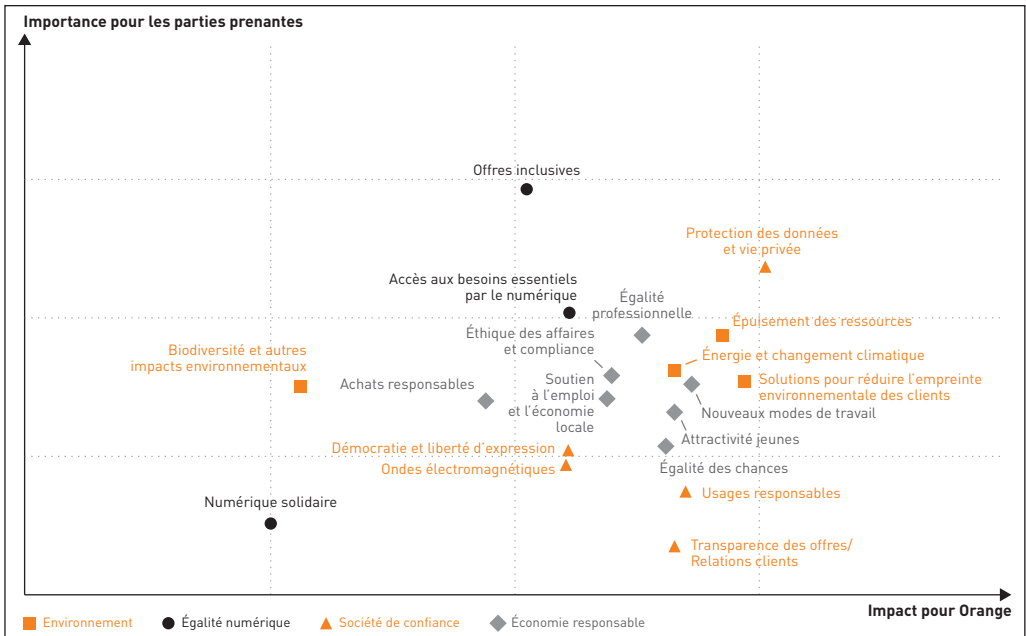


Figure 14

Matrice de matérialité RSE du groupe Orange en 2021.

comme un sujet important en termes d'impact pour Orange et pour nos parties prenantes.

2.2. Orange et les matériaux

Orange réalise depuis 2016 des analyses du cycle de vie (ACV) pour identifier les matériaux ayant le plus d'impact environnemental dans le secteur des TIC.

L'évaluation de l'utilisation des matières premières selon la méthode de l'analyse du cycle de vie (ACV) permet d'identifier les matériaux les plus critiques en termes d'épuisement des ressources naturelles, selon l'indicateur *Abiotic Resources Depletion*⁷ (ARD). Cela nécessite une collaboration assez étroite avec nos fournisseurs qui doivent aussi jouer le jeu. Nous sommes très impliqués dans ces travaux parce qu'il est important de normaliser ces méthodologies d'ACV. Il y a un organisme (auquel nous participons) qui est une émanation des Nations unies, qui s'appelle l'UIT (l'Union Internationale des Télécoms) qui a défini un certain nombre de normes dont un indicateur de circularité qui sera présenté plus loin.

Nous avons par ailleurs de nouveaux enjeux qui apparaissent sur l'utilisation des batteries Lithium-Ion. Nous utilisons beaucoup de batteries en sources d'énergie de secours sur nos sites radio, et avec la crise énergétique actuelle, nous travaillons de plus en plus sur des stratégies d'effacement sur notre réseau pendant quelques heures ou

quelques minutes par jour, et le recours à ces batteries pourrait donc devenir important.

Les ACV ont montré que cinq matériaux représentent apparemment 95 % de l'impact par rapport à cet indicateur ARD (**Figure 15**). **On retrouve l'or, l'étain, le cuivre, le molybdène** qui sont présents effectivement dans un certain nombre d'applications.

L'or, par exemple, se retrouve dans les cartes électroniques à tel point qu'on peut presque parler de mines urbaines ; lorsque l'on concasse des cartes électroniques, on arrive à des concentrations en métaux précieux qui peuvent être, sous le contrôle de spécialistes, de véritables mines qui sont ici à des concentrations de 40 à 50 fois supérieures à celle des mines primaires qui, en plus, deviennent de plus en plus difficiles d'accès aujourd'hui.

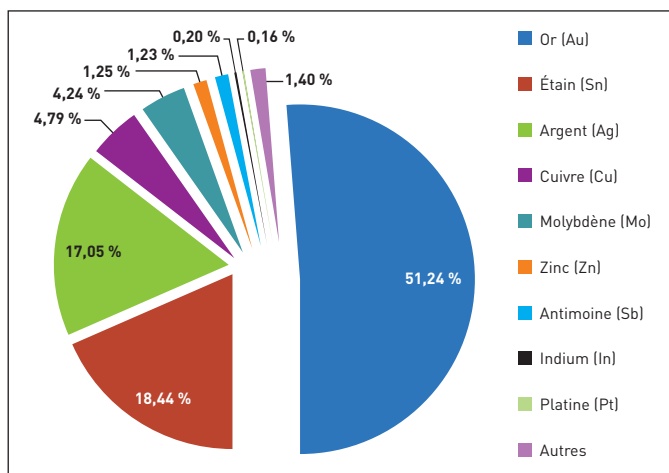


Figure 15

Part des matériaux dans l'impact pour l'indicateur ARD d'épuisement des ressources.

7. Épuisement des ressources abiotiques.



Figure 16

Organismes qui ont participé à la mise en place de méthodologie d'ACV.

La **Figure 16** montre les organismes qui ont participé à la mise en place de la méthodologie ACV : l'Union Internationale des Télécommunications est sans doute le plus important. L'ETSI (European Telecommunication Standards Institute) est un institut européen basé à Sophia Antipolis qui publie des normes dans le domaine des télécommunications. Il est impliqué dans tout ce qui est efficacité énergétique, développement durable, indicateurs pour les équipements réseau du domaine des télécoms. On utilise aujourd'hui des indices de performance avec les classes de couleurs qui sont assez proches de ceux que l'on trouve dans les équipements grand public. On essaie de faire la même chose sur les datacenters et sur les équipements électroniques. La Commission européenne est

également très impliquée dans ce domaine.

Orange a initié une première série de travaux sur l'exposition de l'entreprise à la problématique des matériaux critiques sur la base d'inventaires d'ACV menés par la Direction de l'Innovation d'Orange. Les paramètres suivants ont été pris en compte pour classifier, ou non, les matériaux comme critiques pour Orange :

- importance économique de ces matériaux pour le Groupe ;
- leur substituabilité ;
- la volatilité de leur prix ;
- l'évolution historique de leur prix ;
- leur taux de recyclage ;
- la concentration géographique de leurs dépôts.

Quand on examine l'architecture d'un smartphone

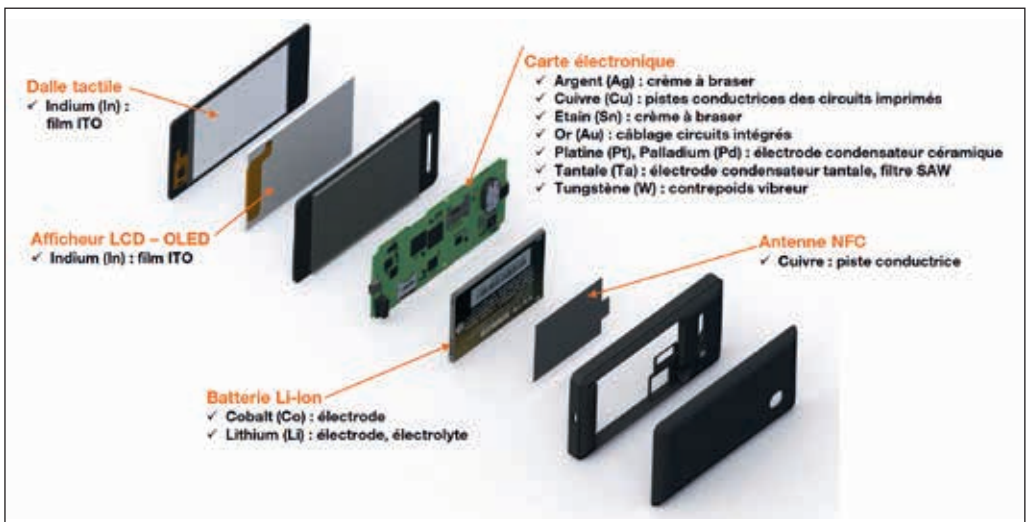


Figure 17

Architecture d'un smartphone.

(**Figure 17**), on voit qu'il y a de l'indium dans l'écran tactile et du néodyme dans l'aimant du vibreur. Mais c'est la carte électronique qui est effectivement la plus riche. On y trouve un certain nombre de métaux précieux : l'or, les platinoïdes, l'argent. Les cartes électroniques qu'il y avait dans l'ancien réseau RTC⁸ étaient beaucoup plus riches en métaux critiques que les cartes électroniques utilisées aujourd'hui. On a aussi réussi à baisser progressivement les besoins en métaux précieux dans les autres équipements électroniques, dans les puces électroniques notamment.

Dans la batterie lithium-ion, il y a du lithium et aussi du cobalt notamment.

La **Figure 18** est un **exemple d'ACV faite sur un smartphone**. Trois domaines sont regardés : l'épuisement des

ressources naturelles, la consommation d'énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre. C'est la phase de fabrication qui compte majoritairement dans ces différents domaines. On voit que l'impact du transport en avion coûte en CO₂ parce que beaucoup d'équipements sont actuellement fabriqués en Asie.

Réaliser ces ACV demande un gros travail d'expert, et les experts dans ce domaine, qui nécessitent un niveau d'études supérieures, sont très recherchés.

La **Figure 19** est un autre **exemple d'ACV réalisé sur les batteries Li-ion et VLRA qui sont des batteries plomb-acide**. Les impacts ne sont pas tout à fait les mêmes en fonction des types de batterie. Différents domaines sont regardés dans ces ACV comparatives dont : l'abiotique⁹,

8. Réseau Téléphonique Commuté.

9. Se dit d'un milieu impropre à la vie.

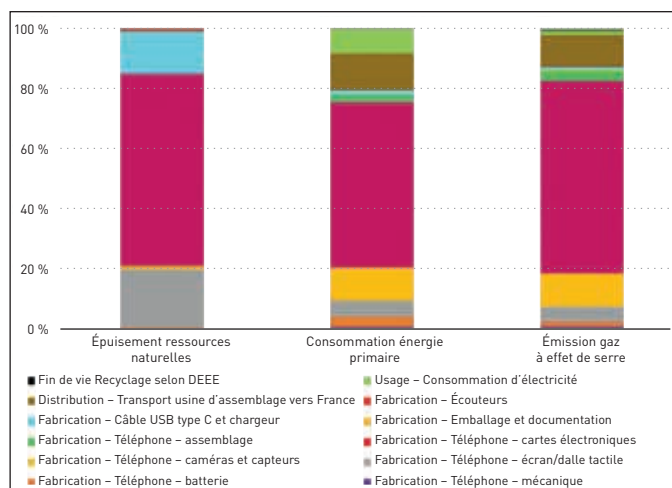


Figure 18

ACV d'un smartphone.

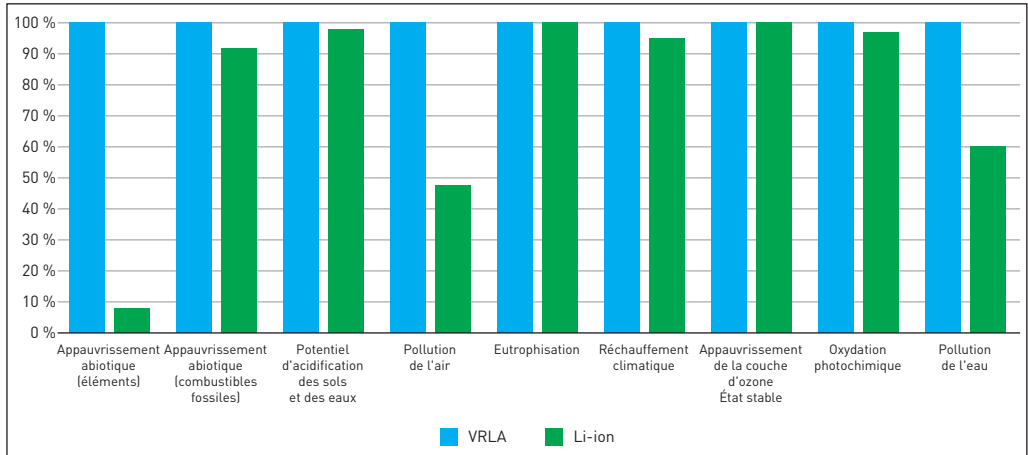


Figure 19

ACV comparative des batteries Li-ion et des batteries au plomb.

l'eutrophisation¹⁰ donc ce qui est lié à l'eau, la pollution de l'air, l'acidification.

Application de la méthodologie ACV à l'équipement réseau.

Cette méthodologie qui a été définie à l'IUT, examine un certain nombre de critères pour lesquels on regarde à chaque fois la pertinence par rapport à l'équipement qui est considéré et la marge d'amélioration (Figure 20).

Sur la Figure 21 sont rassemblés les 21 critères de la

10. Enrichissement d'une eau en sels minéraux entraînant des déséquilibres écologiques tels que la prolifération des algues ou l'appauvrissement du milieu en oxygène.

méthode d'évaluation appliquée à l'équipement réseau : cela peut être la disponibilité des pièces de rechange, ou la facilité à désassembler l'équipement pour le recyclage ou pour le reconditionnement.

Il y a quatre niveaux d'évaluation pour chacun des critères (Figure 22). Par exemple pour la disponibilité des pièces détachées, on distingue le cas de la disponibilité des pièces détachées partout chez les revendeurs des cas où l'on n'a pas de pièces détachées, des cas où l'on ne sait pas où elles se trouvent, et de ceux dont on ne sait pas si on en aura.



Figure 20

Article à l'origine de la méthode d'évaluation du score de circularité.

Critères L. 1023	Pertinence
PD1 : Support logiciel et données	
PD2 : Résistance aux rayures	
PD3 : Support de maintenance	
PD4 : Robustesse	
PD5 : Longévité de la batterie	
PD6 : Sécurité des données – Gestion des données	
3RUe1 : Fixations et connecteurs	
3RUe2 : Aide au diagnostic	
3RUe3 : Compatibilité avec le recyclage des matériaux	
3RUe4 : Profondeur ou complexité de montage	
3RUe5 : Plastiques recyclés/renouvelables	
3RUe6 : Identification des matériaux	
3RUe7 : Substances dangereuses	
3RUe8 : Matières premières critiques	
3RUe9 : Recyclage des emballages	
3RUe10 : Environnement de travail des activités de réparation	
3RUM1 : Service offert par le fabricant	
3RUM2 : Distribution de pièces de rechange	
3RUM3 : Disponibilité des pièces détachées	
3RUM4 : Informations sur le désassemblage	
3RUM5 : Programmes de collecte et de recyclage	
3RUM6 : Connaissances sur l'évaluation de l'empreinte environnementale accessibles au public	

Figure 21

Les 21 critères de la méthode L. 1023 appliquée à un équipement réseau.

Critères L. 1023	Notations de la marge d'amélioration
3RUM2 : Distribution des pièces de rechange	MI = 1 - Les pièces de rechange sont disponibles publiquement ou disponibles pour les prestataires de services de réparation indépendants
	MI = 2 - Les pièces de rechange sont disponibles pour les prestataires de services de réparation agréés par le fabricant ou disponibles uniquement pour le fabricant sur tous les marchés où le produit est vendu par le fabricant
	MI = 3 - Les pièces de rechange sont disponibles auprès des prestataires de services de réparation agréés par le fabricant ou ne sont disponibles que sur des marchés limités où les produits sont vendus par le fabricant
	MI = 4 - Les pièces de rechange ne sont pas disponibles
Critères L. 1023	Notations de la marge d'amélioration
3RUM3 : Disponibilité des pièces détachées	MI = 1 - Les pièces détachées peuvent être classées comme disponibles à long terme si elles sont disponibles pendant une durée qui rejète la durabilité attendue de la catégorie de produit
	MI = 2 - Les pièces détachées peuvent être classées comme disponibles à moyen terme si elles sont disponibles pendant une durée qui rejète la durabilité moyenne attendue du produit
	MI = 3 - Les pièces détachées peuvent être classées comme disponibles à court terme si elles sont disponibles pendant une période de deux ans après la vente du produit
	MI = 4 - Aucune information sur la durée de disponibilité n'est fournie pour les pièces

Figure 22

Les 4 niveaux d'évaluation des critères « Distribution des pièces de rechange » et « Disponibilité des pièces de rechange » de la méthode L. 1023 appliquée à un équipement réseau.

Conclusion : réparabilité et recyclage

On regroupe sous le terme D3E les déchets d'équipements électriques et électroniques (**Figure 23**). Ce sont des pilières dites à responsabilité élargie du producteur (REP) et elles sont encadrées par la directive européenne avec, dans la plupart des pays, des intermédiaires qui s'appellent des éco-organismes. L'enjeu pour un groupe comme Orange est de bien collecter pour ensuite pouvoir bien recycler avec l'aide des éco-organismes.

Il y a des éco-organismes dans tous les domaines : dans les pneus, dans les batteries, dans le textile... Leur rôle est de transférer cette REP qui est la responsabilité du metteur sur le marché, et d'organiser les pilières de recyclage pour récupérer *in fine* notamment les matériaux réutilisables. Dans le cas des D3E, des afpneurs par hydrométallurgie ou pyrométallurgie arrivent à récupérer l'or, l'argent, le platine.

Il faut aussi tenir compte d'une autre directive appelée *Restriction Of Hazardous Substances*¹¹ (ROHS) qui est très liée au domaine TIC. Elle impose de limiter la concentration ou la présence d'un certain nombre de métaux ou de composés dans nos équipements électroniques.

Le recyclage doit aussi s'articuler avec le règlement REACH¹² qui est beaucoup plus large.

Enfin la nouvelle loi AGEC (la loi Anti-Gaspillage et pour l'Économie Circulaire) va renforcer ces aspects ACV et ces aspects exigences de la part des metteurs sur le marché avec des indices de réparabilité sur les équipements, etc.

11. Restriction des substances dangereuses.

12. Le règlement REACH est un règlement européen pour sécuriser la fabrication et l'utilisation des substances chimiques dans l'industrie européenne. Il s'agit de recenser, d'évaluer et de contrôler les substances chimiques fabriquées, importées et mises sur le marché européen.

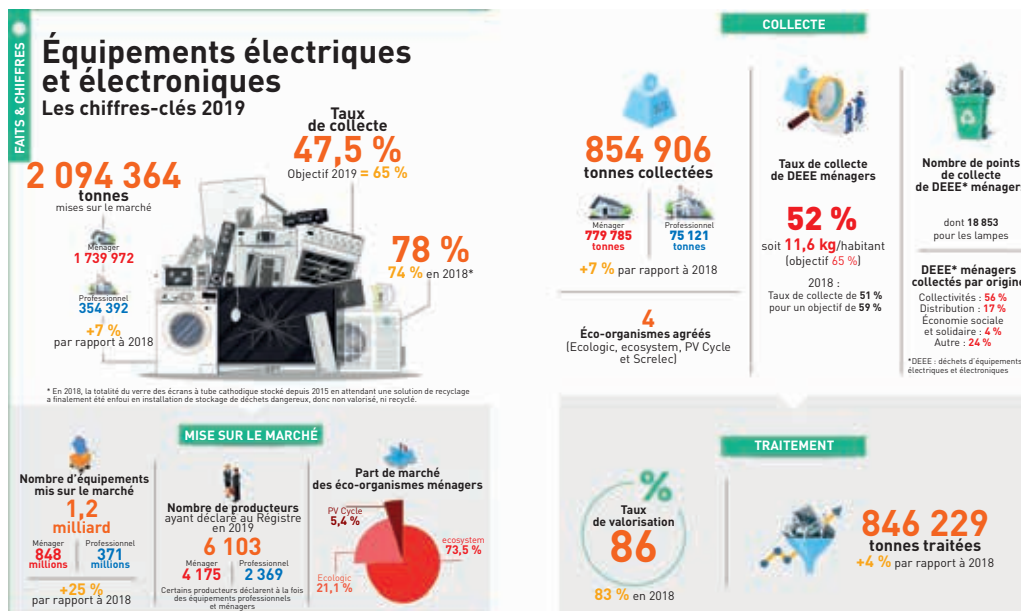


Figure 23

Quelques données sur les D3E en France en 2019.

Source : ADEME.

La réparabilité et le recyclage permettront d'économiser ou de récupérer des matériaux stratégiques même si on sait qu'aujourd'hui, toutes les terres rares sont peu recyclées parce qu'il y a des problématiques de processus industriel. Cette orientation vers le recyclage et le reconditionnement devient un des enjeux importants qui permettra aussi de diminuer nos émissions indirectes de CO₂ en scope 3.