Electricité



Compteur communicant

WILD Jean

Article n° 172

2018 - Mai

Niveau de lecture : peu difficile

Tags: électricité, réseau de distribution, marchés, transition énergétique

Chapeau

Les compteurs communicants, dont Linky en France, constituent une brique de base des réseaux électriques intelligents (*smartgrids*). L'article suivant permet de comprendre ce que sont les compteurs communicants, où en est leur diffusion dans le monde et dans quelle mesure leur juste exploitation peut contribuer à la transition énergétique.

L'essor de la production d'électricité au cours des dernières décennies du 19ème siècle s'est appuyé sur la création d'un marché leguel supposait que, pour être vendue, l'électricité devait être comptée. D'où la mise point des premiers compteurs électromagnétiques (Figure 1), après l'accord de 1881 sur les standards de l'électricité (Lire: Histoire de l'électricité : de Thales à la consommation du 21ème siècle et L'électricité : éléments essentiels, génération et transport). Depuis, les techniques de comptage ont progressé. Avec la libéralisation des marchés de l'électricité à la fin du 20^{ème} siècle, un saut effectué en direction des compteurs communicants car, dans le contexte de la transition énergétique, le comptage des s'accompagner d'échanges d'informations entre vendeurs et acheteurs.



Fig. 1: Compteur électromécanique (non communicant)

1. Du compteur électromécanique au compteur électronique communicant

Il existe 3 types de compteurs électriques : le compteur électromécanique inventé à la fin de 19^{ème} siècle, puis remplacé par le compteur électronique dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle. Plus récemment, le nouveau compteur communicant a commencé à se diffuser à l'échelle mondiale.

1.1. Comment compter des kWh vendus ou achetés?

Un compteur électrique est un appareil servant à mesurer la quantité d'électricité consommée sur une période de temps donné. L'unité de mesure est usuellement le kWh, soit la quantité d'électricité ayant servi à faire fonctionner un appareil d'une puissance d'1 kW pendant 1 heure (Lire : Les unités d'énergie).

1.1.1. Le compteur électromécanique

A l'origine, la commercialisation de l'énergie électrique s'effectuait sur la base de forfaits qui consistaient en une grille tarifaire prenant en compte le nombre de lampes et leur puissance. En 1880, le compteur Edison a été inventé lors d'un concours lancé par la ville de Paris. Jugé peu fiable, ce compteur n'a cependant pas supplanté immédiatement le système des forfaits.

Encyclopédie Enciclopedia de la Energia Bách Khoa toàn thư về năng lượng موسوعة الطاقة Enciclopedia della Energia الطاقة Enciclopedia della Energia الطاقة Епсусlopedy of Energy Enzyklopädie für Energie Энциклопедия Энерги

Il faudra donc attendre 1889 pour voir apparaître un compteur électrique sur courant alternatif puis 1894 pour voir naître le compteur électrique à disque. Il fonctionne grâce à la rotation d'un disque métallique dont la vitesse est proportionnelle à la consommation du ménage : plus le disque tourne rapidement, plus la consommation est élevée. Chaque tour correspond à une certaine quantité de kWh consommée, en fonction du calibrage du compteur. Perfectionné depuis son apparition, ce compteur, toujours utilisé, est le plus répandu, mais, à l'inverse des compteurs plus récents, il ne permet pas d'obtenir des informations précises sur les consommations quotidiennes d'électricité.

1.1.2. Le compteur électronique

Le compteur électronique correspond à la deuxième génération de compteur. Il ne comporte plus de roue mais il renferme un conducteur en forme de "U", l'électricité achetée entrant dans la première branche et ressortant vers les installations utilisatrices en quantité nécessaire et en temps réel. Le conducteur est en son milieu entouré d'un capteur à effet Hall qui produit une tension à l'image exacte du courant sortant¹. Toutes les informations sont affichées sur un écran. Le compteur est donc composé d'un cadran et de deux touches.

Ce compteur ne dispose pas de capacité à « communiquer » à distance. Il nécessite donc des opérations de relève manuelles, ce qui peut être évité avec les compteurs communicants qui ont la capacité à communiquer de manière bidirectionnelle à distance.

1.2. Qu'est-ce qu'un compteur communicant?

Un compteur communicant (Figure 2) est un compteur qui mesure de manière détaillée et précise, et éventuellement en temps réel, une consommation d'électricité, d'eau ou de gaz. La transmission des données s'effectue généralement par courants porteurs en ligne (CPL) au gestionnaire du réseau de distribution chargé du comptage. Les compteurs communicants servent à produire des factures sur la consommation réelle, à repérer des gaspillages, des pertes en ligne ou les postes qui coûtent le plus au client. Le compteur peut en outre être bidirectionnel et être programmable à distance. Ces fonctions sont à la base de l'évolution des réseaux (d'électricité, d'eau ou de gaz) vers les « réseaux intelligents » ² (Lire: Des réseaux électriques aux "Smartgrids").



Fig. 2: Compteur communicant pour l'électricité

3

¹ L'effet Hall « classique » a été découvert en 1879 par Edwin Herbert **Hall**, qui l'a énoncé comme suit : « un

² Wikipedia https://fr.wikipedia.org/wiki/Compteur_communicant

Encyclopédie Enciclopedia de la Energia Bách Khoa toàn thư về năng lượng موسوعة الطاقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Encyclopedia della Energia Энциклопедия Энерги
Ехкикλоπαίδεια της Ενέρχειας 能源百科全书 エネルギーの百科事典 Enerji ansiklopedia

1.3. Architecture d'un système de compteurs communicant

Un système de comptage communicant implique, d'une part, la mise en place de compteurs communicants capables de stocker les informations résultant des mesures d'énergie et, d'autre part, l'établissement de systèmes de transmission de données permettant la circulation rapide et fiable des informations contenues dans les compteurs entre les utilisateurs, les gestionnaires de réseaux et les fournisseurs ³.

Le compteur communicant est doté de capacités de communication bidirectionnelle (transmission et réception des informations) et permet la relève à distance ainsi que le pilotage de la fourniture d'énergie. La communication s'effectue entre un ensemble de compteurs installés chez les utilisateurs et un concentrateur localisé à proximité dans le poste de distribution publique, via la technologie du Courant Porteur en Ligne (CPL) qui rassemble ces données pour les transmettre au gestionnaire de réseaux de manière cryptée et sécurisée. À chaque compteur et concentrateur est associé un modem CPL qui code et décode les données en un signal électrique et les superpose au courant électrique à 50 Hertz (Figure 3).

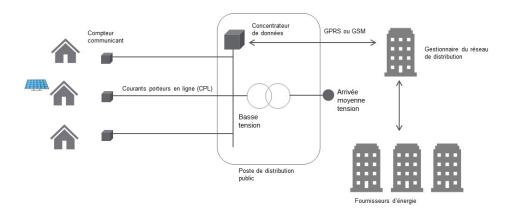


Fig. 3 : Architecture de principe d'un système de comptage communicant

Par la suite, au niveau des concentrateurs, les données sont codées sous format numérique, puis transmises au système informatique du gestionnaire de réseau par l'intermédiaire du réseau de téléphonie GPRS ou GSM ⁴.

Les 10 fonctionnalités minimums recommandées par la commission européenne sont les suivantes (Tableau 1):

³ CRE systèmes de comptage évolués http://www.cre.fr/reseaux/reseaux-intelligents/systemes-de-comptage-evolues

⁴ CRE systèmes de comptage évolués http://www.cre.fr/reseaux/reseaux-intelligents/systemes-de-comptage-evolues

Consommateur	a) b)					
Operateur de comptage	c) d) e)	Permettre la lecture à distance par l'opérateur Permettre un flux bidirectionnel pour le contrôle et la maintenance Permettre des lecture fréquentes pour la planification du réseau				
Aspects commerciaux de la fourniture	f) g)	Permettre une tarification évoluée Permettre le contrôle à distance de la puissance distribuée et/ou limiter le flux de puissance				
Sécurité et protection des données	h) i)	Fournir une communication protégée des données Prévenir la fraude et la détecter				
Génération distribuée	j)	Fournir les imports / exports et le comptage du réactif				
Source : Benchmarking smart metering deployment in EU, June 2014						

Tableau 1. Fonctionnalités minimums recommandées par la commission européenne

2. L'intérêt des compteurs communicants

Pourquoi être passé au stade des compteurs communicants ? Leur substitution au compteur électronique non communicant présente-elle un intérêt économique ?

2.1. L'origine des compteurs communicant

Le compteur communicant est à son origine un moyen ou plutôt une « réponse technique » mis en place pour permettre l'ouverture effective à la concurrence de la fourniture d'électricité à tous les consommateurs (Lire: La complexité des marchés électriques: les limites de la libéralisation des industries électriques). Ceux-ci peuvent ainsi choisir facilement le fournisseur de leur choix et bénéficier d'offres tarifaires plus avantageuses. Grace à ce moyen technique, chaque fournisseur peut proposer des offres différenciées permettant de mieux satisfaire des besoins diversifiés. Cela implique également que les consommateurs puissent être mieux informés pour choisir librement entre les offres qui leur sont proposées sur la base d'une meilleure connaissance de leur consommation d'électricité. À cet effet, il est nécessaire que les consommateurs puissent obtenir des informations plus fréquentes et plus détaillées sur les caractéristiques de leur consommation d'électricité, ce que permet le compteur communicant⁵. En effet, compte tenu du volume d'informations à traiter par les gestionnaires de réseaux et par les fournisseurs d'énergie sur le

_

⁵ Wikipedia https://fr.wikipedia.org/wiki/Compteur_communicant

Encyclopédie Enciclopedia de la Energia Bách Khoa toàn thư về năng lượng موسوعة الطاقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Encyclopedy of Energy Enzyklopädie für Energie Энциклопедия Энерги

marché de masse, seul le recours généralisé à des compteurs évolués peut permettre une circulation efficace et fiable des données ⁶.

2.2. Les bénéfices attendus

Les compteurs communicants répondent à 3 objectifs 7:

- L'amélioration des conditions de fonctionnement du marché, permettant ainsi de créer un cadre favorable à l'arrivée de nouveaux entrants et d'accroître la confiance des consommateurs ;
- Le développement de la maîtrise de la demande d'énergie (MDE), dans un contexte où cette maîtrise devient l'affaire de tous, dans une perspective d'efficacité énergétique et de développement durable ;
- L'amélioration de la performance et du service rendu globalement par les gestionnaires de réseaux au bénéfice de l'ensemble des parties prenantes, et notamment des consommateurs et des fournisseurs.

Bien que les cadres réglementaires encadrant le déploiement des systèmes de comptage évolué varient d'un pays à un autre, on observe toutefois une récurrence des types de bénéfices attendus sur le plan de la performance du système électrique sous la forme de baisses ⁸:

- Des coûts de facturation ;
- Des coûts de gestion des clients ;
- Des fraudes sur les compteurs ;
- Des appels au service client ;
- Des coûts de vérification des compteurs ;
- Des coûts de recherche de panne sur le réseau.

Les bénéfices attendus pour le client final proviennent d'une facturation sur index réel, d'une meilleure information sur la consommation et de la suppression des interventions physiques nécessitant la présence du client. Le développement d'offres horo-saisonnalisées et de services domotiques permet également d'agir sur la consommation.

⁶ CRE systèmes de comptage évolués http://www.cre.fr/reseaux/reseaux-intelligents/systemes-de-comptage-evolues

⁷ CRE systèmes de comptage évolués http://www.cre.fr/reseaux/reseaux-intelligents/systemes-de-comptageevolues

⁸ CRE systèmes de comptage évolués http://www.cre.fr/reseaux/reseaux-intelligents/systemes-de-comptageevolues

2.3. Résultat des analyses coût bénéfices dans l'Union Européenne (UE)

L'analyse coûts-bénéfices (ACA) de la diffusion des compteurs communicants a été réalisée pour l'ensemble des pays membres de l'UE (Tableau 2).

	Coût global du projet (milliards d'euros)	Nombre de compteurs (millions)	Coût global par compteur (euros)	Bénéfices par compteur (euros)			
Allemagne	14,5	47,9	546	493			
Autriche	3,2	5,7	590	694			
Belgique							
• Bruxelles Capitale	0,46	0,62	ND	ND			
• Wallonie	2,23	1,9	ND	ND			
• Flandres	1,9	3,45	ND	ND			
République tchèque	4,4	5,7	766	499			
Danemark	0,31	3,28	225	233			
Espagne	ND	27,77	ND	ND			
Estonie	ND	0,7	110	191			
Finlande	0,69	3,3	210	ND			
France	4,5	35	135	ND			
Grèce	1,7	7	309	436			
Irlande	1,04	2,2	473	551			
Italie	3,4	36,7	94	176			
Lettonie	0,75	1,09	302	18			
Lituanie	0,25	1,6	123	82			
Luxembourg	0,035	0,26	142	162			
Malte	ND	0,26	ND	ND			
Pays-Bas	3,34	7,6	220	270			
Pologne	2,2	16,5	167	177			
Portugal	0,64	6,5	99	202			
Roumanie	0,71	9	99	77			
Royaume- Uni	9,3	32,9	161	377			
Slovaquie	0,069	2,65	114	118			
Slovénie	ND	ND	ND	ND			
Suède	1,5	5,2	288	323			
Source : Bend	Source: Benchmarking smart metering deployment in EU, June 2014						

Tableau 2. Coûts-bénéfices des compteurs communicants dans l'UE

Encyclopédie Enciclopedia de la Energia Bách Khoa toàn thư về năng lượng موسوعة الطاقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Encyclopedia della Energia Энциклопедия Энерги Ехкикλоπαίδεια της Ενέρχειας 能源百科全书 エネルギーの百科事典 Enerji ansiklopedis

3. Diffusion des compteurs communicants au milieu des années 2010

Où en sont les différents pays, en Europe et hors d'Europe, sur la voie de la diffusion des compteurs communicants ?

3.1. En Europe

En Europe, le déploiement de systèmes de comptage évolués est un objectif fixé par l'Union Européenne (UE) par sa directive 2006/32/CE selon laquelle " les États membres veillent à ce que dans la mesure où cela est techniquement possible, financièrement raisonnable et proportionné compte tenu des économies d'énergie potentielles, les clients finals dans [le domaine] de l'électricité [...] reçoivent à un prix concurrentiel des compteurs individuels qui mesurent avec précision leur consommation effective et qui fournissent des informations sur le moment où l'énergie a été utilisée". A chaque pays membre de transposer la directive dans sa législation nationale, ce qui a été fait en France, notamment avec la loi du 10 février 2010 relative au développement et à la modernisation du service public de l'électricité.

Par la suite, sur la base des résultats positifs de l'ACA dans plus des deux tiers des pays, les États membres se sont engagés à poursuivre le déploiement des compteurs communicants ⁹. En 2014 (Figure 4) :

- 16 États membres (Autriche, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Irlande, Italie, Luxembourg, Malte, Pays-Bas, Pologne, Roumanie, Royaume-Uni et Suède) avaient déjà procédé ou prévu de procéder au déploiement à grande échelle de compteurs communicants d'ici à 2020, voire plus tôt. Pour deux d'entre eux (Pologne et Roumanie), les ACA avaient abouti à des résultats positifs mais les décisions officielles sur le déploiement étaient encore en suspens ;
- dans 7 États membres (Allemagne, Belgique, Lettonie, Lituanie, Portugal, République tchèque et Slovaquie), les ACA concernant le déploiement à grande échelle d'ici 2020 ont été négatives ou non concluantes, mais en Allemagne, en Lettonie et en Slovaquie, les compteurs communicants se sont avérés économiquement justifiés pour certains groupes de consommateurs.

L'objectif de l'Europe est d'équiper au moins 80 % des consommateurs d'ici à 2020. En 2014, près de 45 millions de compteurs communicants ont déjà été installés dans trois États membres (Finlande, Italie et Suède), c'est-à-dire 23 % des installations prévues dans l'UE d'ici à 2020.

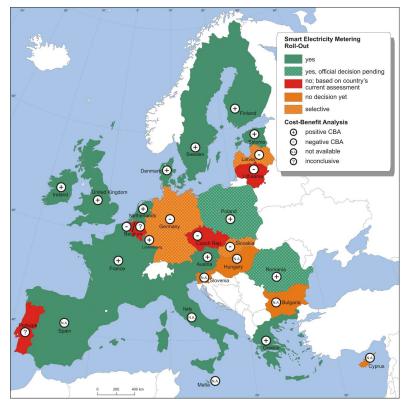
L'engagement des États membres équivaut à un investissement de l'ordre de 45 milliards d'euros pour la mise en place, d'ici à 2020, de près de 200 millions de compteurs électriques communicants soit approximativement 72 % des consommateurs européens ¹⁰.

8

⁹ Benchmarking smart metering deployment in EU, June 2014

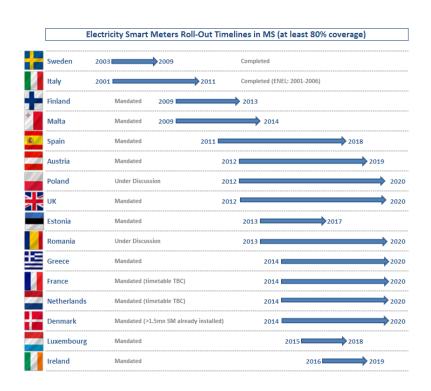
¹⁰ Benchmarking smart metering deployment in EU, June 2014

Fig. 4: Déploiement des compteurs communicant en Europe. La carte indique les pays d'Europe pour lesquels l'analyse coût bénéfice s'est avérée positive (« positive CBA Cost Benefit Analysis »), et pour lesquels le plan de déploiement a été décidé, suite à cette analyse ¹ selon une feuille de route de déploiement.



Tous les pays de la communauté européenne sont impliqués dans ce vaste programme avec des degrés de maturité différents comme l'indique le tableau du rapport de la Commission Européenne (Figure 5).

Fig. 5 : Roadmap de déploiement des compteurs communicant dans l'Union Européenne



Encyclopédie Énciclopedia de la Energia Bách Khoa toàn thư về năng lượng موسوعة الطاقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Enciclopedia della Energia كرزنا فراع الماقة Encyclopedy of Energy Enzyklopädie für Energie Энциклопедия Энерги

3.2. Dans le reste du monde

Le déploiement des compteurs communicants ne concerne pas seulement l'Europe mais le monde entier, dans la mouvance de la transition énergétique et du réseau électrique intelligent associé dont le compteur communicant constitue une brique de base.

Le nombre de compteurs communicant installé en 2017 dans le monde est estimé à 700 millions dont la moitié en Chine.

Ce nombre devrait atteindre 1,5 milliard en 2021. Aux États-Unis, leur nombre est de 70 millions (Figure 6). La Chine prévoit d'installer 500 millions de compteurs communicants supplémentaires à partir de 2018, le Japon, 80 millions en 2020. Au Québec, Hydro-Québec a déployé plus de 3,8 millions de compteurs de nouvelle génération, soit 97 % du nombre total à installer ¹¹.

Selon la Demand Response and Smart Grid coalition (DRSG) ¹², le plan de déploiement mondial d'ici 2020 sera le suivant (Figure 7).

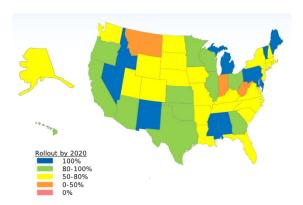


Fig. 6. Plan de déploiement des compteurs communicant aux Etats-Unis.

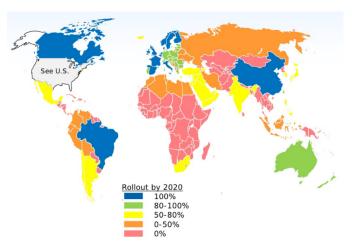


Fig. 7. Plan de déploiement mondial des compteurs communicant

¹¹ https://www.compteur-linky.com

¹² Metering & smart energy international

4. Perspectives et exploitations futures au service de la communauté

Ces perspectives sont façonnées par les exigences des nouveaux réseaux électriques, les opportunités offerts par les compteurs communicants mais aussi les réticences que leur diffusion suscite dans certains pays.

4.1. Exigence des réseaux électriques dans la transition énergétique

Le réseau basse tension constitue une des pierres angulaires de la transition énergétique puisque les nouvelles installations de production renouvelables sont, à plus de 80%, raccordées aux réseaux de distribution d'électricité. L'accueil de ces productions intermittentes nécessite davantage d'intelligence dans la gestion des réseaux. En effet, La production photovoltaïque augmente très fortement sur les réseaux basse tension, générant des problèmes de tension, des déconnexions d'onduleurs et des pertes de production pour les usagers. De même le véhicule électrique va se généraliser entrainant un transfert de l'énergie thermique vers de l'énergie électrique puisée au niveau du réseau basse tension. Enfin de nouveaux usages tendent à apparaître et à se généraliser tels que les effacements ou les décalages de la consommation. Le réseau basse tension doit faire face à cette nouvelle donne. Or, cette partie du réseau était jusqu'alors tres peu monitorée et contrôlée car la centralisation de l'énergie n'en faisait pas une partie « active » du réseau. Désormais, la décentralisation de l'énergie en cours avec notamment le déploiement des microgrids connectés au réseau nécessite davantage de controle et de mesure ¹³.

4.2. Les opportunités offertes par les compteurs communicants

La complexité de l'architecture des réseaux basse tension est telle que la généralisation de moyens de mesure, comme cela est fait au niveau transport n'est pas envisageable. Or, chaque compteur communicant dont le rôle premier est la facturation de l'énergie aux consommateurs constitue de fait un point de mesure. Cette mesure, à condition qu'elle soit anonymisée et que les grandeurs nécessaires électriques soient accessibles sur une période très limitée peut être exploitée au service du réseau de distribution publique et, moyennant un traitement adapté via des technologies avancées du type « machine learning », peut permettre d'accroitre sa capacité à accueillir davantage de productions décentralisées ou de nouveaux usages tels que le véhicule électrique. C'est typiquement ce que proposent certaines start -up à fort contenu technologique qui allient des savoirs faire en réseau électrique, IoT (Internet of Things), et machine learning ¹⁴.

¹³ Microgrids: comment contribuent-ils à la transition énergétique. BOUTIN Véronique, FEASEL Mark, CUNIC Kevin, WILD Jean.

¹⁴ http://odit-e.com/

4.3. Craintes sur la confidentialité des données et les risques sanitaires supposés

Ces deux types de craintes sont souvent mélées.

4.3.1. Confidentialité des données

Les questions de l'accès aux données et du respect de la vie privée font l'objet d'une attention particulière dans tous les pays avec la Commission Nationale de l'Informatique et Liberté (CNIL) en France ou d'autres agences équivalentes en Europe l' Agencia Española de Proteccion de Datos (AEPD) en Espagne ou les Virtuelles Datenschutzbüro en Allemagne.

S'agissant des compteurs communicants, toutes les informations de comptage sont cryptées au niveau du compteur. Seul un index de consommation est envoyé au gestionnaire du réseau de distribution. L'information sur la courbe de charge n'est transmise au fournisseur d'énergie qu'avec le consentement exprès du client.

En France, la CNIL recommande que les courbes de charge ne soient pas collectées de façon systématique, mais uniquement lorsque cela est justifié par les nécessités de maintien du réseau ou lorsque l'usager en fait expressément la demande pour bénéficier de services particuliers.

4.3.2. Risques sanitaires

Deux points sont à souligner : l'envoi d'informations via le réseau électrique en CPL (courant porteurs en ligne) ne dure pas toute la journée, mais uniquement quelques secondes par jour ; le compteur envoie ses informations à un concentrateur, localisé dans les transformateurs du quartier, via les courants porteurs en ligne (CPL) le long des câbles électriques, et non par des ondes radioélectriques, comme les téléphones portables ou la connexion Wi-Fi.

En France, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a publié le 5 décembre 2016 son avis relatif à l'évaluation de l'exposition de la population aux champs électromagnétiques émis par les compteurs communicants , sur saisine de la direction générale de la Santé. Elle constate que « les niveaux d'exposition engendrés par les émissions sont très faibles vis-à-vis des valeurs limites réglementaires », que « les compteurs Linky, que ce soit en champ électrique ou magnétique, sont à l'origine d'une exposition comparable à celle d'autres équipements électriques déjà utilisés dans les foyers depuis de nombreuses années » et que « compte tenu des faibles niveaux d'exposition engendrés par les compteurs et concentrateurs, il est peu vraisemblable que ces appareils représentent un risque pour la santé à court ou long terme » .

5. Conclusion

Les compteurs communicants constituent un outil majeur au service de la transition énergétique. Outre la simplification évidente qu'ils représentent pour les opérateurs, ils permettent de piloter plus efficacement le réseau, d'intégrer de nouveaux moyens de production, de nouvelles formes de consommation et, surtout, ils permettent aux consommateurs de mieux connaître et donc de mieux

maîtriser leur consommation électrique. Le compteur communicant est un produit de grande qualité technologique, qui doit être utilisé de manière à profiter de tout son potentiel. Cet outil de comptage ne sera pleinement exploité qu'à la condition que les consommateurs se l'approprient, en comprennent le fonctionnement et les enjeux, et que les offres permettant l'exploitation des données de comptage se développent. C'est à cette condition que seront atteints les objectifs d'économie d'énergie et de meilleure fourniture d'énergie.