



**HAL**  
open science

## La blockchain à Barcelone on sait “ commun ” faire !

Maxime Malafosse, Amandine Pascal

► **To cite this version:**

Maxime Malafosse, Amandine Pascal. La blockchain à Barcelone on sait “ commun ” faire !. Recherche et Cas en Sciences de Gestion, 2022, 22 (2), pp.119-138. 10.3917/rcsg.022.0119 . hal-03891500

**HAL Id: hal-03891500**

**<https://hal.science/hal-03891500>**

Submitted on 6 Apr 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## ENONCE DU CAS

# La blockchain : à Barcelone on sait « commun » faire !

Maxime MALAFOSSE, Aix Marseille Université, LEST & CERGAM, Aix-en-Provence, France - [maxime.malafosse@univ-amu.fr](mailto:maxime.malafosse@univ-amu.fr)

Amandine PASCAL, Aix Marseille Université, InCIAM, CNRS, LEST, Aix-en-Provence, France - [amandine.pascal@univ-amu.fr](mailto:amandine.pascal@univ-amu.fr)

### Résumé :

Le mouvement citoyen des indignés du 15M de Barcelone a entraîné un basculement politique dans la ville. Dorénavant, la volonté de la municipalité est d'inclure les citoyens dans le processus démocratique et d'engager une politique économique centrée sur les communs. Dans ce contexte, cette étude de cas présente la stratégie digitale de la ville qui vise à redonner de la souveraineté numérique aux Barcelonais. Plus spécifiquement, elle présente le projet européen DECODE lancé pour déployer des communs de la donnée. Ce projet a permis de développer et d'expérimenter des technologies blockchains avec les citoyens afin qu'ils contrôlent le partage de leurs données personnelles. Ce cas vise donc à mieux comprendre comment des outils numériques décentralisés, qui reposent sur la technologie blockchain, peuvent favoriser la gestion des communs de la donnée à l'échelle d'une ville. Pour y répondre, trois projets pilotes expérimentés à Barcelone sont retenus : Digital Democracy and Data Commons, Citizens Internet of Things Data Governance et BarcelonaNow.

### Mots clés :

Commun – gouvernance - Blockchain - Smart City – DECODE-Barcelone

### Citation :

Malafosse, M. & Pascal, A. (2022). La blockchain: À Barcelone on sait « commun » faire !. *Recherche et Cas en Sciences de Gestion*, 22, 119-138. <https://doi.org/10.3917/rcsg.022.0119> ([hal-03425481](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03425481))

### Abstract :

The 15M citizens' movement in Barcelona has brought a political shift in the city. Now, the municipality intends to include the citizens in the democratic process and to engage an economic policy based on the commons. This case study presents the city's digital strategy that seeks to give back digital sovereignty to Barcelona's citizens. More specifically, it presents the European DECODE project launched to deploy data commons. This project has developed and experimented blockchain technologies with local citizens to let them control the sharing of their personal data. This case, therefore, aims at better understand how decentralized digital tools, based on blockchain technology, can foster the management of the data commons at the city scale. To answer this question, three pilot projects tested in Barcelona are selected : Digital Democracy and Data Commons, Citizens Internet of Things Data Governance and BarcelonaNow.

### Key words :

Commons - governance Blockchain - Smart city – DECODE-Barcelona

## Introduction

À Barcelone, le mouvement citoyen anti-austérité des indignés du 15 Mai 2011 (15M) qui scandait les slogans « nous sommes les 99% » ou encore « indignez-vous », a réuni des centaines de milliers de personnes dans des manifestations non violentes<sup>1</sup>. Ce sont les répercussions sociales de la mise en place des mesures d'austérités à la suite de la crise financière de 2008 qui ont révolté les citoyens. Ces derniers ont rejeté l'impasse politique qui leur était proposée et ont, lors des manifestations du 15M, mis en place des processus de réflexion démocratique afin d'engager une réforme profonde de la politique. Ce sont plus particulièrement les jeunes adultes ayant un niveau d'éducation élevé qui ont initié ce mouvement (Hughes, 2011). Morell (2012) met ainsi en évidence leurs liens étroits avec le mouvement de la culture du libre qui ont eu, selon cet auteur, un effet profond sur la généalogie du 15M en termes de composition, d'agenda, de cadrage et de logique organisationnelle.

Les acteurs de ce mouvement se sont fédérés et organisés grâce aux outils numériques. Cela a permis à ce mouvement de constituer une plateforme citoyenne qui s'est par la suite transformée en une liste citoyenne nommée *Barcelona en comú* (Barcelone en commun), qui a remporté en 2015 les élections municipales. *Barcelona en comú*, avec à sa tête Ada Colau devenue maire de Barcelone (reconduite en 2019), propose une politique qui replace les intérêts des citoyens au centre de ses actions. Le municipalisme mis en place par *Barcelona en comú* repose sur la préservation et la méthode des communs (cf. annexe 1 : classification des biens selon Ostrom

& annexe 2 : les huit principes d'Ostrom)<sup>2</sup>. Dans les faits, la politique des communs déployée à Barcelone a touché de multiples aspects de la ville et notamment son tourisme, son urbanisme ou encore son économie. Cette politique lui a également permis, ce qui est l'objet de ce cas, d'engager une transition vers une ville intelligente souveraine qui cherche à éviter l'écueil d'une utilisation abusive des données personnelles des citoyens à des fins de profits ou de contrôle. Pour y arriver, Barcelone a lancé des projets multipartenaires très innovants comme le projet Européen DECODE qui expérimente les technologies émergentes de type blockchain (cf. annexe 3 : description de la technologie blockchain & annexe 4 : tableau des fonctionnalités de la blockchain). Ce cas propose tout d'abord d'éclairer comment la nouvelle politique municipale de Barcelone place les communs au centre de sa stratégie. Ensuite, un focus est mis sur la stratégie digitale de la ville qui s'est notamment engagée sur la question de la gestion des données des citoyens. Enfin, le projet DECODE est détaillé afin de mieux saisir les dynamiques possibles entre citoyens et technologies émergentes dans l'optique de gérer les communs de la donnée.

### 1. FCB - Faire Communs Barcelone

En s'engageant dans une politique des communs, la ville de Barcelone cherche à préserver et à soutenir les communautés qui gèrent des communs mais aussi à engager des actions avec les citoyens de Barcelone pour en expérimenter et en produire de nouveaux. Le rôle de la ville de Barcelone est en particulier d'apporter les conditions nécessaires à l'émergence d'un modèle de production économique sur la base des communs.

---

<sup>1</sup> Deux liens vidéos peuvent être regardés en complément : DataGueule pour découvrir un témoignage sur le mouvement du 15M <https://www.youtube.com/watch?v=85uveWSk6Ig> / El Pais à l'occasion de l'anniversaire des 10 ans du mouvement du 15M [https://www.youtube.com/watch?v=-\\_2NbUSp\\_PU](https://www.youtube.com/watch?v=-_2NbUSp_PU)

<sup>2</sup> Afin de découvrir ce qu'est un commun, nous vous proposons de consulter les pages Wikipédia sur les communs et E. Ostrom [https://fr.wikipedia.org/wiki/Elinor\\_Ostrom](https://fr.wikipedia.org/wiki/Elinor_Ostrom) Dernier accès le 15/10/2021. Les annexes 1 et 2 viennent également préciser la notion et seront utiles à la réalisation du cas.

---

Pour faciliter cette démarche, la ville s'est notamment entourée d'académiques qui ont pu expliquer et guider la ville et ses citoyens<sup>3</sup>. Parmi eux, le théoricien des communs et professeur d'Harvard Yochai Benkler explicite certains principes sur lesquels les municipalités peuvent s'appuyer pour développer un modèle économique et politique durable et innovant. Ces principes comprennent :

- Un « maintien de la participation et de la transparence entre le gouvernement et ses citoyens »,
- Une stratégie de la ville face aux pouvoirs du marché afin de constituer « un contrepouvoir avec les citoyens regroupés et le soutien de leurs représentants publics pour un modèle de production viable et durable, en tension créative et en collaboration avec les acteurs du marché plutôt qu'en subordination ».
- Le développement de modèles de « partenariat public-commun<sup>4</sup> » avec « une participation continue et une collaboration active entre les institutions publiques et les communautés de pratique fondées sur le bien commun, pour corriger certaines des défaillances connues de l'administration publique (trop de technocratie) sans pour autant se replier sur une logique de marché qui prendrait tout en charge ».
- Un changement de mentalité pour ne plus concevoir l'être humain uniquement dans sa dimension individualiste et compétitive mais au contraire comme un « être humain honnête et coopératif ». La rencontre entre de telles personnes permettrait alors de « faire naître un sentiment de destin partagé, de respect et de soutien mutuel »<sup>5</sup>.

L'originalité du modèle économique de Barcelone « *tient particulièrement dans la municipalisation de l'économie du commun, c'est-à-dire la construction d'une économie publique municipale reconfigurée suivant la norme du commun, notamment en l'ouvrant aux communautés, aux associations et aux citoyens pour en faire les fournisseurs de services publics non étatiques* » (Sauvestre 2018, p.6). Ada Colau et son équipe ont ainsi lancé plusieurs politiques publiques de municipalisation des services de première nécessité. Elles consistent essentiellement « *en un retour à la gestion publique avec une dose de contrôle ou de participation citoyenne* » (Sauvetre, 2018, p. 6). Le retour à la gestion publique municipale de l'eau mettant fin au partenariat public-privé en vigueur jusqu'alors en est un exemple. Il vise essentiellement une baisse des tarifs de 10% et une participation citoyenne effective.

À Barcelone, la participation des citoyens a notamment été rendue possible par l'outil Decidim, fruit d'un partenariat Public-Commun. Decidim est une plateforme citoyenne développée en FLOSS (Free/Libre and Open Source Software) qui permet aux habitants de s'impliquer dans la gouvernance de la ville et les projets municipaux.

---

<sup>3</sup> <https://www.barcelona.cat/metropolis/en/dossier/digital-city> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>4</sup> « Les Partenariats Public Commun (PPC) offrent une autre conception institutionnelle qui nous permet de dépasser certaines des limites de l'approche binaire marché/État. Ils impliquent une copropriété entre les autorités publiques compétentes et une association, un groupe de commoners, ainsi qu'un gouvernement mixte auquel se joint une tiers partie spécifique, comme des syndicats et des experts du domaine concerné » source : <https://politiquesdescommuns.cc/outils/partenariat-public-communs> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>5</sup> Extrait traduit depuis le blog de la ville de Barcelone - [Digital city](https://www.barcelona.cat/metropolis/en/contents/imagined-community-practice-community) - From the imagined community to the practice community <https://www.barcelona.cat/metropolis/en/contents/imagined-community-practice-community> Dernier accès le 15/10/2021

---

« La plateforme a permis à des dizaines de milliers de citoyens de faire plus de 10 000 propositions de projets et de planification stratégique dans toute la ville, d'en débattre et de voter sur les propositions, qui comprennent une forme de budget participatif »<sup>6</sup>.

Ce projet est le premier projet phare d'une stratégie digitale que Barcelone a par la suite développée en se basant sur la politique des communs et qui comprend aujourd'hui de nombreuses autres facettes.

## 2. Fait GAFA Barcelone

La stratégie digitale de Barcelone s'inscrit dans la continuité des projets politiques de la nouvelle Maire de Barcelone de soutenir les communs. En octobre 2016, la vision portée par la ville de Barcelone a été qualifiée d'ouverte, équitable, circulaire et démocratique (Calzada, 2018b) car elle propose à ses habitants de reprendre le contrôle sur leurs outils digitaux. Barcelone s'est ainsi engagée à attribuer 70% des investissements dans le développement de ses nouveaux logiciels vers des solutions numériques libres et open source (Calzada, 2018b). Afin de créer des cercles vertueux, Barcelone a dorénavant la stratégie d'inclure ses citoyens, les petites et moyennes entreprises locales et les coopératives dans le développement de ses outils digitaux et dans leur gouvernance (Calzada, 2018b ; Rendueles et Subirats, 2016).

Pour appuyer cette démarche, la ville de Barcelone développe ainsi tout un écosystème logiciel en FLOSS qui propose :

« des services comme l'aide aux nouveaux citoyens, un portail d'information, un service de téléphonie mobile pour les citoyens, un nouveau calendrier des événements de la ville et des installations, un tableau de bord ville ouverte pour les citoyens, un portail de fournisseurs de technologie et un nouveau service d'identité numérique mobile »

(Calzada, 2018b, p. 12).

L'objectif d'une telle démarche pour la ville est de gagner en souveraineté digitale et de ne plus se rendre dépendante de technologies appartenant à des sociétés privées ou développées par un seul acteur étatique. Le financement du développement des outils numériques en FLOSS, comme Decidim, et l'implication de communautés de pratique dans leur développement et maintenance, permet que le projet financé par de l'argent public soit disponible gratuitement pour toute autre ville ou entité du gouvernement qui souhaiterait l'utiliser.

Un autre volet important de la stratégie digitale de Barcelone vise à redonner le contrôle des données aux citoyens. Pour ce faire, le programme « *Data Commons Barcelona* »<sup>7</sup> a été lancé en 2016. Ce programme digital ambitieux et expérimental d'une gestion éthique et responsable des données s'inscrit dans la continuité de la recherche de souveraineté

---

<sup>6</sup> Extrait traduit depuis le blog de la ville de Barcelone - [Digital city](https://www.barcelona.cat/metropolis/en/contents/imagined-community-practice-community) - From the imagined community to the practice community <https://www.barcelona.cat/metropolis/en/contents/imagined-community-practice-community> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>7</sup> Barcelona City Council, Plan Digital de Ayuntamiento de Barcelona: Medida de Gobierno de GestiónÉtica Responsable de Datos: Barcelona Data Commons. 2018. Available online: <http://ajuntament.barcelona.cat/digital/en/blog/ethical-and-responsible-data-management-barcelona-datacommons> Dernier accès le 15/10/2021

numérique<sup>8</sup>. Les *data commons* ou communs de la donnée sont définis par Francesca Bria, alors Directrice des Nouvelles Technologies et de l'Innovation à Barcelone, comme « *une ressource partagée qui permet aux citoyens de contribuer, d'accéder et d'utiliser les données - par exemple sur la*

---

*qualité de l'air, la mobilité ou la santé - comme un bien commun, sans restriction de droits de propriété intellectuelle* »<sup>9</sup>.

En soutenant ce programme, Barcelone a fait des choix stratégiques forts, qui placent l'éthique autour des données, la confidentialité, la transparence et les droits numériques au premier plan. Cette démarche, qui s'inscrit en conformité avec les dernières réglementations sur la protection des données (RGPD), place Barcelone comme la ville leader de la transition d'une ville intelligente à une ville expérimentale. L'ambition de la ville ne s'arrête pas là puisqu'en explicitant la démarche qu'elle a mise en œuvre et la rendant disponible à quiconque souhaitant en faire autant, Barcelone a établi une liste de bonnes pratiques technologiques éthiques et de standards digitaux pouvant être réemployés par d'autres villes.

Ce programme a été renforcé en 2018 avec le lancement du bureau d'analyse des données de la ville dont l'objectif est d'améliorer l'expertise et les services autour des données (Calzada, 2018b). Ici, comme le souligne Calzada (2018), les défis pour la municipalité de Barcelone étaient encore nombreux : briser les « *silos* » de données (améliorer leur agrégation), faire coopérer les différentes cultures de travail (méthode agile pour les prestataires externes vs bureaucratie publique en interne) et impliquer les petites et moyennes entreprises dans la résolution des problèmes de la ville.

### ***2.1. Pour une gouvernance des communs de la donnée***

Deux défis principaux ont motivé Barcelone à agir pour développer les communs de la donnée. Le premier défi relève d'un constat, celui d'une mauvaise ou d'une utilisation abusive des données. En effet, force est de constater que les individus n'ont pas de contrôle sur leurs données aussi bien à l'échelle individuelle, avec des données qui peuvent être très personnelles, qu'à l'échelle collective où les habitants manquent de leviers d'action sur les données publiques. Le deuxième défi concerne la valeur des données et est directement lié à leur sous-utilisation. Ici, c'est le potentiel des données que l'on cherche à révéler par l'agrégation avec d'autres données afin d'améliorer des services ou encore résoudre des problèmes complexes en apportant une grande diversité d'informations (Beckwith, Sherry et Prendergast, 2019). Jusqu'alors, l'organisation des données ne permettait en effet pas la circulation des données en toute confiance, créant de fait ces silos de données dont il était question précédemment.

Pour mieux comprendre les spécificités des communs de la donnée, la ville de Barcelone s'est appuyée sur diverses expérimentations menées à travers le monde qui visent la mise en commun de données dans un espace protégé. Ces expérimentations peuvent être regroupées en quatre grandes catégories et comprennent : la mise en commun de données académiques ou de recherche ; les projets qui lient données publiques et privées (mobilité, identité, finance) ;

---

<sup>8</sup> Définition et enjeux de la souveraineté numérique <https://www.vie-publique.fr/parole-d'expert/276125definition-et-enjeux-de-la-souverainete-numerique> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>9</sup> Article de presse – the guardian <https://www.theguardian.com/commentisfree/2018/apr/05/data-valuablecitizens-silicon-valley-barcelona> Dernier accès le 15/10/2021

les contributions personnelles pour des projets d'actions collectives (science citoyenne, activisme) ; ou encore les données personnelles à haute valeur pour les individus et rarement partagées (localisation, messagerie privée, santé) (Bass et Old, 2020). Ces expérimentations de communs de la donnée montrent qu'une mise en commun peut profiter à tous mais que du fait du degré de sensibilité des données qui peut varier, chaque catégorie, voire chaque expérience, doit appliquer des principes de gestion des données différents. Pour y parvenir et trouver le juste équilibre, des discussions collectives doivent aboutir à des accords de partage spécifiques et instaurer des mécanismes de gouvernance.

Fort de ces expérimentations, Barcelone a pris le parti d'ancrer ses projets de gouvernance des communs de la donnée dans les recherches sur les communs au sens d'Ostrom (1990). Ils ont

---

ainsi pu s'appuyer sur les principes de gouvernance collective des communs comme le montre le projet DECODE ci-après.

## **2.2. DECODE : expérimenter la blockchain pour les communs de la donnée<sup>10</sup>**

 Pour développer une gestion des données citoyennes adaptée aux enjeux actuels, le projet européen dénommé DECODE (DEcentralised Citizens Owned Data Ecosystem) a été porté de 2017 à 2019 par un consortium de quinze partenaires Européens dont les villes de Barcelone et Amsterdam, la fondation Nesta<sup>11</sup>, le CNRS ou Arduino<sup>23</sup> pour les plus connus. L'objectif de ce projet était de « *donner aux gens la propriété sur leurs données personnelles* ». Pour ce faire, ce projet propose de « *fournir des outils qui permettent aux individus de contrôler s'ils gardent leurs informations personnelles privées ou les partagent pour le bien public* »<sup>12</sup>. DECODE vise spécifiquement à créer des outils technologiques, juridiques et socio-économiques permettant aux utilisateurs de mieux contrôler leurs données et d'en retirer des avantages collectifs plus importants (Bass et Old, 2020). Ce projet a été porté par Francesca Bria, alors directrice des nouvelles technologies pour la ville (cf. annexe 5 interview de F. Bria).

Dans cette expérimentation, des solutions techniques ont été développées dans des projets pilotes. Les projets pilotes de DECODE montrent comment les différents types de communs de données impliquant des données personnelles peuvent être pris en charge, à l'aide de technologies émergentes et de méthodes de gouvernance communautaires. Ici, ce sont les architectures décentralisées qui ont été expérimentées dans une approche centrée sur la personne à travers une combinaison entre la technologie blockchain et la cryptographie<sup>13</sup>. En guise d'aboutissement, plusieurs systèmes d'information ont été développés à travers ces expérimentations - à découvrir sur la page outil du site web de DECODE<sup>14</sup> - qui comprennent « *une machine virtuelle cryptographique, une pile de chaînes de blocs, une application mobile modulaire pour accéder aux services en privé, un tableau de bord pour la visualisation des données et un scanner de passeport* ».

---

<sup>10</sup> Pour une découverte du projet DECODE, nous vous invitons consulter le site suivant : <https://www.decodeproject.eu/> et notamment à visionner la vidéo de présentation Dernier accès le 15/10/2021

<sup>11</sup> <http://www.nesta.org.uk> Dernier accès le 15/10/2021 <sup>23</sup>

<https://www.arduino.cc/> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>12</sup> <https://www.decodeproject.eu/> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>13</sup> Pour plus de détail sur les technologies mobilisées dans DECODE : <https://www.decodeproject.eu/sites/default/files/uploads/DECODE%20poster%20A0%20%281%29.pdf>

<sup>14</sup> <https://tools.decodeproject.eu/> Dernier accès le 15/10/2021

À Amsterdam, les pilotes ont proposé des Proof Of Concept (POC) sur l'utilisation des technologies blockchain pour améliorer l'identité décentralisée et les interactions sociales en ligne à travers l'Internet des Objets et l'économie du partage. À Barcelone, les pilotes se sont centrés sur l'utilisation expérimentale des technologies blockchain, en utilisant notamment les modules développés à Amsterdam, dans des situations réelles avec les citoyens locaux pour améliorer la démocratie ouverte, la gouvernance des données et l'Internet des Objets. L'objectif était alors de comprendre comment ces technologies émergentes pouvaient solutionner des problèmes locaux (démocratie, environnement, santé). Le projet a permis de mieux comprendre comment les citoyens peuvent s'approprier le potentiel des technologies blockchain et réagir en conséquence en prenant le contrôle sur leurs données personnelles.

En complément, ce projet a également proposé un nouveau cadre de gouvernance et exploré des modèles économiques innovants fondés sur les communs pour proposer une vision globale autour des communs de la donnée. Ces communs s'entendent alors comme « *tout système dans*

---

*lequel les individus peuvent librement fournir des informations ou des données tout en conservant une souveraineté collective effective sur celles-ci. En d'autres termes, conserver la capacité (réelle et effective) de décider avec qui les données sont partagées et dans quelles conditions » F. Bria -rapport DECODE-*

### 3. Les pilotes de Barcelone

La ville de Barcelone, parallèlement aux initiatives portées par Amsterdam, s'est plus particulièrement investie dans les projets de gouvernance démocratique. Plusieurs pilotes ont été menés (cf. annexe 6 et 7 synthèse et description schématique de ces différents pilotes) : le premier a testé la technologie DECODE dans le cadre d'un processus de consultation ouvert (Barcelone pilote 1) ; le second a engagé une communauté locale dans une expérience de déploiement de capteurs citoyens (Barcelone pilote 2) ; le dernier s'est attaché au développement d'un outil de visualisation des données (Barcelone pilote 3).



#### 3.1. Barcelone pilote 1 – Digital Democracy and Data Commons -DDDC

Le pilote DDDC<sup>15</sup> visait à construire un écosystème efficace et concret pour les communs de la donnée tout en testant une technologie émergente : la blockchain. Ce pilote, complémentaire à la plateforme de démocratie participative Decidim.org, est le fruit d'un projet participatif géré en mode agile. Plusieurs acteurs institutionnels et universitaires, des acteurs économiques et la société civile notamment à travers la communauté Metadecidim, ont cherché à imaginer collectivement une future politique des données. Ce pilote a notamment abouti au développement d'un module complémentaire à la plateforme Decidim. Le module nommé DECODE permet ainsi de signer les pétitions de manière anonyme via une application mobile mais toujours en conformité avec les exigences d'authentification, comme le lieu de résidence. Ainsi, « *ce nouveau système de pétitions citoyennes donne aux gens un contrôle plus granulaire sur leurs données. Il améliore la confidentialité (via l'application DECODE), permet le partage et la visualisation des données (via le tableau de bord*

---

<sup>15</sup> Pilote DDDC <https://dddc.decodeproject.eu/processes/main?locale=en> Dernier accès le 15/10/2021

*BCNOW) et la transparence (via le registre distribué DECODE). Le pilote a également ouvert un processus délibératif et participatif sur la politique et l'économie des données et sur la manière dont Barcelone pourrait constituer démocratiquement des communs de la donnée dans la ville »<sup>16</sup>.*

Les enseignements de ce pilote sont riches pour les communs de la donnée et ont permis la rédaction d'un manifeste<sup>17</sup> d'après les retours d'expérimentations. Ce pilote a notamment permis de mettre en évidence que l'engagement des individus est favorisé si on mélange participation en ligne et hors ligne par des ateliers, des délibérations et des sessions interactives par exemple. Cela a aussi été l'occasion de mettre en lumière quelques défis à surmonter, qui seront des éléments clés afin d'étendre la vision de DECODE à d'autres territoires. Il s'agit notamment de la difficulté de rendre le projet accessible et inclusif tout en maintenant son attractivité pour engager la participation des individus. De nombreuses questions restent aussi en suspens sur les implications juridiques du stockage décentralisé des données. En effet, la blockchain permet la décentralisation du pouvoir mais soulève de nouvelles questions quant à la manière dont les partenaires du commun doivent stocker ou utiliser les données partagées par

---

les participants ou les rendre disponibles sur les tableaux de bord, en particulier en l'absence de tout contrôleur central de données. L'ambition, à termes, du projet DECODE, est de donner aux participants individuels la possibilité technologique d'accorder ou de révoquer l'accès aux données d'une manière granulaire plus dynamique et flexible. En attendant, le « *Data Commons Privacy Pledge* » a permis d'engager tous les partenaires impliqués dans une pratique collective des communs pour qu'ils renforcent et respectent les pouvoirs des personnes concernées (utilisateurs) selon les principes du RGPD (en renforçant, par exemple, le droit de suppression).

Ce pilote a ainsi créé un précédent pour de nouveaux cadres juridiques et a contribué à la constitution d'un réseau local d'activistes sur l'éthique des données.

### ***3.2. Barcelone pilote 2 – Citizens Internet of Things Data Governance***

Ce deuxième projet pilote a proposé à un ensemble de citoyens volontaires, appelés pour l'occasion des smart citizens, de déployer des capteurs citoyens lowtech à l'intérieur de leur maison et dans leur quartier via un Smart Citizen Kit<sup>18</sup> fourni, et de les connecter à une plateforme de collecte de données qui mobilise la technologie blockchain. Ces capteurs environnementaux enregistrent des facteurs tels que le niveau de bruit et la pollution. Les résidents ont alors le choix de partager leurs données, préalablement anonymisées par la cryptographie, afin qu'elles soient analysées et affichées sur le panneau d'administration BCNNow (Pilote n°3). Des sessions ont été organisées pour former et soutenir les participants afin de les aider à configurer et à utiliser les capteurs pour collecter et analyser des données mais aussi pour qu'ils puissent mieux mobiliser les données récoltées afin d'influencer les décisions au niveau de la ville. « *Le pilote a abordé les défis techniques de la collecte et du stockage d'un flux de données captées par les citoyens, tout en permettant à ces citoyens de contrôler quelles informations sont partagées avec qui et dans quelles conditions. Cela a été*

---

<sup>16</sup> Description des Pilotes <https://decodeproject.eu/pilots> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>17</sup> Data commons manifesto <https://tecnopolitica.net/en/content/data-commons-manifesto> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>18</sup> <https://start.decode.smartcitizen.me/wizard/landing?lang=eng> Dernier accès le 15/10/2021

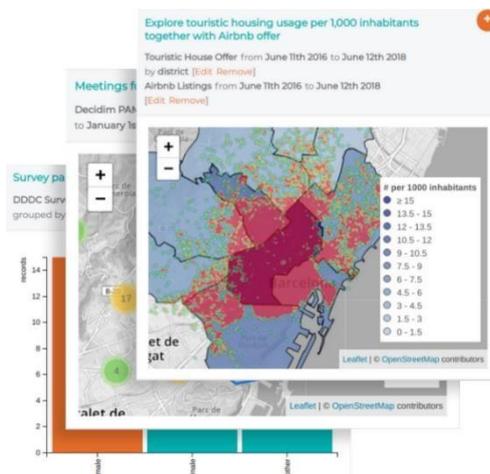
organisé en collaboration avec les organisations communautaires de Barcelone, Ideas for Change et le FabLab Barcelona »<sup>19</sup>.

Ce pilote a permis de mieux comprendre certaines attitudes à l'égard du partage de données et a fait évoluer certaines pratiques. La possibilité de visualiser les données en direct de leur habitat a aidé les participants à prendre des décisions quant à leur partage. Ces choix ont également été nourris par des discussions entre colocataires, amis ou voisins qui ont suscité des questionnements sur la confidentialité et les implications du partage de données sensibles. Constat a été fait également qu'il était plus facile pour les participants de partager leurs données lorsque les capteurs étaient à l'extérieur de leur maison et non dedans. D'autres observations ont révélé un changement d'état d'esprit des individus, passant de propriétaires de données individuelles à une conception de la propriété plus collective<sup>20</sup>. Enfin, les smart citizens se sont accordés pour dire que la dimension communautaire et civile devrait jouer un rôle plus central dans le partage de données afin d'influencer les actions de la ville : « les participants ont estimé que leurs données, une fois partagées, pourraient conduire à l'action et au plaidoyer pour le changement dans la ville, et aimeraient savoir comment entreprendre une action collective avec les données qu'ils ont collectées ».

Ce pilote démontre donc qu'il est possible, grâce à la technologie blockchain et à faibles coûts, d'impliquer les citoyens dans un projet de déploiements de capteurs individuels sur un territoire local. Ce projet a également montré qu'il est possible d'initier l'engagement des citoyens pour constituer des communs de la donnée fournis par ces capteurs. Quelques conditions de base

doivent être respectées : « il doit s'agir d'un processus inclusif et axé sur la communauté, nécessitant l'intégration des résidents locaux, une participation hors ligne et en ligne et une consultation impliquant à la fois les citoyens et les décideurs ». Ces conditions permettent ainsi aux citoyens de jouer un rôle actif dans la surveillance, la demande et la promotion de changements qui affectent leurs vies.

### 3.3. Barcelone pilote 3 – BarcelonaNow –BCNOW



L'outil BCNOW<sup>21</sup> décrit ici est transversal aux deux précédents pilotes et cherche à les valoriser. En effet, il s'appuie sur les données des pilotes 1 et 2 pour explorer de nouvelles manières de les mettre au service des smart citizens grâce à un tableau de bord en ligne open source qui s'intègre dans la vaste infrastructure de données de la ville. BCNOW cherche ainsi à maximiser la valeur des données par un outil de visualisation qui combine des données citoyennes anonymes et agrégées à des données publiées par le service numérique de la ville de Barcelone (Figure 1 et 2). L'objectif est ainsi de permettre aux citoyens de générer des connaissances susceptibles de relever des

<sup>19</sup> <https://www.decodeproject.eu/pilots> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>20</sup> Cf. DECODE IoT pilot Impact Assessment <https://decodeproject.eu/publications/final-report-barcelona-pilotsevaluations-barcelonanow-and-sustainability-plans> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>21</sup> BCNOW <http://bcnow.decodeproject.eu/dashboard.html> Dernier accès le 15/10/2021

défis urbains (comme la *Figure 1 – Exemples de visualisation de BCNOW pollution sonore*) de manière plus participative et

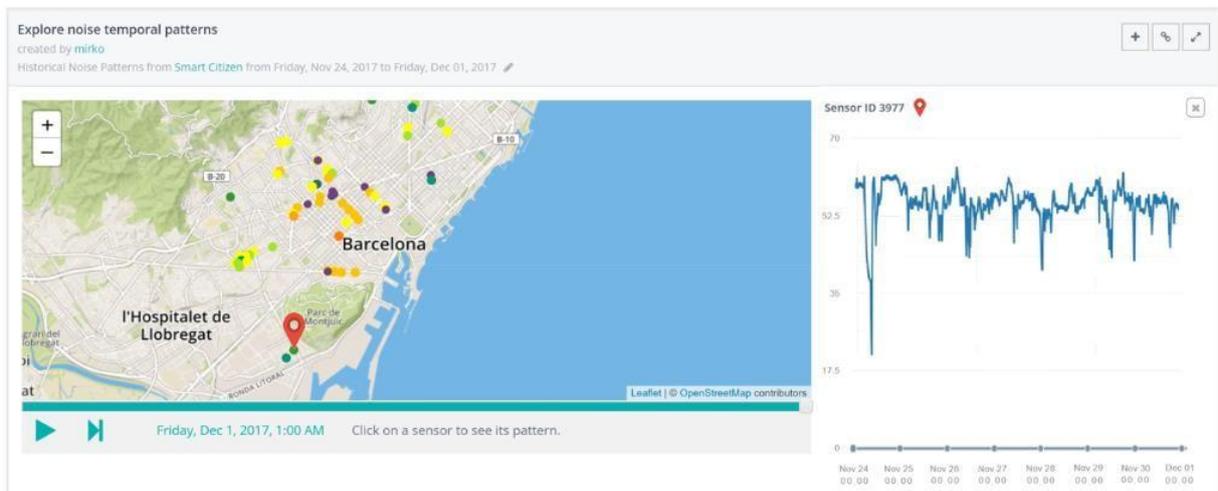


Figure 2 - Visualisation de BCNOW- A droite sur la carte les capteurs citoyens de pollution sonore, à gauche le détail des relevés d'un capteur. Extrait de Marras et al. (2018) démocratique.

### 3.4. Les technologies numériques du projet DECODE

Les technologies numériques développées dans le projet DECODE sont empreintes de convivialité et toujours accompagnées d'une riche documentation. Le projet DECODE repose sur des logiciels libres et open source, ce qui rend les codes sources immédiatement auditables et permet d'éviter toute dépendance vis-à-vis de logiciels propriétaires. Les outils numériques s'appuient également sur des applications et des normes largement utilisées, évaluées par des pairs et stables issues des traditions des logiciels libre. Le processus de développement est lui

---

aussi transparent, modulaire et conçu de sorte que tout développeur ait une expérience optimale qui lui permette de suivre le projet, le réparer facilement, constater ses évolutions et le récupérer en partie ou dans sa totalité. Fruit de ce processus, l'application pour smartphone DECODE est le point d'entrée pour l'utilisateur final. Derrière cette interface utilisateur, plusieurs fonctionnalités clés du projet DECODE sont proposées. Parmi elle, la fonctionnalité de portefeuille qui permet de stocker les clés cryptographiques et les informations d'identification d'après les attributs et en toute sécurité, d'exécuter les transactions DECODE (via les Smart Rules) dans la blockchain, et enfin de stocker, chiffrer et gérer ces attributs ou autres droits et applications directement via une interface graphique. Les participants ont donc accès en toute transparence aux personnes avec lesquelles ils ont partagé leurs données. L'application permet également aux participants d'interagir avec les smart rules.

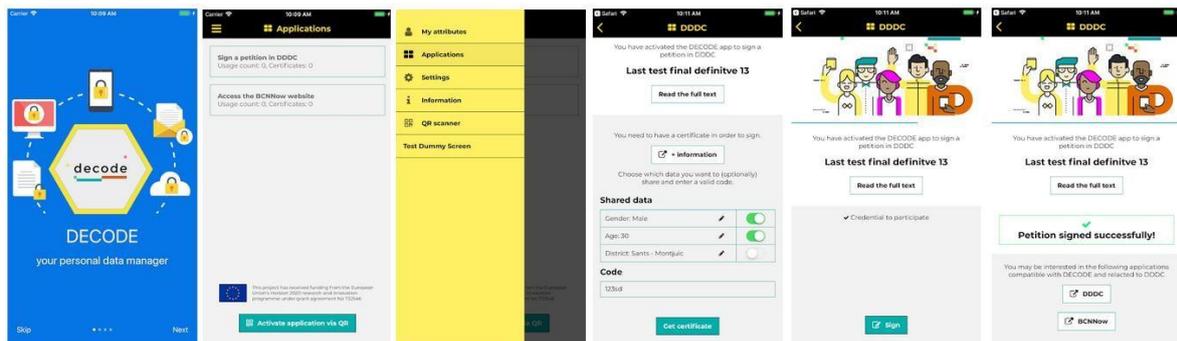


Figure 3 - Visualisation de l'application DECODE

L'architecture du projet (cf. annexe 8 - description schématique) permet plus spécifiquement de comprendre comment l'application interagit avec les autres éléments du projet DECODE. Parmi eux, DECODE OS<sup>22</sup> repose sur un système d'exploitation GNU+Linux et est conçu pour fonctionner sur des serveurs, des ordinateurs embarqués et des machines virtuelles afin de connecter automatiquement des micro-services à un cluster de réseau peer-to-peer privé et anonyme (notamment via Tor)<sup>23</sup>. En complément de DECODE OS, différents services ont été conçus de manières modulaires, robustes et selon les standards bien établis dans le monde UNIX, grâce aux pilotes évoqués préalablement. Ces services comprennent la mise en œuvre d'un système de calcul distribué, à travers l'implémentation d'un « *DECODE NODE* » qui est une unité d'environnement d'exécution contrôlée pour des smart rules.

Dans le projet DECODE, il n'y a donc pas, à proprement parlé, d'application monolithique mettant en œuvre des fonctionnalités blockchain dans un seul environnement d'exécution mais plutôt un minuscule environnement d'exécution sécurisé susceptible d'être intégré facilement dans une plateforme, une application, une puce ou une page Web. Cet environnement, nommé Zenroom<sup>24</sup>, permet d'authentifier, d'autoriser l'accès et d'exécuter des smart contracts lisibles par les individus pour les blockchains et pour les bases de données notamment. Zenroom aide à développer la cryptographie en la gardant simple, compréhensible et maintenable à travers le Zencode. Plus spécifiquement, c'est la blockchain Sawtooth proposée par le consortium Hyperledger de la Fondation Linux qui est utilisée comme base de registres distribués. Sawroom<sup>25</sup>, en tant que processeur de transaction qui intègre la machine virtuelle Zenroom, permet alors de faire le lien entre la blockchain Sawtooth et l'application DECODE (cf. annexe 9 - tableau récapitulatif).

## FINALEMENT

Loin des approches des villes intelligentes très techno-centrées, Barcelone a su profiter du mouvement des 15 M pour déployer une tout autre stratégie dans laquelle la souveraineté numérique est centrale. La municipalité a ainsi mis en place une stratégie digitale qui tout à la fois implique les citoyens pour répondre aux enjeux de souveraineté numérique et fait valoir leurs droits digitaux. Au final, le cas DECODE permet de mieux comprendre comment la théorie des communs peut être mobilisée, à l'échelle d'une ville, pour gérer les communs de la donnée. A l'avenir, les outils numériques décentralisés et la technologie blockchain pourraient jouer un rôle crucial, afin de favoriser le partage des données tout en respectant la

<sup>22</sup> <https://decodeproject.eu/publications/decode-os-first-release> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>23</sup> <https://decodeos.dyne.org/> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>24</sup> <https://zenroom.org/> Dernier accès le 15/10/2021

<sup>25</sup> <https://zenroom.org/sawroom/> Dernier accès le 15/10/2021

vie privée et les droits des citoyens. Ce cas invite à se questionner sur des problèmes encore peu explorés comme ceux de la souveraineté numérique, des communs ou encore du rôle des technologies émergentes du type blockchain dans ces contextes spécifiques.

## BIBLIOGRAPHIE

Barcelona en comu, Bookchin D. et Colau A. (2019), "Guide du municipalisme - barcelona en comu", Available at: [https://docs.eclm.fr/pdf\\_livre/409GuideDuMunicipalisme.pdf](https://docs.eclm.fr/pdf_livre/409GuideDuMunicipalisme.pdf) Dernier accès le 15/06/2021

Bass T. et Old R. (2020), DECODE - Common Knowledge Citizen-led data governance for better cities. Final European Commission project report 2020, European Union. Available at: <https://www.decodeproject.eu/publications/common-knowledge-citizen-led-data-governancebetter-cities>. Dernier accès le 15/06/2021

Beckwith R., Sherry J., Prendergast D. (2019) Data Flow in the Smart City: Open Data Versus the Commons. In: de Lange M., de Waal M. (eds) *The Hackable City*. Springer, Singapore, p. 205- 221.

Calzada, I. (2018). (Smart) citizens from data providers to decision-makers? The case study of Barcelona. *Sustainability*, 10(9), 3252.

Hughes, N. (2011). 'Young people took to the streets and all of a sudden all of the political parties got old': The 15M movement in Spain. *Social Movement Studies*, 10(4), 407-413.

Marras, M., Manca, M., Boratto, L., Fenu, G., et Laniado, D. (2018). Barcelonanow: Empowering citizens with interactive dashboards for urban data exploration. In Companion Proceedings of the The Web Conference 2018, 219-222.

Rendueles C. et Subirats J. (2016), Los (bienes) comunes:¿ oportunidad o espejismo?, Icaria Barcelona.

Sauvêtre P. (2018). « Le nouveau paradigme politique du commun à Barcelone et en Catalogne : un municipalisme des communs ». Issu de l'ouvrage collectif: *Vers une République des biens communs*, Coriat et al. , Paris, Les liens qui libèrent, 2018, chapitre 13, p. 185-194.

Eléments graphiques issues du rapport final de DECODE (sous licence Creative Commons)

Tous les rapports finaux de DECODE sont accessibles via <https://decodeproject.eu/publications> Dernier accès le 15/06/2021

### Annexe 1 : Classification des biens selon Ostrom (d'après Ostrom, 2010)

	Forte soustraitibilité de l'usage	Faible soustraitibilité de l'usage
<b>Forte difficulté pour exclure un bénéficiaire potentiel</b>	<b>Ressources communes</b> ( <i>common-pool resources</i> ) : systèmes d'irrigation, pêcheries, forêts, etc.	<b>Biens publics</b> : paix et sécurité d'une communauté, défense nationale, connaissance, service contre les incendies, prévisions météo etc.

<b>Faible difficulté pour exclure un bénéficiaire potentiel</b>	<b>Biens privés</b> : nourriture, vêtements, automobiles etc.	<b>Biens à barrière à l'entrée</b> (ou bien club) : théâtres, clubs privés, centre de soins de jour, etc.
---	---	---

### Annexe 2 : Les huit principes d'Ostrom (2010)

O1	La définition précise de l'objet de la communauté et de ses membres
O2	La cohérence entre les règles relatives à la ressource commune et la nature de celle-ci
O3	La participation des utilisateurs à la modification des règles opérationnelles qui gouvernent la ressource commune
O4	La surveillance de l'exploitation de la ressource commune par des individus, eux-mêmes responsables devant la communauté
O5	L'existence de sanctions graduelles en cas de non-respect des règles opérationnelles
O6	L'existence de mécanismes de résolution de conflits (avec un accès rapide et peu coûteux à des arènes locales)
O7	La reconnaissance du droit à l'auto-organisation par les autorités gouvernementales externes
O8	Dans le cas de grandes communautés, l'imbrication de plusieurs couches institutionnelles avec, à la base, de petites communautés locales.

### Annexe N°3 : Le fonctionnement général d'une blockchain (source : OPECST d'après Blockchain France).

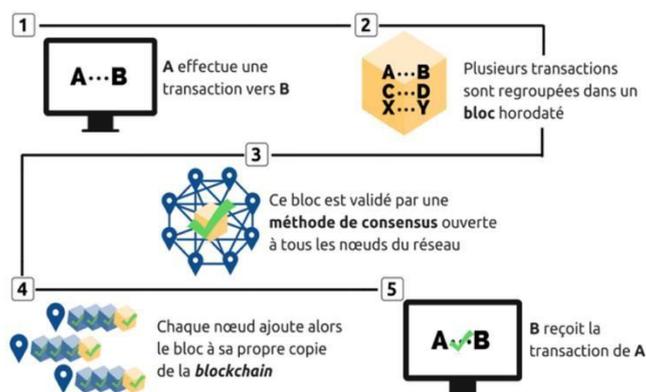
La blockchain est un système de registre distribué réparti entre des utilisateurs sans organe de contrôle central qui permet d'échanger des actifs uniques de manière sécurisée grâce à la cryptographie. Si vous n'êtes pas encore familier avec la technologie blockchain, nous vous recommandons de faire quelques recherches avant de commencer ce cas. Ces quelques vidéos pourront vous aider :

Arte – Reconnexion (7min) : <https://youtu.be/du34gPopY5Y>

Science Etonnante et Eureka (18min) : <https://youtu.be/du34gPopY5Y>

Xerfi Canal - Olivier Lasmoles (6min) : <https://youtu.be/gT6xGCUORuw>

TedX - Blockchain France (13min) : <https://youtu.be/JID9c-MABis>



**Annexe N°4 : Tableau des fonctionnalités de la blockchain d'après le modèle de Rozas et al. 2021**

Fonctionnalité de la blockchain	Description
(2) Tokenisation	Processus de transformation des droits d'effectuer une action sur un actif en un élément de données transférable, nommé token, sur la blockchain
(2) L'auto-exécution et la formalisation des règles	Processus d'intégration des règles organisationnelles sous la forme de contrats intelligents (Smart Contracts).
(3) L'autonomisation (DAO - Decentralized Autonomous Organization)	Processus de définition d'ensembles complexes de smart contracts qui permettent à plusieurs parties d'interagir les unes avec les autres, même sans interaction humaine.
(4) La décentralisation du pouvoir dans les infrastructures	Processus de de communautarisation de la propriété et du contrôle des artefacts technologiques utilisés par la communauté grâce à la décentralisation de l'infrastructure sur laquelle ils reposent -tels que les plates-formes de collaboration (et leurs serveurs) utilisées pour la coordination-.
(5) La transparence	Processus d'ouverture des processus organisationnels et des données associées en s'appuyant sur les propriétés de persistance et d'immuabilité des technologies blockchain.
(6) La codification de la confiance	Processus de codification d'un certain degré de confiance dans des systèmes qui facilitent les accords entre agents sans avoir besoin d'un tiers, tels que les accords fédéraux qui pourraient être établis entre différents groupes faisant partie de ces communautés.

**Annexe N°5 : Extraits d'un article de presse - Usbek & Rica Magazine « Bâtir des alternatives à Facebook est une urgence absolue » / Entretien avec Francesca Bria**

**Usbek & Rica : Vous avez été, ces quatre dernières années, commissaire à la technologie numérique et à l'innovation de la ville de Barcelone en Espagne. Votre ambition était-elle de faire de Barcelone une smart city ?**

**Francesca Bria :** À Barcelone, nous travaillons beaucoup à repenser la notion de smart city. D'habitude, quand on prononce le terme *smart city*, on pense à une ville high tech : notre imaginaire la connectivité, les données, l'intelligence artificielle, etc. La question de savoir pourquoi nous aurions besoin d'une smart city ne vient que dans un second temps. Dans le cas de Barcelone, nous souhaitons renverser cette notion de smart city, en plaçant la question des citoyens et de leurs préoccupations quotidiennes au premier plan. La question technologique passe après ; elle doit s'intégrer dans un processus démocratique pour aider à résoudre les problèmes auxquels sont confrontés les Barcelonais. En l'occurrence, ces problèmes sont ceux de l'accès au logement, de la mobilité verte et de la démocratie participative.

Notre définition de la smart city, c'est donc une ville où le futur se construit directement avec les citoyens. Cela passe nécessairement par l'inclusivité et la responsabilité des élus. C'est seulement si on s'empare de la technologie d'une manière démocratique qu'elle peut devenir une infrastructure et un outil véritablement puissants, au service des défis qui se posent pour tout le monde. La façon dont nous identifions ces défis est aussi très importante : nous ne le faisons pas de haut en bas mais en intégrant un dispositif de démocratie participative à grande échelle, avec 400 000 citoyens intégrés aux décisions politiques de la ville. C'est un mélange de processus en ligne et hors ligne.

La maire de Barcelone a créé un département entièrement dédié à la participation citoyenne, avec des personnes passant de quartier en quartier pour interroger les gens sur leurs priorités. Les résultats ont été intégrés à la plateforme en ligne Decidim Barcelona, qui est entièrement en open source et sous le contrôle des citoyens. Grâce à cela, nous avons pu récolter les données émanant de cette assemblée citoyenne, identifier les enjeux et finalement sélectionner les actions politiques à mettre en place : 70% des actions mises en place par la ville de Barcelone viennent ainsi des citoyens eux-mêmes. [...]

**D'une façon plus générale, vous évoquez régulièrement cette idée d'une transition entre « *Big Tech* » et « *Democratic Tech* ». Mais de telles technologies démocratiques peuvent-elles vraiment être implantées à une échelle nationale ?**

Oui, absolument ! La plateforme Decidim, bien que créée à Barcelone, est désormais utilisée par plus de 60 villes à travers le monde. Helsinki, par exemple, l'utilise de façon aussi intense que Barcelone, en l'appliquant aux décisions budgétaires de la ville et aux interactions entre citoyens et élus. En ce moment-même, Decidim est aussi testé par le gouvernement italien à l'échelle nationale.

[...] Il s'agit de construire une véritable alternative européenne aux plateformes commerciales qui se revendique de la participation citoyenne. [...] Il s'agit donc de créer des espaces où les citoyens peuvent se réunir en faisant respecter leurs droits fondamentaux, notamment le droit à la vie privée, et en créant des règles de participation où des fake news, par exemple, ne pourront pas survenir parce que le business model qui permet leur diffusion n'existe pas. C'est tout le problème des grandes plateformes comme Facebook aujourd'hui : elles se servent de nos données — et les manipulent — dans une visée commerciale. C'est exactement pour cela que les discours de haine et les fausses informations deviennent virales : parce qu'elles correspondent au fonctionnement commercial qui sous-tend le système. C'est une menace directe pour nos démocraties ; bâtir des alternatives est donc une urgence absolue.

**Vous dirigez également le projet DECODE, qui se concentre sur la question de la souveraineté des données en Europe. Le RGPD n'était-il qu'un premier pas ? Qu'est-ce que l'Europe peut faire de plus désormais ?**

La vraie question, désormais, c'est comment appliquer le RGPD. Il s'agit d'une excellente loi dans la mesure où elle nous permet de prendre conscience de nos droits fondamentaux à l'ère numérique. Elle parle merveilleusement bien de notre droit collectif à la protection des données, de notre droit à l'anonymat, de notre droit à l'information, etc. Elle reflète tout simplement la conception européenne de ces questions, qui est très différente de celle promue par les grandes plateformes américaines. Mais tout l'enjeu, désormais, est de passer de la régulation elle-même à l'implantation de cette régulation. Ce qui implique d'intégrer l'éthique, la sécurité et la vie privée by design, c'est-à-dire d'intégrer ces notions dès la conception même des systèmes numériques que nous utilisons.

Le projet DECODE a été initié par la Commission européenne pour s'assurer de la souveraineté des données des citoyens — du contrôle démocratique des données, pour faire simple. Nous avons donc développé une infrastructure décentralisée de stockage des données qui utilise la technologie blockchain ainsi qu'un protocole cryptographique. Cela passe par des systèmes cryptés à la fois très sophistiqués et simplifiés, pour que les citoyens puissent s'en emparer afin de protéger leurs droits. Avec ce mode de fonctionnement, les citoyens peuvent décider des données qu'ils souhaitent conserver en privé et de celles qu'ils veulent partager — avec qui, et sous quelles conditions. [...]

C'est un débat politique fondamental, qui est d'ailleurs en train de prendre de l'importance : Angela Merkel elle-même vient d'affirmer vouloir « *reprenre nos données de la Silicon Valley* ». C'est une question à la fois de géopolitique et de droits fondamentaux. La prise de conscience est là. Il nous faut maintenant bâtir une stratégie encore plus ambitieuse pour l'Europe, et mettre en place un écosystème d'organisation du numérique qui place la *privacy by design* et l'*ethics by design* au cœur de ses services. Il faut passer d'un système commercial à un système public, démocratique. Ce sont deux modèles diamétralement opposés pour le futur de nos sociétés.

***Annexe N°6 : Les différents livrables du projet DECODE (source : rapport final de***

**DECODE)**

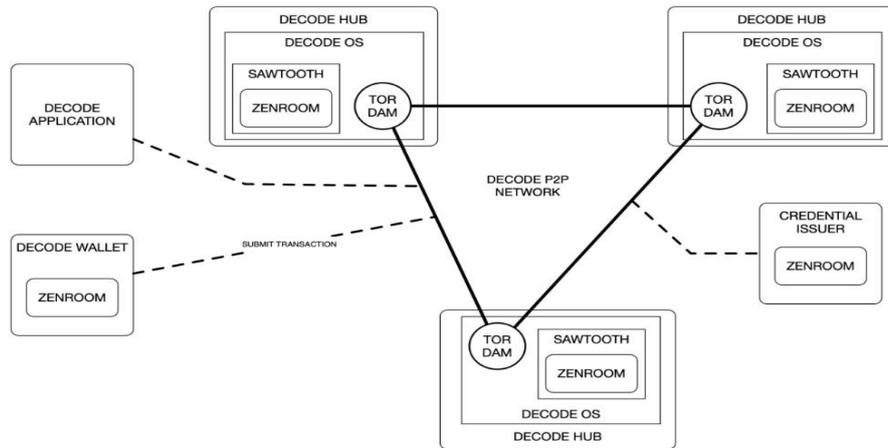
Three 'ready-to-implement' use cases for DECODE tools in cities:	Four key areas to support data commons approaches:
DECODE ABCs provide open standards for more robust identity systems that give users control and minimize data leakage.	Open, trustworthy digital infrastructure.
The DECODE-Decidim tool provides a ready-to-use app for more privacy preserving digital democracy applications.	Sensitivity to power imbalances between beneficiaries, contributors, data subjects, and those participating in governance.
Smart Citizen Kits, the DECODE onboarding site, and BarcelonaNow dashboard provide tools for community data commons for citizen science, integrating into the wider city data infrastructure.	Governance needs to be open and actively work to upskill those members of the community who cannot participate.
	Commons-based approaches need to align incentives to allow the commons to grow and be self-sustaining.

**Annexe N°7 : Description schématique des différents pilotes de Barcelone (source : rapport final de DECODE sur les évaluations des pilotes)**



**Annexe N°8 : Description schématique de l'architecture du projet DECODE**

*(source : rapport final de l'architecture DECODE)*



**Annexe N°9 : Tableau récapitulatif des différents éléments projet DECODE**

Éléments de DECODE	Fonctionnalités
Zencode / Zenroom	Environnement d'exécution
Chainspace / Sawtooth	Portefeuille distribué (Blockchain)
Coconut	Protocole cryptographique des informations d'identification d'après les attributs
Decode P2P Network	Validation
Decode OS	Exécution
Decode App	Stockage des clés, des attributs, visualisations et gestion des droits