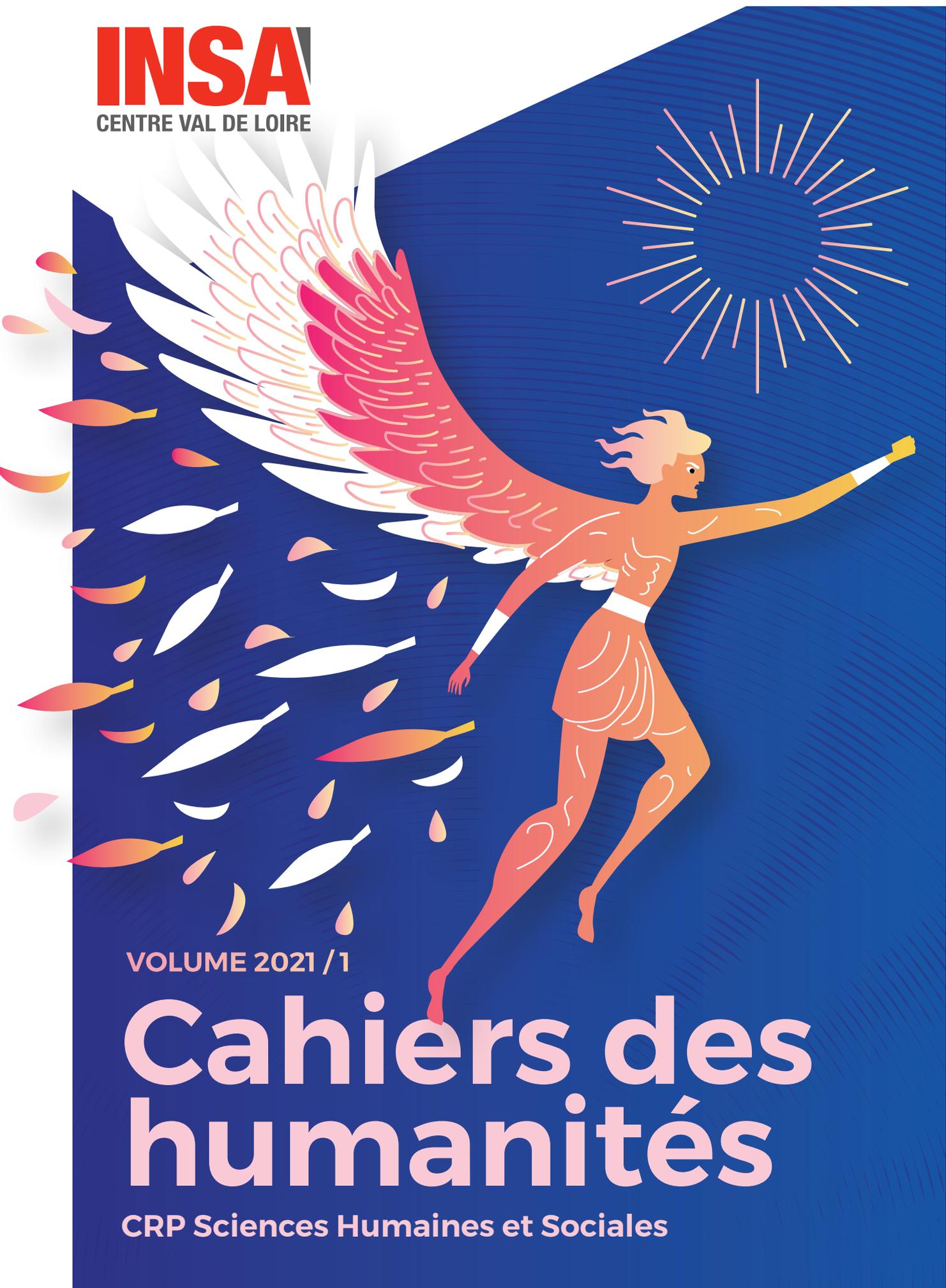


INSA
CENTRE VAL DE LOIRE



VOLUME 2021 / 1

Cahiers des humanités

CRP Sciences Humaines et Sociales

+ RAPPEL

La propriété intellectuelle

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, At accusam aliquyam diam diam dolore dolores duo eirmod eos erat, et nonumy sed tempor et et invidunt justo labore Stet clita ea et gubergren.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis

at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscin elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis.

At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, At accusam aliquyam diam diam dolore dolores duo eirmod eos erat, et nonumy sed tempor et et invidunt justo labore Stet clita ea et gubergren.

+ COORDINATION

Hervé DUCLOS & Mustapha BACHIRI, enseignants SHS

Edito

L'enseignement des Sciences Humaines & Sociales représente un socle important dans les cursus de formation à l'INSA Centre Val de Loire. L'enseignement apporte un complément indispensable aux futurs ingénieurs pour placer l'innovation, dont ils sont les principaux vecteurs, au cœur des préoccupations humaines. Il faut certes innover, mais il faut également questionner cette innovation par rapport aux besoins humains et par rapports aux différentes contraintes juridiques, économiques, géopolitiques, etc.

Le contenu des enseignements (cours, TD, films, documentaires, mini-projets, études-terrain, etc.) a été contextualisé pour rapprocher davantage nos élèves-ingénieurs de la réalité du terrain, notamment sur les contraintes qu'impose l'accélération numérique à tous les niveaux, sur l'importance de la prise en compte des impératifs actuels dans le processus d'innovation auquel nous formons les futurs ingénieurs (réchauffement climatique, érosion de la biodiversité, défis de la RSE pour les entreprises, etc.).

Les différents projets menés lors de la présente année universitaire ont également été conduits dans ce même esprit. Une liste des projets SHS réalisés par les élèves de 3^{ème} et 4^{ème} années (68 projets) est fournie dans le tableau suivant.

Sommaire

Edito	5
« Nous sommes en guerre », rhétorique martiale et pandémie	9
Les humanités pour affronter la complexité !	14
Christianisme et innovation	18
Les Modifications Génétiques	41
Cryptomonnaies et accélération numérique	56
Le télétravail, nouvelle organisation du travail ?	77

TABLEAU 1.

Liste des projets SHS (3A & 4A)

Projets	Niveau
1 Christianisme et innovation	4A MRI
2 Conservation et stockage des produits agricoles	4A MRI
3 Cryptomonnaies & accélération numérique	4A MRI
4 Freemium	4A MRI
5 Fusion nucléaire : Démarche d'accès aux innovations du chantier ITER	4A MRI
6 L'aquaponie	4A MRI
7 L'internet des objets	4A MRI
8 La deuxième vie des déchets organiques	4A MRI
9 La réalité virtuelle au service de la médecine	4A MRI
10 La végétalisation des milieux urbains	4A MRI
11 Le Biomimétisme	4A MRI
12 Le cœur artificiel	4A MRI
13 Le lanceur de balles de défense	4A MRI
14 Les Green Tech : secteur énergétique	4A MRI
15 Les innovations dans la gestion de la biodiversité	4A MRI
16 Les modifications génétiques	4A MRI
17 Les réseaux sociaux	4A MRI
18 Netflix	4A MRI
19 Le télétravail, nouvelle organisation du travail ?	4A MRI
20 La production du biogaz	4A MRI
21 La Smart Factory : Apport de la 5G et de l'IA	4A MRI
22 Le Smart Farming	4A MRI
23 Le Smart Water Management dans le secteur agricole	4A MRI
24 Utilisation de l'IA dans l'organisation de la R&D dans le domaine du sport	4A MRI
25 Ville autosuffisante et alimentation	4A MRI
26 Numériser les données de santé avec le Health Data Hub (HDH)	3A STI
27 Apprentissage à distance et enseignement supérieur	3A STI
28 Bug Bounty et hacking éthique	3A STI
29 Dark Data et Marketing	3A STI
30 IA et performande de l'entreprise	3A STI
31 IA et santé	3A STI
32 IoT dans le domaine médical	3A STI
33 L'avenir du télétravail	3A STI
34 L'informatique quantique	3A STI
35 La culture du viol	3A STI
36 La cybercriminalité	3A STI
37 La Data Governance	3A STI
38 La désobéissance civile	3A STI
39 La dysphorie de genre et le transsexualisme	3A STI

40 La face cachée des énergies vertes	3A STI
41 La Smart City	3A STI
42 Le bitcoin	3A STI
43 Le crédit social en Chine	3A STI
44 Le gigantisme naval	3A STI
45 Le marché des plateformes de jeux vidéo	3A STI
46 Les Hackers au service des Etats	3A STI
47 Réseaux sociaux & Data	3A STI
48 Technologies numériques et pandémies	3A STI
49 La gestion des débris et déchets spatiaux	3A MRI
50 Coloniser Mars	3A MRI
51 Données de santé : stockage, exploitation et sécurité, enjeux majeurs au XXI ^e siècle	3A MRI
52 Former les ingénieurs à la transition écologique	3A MRI
53 L'hydrogène, énergie d'avenir pour le transport ?	3A MRI
54 Les accidents aériens	3A MRI
55 Les Sport Utility Vehicle (SUV)	3A MRI
56 Se passer du plastique	3A MRI
57 Cryptomonnaies et sécurité	3A MRI
58 La virtualisation des données	3A MRI
59 L'inaction climatique	3A MRI
60 La convention citoyenne pour le climat	3A MRI
61 La politique agricole commune	3A MRI
62 Publicité et urgence écologique	3A MRI
63 Les déchets industriels	3A MRI
64 La Fabrication additive & industrie	3A MRI
65 L'industrie biomédicale	3A MRI
66 IoT & Industrie	3A MRI
67 Smart Industrial Parks	3A MRI
68 Transport dans la smart city	3A MRI

Enfin, les projets entrepreneuriaux ont permis d'initier les élèves de 5^{ème} année à la création de startups dans le même esprit. Si le contact avec le terrain a été rendu difficile avec les différents épisodes de confinement et restrictions, tous les moyens techniques ont été déployés pour maintenir un minimum de relations humaines avec les pilotes INSA mais également avec les marraines et parrains ainsi que les différents partenaires qui ont apporté leur pierre à l'édifice. Au total, 24 projets ont été réalisés dont cinq ont été primés par le Crédit Agricole partenaire de l'INSA CVL et de la Fondation INSA dans le cadre du concours «Osez Entreprendre». Il s'agit des projets F[H]AIR, LOCATOOLS, EASYDEL, VELOCAL et RUN'INNOVATION.

TABLEAU 2.

Liste des projets entrepreneuriaux (5A)

Startup	Idée du projet
1 ACCIFY	Prototype destiné à minimiser le temps d'intervention en cas d'accident de la route
2 AGRODOME	Production d'une tente de stockage et de conservation des fruits et légumes
3 CANALYSIO	Collier de serrage connecté destiné à détecter les fuites
4 Cltr Z	Gamme de vêtements à base de chanvre Marque de vêtements streetwear, éco-responsables et fabriqués en France.
5 DIGITAL DRIFT	Accompagnement digital des entreprises (formation et ressources)
6 EASYDEL	Commercialisation de beacons technologiques et de solutions pour assurer la sécurité des livraisons
7 ELECTROCANE	Canne intelligente avec bracelet connecté pour personnes malvoyantes
8 ETRAVEL	Appli pour construire des parcours séjours avec itinéraires
9 F[H]AIR	Fabrication de produits textiles isolants à base de cheveux
10 FAST & CLEAR	Produit « BDSC » (borne désinfectante sans contact)
11 FLASH POWER	Location de batteries power bank
12 GLOFIT	Production de gants et matériel sportif connectés
13 LES MONDES DE GARGANN	Plateforme de jeu en ligne
14 LOCATOOLS	Box de location d'outillage
15 RUN'INNOVATION	Short de course multifonctions
16 SECURI'TEACH	Formation à la sécurité informatique
17 UP DECO	Revalorisation des pneus en objets de décoration
18 UTOPIA'S	Application et service de restauration
19 VELOCAL	Application dédiée au cyclotourisme au Berry
20 WALDO	Système de géolocalisation d'objets
21 WASH-EE	Wash-ee est un produit(robot) éducatif pour apprendre aux enfants à se laver correctement les mains de manière ludique et écologique.
22 WEM	Application de navigation GPS
23 WeRfit	Réseau social sportif
24 YACKA	Solution de covoiturage

Le présent Cahier des Humanités a donc pour finalité de valoriser les projets réalisés par nos élèves-ingénieurs et créer une véritable émulation qui place l'innovation au cœur du processus d'apprentissage tout en apportant un regard critique apporté par les SHS. Quatre projets SHS ont ainsi été sélectionnés pour cette première parution.

Le Cahier se veut également un espace d'expression et d'échange ouvert également à l'équipe pédagogique de l'institut afin d'ouvrir des débats autour des enjeux de la formation des ingénieurs dans un contexte particulièrement turbulent.

« Nous sommes en guerre », rhétorique martiale et pandémie

Hervé DUCLOS

« Nous sommes en guerre, en guerre sanitaire certes. Nous ne luttons ni contre une armée ni contre une autre nation, mais l'ennemi est là, invisible, insaisissable, et qui progresse. Et cela requiert notre mobilisation générale. Nous sommes en guerre »

Cet extrait de l'allocution tenue le 16 mars 2020 par le président de la République Emmanuel Macron avec sa tonalité martiale peut nous interpeller par le ton grave donné au discours. Le vocabulaire utilisé n'a pas manqué de frapper les esprits dès la première mise en œuvre de l'état d'urgence sanitaire par le gouvernement. Le président de la République Emmanuel Macron n'est pas le premier à utiliser le champ lexical de la guerre, d'autres avant lui confrontés à des agressions extérieures, à des crises de nature insurrectionnelle, terroriste, ont emprunté au vocabulaire militaire des notions qui ont donné une interprétation des événements intimement liée à leur époque. Cependant, les dernières déclarations permettent de restituer les paroles gouvernementales dans un contexte d'évolutions majeures de la conflictualité.

La guerre est parfois présentée comme l'adjuvant nécessaire à l'émergence des Etats-Nations. Soit qu'un pouvoir central hégémonique cherche à maîtriser un territoire par conquêtes successives (modèle français de la construction de l'Etat-Nation de 843 au XX^{ème} siècle), soit que la guerre soit au contraire une occasion d'unifier face à un ennemi présenté comme commun un peuple dispersé par l'Histoire (modèle allemand d'émergence de l'Etat-Nation allemand¹ qui trouve son dénouement en 1871).

Du point de vue des relations internationales, la stabilité étatique est le levain pétri par les belligérants à la recherche d'un ordre international conforme à leurs intérêts après un épisode de violence paroxystique. On parle ainsi de l'ordre Westphalien² qui met en sommeil les conflits religieux en Europe à partir de 1648. On évoque aussi l'ordre international et l'équilibre de la terreur - lié à la maîtrise du nucléaire - après la guerre de trente ans³ (1914-1945) ayant ensanglanté l'Europe et le monde. Les guerres coloniales se sont ensuite résolues très souvent par l'apparition de nouveaux Etats calqués sur le modèle occidental dans les colonies libérées. La guerre est pourtant une notion définie avec difficulté y compris par les juristes en droit international qui préfèrent l'expression de « conflit armé » ou de « différends ». L'étymologie ne nous aide pas davantage puisque l'origine française « werra » assimilable à une querelle ne permet pas d'aboutir à une meilleure caractérisation. Finalement ce sont ceux qui la vivent dans leur chair qui sans aucun doute sont à même de l'évoquer avec le plus de vérité.

Toujours est-il que l'on se réfère dans bien des cas à la vision de Carl Von Clausewitz⁴ d'où l'on retient l'expression célèbre : « la guerre est une simple continuation de la politique par d'autres moyens ». Cette vision instrumentale des conflits armés cache derrière sa simplicité une profondeur d'analyse que nous ne ferons qu'évoquer ici tant l'œuvre de Clausewitz est dense. Retenons que selon ses observations, des invariants peuvent être repérés dans toute guerre, ce que lui-même appelait une « étonnante trinité » :

¹ La notion d'Etat Nation est à prendre avec précaution en 1871 car des peuples non germanophones sont englobés dans l'Empire Allemand.

² Les traités de Westphalie du 24 septembre 1648 mettent fin à 30 ans de guerres européennes sur fond de religion ; ils consacrent le premier ordre international par la reconnaissance mutuelle des frontières

³ Charles de Gaulle, discours à la Radio de Londres 17 septembre 1941

⁴ Carl Von Clausewitz, « De la guerre » ; 1832

- La violence originelle de son élément, la haine et l'animosité
- Le jeu des probabilités et du hasard qui montre que malgré tous les efforts des stratégies elle ne relève pas du pur calcul
- Sa nature d'instrument de la politique qui en fait un domaine de l'entendement pur malgré tout.

On le voit, cette définition, très classique, nous éloigne du discours adressé aux français, le 16 mars 2020. Le président, d'ailleurs, se garde bien de toute assimilation malvenue, il ajoute aussitôt : « une guerre non contre une nation mais contre un ennemi invisible... ».

Alors quel sens donner à ce vocable dans la bouche d'un chef de l'Etat qui ne laisse rien au hasard dans ses allocutions ? En filigrane, on peut y voir une autre conception de la guerre intimement liée à l'Histoire de France et la naissance de la République. En 1792 eu lieu la bataille de Valmy qui opposa la France révolutionnaire à l'armée prussienne. La victoire française fut décisive pour la suite de la période révolutionnaire. En effet, elle construisit une légitimité fondamentale pour la toute récente Convention Nationale qui s'en trouva revigorée. Valmy fut célébrée comme la victoire de la mobilisation des citoyens et les débuts de la conscription. Les troupes prussiennes furent même impressionnées par l'enthousiasme des soldats révolutionnaires. Cet épisode fondateur de la Nation résonne sans doute dans le vocabulaire militaire employé lors du discours d'Emmanuel Macron. C'est donc une conception de la guerre assimilable à la levée en masse révolutionnaire, à un épisode mythifié de communion nationale que l'on se réfère. On confirmera cette vision des événements par les expressions qui par la suite se sont développées au sujet de la mobilisation contre la pandémie : première ligne, deuxième ligne, hommages aux soignants, injonction à « tenir » etc...

On rejoint ainsi une forme de sacralisation du pouvoir présidentiel matérialisée par l'article 15 de la Constitution de la V^{ème} République faisant du président le chef des armées avec toute la charge symbolique que cela suppose. D'autres présidents, confrontés à la guerre ont interprété celle-ci avec leurs propres références reflétant leurs parcours politique et parfois militaire à une époque donnée. Quelques exemples éclairants sans viser à l'exhaustivité, nous permettent d'interpréter la compréhension que certains chefs de l'Etat pouvaient avoir de ce terme.

Le Général de Gaulle, présenté comme le « père » de la V^{ème} République fut rappelé en 1958 pour dénouer la crise coloniale et les tensions délétères qui embrasaient l'Algérie française.

On parlait d'ailleurs plus volontiers « d'évènements » pour minimiser une crise majeure annonçant ou plutôt confirmant la désagrégation de l'empire français. Pourtant dès cette époque le Général de Gaulle confronté à une forme de guerre très différente des deux conflits mondiaux en eut une compréhension profonde. Alors qu'il fut lui-même acteur des confrontations de puissance de nature Clausewitzienne dès 1914 et à nouveau à compter de 1939, il comprit la nature spécifique de la guerre d'Algérie. Celle dernière annonçait en définitive l'avènement des conflits modernes mus à la fois par des dynamiques locales et internationales et déplaçant la conflictualité sur le terrain des revendications sociétales plus que des compétitions entre Etats. La formule historique « Je vous ai compris »⁵ ouvrant la voie à l'autodétermination illustre parfaitement cette compréhension du conflit comme étant l'expression de revendications portées par des groupes sociaux et non d'une compétition de puissance interétatique portée à son paroxysme. Le général de Gaulle se garde bien d'employer le terme de « guerre » dans son allocution alors que lors de l'appel du 18 juin 1940 celui-ci revient à quatre reprises. Le fait est que De Gaulle n'a jamais revêtu simplement les habits du Général, c'était un politique à la manœuvre et sa méfiance à l'égard de l'Armée manifestée très tôt ne s'est jamais démentie par la suite. Plus fondamentalement et pour en revenir au changement de nature des conflits, il perçoit sans doute avant beaucoup de ses contemporains que le moteur de la revendication Algérienne est aussi religieux. Il s'agit de mobiliser toute une population colonisée par ce qui la relie : l'Islam. La figure du Moudjahid (combattant de la Foi) se construisit aussi dans les rangs des soldats du FLN⁶.

Ministre de l'intérieur durant la guerre d'Algérie, François Mitterrand, né en 1916, forgé par les récits traumatiques de la Grande Guerre fut blessé intimement par la débâcle de 1940 alors qu'il était sergent. Il est fait prisonnier et entretient par la suite une relation trouble avec l'administration de Vichy⁷.

⁵ Prononcée lors de l'allocution du 4 juin 1958 à Alger, elle a fait l'objet de multiples interprétations. Une des plus vraisemblables était que De Gaulle demandait simplement le silence à la foule venue l'acclamer !

⁶ La Charte de Tripoli de 1962 proposée par le FLN pour organiser l'après-indépendance marie discours marxiste et religieux. L'Islam est ainsi présenté « l'Islam, débarrassé de toutes les excroissances et superstitions qui l'ont étouffé ou altéré, doit se traduire, en plus de la religion en tant que telle, dans ces deux facteurs essentiels : la culture et la personnalité. »

⁷ Pierre Péan, « Une jeunesse française, François Mitterrand 1934-1947 » ; Fayard-1994

On distingue généralement deux périodes dans la vision mitterrandienne des conflits :

1981-1990 : Marquée par la guerre froide, la dislocation de l'URSS, la question nucléaire, il s'est agi de faire des Etats-Unis notre allié. François Mitterrand accepte une alliance militaire géographiquement limitée à l'Europe (pour éviter d'être entraîné dans des conflits lointains). C'est le développement d'une vision réaliste de la scène mondiale liée au statut de superpuissance des Etats-Unis. Mais c'est aussi une relation ambivalente car les Etats-Unis étaient une puissance envahissante à tenir à distance afin de permettre la construction européenne, rempart contre la guerre. Plus profondément, il était fondamental de rassurer le gouvernement de Ronald Reagan inquiet de voir arriver un « socialiste » au pouvoir en lui donnant des signes de bonne volonté.

1991-1995 : la menace nucléaire passe derrière les manœuvres plus conventionnelles dans des conflits armés complexes tels que la désintégration de la Yougoslavie (1991-2001), l'invasion du Koweït (Août 1990). L'époque est la démonstration que la France n'a plus les moyens d'agir seule et la logique d'indépendance de la France laisse la place à une prise en compte de l'interdépendance, caractéristique centrale de la mondialisation contemporaine. La crise koweïtienne est l'occasion pour la France de prendre conscience que les coalitions sont nécessaires mais, position délicate, elle ne peut pas non plus s'aligner sur les positions américaines et leur croisade contre l'axe du mal.

L'allocution de François Mitterrand lue devant le parlement le 16 janvier 1991 par Laurent Fabius⁸ trace la stratégie française. Le terme de « guerre » n'est prononcé qu'une seule fois et encore pour la fustiger « Le peuple français qui en connaît le prix, hait la guerre ». Cela entre en résonance frappante avec le discours de Dominique de Villepin aux Nations-Unies prononcé plus tard dans un autre contexte et sur lequel nous reviendrons. Ici se dessine la vision d'un ordre international sous l'empire du droit. Les références au cadre juridique des Nations-Unies et de la constitution française sont nombreuses. L'engagement de la France ne se fera pas dans un contexte de haine et de violence mais dans une volonté de défendre le camp du droit contre la politique de l'agression et du fait accompli. Le droit des peuples à disposer d'eux-mêmes est évoqué dans une formule très onusienne destinée à bien démontrer que c'est une guerre juste qui est conduite avec toute la prudence nécessaire. François Mitterrand, même s'il reste convaincu du rôle à tenir par la France sur la scène internationale n'en est pas moins conscient des limites du pays qui s'avère dans cette phase de la mondialisation post guerre-froide une puissance moyenne. La légitimation de la France du fait de sa place au conseil de sécurité, son attachement au droit international correspondent d'ailleurs à la vision développée de la construction européenne. Conçue aussi comme un moyen de maîtriser l'Allemagne dont il avait prévu la réunification, non sans crainte, elle fait du règne du droit la pierre angulaire des relations internationales.

Le rapport à la guerre du **Président Jacques Chirac** a été marqué par l'embrasement au Moyen-Orient dont François Mitterrand avait été le témoin. Le pacifisme et la posture très Gaullienne d'indépendance conduisent au refus de suivre les Etats-Unis dans l'intervention en Irak programmée à partir de 2003.

Dans le célèbre discours tenu par Dominique de Villepin aux Nations-Unies le 14 février 2003, c'est l'affirmation du rôle du diplomate plus que du soldat qui ressort. La diplomatie consiste à savoir dialoguer avec ses ennemis. Le mot guerre est souligné comme la « sanction d'un échec ». On entre ici directement en contradiction avec la doctrine Bush de « guerre préventive » totalement étrangère au chapitre VII de la charte de l'ONU⁹. En réponse à l'interventionnisme américain toujours profondément ancré dans la destinée manifeste que ce pays se prête, Dominique de Villepin oppose l'histoire d'un continent qui a connu la barbarie guerrière.

On retiendra bien sûr ce pacifisme assumé et ce rejet de la guerre comme un des grands moments de la présidence de Jacques Chirac. Preuve d'indépendance d'un Gaulliste convaincu ? Certainement, mais l'identification au Général de Gaulle a ses limites car le président Chirac a su aussi pointer la responsabilité de la France dans la déportation des juifs de France. Le discours prononcé le 16 juillet 1995¹⁰ rompt avec la tradition du camp Gaulliste qui est de faire du régime de Vichy un épisode de non-droit étranger à la légitimité d'un pouvoir effectif déplacé à Londres. Le mot « guerre » n'est pas prononcé mais à vrai dire ce n'est pas l'objet de cette allocution qui se veut aussi portée sur les dynamiques de haine et de rejet qui se manifestent alors en Europe, au cœur des Balkans.

⁸ Message de M. François Mitterrand, Président de la République, adressé à la Nation à la suite de l'expiration de l'ultimatum contre l'Irak, Paris, le 16 janvier 1991. Disponible en ligne ; URL <https://www.vie-publique.fr/discours/136493-message-de-m-francois-mitterrand-president-de-la-republique-adresse>

⁹ Ce chapitre de la Charte traite des actions en cas de menace contre la paix, de rupture de la paix et d'acte d'agression

¹⁰ Discours de Jacques Chirac prononcé le 16 juillet 1995 lors de la cérémonie commémorant la rafle du Vel d'hiv du 16 et 17 juillet 1942 ; disponible en ligne URL <https://www.lefigaro.fr/politique/le-scan/2014/03/27/25001-20140327ARTFIG00092-le-discours-de-jacques-chirac-au-vel-d-hiv-en-1995.php>

Dans le prolongement de l'embrasement du Moyen-Orient, François Hollande, tiendra quant à lui une allocution devant le Parlement réuni en congrès le 16 novembre 2015, soit quelques jours après les attentats ayant ensanglanté Paris. Le terme de guerre est prononcé dès la première phrase. Cependant, il fallait désamorcer un piège tendu par l'organisation terroriste impliquée. Rappelons que la guerre telle que définie plus haut par Clausewitz représente une continuation de la politique, une confrontation entre Etats essentiellement. Or reconnaître que nous sommes en guerre conduit à reconnaître un adversaire de nature étatique ou quasi étatique. C'est précisément ce que cherchait Daesh qui avait fait de l'ancrage territorial, de la création d'un Califat marqué géographiquement une de ses spécificités. Le discours est alors infléchi par la suite avec prudence :

« Ceux qui ont voulu meurtrir [le pays] en frappant délibérément des innocents sont des lâches qui ont tiré sur une foule désarmée, si bien que nous ne sommes pas engagés dans une guerre de civilisation, parce que ces assassins n'en représentent aucune. Nous sommes dans une guerre contre le terrorisme djihadiste qui menace le monde entier et pas seulement la France »¹¹.

La guerre de civilisation désamorcée par la première phrase fait référence au titre de l'article puis du livre de Samuel Huntington intitulé « le choc des civilisations » en 1993¹². Ce dernier prophétise pour les décennies à venir une vague de conflits basée sur des dynamiques « culturelles » et non plus idéologiques (XX^{ème} siècle) ou entre Princes et Empereurs (de Westphalie à la Révolution française). Reconnaître Daesh comme émanation d'une civilisation c'est en quelque sorte leur accorder l'onction qu'ils réclament leur conférant autorité et légitimité. Le défilé dans Paris qui suivra sera marqué par l'interculturalité déniant en quelque sorte tout « clash des civilisations »

Revenons à la présidence actuelle. La France est confrontée à la guerre, de nouveau, mais dans son environnement lointain. Les opérations menées à l'ouest du Sahel qualifiées d'opérations extérieures (Opex) voient ressurgir le vocabulaire martial mais dans un contexte nouveau. La déclaration de M. Emmanuel Macron, sur l'OTAN et la politique de défense, prononcée à Londres le 4 décembre 2019 pose 3 piliers à la stratégie de défense. Parmi ceux-ci, la question de la définition des finalités et modalités de la défense collective des membres de l'OTAN conduit le président à demander « qui est l'ennemi » ? La question n'a rien d'anodin car elle traduit la complexité du champ actuel de la guerre. Le rideau de fer des idéologies identifié par Churchill serait-il remplacé par le rideau de velours des idéologies comme l'affirme Huntington ? Rien n'est moins sûr et en tous les cas il faut être prudent. La définition de l'ennemi, de l'hostis a toujours été très structurante pour la construction étatique. De la même façon qu'une identité permet de nous définir dans notre rapport aux autres, la désignation de l'ennemi a permis de forger à plusieurs moments de l'Histoire un sentiment d'unité sur lequel l'Etat peut s'appuyer pour assoir la cohésion et s'affirmer comme détenteur du monopole de la violence légitime. Le trouble vient de ce qu'à cette question simple on ne répond qu'avec une affirmation en apparence simple : l'ennemi contemporain est le terrorisme. Emmanuel Macron caractérise cet ennemi par sa volonté de « tuer nos concitoyens sans volonté de négociation ». On s'éloigne donc de la pensée de Clausewitz, du duo formé par le diplomate et le soldat qui structure classiquement l'ordre international. Le diplomate et le soldat personnifient l'Etat. Le terrorisme propose une allégeance identitaire, religieuse éloignée du lien de citoyenneté. Les conflits contemporains ne sont pas la rencontre belliqueuse d'intérêts nationaux mais plutôt le fruit d'entrepreneurs de violence souvent insaisissables, méconnus, qui adressent tout autant leur message de haine et de violence à leurs voisins immédiats qu'à leur étranger lointain. La violence n'est plus un instrument de continuation de la politique mais une fin en soi permettant la survie de seigneurs de guerre qui en font leur raison de vivre. Les groupes terroristes parviennent à créer un lien social parmi leurs membres alors que l'Etat souvent effondré qui constitue leur ferment d'origine ne produit plus ni sécurité, ni solidarité.

On comprend donc toute la difficulté pour un président qui n'a connu de son vivant aucun conflit interétatique sur son territoire contrairement à certains de ses prédécesseurs et qui se trouve confronté à des menaces diffuses, variées dans leurs formes et aux contours stratégiques incertains : *cyber guerre*, *guerre hybride*, *guerre de l'information* sont autant de concepts apparus récemment dans les analyses de la conflictualité. Le cadre d'action de l'ONU comme de l'OTAN est en décalage progressif face à cela.

¹¹ Message du Président de la République au Parlement-16 novembre 2015

¹² Samuel Huntington, « The clash of civilizations » ; Foreign Affairs, summer 1993

L'utilisation marquée du registre guerrier dans la pandémie actuelle vient davantage brouiller les cartes. L'épidémie de Covid-19 est un objet géopolitique, c'est certain. On y retrouve les actions d'Etats s'appuyant sur la course aux remèdes pour affirmer leur puissance en termes de recherche, d'industrie, de logistique et de cohésion nationale. Il faut toutefois veiller aux dangers et limites des stratégies de tension et de la posture martiale. Les tensions que nous traversons peuvent être instrumentalisées par la propagation de fausses nouvelles. Les épisodes pandémiques sont propices aux déstabilisations politiques et au relâchement du lien entre les citoyens et les autorités.

C'est une guerre dans la guerre sur laquelle les acteurs étatiques et non-étatiques méfiants à l'égard de l'occident portent leur intérêt. Le moteur de la guerre contemporaine, celle du faible face au fort, réside souvent dans la volonté de trouver ou de reconquérir un honneur perdu du fait d'humiliations réelles ou ressenties. C'est ce que Pierre Hassner qualifiait dans un recueil d'articles paru en 2019 « la revanche des passions ». On sait combien elles reposent en partie sur l'irrationnel et donc l'absence de prévisibilité. Nous entrons de plain-pied dans un brouillard stratégique qu'il faudra éclairer avec toutes les lumières de la raison et du dialogue. Rendons à Mars ce qui lui appartient et utilisons la rhétorique martiale avec toute la prudence nécessaire.

Les humanités pour affronter la complexité !

Mustapha BACHIRI

Introduction

Il est courant d'entendre des élèves-ingénieurs se plaindre de perdre leur temps dans certains modules enseignés en école d'ingénieur. Dans l'une des répliques sur l'étude des facteurs de démotivation quant au choix de filière, l'un des élèves-ingénieurs avait précisé qu'il est démotivé par des matières qui n'ont pas de rapport direct avec la spécialité choisie, en l'occurrence la sécurité informatique. Ce dilemme exprime bien l'une des manifestations de la complexité de la relation entre les sciences dites exactes et les humanités dans les cursus universitaires d'une manière générale. Ce « conflit » ne date pas d'aujourd'hui mais dure depuis bien longtemps.

Rappelons que le métier d'ingénieur nécessite l'acquisition de compétences variées pour occuper différentes fonctions (supervision technique, développement de projets, etc.). À ce titre, la maîtrise des connaissances techniques est une condition certes nécessaire, mais pas suffisante. L'accélération technologique nécessite une « humanisation » de l'approche, depuis la conception de solutions jusqu'à l'implémentation et l'évaluation. L'innovation doit d'abord servir à répondre à des besoins humains. Résoudre des problèmes humains doit donc se faire sur la base de critères extra-technologiques : l'innovation pour qui ? Pourquoi ?

L'exécution des fonctions d'ingénierie nécessite l'acquisition de compétences supplémentaires que seules les Sciences Humaines & Sociales permettent de fournir (management des ressources humaines, éthique, communication interculturelle, etc.). Dans un contexte mondialisé, ces compétences sont de plus en plus sollicitées.

La formation d'ingénieurs doit ainsi répondre à un double défi : l'accélération technologique (numérique, IA, etc.) et la nécessité de prendre en compte les exigences croissantes de l'impact de l'innovation sur l'activité humaine et plus particulièrement sur l'avenir du monde (réchauffement climatique, éthique, etc.). Il ne s'agit donc pas d'apprendre des outils académiques mais bien plus que cela, de véritables humanités pour retrouver le facteur humain dans les questions technologiques.

Quelle est donc la place des humanités dans la formation d'ingénieurs ?

L'enseignement des SHS s'est d'abord focalisé sur les humanités dans le sens large, avant que l'évolution du contexte mondial pousse à un changement de paradigme (I). Le but étant de d'adapter la formation d'ingénieurs pour mieux gérer la complexité croissante du contexte d'exercice de ce métier (II).

Des humanités aux sciences humaines et sociales

La relation entre l'ingénierie et les sciences humaines et sociales n'a pas toujours été évidente. D'une simple extension du capital cognitif, les SHS sont devenues un véritable levier de réflexion qui permet de donner un sens aux sciences de l'ingénieur.

L'enseignement des humanités dans les écoles d'ingénieurs

Les humanités couvrent un large éventail de disciplines, notamment les langues, modernes et classiques, la littérature, l'histoire, etc. Elles rendent compte de l'importance de l'étude de la diversité du patrimoine humain, des traditions, de l'histoire dans la compréhension de la vie humaine.

Les premières écoles d'ingénieurs avaient inscrit l'enseignement des humanités dans la tradition idéaliste des Lumières. Le but étant alors de permettre aux futures élites de la Nation de tenir un rôle social en maîtrisant les codes linguistiques et culturels de la classe dirigeante.

Au XIX^e siècle, la formation traditionnelle s'est progressivement orientée vers l'étude de langues anciennes et de textes classiques. Le façonnage des élites, dont le corps des ingénieurs de l'Etat, passait par une formation littéraire dans les humanités. Cette formation cherchait à développer chez la future élite une aisance en société qui leur permettait d'intégrer les classes dirigeantes. Cela la confortait également dans sa supériorité intellectuelle.

Au XX^e siècle, l'enseignement des humanités s'est davantage développé dans les écoles d'ingénieurs à positionnement généraliste. Ces écoles cherchaient avant tout à valoriser leurs formations et à marquer l'appartenance de leurs diplômés à des professions socialement prestigieuses.

En parallèle, les activités des ingénieurs se sont progressivement orientées vers la production marchande. L'enseignement des humanités devait alors s'élargir pour tenir compte des réalités et contraintes économiques et sociales dans le métier d'ingénieur.

Vers un enseignement SHS

Certaines écoles d'ingénieurs avaient intégré dès le XIX^e siècle des enseignements juridiques et d'économie politique et industrielle. Les ingénieurs des ponts et chaussées, par exemple, devaient concilier la qualité des ouvrages réalisés, destinés aux services de l'Etat, aux exigences économiques et sociales.

Au XX^e siècle, l'enseignement s'est élargi pour inclure de nouvelles contraintes qui ont émergé avec la grande dépression des années 1930. Des cours de management des entreprises et de direction des hommes ont ainsi fait leur apparition dans les cursus des écoles d'ingénieurs.

Aujourd'hui encore, l'impact de l'ingénieur sur la société est mis en évidence à travers l'évolution du contenu de formation pour prendre en compte les nouveaux défis auxquels l'humanité est confrontée. Ces deux dernières décennies ont été particulièrement marquées par l'apparition de nouvelles contraintes qui se sont imposées jusqu'en formation d'ingénieurs : le réchauffement climatique, les questions éthiques, l'accélération numérique, la multiculturalité, etc.

Les SHS cherchent à améliorer, chez les élèves-ingénieurs, la compréhension de la condition humaine, à élargir les références culturelles et à fournir un système de valeurs permettant de contextualiser les compétences scientifiques et techniques.

Apport des SHS à la formation d'ingénieurs

Si les compétences fournies par les SHS sont présentes dans le métier d'ingénieur, leur apport reste largement sous-estimé.

Quelles compétences pour quels débouchés ?

Le contexte mondial actuel est marqué par l'apparition de nouveaux défis qui modifient notre façon de produire, de consommer, etc. L'introduction de nouveaux produits s'accélère, la digitalisation également. La flexibilité devient alors un enjeu capital pour l'activité économique. L'apparition de nouveaux modèles économiques (économie circulaire, économie du partage, etc.), la transformation des chaînes de valeur mondiales, les nouvelles exigences de soutenabilité, d'économie de matière et d'énergie, entre autres, constituent autant de défis pour la formation d'ingénieurs. Investir dans une usine par exemple et la faire fonctionner dépasse largement le cadre conventionnel qui a prévalu jusqu'à aujourd'hui. En plus de la prise en compte des opportunités, mais aussi des risques apportés par l'internet des objets (IoT) et l'intelligence artificielle, des compétences nouvelles sont sollicitées chez l'ingénieur en plus des compétences techniques, telles que la créativité, la flexibilité, etc.

Quatre différents niveaux de compétences peuvent ainsi être distingués :

- Soft Skills : Initiatives, intégrité, professionnalisme, relations humaines, adaptabilité, flexibilité, fiabilité, humanisme, éthique, culture, responsabilité, etc.
- Compétences académiques : pensée analytique et critique, compétences scientifiques et technologiques, mathématiques et informatique, maîtrise de l'écrit, de la parole et de divers types de communication, etc.
- Compétences métiers : anticipation, créativité, innovation, modélisation, résolution de problèmes, gestion de projet, interdisciplinarité, planification, organisation, prouesses technologiques, management, relation client, etc.

- Compétences techniques : conception, fabrication, gestion de l'incertitude, qualités professionnelles éthiques et humaines, réglementation, sécurité, contrôle qualité et programmes, maintenance prédictive, soutenabilité, économie, etc.

Par conséquent, les humanités, loin d'être une discipline limitée à un niveau de compétence donné, sont bien présentes à tous les niveaux.

L'apport des enseignements liés aux SHS

Dans un environnement de plus en plus complexe et de plus en plus incertain, les « besoins scientifiques » de la société évoluent.

Les SHS apportent d'abord une compréhension de ces besoins. A titre d'exemple, la crise pandémique de 2020 a fait naître de nouveaux besoins qui imposent une évolution du mode de gouvernance sanitaire mondiale. Innover dans le domaine médical doit nécessairement prendre en compte les besoins de la société en matière de biodiversité, de réactivité à l'apparition de toute maladie (agir localement et alerter globalement). Cela passe également par la mise en place de solutions permettant de gérer la data qui en découle.

Les SHS ouvrent ainsi une fenêtre pour la compréhension de la nature humaine. La richesse du contenu offre des voies d'amélioration de la pensée créative. Darwin disait que c'est bien l'apport de l'économiste Malthus sur l'évolution de la population en parallèle avec la production, qui l'avait inspiré dans sa théorie de l'évolution.

En aval, les SHS permettent d'apprécier l'impact de la science et de la technologie sur la qualité de vie humaine. Elles dotent les élèves ingénieurs de compétences nécessaires pour mener une réflexion autocritique favorisant l'adaptabilité et l'auto-apprentissage tout au long de leur carrière professionnelle. Les connaissances scientifiques sont alors davantage enrichies.

Un autre apport non négligeable des SHS est celui de la communication. Les SHS ouvrent la voie au développement d'une intelligence collective facilitée par la communication et la capacité à travailler avec les autres. Avec la mondialisation, ces compétences sont de plus en plus déterminantes dans la réussite professionnelle, notamment à l'international (langues, interculturalité, etc.).

Conclusion

Il est certes difficile pour un élève-ingénieur, en début de cursus, de saisir l'opportunité de suivre les enseignements dans les humanités. La prise de conscience de leur importance se fait au fur et à mesure qu'il est sollicité pour résoudre des problèmes cruciaux. Concevoir des solutions sur l'usage de l'IoT dans l'industrie par exemple, ne peut se faire sans tenir compte des contraintes économiques, juridiques, éthiques, etc. De plus, l'évolution de la carrière professionnelle vers des métiers d'encadrement et de direction exige plus de compétences humaines que techniques (encadrement d'équipes, conduite du changement, interculturalité, etc.).

Les défis auxquels le monde est confronté aujourd'hui impose une plus grande ouverture de l'ingénierie aux sciences humaines et sociales. Comment alors concilier dans ces enseignements, d'un côté, la nécessité d'adapter les futurs ingénieurs à la réalité économique et sociale du moment et, de l'autre, l'humanisation et l'émancipation chères au modèle hérité des Lumières ?

Christianisme et innovation

BAINIER Emma, CABON Zoé, REY Robin

Département / Année : Maîtrise des Risques Industriels
Année universitaire 2020/2021
Promotion 2022

Pilote : Professeur Hervé DUCLOS

RÉSUMÉ

Ce rapport traite du lien étroit qui existe entre la religion chrétienne et les innovations, qu'elles soient scientifiques, artistiques ou culturelles. La dialectique entretenue au cours des siècles entre les différents types d'innovations et les dogmes ou enseignements de l'Eglise conduit à appréhender plusieurs périodes allant des origines du christianisme au XXIème siècle.

MOTS CLÉS : Christianisme ; Innovation ; Religion ; Progrès ; Histoire

ABSTRACT

In the minds of many, scientific discoveries and, more generally, innovations have very often come into conflict with traditional beliefs, which have tried to maintain their influence over the people. But if one actually analyses history, it is easy to doubt the truthfulness of this common idea because certain discoveries have helped the Church in expanding its influence.

This report therefore attempts to assess to what extent the deployment of the main centers of innovation have accompanied or hindered the Christian tradition. To do this, it tries to find out what are the different innovations, and especially the different scientists, that have opposed the Church. To be fair, it also exposes the many benefits and positive developments that these same innovations have brought to Catholicism, before highlighting that these two statements are not necessarily contradictory, but that they evolve in a fragile harmony.

After several centuries of undisputed knowledge and power, the Church had to face innovations that went against its dogmas and questioned its legitimacy. The heliocentrism thesis defended by Galileo as well as Darwin's theory of evolution are good examples. In fact, these findings went against the Bible because they questioned the creationist theory, basis of the representation of God as the Creator. The Church initially banned these findings and punished those who spread them, then supported them when the opposition threatened to shake its power. Eventually, religious power gradually lost its grip on the people due to changing customs.

However, from its various conflicts with science, and many other important innovations, the Christian religion has managed to take advantage of certain technological and cultural revolutions that developed, especially during the Middle Ages and the Renaissance. Thanks to these, it has been able to push back the boundaries of its power and influence throughout the world, especially in the Middle East, while strengthening its authority in Europe with major projects. For example, the printing press allowed the spreading of the Bible, and architecture made it possible to build impressive religious buildings. Likewise, technologies such as radio, television or mobile applications were quickly adopted by representatives of religions to communicate on a large scale.

Nowadays, the Church supports science and affirms that faith and reason must not oppose. Moreover, Christianity is becoming more of a set of guidelines to be followed and adapted to one's individuality than a strict and universal rule to be complied to in order to have access to paradise. Thus, it no longer seeks to conquer territories and convert the faithless, but to open up to the world and all its inhabitants, regardless of their cultural and religious background. Far from the power dynamics of the Middle Ages, Christianity asserts itself today as flexible and dedicated to helping current citizens in their search for meaning in a complex society, without imposing itself as essential. Therefore, Christianity is slowly coming out of judgment and moving away from the crude words of the sacred texts to become more spiritual : the Church now encourages its followers to take a step back from the Bible and to nourish their individual reflection. In conclusion, innovations, especially those brought by science, and religion grow together, by accepting and helping each other.

REMERCIEMENTS

Bien que ce projet soit un travail d'étudiants, nous souhaitons ici rendre hommage et exprimer notre gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à sa réalisation et à son aboutissement :

Vincent MAKI, chargé de la vérification de la synthèse d'anglais, qui, en plus de son travail lors du confinement, continue à exercer ses devoirs avec une grande exemplarité.

Oriane ATOUI, qui s'est portée volontaire pour jeter un œil lors de la vérification de notre synthèse en anglais, afin de surveiller qu'il n'y ait plus aucune faute pour rendre le travail plus professionnel.

Nous tenons également à témoigner notre reconnaissance au Professeur Hervé DUCLOS, enseignant des sciences humaines et sociales à l'Institut National des Sciences Appliquées Centre Val de Loire, pour les conseils judicieux qu'il a su nous donner tout au long de ce projet.

Sans lui ce travail n'aurait probablement pas vu le jour. Sa confiance, ses conseils pertinents, son regard opérationnel critique ont guidé ce travail jusqu'au bout. Nous l'en remercions tout particulièrement.

GLOSSAIRE

Ancien Régime : période de l'histoire de France antérieure à la Révolution française (de 1789).

Ancien Testament : ensemble des écrits de la Bible antérieurs à la vie de Jésus-Christ, pour les chrétiens.

Aristote (-384, -322) : philosophe et savant grec.

Ascalon : ville maritime d'Israël.

Autodafé : cérémonie de pénitence publique organisée par le tribunal de l'Inquisition. Les condamnés étaient parfois envoyés au bûcher, d'où le sens actuel "action de détruire par le feu".

Basilique : Église consacrée à un culte particulièrement vénéré.

Bioéthique : étude des problèmes éthiques posés par les avancées en matière de biologie et de médecine.

Bulles pontificales : édit papal ; lettres papales munies de ce sceau.

Calendrier julien : calendrier établi par ordre de Jules César, et qui créa la notion d'année bissextile.

Capital physique : ensemble des biens de production que possèdent les entreprises et qui leur sert à produire des biens ou des services.

Carême : période de dévotion à Dieu associée à une alternance de jours de jeûne complet et de jours d'abstinence (jours maigres) d'une durée de quarante jours.

Cathédrale : Église où se trouve le siège de l'évêque.

Chaire : place de professeur dans une université, et par extension dans une grande école ou un établissement d'enseignement supérieur.

Concordat : Accord fait entre le pape et un État souverain pour régler les rapports entre cet État et l'Église.

Concordisme : système d'exégèse consistant à interpréter les textes sacrés d'une religion de façon qu'ils ne soient pas contradictoires avec les connaissances scientifiques d'une époque.

Corinthiens : habitants de l'ancienne cité de Corinthe en Grèce antique.

Dans le vide (absence de friction), deux objets lâchés de la même hauteur, en chute libre, tombent en même temps, peu importe leur masse (kg).

Dogme : vérité indiscutable définie par l'autorité compétente et objet de foi.

Dominicain : relatif à l'ordre religieux.

Donatello (1386-1466) : sculpteur florentin de la Haute-Renaissance.

Ecclésiastique : qui a rapport à l'Église, au clergé.

Écritures de la Bible : paroles écrites et dites par les saints hommes de Dieu.

Ère médiévale : période historique située entre l'Antiquité et la Renaissance, de 476 (chute de l'Empire romain d'Occident) à 1453 (chute de l'Empire romain d'Orient) ou 1492 (découverte de l'Amérique par Christophe Colomb).

Eschatologique : discours sur la fin du monde ou la fin des temps.

Fonctions sacerdotales : fonctions d'un prêtre.

Galilée (1564-1642) : mathématicien, géomètre, physicien et astronome italien.

Genèse : récit des origines selon le christianisme, il commence par la création du monde, œuvre de Dieu, suivie d'une narration relatant la création du premier couple humain.

Géocentrisme : conception du monde plaçant la terre au centre de l'univers.

Grand schisme : séparation des Églises d'Orient et d'Occident.

Haute-Renaissance : période artistique qui poursuit la Renaissance.

Héliocentrisme : théorie scientifique qui place le Soleil au centre du système de planètes comprenant la Terre.

Hérésie : façon de voir, de penser et d'agir contraire à la doctrine établie, et aux dogmes officiels.

Index : liste d'ouvrages jugés immoraux, contraires à la doctrine de l'Église et interdits aux catholiques.

Innovation : changement dans un système, dans une collectivité, dans une façon de procéder.

Johannes Gutenberg (1400-1468) : inventeur de l'imprimerie.

Josué : successeur de Moïse en tant que chef des Israélites.

Journée mondiale de la jeunesse : événement organisé par l'Église catholique rassemblant des jeunes catholiques du monde entier.

Jugement dernier : selon certaines religions, le jour où se manifestera aux humains le jugement de Dieu sur leurs actes, leurs paroles et leurs intentions.

La Commune de Paris : gouvernement entre 1789 et 1795.

La Convention nationale : régime politique entre 1792 et 1795.

Léonard De Vinci (1452-1519) : homme d'esprit universel, artiste, ingénieur et scientifique, connu pour La Joconde.

LGBT+ : sigle utilisé pour qualifier les personnes lesbiennes, gays, bisexuelles et transgenres. Il s'étend aujourd'hui à l'ensemble de la communauté "queer", c'est-à-dire les personnes qui se sentent différentes de la norme en termes d'orientations sexuelle et de genre. C'est pourquoi il inclut par exemple les personnes intersexes et asexuelles.

L'incorruptibilité des cieux : selon l'astronomie antique (aristotélécienne) le monde supralunaire est composé de sphères parfaites régulières, incorruptibles.

Louis Pasteur (1822-1895) : chimiste et microbiologiste connu pour son vaccin contre la rage.

Malleus Maleficarum : Marteau des sorcières, est un traité des dominicains Heinrich Kramer et Jacob Sprenger, publié à Strasbourg vers 1486. Ce texte est utilisé dans le cadre de la chasse aux sorcières qui débute au XVIe siècle en Europe.

Manif pour tous : principal collectif d'associations à l'origine des plus importantes manifestations et actions d'opposition à la loi pour le "mariage pour tous" en France. Il lutte aussi et principalement contre l'homoparentalité et le droit des couples homosexuels à avoir des enfants.

Mariage pour tous : possibilité pour un couple de deux femmes ou de deux hommes de contracter un mariage, civil ou religieux, initialement réservé à un couple hétérosexuel.

Martin Luther (1483-1546) : l'initiateur du protestantisme et réformateur de l'Église.

Mère Teresa (1910-1997) : connue pour son action caritative et la fondation des Missionnaires de la Charité.

Michel-Ange (1475-1564) : artiste et architecte de la Haute-Renaissance.

Moïse : premier prophète du judaïsme.

Nicolas De Cuse (1401-1464) : théologien, philosophe, humaniste et mathématicien. Sa théorie de la connaissance a durablement influencé la philosophie des sciences et l'astronomie théorique.

Nouveau Testament : ensemble des écrits relatifs à la vie de Jésus et aux premières années du christianisme qui sont considérés comme authentiques par les Églises chrétiennes.

Obscurantisme : attitude des penseurs et des prédicateurs à qui l'on reproche de s'opposer au progrès de la raison et des lumières, dans le domaine scientifique, dans les questions de morale, et dans la vie de tous les jours, parce qu'ils prétendent maintenir et imposer coûte que coûte des préjugés et des croyances d'un autre âge.

Origène (185-253) : père de l'exégèse biblique.

Pentateuque : ensemble des cinq premiers livres de la Bible. La tradition en attribue la paternité à Moïse.

Pharmacopée : traité qui enseigne la manière de préparer les médicaments.

Pie X (1835-1914) : pape antimoderniste de 1903 à 1914.

Pontife : ministre d'une religion.

Prébende : compensation monétaire pour les religieux.

Profane : non religieux.

Ptolémée : astronome et astrologue grec.

Raphaël (1483-1520) : peintre et architecte de la Haute-Renaissance.

Renaissance : mouvement qui, du XIVe siècle au XVIe siècle, en Italie puis dans le reste de l'Europe, d'étendre aux laïcs les études philosophiques, les lettres, les arts et les sciences et de les renouveler par l'étude des textes grecs et latins redécouverts ou rétablis dans leur texte original ou par l'imitation des chefs-d'œuvre exhumés de l'art antique.

Richard Cœur de Lion (1157-1199) : roi d'Angleterre, duc de Normandie et d'Aquitaine de 1189 à sa mort.

Saint Office : congrégation permanente qui avait pour mission de lutter contre les hérésies, et plus particulièrement de faire obstacle au protestantisme.

Tempérance : modération ou retenue de soi-même volontaire.

Temps modernes : époque historique qui débute à la fin du Moyen Âge et qui se termine en 1792 avec la chute de la monarchie et la proclamation de la Première République.

Théorie créationniste : croyance religieuse qu'une création divine est responsable de la vie et de l'univers.

Théorie de l'évolution : théorie scientifique qui s'intéresse aux espèces et explique les mécanismes de leur apparition à partir d'espèces préexistantes ou passées.

Thomas d'Aquin (1225-1274) : un des principaux maîtres de la philosophie scolastique et de la théologie catholique.

Vérité : révélation ou parole d'autorité auxquelles on doit croire.

INTRODUCTION

« Un peu de science éloigne de Dieu, mais beaucoup y ramène » (Louis Pasteur, 1822-1895). Encore aujourd'hui, la science et la religion sont très présentes dans le monde actuel, et dans la vie de tous les jours, que ce soit par leurs représentations, ou leurs utilisations. Dans l'esprit de beaucoup, les découvertes scientifiques, et plus généralement les innovations, sont bien souvent entrées en contradiction avec les croyances traditionnelles qui tentaient de garder leur influence sur le peuple. Mais en analysant plus en détails l'histoire, il est aisé de contester la véracité de cette idée commune, car certaines découvertes ont aidé l'Église à développer son influence.

Le catholicisme est la branche la plus répandue de la religion chrétienne, qui est elle-même la religion la plus présente sur Terre. Il se caractérise par la reconnaissance du pape et bien que les catholiques ne soient pas les plus nombreux sur notre planète (les musulmans sunnites étant plus nombreux)¹³, ils représentent une part importante de la population, notamment en Europe. L'influence de la religion s'est étendue dans l'ensemble du vieux monde occidental, mais a aussi réussi à se propager vers le Moyen-Orient, où elle trouve ses origines. Certains estiment l'apparition de l'Église catholique au XIe siècle, après le grand schisme, et il est indéniable qu'elle repose principalement sur le Christianisme ancien, né en 33 après J.C. avec l'apparition du premier pape, Saint Pierre. Le pouvoir du catholicisme se ressent encore aujourd'hui, notamment avec l'influence du pape qui regroupe plus d'un milliard d'adeptes. Cependant, durant ces nombreux siècles, les innovations scientifiques, artistiques et morales ont considérablement modelé l'âme même de l'Église, que ce soit dans son intérêt ou non.

Encore aujourd'hui, de nombreux débats ont lieu, essayant de mesurer l'étendue du conflit entre la tradition, du latin tradere, qui se transmet à son prochain de génération en génération et l'innovation, qui au contraire engendre des ruptures propres aux différentes technologies et époques. Dans quelle mesure le déploiement des principaux foyers d'innovations a-t-il accompagné ou freiné la tradition chrétienne ? Et bien qu'il semble impossible de donner une réponse tout à fait objective, par faute de moyens et de données fiables, ce rapport tentera de s'en approcher. Pour ce faire, nous essaierons de découvrir quelles sont les différentes innovations, et surtout les différents scientifiques, qui se sont opposés à l'Église. Par équité, nous présenterons les nombreux avantages et évolutions positives que ces mêmes innovations ont apportés au catholicisme, avant de mettre en lumière que les deux univers ne sont pas nécessairement antinomiques, mais qu'ils évoluent dans une harmonie encore fragile.

DES INNOVATIONS À L'ENCONTRE DE L'ÉGLISE

De tout temps, il est arrivé dans l'histoire de la physique naissante, et de certaines autres sciences, que les résultats obtenus entrent en conflit avec les autorités publiques et religieuses. Ces dernières s'accordent en effet sur un ensemble de croyances basées sur une certaine représentation de l'univers et une classification de ses composantes parfois contradictoires avec les modèles scientifiques. Nous allons balayer plusieurs époques pour montrer les variations de ces confrontations au cours du temps.

Des découvertes et des innovations, origines de désaccords

Nous allons dans cette partie évoquer quelques exemples significatifs d'innovations qui ont réfuté les dires de l'Église à travers l'histoire.

Dès le premier siècle, l'Église primitive entretient des rapports conflictuels avec la science, voire totalement antagonistes. La science est alors une connaissance païenne héritée des penseurs grecs tels qu'Aristote ou Ptolémée. Les premières communautés chrétiennes cultivent leur ignorance telle une vertu, en s'appuyant sur les paroles de Saint Paul aux Corinthiens : « Car il est écrit : Je détruirai la sagesse des sages et j'anéantirai l'intelligence des intelligents. Où est le sage ? Où est le docteur de la loi ? Où est le raisonneur de ce siècle ? Dieu n'a-t-il pas rendu folle la sagesse de ce monde ? »¹⁴.

C'est au cours du second siècle que s'amorce finalement l'assimilation de la science gréco-romaine, que l'Église primitive va incorporer à ses propres dogmes comme par exemple avec le géocentrisme.

Au début du Moyen Âge, la science est prise entre deux grands courants théologiques. Le premier soutient que la science ne peut que nuire au salut des âmes chrétiennes. Le second courant proclame que l'étude du monde apprend à reconnaître et à respecter la grandeur de son Créateur. Augustin d'Hippone, ou Saint Augustin (354-430), un des pères de l'Église occidentale, défend cette dernière idée.

¹³ Selon les chiffres de l'Annuaire pontifical 2020, publiés mercredi 25 mars 2020, les catholiques dans le monde sont 1,329 milliard et représentent 18 % de la population mondiale.

¹⁴ Corinthiens 1:19

Pour lui, la science a un rôle à jouer dans la religion chrétienne. Il développe la théorie divine du savoir selon laquelle l'Univers, expression de la volonté divine, ne peut qu'être bon, et son étude renforcer la foi. L'ère médiévale voit surtout le développement des disciplines pratiques, des mathématiques et de la philosophie naturelle.

Les XVI^e et XVII^e siècles, la Renaissance, voient les prémices d'une séparation entre la science et l'Église. Les savants européens veulent comprendre le monde autrement que par la religion ou les écrits antiques. Plusieurs d'entre eux élaborent une nouvelle méthode scientifique, très différente : la méthode expérimentale. Celle-ci est basée sur des observations scrupuleuses, des expériences et des raisonnements. Une innovation à une époque où les discours des penseurs grecs et les bulles pontificales, document par lequel le pape peut définir des dogmes, pèsent plus lourd dans la balance que ce qu'on perçoit du monde extérieur.

Au XVI^e siècle, le pape Paul III veut réformer le calendrier julien. Il confie à Copernic (1473-1543), un chanoine-moine, une étude des planètes et du Soleil afin de vérifier la théorie du géocentrisme de Ptolémée, élevée au rang de dogme par l'Église. Comment ne pas croire que la Terre, berceau de l'humanité et lieu de la passion du Christ, est au centre de l'Univers ? Quand Josué demande à Dieu d'arrêter le Soleil dans sa course (Josué 10, 12-13), ne démontre-t-il pas que c'est l'astre du jour qui tourne autour de la Terre, et non l'inverse ? Prudent, car craignant les foudres de ses contemporains et de l'Église, Copernic publie ses conclusions sur l'héliocentrisme dans *De revolutionibus orbium coelestium*, en affirmant qu'il ne s'agit que d'un modèle pour décrire l'Univers. Cette vision alternative de l'univers astronomique commence à circuler et sème la controverse avant d'être rapidement jugée hérétique.

C'est au XVII^e siècle que Galilée va finalement défendre l'hypothèse de Copernic, l'héliocentrisme, et également affirmer que la Terre tourne sur elle-même pour expliquer le mouvement du Soleil. Malgré la protection du pape Urbain VIII, il sera condamné et contraint à renier ses propos. Pour justifier la confection d'une lunette astronomique visant à observer les cieux et rechercher la vérité, Galilée dira : « L'intention du Saint-Esprit est de nous enseigner comment on va au ciel, et non comment va le ciel »¹⁵. Il observe également que, contrairement à ce que professait Aristote, l'accélération des corps en chute libre est indépendante de leur masse (lorsque la friction est négligeable), que la Lune est recouverte de cratères et que le Soleil présente des taches, ce qui entre en contradiction avec l'incorruptibilité des cieux. Ces éléments constituent un moment historique de passage de la vérité d'autorité (la Vérité comme révélation et comme parole d'autorité auxquelles on doit croire) à la vérité démontrée.

À la physique et à l'astronomie a succédé la question de la biologie. La découverte des premiers fossiles, dès le XVII^e siècle, a érodé l'idée que le monde aurait été créé 4000 ans avant la venue du Christ. Quand, en 1859, Darwin publie *L'Origine des espèces*, l'Église s'oppose d'abord à la théorie de l'évolution, qui remet en cause la théorie créationniste, mais ne la condamne pas, car certains théologiens de la Création y voient une forme d'unité qu'ils soupçonnaient déjà. À noter que de nombreux physiiciens étaient très religieux, ou bien ordonnés eux-mêmes. Par exemple, Nicolas Copernic était chanoine-moine, Edme Mariotte (chimiste et botaniste) était prêtre et Georges Lemaître (théoricien du Big Bang) était prêtre. L'explication tient sans doute du fait que les religieux prébendés (qui reçoivent une compensation monétaire) et lettrés pouvaient s'adonner librement à la recherche.

Une Église ancienne prête à tout pour garder son influence

Cette partie met en lumière quelques-uns des choix faits par l'Église vis-à-vis des innovations pour contrecarrer ses détracteurs et garder ses adeptes. Encadrer, interdire, punir.

Au fil du temps l'Église a accepté la diffusion de certaines idées afin de rester crédible aux yeux des savants de l'époque, c'est ce que l'on appelle le concordisme. Comme nous l'avons vu précédemment, les premiers concordismes ont eu lieu au cours du II^e siècle. L'Église amorce alors l'assimilation de la science gréco-romaine, jusqu'à l'incorporer à ses propres dogmes. C'est Clément d'Alexandrie (150-215), philosophe et théologien, qui, le premier, cherche à réconcilier philosophes antiques et prophètes bibliques. Il prône une lecture plus allégorique de la Bible ou exégèse biblique, comme le fera Origène, père de l'exégèse biblique, après lui. Du Ve au Xe siècle, l'Église se réconcilie en apparence avec la science, ou plutôt avec un fantôme de science. Les théologiens fabriquent, avec les débris de connaissances antiques, les explications scientifiques qui leur conviennent en fonction des Écritures de la Bible. Les grands penseurs antiques deviennent la racine de toutes les connaissances scientifiques. L'axiome de base est : il ne peut pas y avoir de contradiction puisque c'est Dieu qui a créé le monde, la science doit nécessairement concorder avec les explications données par la révélation divine. Cette pensée

¹⁵ Lettre à la Grande Duchesse Christine de Lorraine-1615

est reprise quelques siècles plus tard par Thomas d'Aquin (1225-1274). Il fondera la théologie comme science rationnelle, liant alors raison et foi. Par ailleurs, selon lui, les chrétiens n'avaient pas à craindre la philosophie païenne car toute étude de la Nature est une étude de l'œuvre de Dieu.

Les universités, apparues à partir de l'an 1000, sont soumises au pouvoir spirituel de la papauté dont le but est de mettre l'enseignement au service de la tradition. Les savoirs profanes doivent être soumis à la doctrine sacrée.

À partir du XIII^e siècle et jusqu'au XVIII^e siècle, l'Inquisition, tribunal créé par l'Église catholique, fait rage. Son but est de combattre l'hérésie, en faisant appliquer aux personnes qui ne respectent pas les dogmes, ou qui les mettent en question, des peines allant de simples peines spirituelles ou amendes à la peine de mort. Elle ne condamne que des catholiques, incluant ceux qui ont eu le choix entre le baptême ou la mort. Le nombre de peines de mort prononcées par l'Inquisition durant ses cinq siècles d'existence à travers l'Europe est estimé à trois mille. À la fin du XV^e siècle en particulier, l'Inquisition espagnole condamne environ deux mille hérétiques au bûcher, organisant des autodafés de grande ampleur qui ont instauré une terreur durable.

Nombreuses pensées philosophiques ont été interdites par l'Église ou mises à l'Index, comme celle d'Averroès qui prônait la séparation de la raison et la foi en 1240 ou le système héliocentrique exposé dans *De Revolutionibus Orbium Coelestium* par Copernic, censuré en 1616 par les autorités ecclésiastiques.

Plusieurs ouvrages traitant de personnages féminins qui incarnent l'origine du Mal dans le genre humain sont publiés à la fin du Moyen-Âge et au début des Temps Modernes, constituant l'engrais de la Chasse aux Sorcières. Toutes les innovations n'ont pas apporté que des progrès sociaux, en effet l'avènement des procès pour sorcellerie concorde avec le développement de l'écriture juridique et des manuels établissant les premières règles et procédures juridiques. La diffusion des ouvrages tels que le *Malleus Maleficarum* est également très facilitée par l'imprimerie.

Les XVI^e et XVII^e siècles, marqués par des contextes politique et sanitaire extrêmement violents en Europe et l'intensification des convictions religieuses, sont l'apogée de cette persécution. À cette époque les femmes subissent une forte pression et doivent se conformer à des attentes patriarcales et religieuses particulièrement rigides. On considère toute forme de liberté vis-à-vis des autorités traditionnelles, ainsi que les connaissances en soin, en herboristerie et en obstétrique, comme un indice de pratique de la sorcellerie. Une femme peut être pourchassée pour détention d'une pharmacopée ou de savoirs ancestraux que les théologiens qui tentent d'établir les fondements de la science et du savoir ne reconnaissent pas. Toutes les pratiques médicales des guérisseuses et des sages-femmes qui ne reposent pas sur des savoirs dictés par l'Église sont qualifiées de "magiques" ou relevant de la superstition. Ces femmes deviennent des hérétiques liées au Malin, des sorcières. On peut ainsi facilement accuser la sage-femme d'être à l'origine de la mort ou de la maladie d'un nouveau-né, tout comme on peut enquêter sur celle qui soigne habituellement les villageois grâce à des plantes. Les procès en sorcellerie débutent dans les années 1430 et se développent majoritairement entre les années 1560 et 1630. Entre 1430 et 1630, le continent européen a connu 110 000 procès en sorcellerie, dont 48% se sont soldés par une condamnation à mort. Et c'est sans compter les exécutions privées et les lynchages.

En 1600, Giordano Bruno (1548-1600), ancien dominicain, est condamné au bûcher pour hérésie par l'Église pour avoir affirmé que le Soleil n'est pas au centre de l'Univers et qu'il n'est en réalité qu'une petite étoile perdue parmi d'autres dans un univers infini, en se basant sur les travaux de Copernic et de De Cuse. Ne voulant pas renier ce modèle, il est condamné par le tribunal de l'Inquisition à être brûlé vif à Rome après huit ans de procès.

Puis en 1633, Galilée est condamné par le Saint Office, l'institution chargée de veiller au respect de la doctrine et de la foi catholique, au cours d'un procès durant lequel il est obligé de remettre en cause ses affirmations sur la place de la Terre dans le système solaire sous la menace de la torture. Il faut certainement voir dans le procès de Galilée une volonté de l'Église d'asseoir son pouvoir séculaire sur des bases doctrinaires.

À partir du XIX^e siècle, les peines encourues pour hérésie s'allègent, dues à l'évolution des mœurs. Malgré cela, Alfred Loisy, prêtre et professeur d'exégèse biblique à l'Institut catholique de Paris, perd sa chaire après avoir affirmé notamment que "les premiers chapitres de la Genèse ne contiennent pas une histoire exacte et réelle des origines de l'humanité", que "le Pentateuque, en l'état où il nous est parvenu, ne peut pas être l'œuvre de Moïse"¹⁶, remettant en question la vérité d'autorité émise par l'Église depuis des siècles.

¹⁶ Message du Président de la République au Parlement-16 novembre 2015

Au début du XX^e siècle, la crise moderniste regroupe des initiatives individuelles et des courants qui visent à combler le fossé entre l'enseignement traditionnel de l'Église et les sciences profanes. Elle cible en particulier l'exégèse historico-critique, soit l'étude des origines, contextes et étapes de production de l'Ancien Testament, mais aussi du Nouveau Testament. L'Église condamne toute autre lecture que celle littérale, Pie X (1835-1914) dénonce d'ailleurs le "modernisme" en tant que "synthèse de toutes les hérésies"¹⁷. Ceci amène à la condamnation d'hommes d'Église soupçonnés de modernisme et de rationalisme. Ce sera le cas pour le Père Marie-Josèphe Lagrange, exégète et théologien catholique, qui a fondé l'École Biblique et Archéologique Française de Jérusalem et le paléontologue, jésuite et théologien Pierre Teilhard de Chardin.

Malgré ces mesures, l'évolution rapide et générale des mœurs fait reculer peu à peu le pouvoir religieux.

Une Église affaiblie qui perd du pouvoir

Dès le XIV^e siècle, la théologie va demander à être autonome, ce qui aura pour effet d'ouvrir le champ à un esprit scientifique libéré du jugement de la théologie.

Au XVII^e siècle, avec le développement de l'État royal centralisé, en France et en Espagne, le pouvoir royal accroît son contrôle et met au pas les mouvements populaires, dont les chasses aux sorcières. À partir des années 1620, le Parlement de Paris interdit aux juridictions provinciales la pratique de ces dernières et impose leur exclusion du champ judiciaire. L'Église catholique en pleine réforme, et d'autres mouvements chrétiens, remettent de plus en plus en cause ces chasses, en phase avec le développement de l'esprit critique qui condamne cette pratique archaïque. La sorcellerie est désormais considérée comme un signe d'arriération, à l'époque du progrès, de l'ordre et de la raison.

L'exaltation de l'usage de la raison par les philosophes, opposée à la trop lente évolution de la lecture des Écritures sur ces questions, place l'Église dans une position défensive dès la fin du XVII^e siècle. Tandis que les Lumières moquent la lecture littérale de la Bible, un certain obscurantisme religieux se perpétue. Et ce alors même que les courants de pensée divergent au sein de l'Église. Le procès de Galilée marque la séparation entre l'ancien et le nouveau en matière de sciences. Face à ce progressisme, l'Église amorce paradoxalement un lent repli sur elle-même faisant succéder des pontifes particulièrement conservateurs à sa tête.

La Révolution française permet au peuple de renverser les pouvoirs de l'époque : le roi et l'Église. À la suite de la nuit du 4 août 1789, l'ordre du clergé, le plus important sous l'Ancien Régime, disparaît en tant que corps politique. La déchristianisation démarre à la chute de la royauté en 1792. Elle recouvre un certain nombre d'actions dirigées contre la religion chrétienne et menées par les révolutionnaires les plus radicaux. La "Commune de Paris" est la première à prendre en 1792, des mesures anticléricales : interdiction du port du costume ecclésiastique en dehors des fonctions sacerdotales et interdiction des processions et manifestations religieuses sur la place publique.

En 1793, la Convention nationale accorde qu'une commune est en droit de renoncer au culte catholique. Un certain nombre de communes changeront ainsi de nom et fermeront ou détruiront les lieux de culte. En France, la première séparation entre l'Église et l'État est instaurée avec le décret de 1794, qui supprime le budget de l'Église constitutionnelle, et confirmée en 1795 par le décret sur la liberté des cultes, qui précise que "la République ne salarie aucun culte"¹⁸. Cette première séparation n'est pas définitive car la signature du concordat de 1801 par Napoléon Bonaparte et Pie VII rétablit les relations officielles entre l'État et la papauté.

En 1904, Émile Combes, président du conseil des ministres de l'époque, hésite à s'engager fermement pour la séparation de l'Église et de l'État. Les articles du concordat permettent au gouvernement de contrôler le clergé français en nommant les évêques. Combes craint de perdre ce contrôle sur l'Église en s'engageant pour la séparation. Néanmoins, la loi concernant la séparation des Églises et de l'État est adoptée en 1905.

Au cours du XIX^e siècle, les exégètes réalisent que les textes de Création se contredisent, même si cela n'amène en rien le pape à revisiter son point de vue sur la question.

En conclusion, après plusieurs siècles de savoirs et de pouvoir incontestés, l'Église a dû faire face à des innovations qui allaient à l'encontre de ses dogmes et interrogeaient la légitimité de ces derniers. L'Église

¹⁷ Samuel Huntington, « The clash of civilizations » ; Foreign Affairs, summer 1993

¹⁸ Décret de la Convention nationale du 21 février 1795

a dans un premier temps interdit ces découvertes et punit ceux qui les diffusaient, puis les a soutenues quand l'opposition a menacé de faire vaciller son pouvoir. Finalement, le pouvoir religieux a peu à peu perdu de son emprise sur le peuple à cause de l'évolution des mœurs.

Cependant, de ses différents conflits avec la science, et les nombreuses autres innovations importantes de l'histoire, la religion chrétienne est parvenue à tirer profit de certaines révolutions technologiques et culturelles qui se sont développées, notamment lors du Moyen-Âge et la Renaissance. Grâce à ces dernières, elle a pu repousser les frontières de son pouvoir et de son influence à travers le monde, notamment au Moyen-Orient, tout en renforçant son autorité en Europe avec de grands projets.

UNE ÉGLISE PROFITANT DES INNOVATIONS

Quoi qu'il en soit, l'Église a su profiter de certaines innovations, scientifiques ou autres, pour réussir à évoluer à travers l'histoire, pour ne pas se faire dépasser par les autres pouvoirs européens, mais aussi par les autres religions.

Les guerres, moteurs principaux de l'innovation

Que ce soit socialement ou technologiquement, les guerres, par leur importance et leurs finalités, ont toujours provoqué des avancées conséquentes, qui ont souvent marqué l'histoire. La plus facile à citer est le nucléaire, mais ceci était déjà vrai lorsque les religions étaient au centre de la vie citoyenne et politique. L'exemple le plus marquant est celui des croisades : six grands pèlerinages en armes sont effectués entre 1096 et 1229 après J.C., représentant vingt-et-un ans de guerres, contre des ennemis de la religion, pour récupérer des terres saintes. Le plus souvent, ces guerres avaient pour objectif de récupérer la ville de Jérusalem. Pour les chrétiens, il s'agit de la ville représentant la passion du Christ, dû à sa crucifixion et sa résurrection, toutes deux nommées dans la Bible. Bien qu'aujourd'hui, cette métropole parvienne à se partager entre les différentes communautés culturelles et religieuses, durant le Moyen Âge, sa possession renforçait le pouvoir de la religion qui l'occupait. Grâce aux croisades, la religion chrétienne put ainsi élargir les frontières de sa domination.

Ces guerres ont vu naître, par leur déroulement, mais aussi par leur préparation, plusieurs innovations marquantes. L'une d'entre elles est le trébuchet, très utile pour les sièges lancés par les croisés, l'armée religieuse de la chrétienté. Cette arme, trop souvent confondue avec la catapulte, employait un contrepoids pour lancer ses projectiles, plutôt qu'une simple torsion. Grâce à ceci, des poids de plus de cent kilogrammes pouvaient être envoyés à des centaines de mètres de distance, deux fois par heure. Par son importante précision, les villes cédaient plus rapidement à l'attaque ennemie. Selon certains, le trébuchet représente aussi le début, ou du moins la popularisation, de la guerre biologique. En effet, il arrivait souvent que des cadavres infectés par quelques maladies mortelles soient envoyés par trébuchets dans les cités se défendant, pour réduire la force et la résistance de leurs armées. Le trébuchet est aussi d'une grande importance pour l'histoire de la religion, car c'est notamment grâce à lui que, lors de la troisième croisade, la ville de Saint-Jean-D'acre tombe aux mains des croisés, ce qui représente la première victoire pour la reconquête de Jérusalem. Lors de cette bataille, le roi Richard Cœur de Lion, qui participait aux batailles, prit la peine de nommer deux de ces armes de siège : « La catapulte de Dieu » et « Mauvais voisin ».

La première croisade a également vu apparaître les premières tours mobiles. L'une d'entre elles fut construite à Maarat, tandis que deux autres s'élevèrent à Jérusalem. Différentes des nouvelles tours de sièges utilisées quelques siècles plus tard, celles-ci ne comportaient qu'un seul étage et aucun pont mobile permettant de débarquer sur le haut des murailles. Ces tours ne servaient qu'à occuper les défenseurs, à coups de lances ou de pierres, pendant que les soldats tentaient de grimper les parois des protections. Ce fut grâce à une de ces tours que les tous premiers chevaliers purent entrer dans la ville sainte de Jérusalem, leur permettant de remporter la victoire et de mettre fin à cette croisade.

Ensuite, pour limiter les pertes dans les rangs des croisés durant ces terribles batailles, plusieurs innovations stratégiques et défensives sont apparues ou sont ressorties des livres laissés par l'Antiquité. Les deux réelles évolutions lors de ces conquêtes, apportées par les forces de l'Église, sont les boucliers longs et plats et les nouvelles techniques de ralliement portées par les étendards. Les premiers permettaient principalement de se protéger des salves de flèches ennemies, très fréquentes durant les sièges. Les anciennes formes de bouclier étaient mises de côté, car les armures étaient souvent suffisantes pour résister aux coups d'épées et de lances. Les étendards avaient quant à eux deux missions : le regroupement

¹¹ Message du Président de la République au Parlement-16 novembre 2015

¹² Samuel Huntington, « The clash of civilizations » ; Foreign Affairs, summer 1993

des forces armées, pour parfaire les stratégies offensives, et être un emblème de commandement et de motivation. Lors de la bataille d'Ascalon (12 août 1099), considérée par plusieurs historiens comme étant le couronnement de la première croisade, la prise de l'étendard ennemi marqua la fin du combat, car elle représentait la prise du quartier de commandement, mais aussi la défaite du dirigeant.

L'Église soutenue par de grands projets

Bien que l'Église ait réussi à repousser ses frontières, il ne fallait pas qu'elle oublie de renforcer sa présence au sein de son territoire. Elle avait toujours une place bien affirmée dans le milieu monarchique et économique des pays, grâce à son influence considérable. Mais elle devait continuer à prouver son importance au peuple, en bâtissant des lieux religieux de plus en plus imposants. En effet, contrairement aux temples païens des époques précédentes, où seuls les hauts-dirigeants du culte et les initiés pouvaient entrer, en laissant la majorité du peuple en dehors de leurs murs, l'Église chrétienne décida d'ouvrir ses portes à tous. Et cela, que ce soit métaphoriquement parlant, ou de façon littérale, car jusqu'au déclin du droit d'asile chrétien (en 1539 en France), toute personne souhaitant se protéger des autorités judiciaires pouvait se réfugier dans un édifice catholique.

L'architecture avait donc un rôle important à jouer, car il fallait en permanence innover pour proposer des églises, des cathédrales et des basiliques capables d'époustoufler le peuple. Il est aussi essentiel de remarquer que les différents styles architecturaux du Moyen Âge, à savoir les styles préroman, roman et gothique, servent encore aujourd'hui à décrire les bâtiments religieux et à les dater. Inversement, ce sont ces mêmes édifices qui représentent au mieux ces arts architecturaux. Ces monuments servaient aussi la royauté car la construction d'une cathédrale dans une ville royale étendait son influence en dehors de son territoire. Comme, par exemple, avec la construction de la cathédrale Saint-Etienne de Bourges, consacrée le 13 mai 1324. Le roi s'était en effet appuyé sur le pouvoir conséquent de l'archevêque pour pénétrer dans des régions qui lui échappaient, à cause d'un domaine royal petit.

Et c'est là que l'importance de l'innovation arrive : l'ambition du style gothique poussait constamment les architectes à créer de hauts monuments. À cause du problème de verticalité, il fallait diminuer le poids et l'épaisseur des supports, que ce soient les murs ou les piliers, sans pour autant compromettre la stabilité de l'édifice. Ce problème fut réglé grâce aux systèmes de contrefort en arc-boutant qui diminuent la charge sur les murs. La demande permanente de lumière eut comme réponse la multiplication des ogives, remplaçant les arcs en plein cintre, ce qui permit l'introduction de hautes fenêtres et de nombreux vitraux. Bien évidemment, plus l'édifice sortait de terre, plus les engins de levage étaient imposants. Les deux plus importants et utilisés étaient le cabestan, une espèce de treuil à axe vertical, et la cage d'écureuil, employée principalement dans les grues médiévales.

Le monument chrétien le plus connu est sûrement la basilique Saint-Pierre. Située au Vatican, et avec plus de six millions de visiteurs chaque année, il s'agit d'une pièce majeure de la religion catholique. Ayant demandé cent vingt ans de construction, la basilique est considérée comme la plus importante construction d'architecture de son époque, ayant eu des architectes de renom : Michel-Ange, Le Bernin et Maderno. Il s'agit de la plus grande église catholique du monde, abritant la sépulture de Saint Pierre, considéré comme le premier pape. Nombreux sont les adeptes qui s'y rendent régulièrement, pour écouter les paroles du pape actuel. Encore aujourd'hui, c'est un monument majeur, largement représenté dans le monde et les médias. Que ce soit dans la littérature, le cinéma ou les jeux vidéo, cet édifice est mondialement connu.

Un autre grand projet qui a soutenu l'Église est une innovation des plus importantes du dernier millénaire selon les historiens. Il s'agit de l'invention de l'imprimerie par Johannes Gutenberg, au XV^e siècle. La puissance de l'Église à l'époque était telle que le premier livre imprimé fut la Bible latine, en deux tomes, l'Ancien et le Nouveau Testament. Pour donner un ordre d'idée, avant l'invention de l'imprimerie, le prix d'une bible, sans aucune enluminure et de petite taille, était le même que celui d'une vache en parfaite santé. En effet, avant cette innovation majeure, les livres étaient fabriqués à la main un par un dans des monastères spécialisés. Malheureusement, ce travail était trop chronophage et contraignant, et fut donc légué aux ateliers proches des universités laïques, pour tenter d'accélérer la production de la Bible. Mais les pays occidentaux étaient en augmentation constante de personnes capables de lire, et la copie manuscrite des textes ne pouvait plus satisfaire le besoin de lecture et d'apprentissage grandissant. L'imprimerie fut donc acceptée rapidement, et rencontra un succès immédiat. En effet, dans les villes dépassant la dizaine de milliers d'habitants, les écoles étaient assez présentes pour alphabétiser tous les garçons, et un quart des filles, ce qui facilita grandement la diffusion de la parole sainte via la Bible.

L'évolution commune de l'art et de la religion

Comme vu précédemment, l'Église a souvent utilisé des découvertes scientifiques, et mécaniques principalement, pour étendre son influence à travers des guerres de religion ou pour renforcer cette dernière, grâce à la construction de grands monuments ou la popularisation du culte. Mais le catholicisme a aussi profité des différentes innovations artistiques pour grandir et s'améliorer. Il a donc accompagné l'art à travers les époques, pour ainsi sortir du Moyen Âge, et se tourner vers la Renaissance. L'Église a profité de l'art par diverses méthodes, que ce soit par les décorations de leurs bâtiments religieux ou la représentation de scènes bibliques dans l'art.

En évoquant catholicisme et art, le nom des Médicis ressort aisément. Cette famille notoire a réussi à traverser les époques, les frontières et les domaines. Les membres principaux ont été grands-ducs de Toscane et ducs de Florence, la capitale de la Renaissance, durant plus de deux siècles, entre 1531 et 1737. Mais ce n'est pas tout, deux Médicis ont été reines de France, Catherine et Marie de Médicis, tandis que trois hommes de la famille sont parvenus à devenir papes. Déjà, à partir du XIV^e siècle, cette prestigieuse famille fondatrice d'une banque, accordait d'importants prêts au pape. Mais, en plus de leurs techniques économiques pour contrôler l'instance religieuse, les Médicis tentaient d'augmenter leur influence auprès de l'Église grâce à l'art. En effet, dès le XV^e siècle, Côme de Médicis, et son petit-fils, Laurent de Médicis, transformaient la ville de Florence en celle qui devint le plus grand centre artistique et intellectuel de l'Europe.

Ce fut sous cette importante lignée que de grands artistes encore connus aujourd'hui se sont épanouis. Les quatre plus connus sont bien évidemment Léonard de Vinci, Michel-Ange, Raphaël et Donatello. Par ailleurs, les trois derniers ont vécu une grande partie de leur vie à Florence, leur talent étant reconnu par la famille Médicis. Ils sont tous les quatre les pionniers de la Haute Renaissance et ont mis en valeur l'Église à travers leurs arts. La Cène par exemple, une peinture murale de plus de quarante mètres carrés de surface réalisée entre 1495 et 1498 par Léonard de Vinci, représente le dernier repas de Jésus, avec ses apôtres. Michel-Ange, quant à lui, a peint le plafond de la chapelle Sixtine durant cinq ans, pour ainsi finaliser une quarantaine d'œuvres religieuses, représentant des passages importants de l'Ancien Testament, comme des histoires de Noé, des prophètes, des Sibylles, et de la Genèse. La Transfiguration est le dernier tableau de Raphaël, qui ne put le finir avant de mourir. On peut y voir Jésus entouré par Moïse et Elie. La statue la plus connue de Donatello est David, le premier grand bronze fondu depuis plus de mille ans (œuvre portant le même nom qu'une œuvre très connue de Michel-Ange), une œuvre représentant l'essence de la Renaissance, car semblable aux réalisations de l'Antiquité, mais faite avec des techniques nouvelles. Mais il a aussi sculpté des œuvres religieuses comme le Pulpito della Passione. La plupart des œuvres de ces quatre artistes ont été offertes à l'Église, sous l'influence des Médicis, pour parfaire leur propre influence.

Quoi qu'il en soit, que ce soit par intérêt personnel, ou pour réelle envie de soutenir l'Église, cette famille a permis une évolution non négligeable de cette dernière, grâce à l'innovation artistique qu'incarnait la Renaissance. Bien que leur influence ait été très palpable à Florence, leurs actes ont impacté la religion chrétienne à l'échelle de l'Europe, en lançant une nouvelle vague artistique, mais aussi en augmentant le pouvoir économique de la papauté. Grâce à la famille Médicis et ce mouvement artistique de la Renaissance, mais aussi grâce aux innovations militaires, architecturales et technologiques, l'Église a donc pu renforcer et repousser l'étendue de son autorité, par des pratiques et des œuvres qui marquent aujourd'hui encore l'esprit de la population.

UNE ÉGLISE NOUVELLE GRÂCE AU PROGRÈS ?

L'évolution de la pratique religieuse grâce aux technologies

Aujourd'hui encore, l'Église utilise des innovations pour communiquer à grande échelle. Les technologies apparues aux XX^e et XXI^e siècles telles que la télévision ou les applications mobiles ont rapidement été adoptées par les représentants des différentes religions. Par exemple, en France, un pays laïque, diverses émissions diffusées sur les chaînes de télévision publiques traitent des sujets relatifs au christianisme. Parmi celles-ci, on y trouve la messe catholique, qui accompagne le fidèle dans sa prière dans le cas où il ne s'est pas rendu à l'église mais est resté chez lui. On y trouve également des explications de textes et événements historiques et bibliques pour approfondir l'éducation religieuse des téléspectateurs, mais aussi des documentaires sur la place de la religion dans une société en constante évolution. Ainsi, l'émission "Le Jour du Seigneur" est diffusée chaque dimanche matin sur la chaîne de télévision France 2 depuis plus de soixante-dix ans. Aussi, l'invention de la télévision date des années 1920, le nombre

de foyers français possédant un poste atteint un million en 1958 et ce n'est qu'à partir de la fin des années 1960 que chaque famille française a accès à la télévision. Par conséquent, les ambassadeurs du catholicisme ont été précurseurs dans l'utilisation de la télévision comme outil de communication de masse. De même, les émissions religieuses font partie des programmes les plus anciens à la radio. À noter que la diffusion de programmes à caractère religieux via les médias publics n'est pas considérée comme une infraction à la loi de séparation de l'Église et de l'État de 1905, qui vise à établir la laïcité dans les services publics français, lorsque ces médias diffusent des émissions consacrées à différents cultes. Tout comme pour les sujets politiques, le principe de neutralité est assuré par la pluralité des contenus diffusés.

D'autre part, de nombreuses applications mobiles à destination des croyants se sont développées ces dernières années. Par exemple, "Click To Pray", l'application officielle du réseau mondial de prière du pape, connecte des milliers d'utilisateurs entre eux à travers le monde, accompagne les croyants dans leur vie religieuse, en particulier les moments de prière, et transmet la parole du pape. En effet, le pape François est particulièrement sensible aux enjeux du numérique et voit l'internet comme une opportunité pour les rencontres et la solidarité à l'échelle planétaire. Or, ce dernier est inondé d'informations fallacieuses. Ainsi, afin de permettre aux croyants d'avoir accès à une éducation religieuse de qualité, le pape François cherche à transmettre son message le plus directement possible, ou en utilisant des intermédiaires fiables. C'est pourquoi, depuis 2012, il utilise Twitter, un réseau social permettant à un utilisateur d'envoyer gratuitement et instantanément des messages de courte taille sur internet. Il a aujourd'hui à son compte près de trois milles "tweets", des messages publiés à destination de sa communauté, qui s'élève à plus d'un million et demi d'abonnés, ce qui fait de lui le pape le plus suivi sur les réseaux sociaux. Malheureusement, l'engagement dont fait preuve le souverain-pontife contre les propos mensongers, avec une communication plus abondante que ses prédécesseurs, ne suffit pas toujours à les éradiquer.

Par ailleurs, le label "ChurchTech", initié par l'association "Eglise et innovation numérique", fédère les entrepreneurs chrétiens et valorise leurs startups innovantes. Aujourd'hui, une vingtaine de startups ont rejoint le mouvement, dont "GoConfess", qui s'apparente à l'Uber de la confession et qui permet de trouver les prêtres disponibles à proximité à l'aide d'une technologie de géolocalisation. Un autre exemple est "Godblessyoo", une application d'origine normande qui permet d'envoyer un message spirituel positif et bienveillant à ses proches. Il y a aussi "La Quête" pour faire une offrande défiscalisée en ligne, ou encore "Ephatta" pour encourager l'hospitalité chrétienne à l'aide d'une plateforme d'hébergement.

Ces outils numériques ont notamment permis aux fidèles de se regrouper et de poursuivre leur pratique religieuse dans de bonnes conditions lors de la pandémie de Covid-19 et des périodes de confinement imposées aux citoyens en 2020. En effet, lorsque les lieux de culte ont été fermés et les rassemblements interdits, les croyants ont pu, grâce à l'internet, discuter via les réseaux sociaux, avoir accès aux réflexions du souverain pontife et organiser des messes depuis chez eux. Le pape a d'ailleurs été actif sur les réseaux sociaux durant cette période afin de promouvoir l'entraide et les bonnes pratiques pour lutter contre la maladie, en accord avec les recommandations des scientifiques. Par exemple, il a annoncé se faire vacciner contre le Covid-19 et sermonne les opposants au vaccin. En effet, malgré les études scientifiques solides qui prouvent l'intérêt de la vaccination, de nombreuses personnes, en particulier en France, y sont réfractaires puisqu'un Français sur trois pense que les vaccins ne sont pas sûrs et environ 60% des français ne souhaitent pas se faire vacciner contre le Covid-19. Aussi, le pape déplore le manque de confiance accordé aux chercheurs et aux professionnels de la santé. L'Église actuelle soutient donc la science.

Mais le pape François n'est pas le premier à vouloir assouplir et moderniser les dogmes du christianisme puisque le XXe siècle voit l'arrivée de papes beaucoup moins conservateurs qui vont officialiser des siècles d'exégèses des Écritures. Ainsi, Jean-Paul II est considéré comme un pape moderniste, convaincu qu'il ne peut pas y avoir de contradiction entre la véritable science et la Bible. En 1996, il affirme que "l'évolution est plus qu'une hypothèse" et, deux ans plus tard, publie l'encyclique Fides et Ratio, où est établie la relation entre la Raison et la Foi.

Une façon différente de vivre la foi

En accord avec cette tendance moderniste, les autorités religieuses ont su faire des compromis afin de faire accepter les traditions aux nouvelles générations. En effet, les fêtes païennes que sont Halloween ou le carnaval cohabitent avec des événements majeurs de la vie chrétienne : la Toussaint et mardi gras, veille du carême. De même, Noël telle que la majorité des familles de l'ouest de l'Europe le fêtent de nos jours est un mélange entre la tradition chrétienne qui célèbre la naissance du Christ et la tradition païenne de Saint Nicolas.

Et la concordance temporelle des fêtes païennes et chrétiennes n'est pas un hasard. De fait, la fête d'Halloween a été importée à la fin du XXe siècle en Europe avec d'autres éléments de la culture états-unienne, de par son influence pendant la guerre froide. Et même si les origines de cette fête sont en réalité plus anciennes et nombreuses, de multiples sources présentent Halloween comme un héritage de la fête religieuse de Samain célébrée par les Celtes en guise de "Nouvel An". Puis, à partir du VIIIe siècle, sous les papes Grégoire III et Grégoire IV, l'Église catholique déplaça la fête de la Toussaint, qui pouvait se fêter jusqu'alors après Pâques ou après la Pentecôte, à la date du premier novembre, christianisant ainsi la fête de Samain. Ainsi, la date de la Toussaint a été fixée en fonction de la date de la fête de Samain, qui est devenue, au cours du temps et avec les vagues de migrations d'Irlandais en Amérique du Nord, une coutume dont les valeurs diffèrent de celles de la Toussaint, jusqu'à s'appeler Halloween et ne plus avoir de caractère religieux. Les deux fêtes se sont alors partagé le calendrier avec la soirée du 31 octobre pour Halloween et la journée du 1er novembre pour la Toussaint.

Pareillement, le carnaval du mardi gras, où l'on se déguise pour inverser les rôles des maîtres et des esclaves et éviter le travail sérieux avant la période d'abstinence du carême, a peu à peu perdu sa dimension religieuse pour ne garder que son caractère festif. Les fêtes païennes ont donc réussi à survivre à travers les siècles de christianisation de la culture occidentale et leur récent essor se fait au détriment des traditions chrétiennes. Mais les autorités religieuses ont choisi de tolérer ces coutumes, pourtant en contradiction avec leurs intérêts, car elles ne pouvaient plus s'y opposer sans paraître trop strictes pour les jeunes en quête de liberté. Ainsi, la nouvelle génération qui ne fête pas Noël pour célébrer la naissance de Jésus conserve tout de même la tradition familiale et l'esprit de partage de cette fête. Et le développement du marketing a su renforcer cette tendance.

En effet, un lien de causalité existe entre la religiosité et le développement économique d'une population. En 2003, le macroéconomiste Robert Barro et la chercheuse en économie Rachel McCleary se sont appuyés sur les données d'enquêtes internationales relatives à la religiosité dans un large échantillon de pays pour déterminer les effets de la fréquentation des lieux de culte et des croyances religieuses sur la croissance économique. Leurs résultats suggèrent que la croissance économique est favorisée par les croyances religieuses, notamment les croyances en l'existence du paradis et de l'enfer, mais défavorisée par la fréquentation des lieux de culte. Toujours en 2003, les économistes Luigi Guiso, Paola Sapienza et Luigi Zingales sont parvenus à des conclusions similaires. Ces trois auteurs ont étudié diverses attitudes économiques vis-à-vis de la coopération, du gouvernement, du travail des femmes, de la législation, de l'épargne et de l'économie de marché. Ils ont constaté que les croyances religieuses étaient en moyenne associées à de « bonnes » attitudes économiques, c'est-à-dire propices à un PIB par habitant plus élevé et à une plus forte croissance économique. Il y a donc une corrélation entre la part de croyants dans un pays et la croissance économique à long terme rencontrée par ce dernier.

De plus, l'innovation est un moteur de croissance. Le lien entre l'innovation et la religion n'est donc pas nul. Cependant, en prenant le nombre de brevets déposés par habitant pour mesurer le degré d'innovation d'un pays, les économistes Roland Bénabou, Davide Ticchi et Andrea Vindigni ont décelé, en 2015, une relation négative entre la religiosité et l'innovation. En conclusion, les pratiques religieuses qui consistent à croire au jugement dernier et à adhérer à des valeurs liées au travail et à la tempérance de manière modérée ne sont pas contradictoires avec la croissance économique et l'innovation. A contrario, les croyants qui appliquent les préceptes des textes religieux dans leur vie quotidienne avec moins de recul freinent le degré d'innovation de leur pays.

Cependant, parce qu'elles ne prônent pas les mêmes normes de comportement, les différentes religions n'exercent probablement pas la même influence sur l'activité économique. Par exemple, il y a plus d'un siècle, l'économiste et sociologue allemand Max Weber (1864-1920) avait noté une affinité entre l'éthique protestante et l'esprit du capitalisme. Selon lui, les préceptes protestants auraient incité les fidèles à adopter une approche plus rationnelle du monde, mais aussi à travailler et à épargner davantage. En 2007, les chercheurs Tiago Cavalcanti, Stephen Parente et Rui Zhao confirment que les différences entre catholicisme et protestantisme peuvent expliquer pourquoi l'Europe du nord s'est industrialisée et développée avant l'Europe du sud. S'inspirant également des travaux de Weber, les économistes Sascha Becker et Ludger Woessmann ont suggéré en 2009 que les économies protestantes ont prospéré parce qu'elles étaient plus favorables à l'accumulation du capital humain : en appelant les protestants à lire la Bible par eux-mêmes, Luther a pu encourager une alphabétisation essentielle à l'accumulation des connaissances et aux activités économiques. En effet, les catholiques ne lisaient pas la Bible par eux-mêmes et étaient contraints de suivre les interprétations des religieux qui guidaient les messes, ces dernières se faisaient d'ailleurs en latin. Contrairement à ce que pensait Weber, le protestantisme a favorisé le développement économique, non pas en encourageant le travail et l'accumulation du

capital physique, mais en favorisant l'accumulation du capital humain, ce qui n'était pas le cas avec le catholicisme.

De nos jours, le christianisme, qu'il soit catholique ou protestant, devient davantage un guide de vie à suivre et à adapter à l'individualité de chacun qu'un règlement strict et universel à respecter pour avoir accès au paradis. Ainsi, il ne cherche non plus à conquérir des territoires et convertir des fidèles, mais à s'ouvrir au monde et à tous ses habitants, quels que soient leurs origines culturelles et leurs cultes. Le pape François a donc déclaré en 2013 : "Au lieu d'être seulement une Église qui accueille, efforçons-nous d'être une Église qui trouve de nouvelles routes, qui est capable de sortir d'elle-même.". Par cela, il assoit sa volonté d'ouvrir le dialogue avec des personnes d'horizons confessionnels multiples dans le but d'améliorer les sociétés actuelles dans leur ensemble, en prenant en compte leur hétérogénéité et leurs diversités internes. L'écrivain catholique Jean-Claude Guillebaud soutient alors en 2015 que "c'est quand une foi est forte, réfléchie, enrichie, dominée, mature, qu'elle s'ouvre sans crainte à l'autre".

Loin des dynamiques de pouvoir du Moyen-Âge, le christianisme s'affirme aujourd'hui comme modelable et voué à aider les citoyens actuels dans leur quête de sens au sein d'une société complexe, sans s'imposer comme étant indispensable. L'écrivain Frédéric Boyer écrit alors en 2015 : "Le discours chrétien est étonnamment plastique, il peut se transformer, il peut se transculture d'une culture à une autre". De même, le jésuite et philosophe Paul Valadier écrit : "je prétends qu'un des apports du christianisme aujourd'hui, c'est précisément de proposer un grand récit (...). Ce ne sont pas seulement des mots, parce que concrètement, par la liturgie, par la prière, par l'attente eschatologique, le chrétien est en position de dire que l'histoire n'est pas finie ; nous ne sommes pas voués à la mort ; il y a une espérance, il y a un avenir.". Ce récit, précise-t-il, n'offre pas de "solution immédiate" à nos problèmes, mais "apporte un dynamisme et une force pour les aborder, contre les tentations du pessimisme qui aujourd'hui sont dominantes".

Ainsi, le christianisme sort peu à peu du jugement et s'éloigne des mots bruts des textes sacrés pour devenir davantage spirituel, comme le dit le dramaturge Valère Novarina : "Le christianisme est aussi une façon de penser, une "méthode" de l'esprit. Une méthode, c'est-à-dire une "voie". Il nous aide à lutter sans cesse contre notre religion naturelle qui est l'idolâtrie". L'Église encourage donc désormais ses fidèles à prendre du recul vis-à-vis de la Bible et à nourrir leur réflexion individuellement. Finalement, les concepts comme la bienveillance restent au cœur de la religion et les récits qui se rapprochent du mythe sont constamment réécrits, comme la genèse qui ne décrit plus une Création en sept jours. Chacun est donc libre de garder dans la croyance ce qu'il veut pour s'épanouir dans la grande communauté que représente la Terre, voire l'Univers.

Une émancipation possible grâce au progrès social

Cependant, malgré son discours universel sur la diversité humaine, l'Église peine encore à rester unie face à certaines questions telle que celle de l'homosexualité. En effet, l'organisation ecclésiastique se divise à chaque vague de militantisme pour le mariage pour tous, comme en 2013, lors de l'adoption de la loi autorisant le mariage civil homosexuel en France. Cette loi a fracturé les communautés chrétiennes en engendrant un débat national houleux. D'une part, les communautés LGBT+, qui revendiquent l'obtention des mêmes droits que les couples hétérosexuels et une reconnaissance de l'oppression qu'elles subissent, ont souvent souffert par le passé des dogmes et mœurs véhiculés, entre autres, par le christianisme. D'autre part, les conservateurs opposés au mariage homosexuel, qui considèrent l'homosexualité comme une hérésie, ne veulent pas voir les traditions changer sur des sujets qui leur tiennent particulièrement à cœur comme la famille, et ils comptent parmi eux de nombreux croyants. De plus, de nombreux militants homophobes utilisent souvent des arguments bibliques pour rallier des adeptes. Au milieu de cet affrontement, les chrétiens homosexuels ou qui luttent contre l'homophobie sont les grands oubliés du débat. Tandis que des associations de chrétiens qui revendiquent la diversité des orientations sexuelles et de genres au sein de l'Église tentent de faire entendre leur voix, certains croyants homosexuels se sentent isolés, voire trahis, car il est tentant de croire que l'Église soutient la "Manif pour tous".

Malgré tout, l'évolution est positive puisqu'aujourd'hui, de nombreux diocèses en ont pris conscience et se sont organisés pour mieux accueillir les personnes homosexuelles qui ont pendant longtemps été rejetées par l'Église. Du chemin reste à parcourir mais les initiatives locales pour l'inclusion de tous les croyants se multiplient. Par exemple, l'archevêque de Poitiers est conscient que l'homophobie reste une des causes principales de suicide chez les adolescents et des temps d'échange sont organisés

pour accompagner les familles dans l'acceptation de l'homosexualité de leur enfant. Ainsi, même si les réticences restent encore vives, parmi les prêtres comme parmi les fidèles, le pape François a apporté un appui inespéré à ceux qui plaident, depuis de nombreuses années, pour que l'Église fasse davantage preuve d'ouverture. Aussi, les déchirures au sein des communautés chrétiennes dues à l'incompréhension face à cette acceptation nouvelle se calment progressivement avec les discours visant à la tolérance : "Si une personne est homosexuelle et cherche le Seigneur avec bonne volonté, qui suis-je pour la juger ?" interrogea le pape en 2013, à la suite des Journées mondiales de la jeunesse.

De même, les autres questions relatives à la famille font débat, non seulement dans la communauté scientifique, dans la vie politique ou dans la société en général, mais aussi au cœur de l'Église. Parmi elles, on y trouve la fécondation in vitro (FIV), l'avortement et l'homoparentalité. Ces innovations biologiques et sociétales, qui ont pourtant pour but d'aider la construction des familles, ont pendant longtemps été punies par l'Église. Aujourd'hui encore, cette dernière n'accepte pas l'avortement, sauf s'il est thérapeutique, c'est-à-dire pour éviter un dommage grave et irréversible sur la santé. L'avortement étant considéré comme un meurtre, même lorsqu'il a lieu lors du stade embryonnaire de la grossesse, il est donc réprouvé par l'Église. Ainsi mère Teresa a dit : «Quand l'enfant devient l'ennemi numéro un, alors tout homme est susceptible d'être mon ennemi à abattre. Que tous ceux qui ne peuvent garder leur enfant me le confient». Cependant, concernant la FIV et la procréation médicalement assistée (PMA), le débat progresse. Cette progression reste toutefois lente puisque l'Église ne reconnaît pas le droit à l'enfant et considère l'infertilité comme une épreuve de la vie à surmonter, avec le soutien de la foi. Aussi, les récentes lois françaises de bioéthiques visant à rendre la PMA accessible à toutes les femmes, y compris seules ou homosexuelles, sont désapprouvées par l'Église, au même titre que le don de gamètes.

Finalement, le progrès social connaît une avancée à deux vitesses puisqu'il n'est pas exclu de l'Église mais y reste en retard par rapport au reste de la société majoritairement athée. L'Église subit les combats à grande échelle menés par les nouvelles générations, qui visent à établir l'égalité grâce au progrès scientifique et social, et peine à s'y adapter. Mais sa volonté d'évoluer et d'aider chaque homme reste intacte. Malgré les apparences, la fracture entre ancienne et nouvelle Église n'est donc pas nette et, bien que cette institution suive des règles bien délimitées comme toute organisation, ses représentants et ses fidèles, en tant qu'humains, ont chacun des comportements plus souples, indépendants et parfois contradictoires.

CONCLUSION

« La Science sans la religion est boiteuse ; la religion sans la science est aveugle. » (Albert Einstein). À travers l'histoire, le catholicisme, et la religion chrétienne en général, ont connu des innovations qui ont chamboulé la face du monde, qu'elles soient scientifiques, militaires, artistiques, économiques ou culturelles. Nombreux hommes de sciences, par leurs découvertes, ont fragilisé l'Église, en la remettant en question. Mais elle a su s'accommoder à certains changements, voire se les accaparer, et ainsi réussir à se reconstruire des bases saines. Néanmoins tout n'est pas aussi simple : il ne faut pas oublier que la plupart des personnes ayant contredit à un moment l'Église étaient croyantes. Et, au contraire, certains architectes, artistes ou soldats ont dû lui apporter leur aide, contre leur gré. Finalement, les innovations, notamment celles portées par la science, et la religion progressent ensemble, en s'aidant mutuellement.

Ce rapport aurait aussi pu traiter du colonialisme et de la propagation de la foi, pour renforcer l'image d'une Église se servant des innovations pour avancer, pour s'élever. Il aurait pu encore parler des philosophes du XXe siècle, qui, avec les révolutions industrielles, contredisaient de plus en plus l'hypothèse d'une entité divine. Mais encore, la vision de l'Église est soumise aux différences culturelles entre chaque pays et ce rapport témoigne du point de vue français.

L'Église a donc évolué, à cause des innovations, mais surtout avec elles, pour finalement se réinventer, afin de mieux correspondre au monde qu'elle voyait se construire sous ses yeux. L'ancienne Église, exigeante, prétentieuse, et feignant tout connaître, a dû laisser place, à cause de, mais aussi grâce à certaines révolutions scientifiques et sociétales, à une nouvelle version d'elle-même. Celle-ci, plus respectueuse de la diversité et ouverte au renouveau, est aidée par des mouvements culturels et artistiques eux aussi nouveaux. Il est indéniable que les innovations passées imprègnent l'âme de l'Église tout comme les avancées de notre époque marqueront les cultes futurs.

Après avoir parlé du passé, il est temps de se tourner vers l'avenir. Lors de l'écriture de ce rapport, découlant de renseignements sur plusieurs résumés de recherches et d'histoire, deux questions importantes revenaient souvent, même si elles s'éloignaient de notre sujet initial : L'équilibre qui a réussi à s'instaurer entre l'innovation et la religion va-t-il durer encore longtemps ? Rien que le boson de Higgs, aussi connu sous le nom de « particule de Dieu » peut soulever cette question. Bien que ce nom soit au préalable une blague de scientifiques, d'autres experts espèrent utiliser cette découverte comme une preuve de l'existence d'un être supérieur. Mais aussi, comment la religion musulmane, qui a pendant longtemps eu moins de pratiquants que la religion chrétienne, a-t-elle réussi à autant se développer ?

BIBLIOGRAPHIE

Article de Wikipédia

Crise moderniste. Wikipédia [en ligne]. 2020. [consulté le 23 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Crise_moderniste

Croisades. Wikipédia [en ligne]. 2021. [consulté le 4 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Croisades>

Déchristianisation. Wikipédia [en ligne]. 2020. [consulté le 23 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : [https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9christianisation_\(R%C3%A9volution_fran%C3%A7aise\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9christianisation_(R%C3%A9volution_fran%C3%A7aise))

Histoire de l'Église catholique. Wikipédia [en ligne]. 2020. [consulté le 20 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_l'Église_catholique

Inquisition. Wikipédia [en ligne]. 2021. [consulté le 23 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Inquisition>

Relation entre science et religion. Wikipédia [en ligne]. 2020. [consulté le 21 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Relation_entre_sciences_et_religion

Siège de Saint-Jean-D'acre (1189-1191). Wikipédia [en ligne]. 2020. [consulté le 4 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Si%C3%A8ge_de_Saint-Jean-d'Acres_\(1189-1191\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Si%C3%A8ge_de_Saint-Jean-d'Acres_(1189-1191))

Trébuchet. Wikipédia [en ligne]. [consulté le 4 décembre 2020]. 2020. Disponible à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A9buchet>

Page de blog

BLANCHET, Antoine. La PMA est-elle autorisée dans la religion catholique ? . magicmaman [en ligne]. 21 août 2020. [consulté le 8 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.magicmaman.com/la-pma-est-elle-autorisee-dans-la-religion-catholique,3662510.asp>

Page web

STEVENARD, Elvire. La chasse aux sorcières. Florilège [en ligne]. 28 octobre 2019. [consulté le 22 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://florilegeswebjournal.com/2019/10/28/la-chasse-aux-sorcieres/>

JUIGNET, Patrick. Le procès de Galilée et ses enjeux idéologiques. Philosophie, science et société [en ligne]. 2015. [consulté le 22 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.philosciences.com/philosophie-et-societe/ideologie-croyance-societe/145-galilee-proces>

Du culte chrétien au culte de l'art : la transformation du statut de l'image (XVe-XVIIIe siècles). Cairn.info [en ligne]. [consulté le 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/revue-d-histoire-moderne-et-contemporaine-2002-3-page-176.htm>

L'armement occidental pendant la première croisade. Open Edition [en ligne]. [consulté le 11 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://journals.openedition.org/crm/2511>

Les techniques de construction des bâtisseurs. Œuvre Notre Dame [en ligne]. [consulté le 7 janvier 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.oeuvre-notre-dame.org/cathedrale-de-strasbourg/histoire-cathedrale/techniques-construction-batisseurs>

L'Église et « l'art admirable ». Typographie et Civilisation [en ligne]. [consulté le 6 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.typographie.org/histoire-imprimerie/eglise/eglise-2.html#:~:text=ORS%20DE%20SA%20DECOUVERTE%20PAR,propagation%20de%20la%20doctrine%20chr%C3%A9tienne.&text=L'Église%20se%20fit%20un,actifs%20de%20la%20nouvelle%20industrie.>

Comment les croisades ont-elles permis de faire progresser les sciences en Europe? Curiokids [en ligne]. [consulté le 28 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://curiokids.net/comment-les-croisades-ont-elles-permis-de-faire-progresser-les-sciences-en-europe/>

Les branches du christianisme. Musée protestant [en ligne]. [consulté le 28 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.museeprotestant.org/notice/les-branches-du-christianisme/>

La rédaction d'Aleteia. Fécondation in vitro : pourquoi l'Église s'y oppose-t-elle ? . Aleteia [en ligne]. 9 avril 2014. [consulté le 4 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://fr.aleteia.org/2014/04/09/fecondation-in-vitro-pourquoi-leglise-sy-oppose-t-elle/>

INCONNU. Quelle est la position de fond de l'Église sur l'avortement ? . catholique.org [en ligne]. [consulté le 14 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://qc.catholique.org/avortement/182-quelle-est-la-position-de-fond-de-l-eglise>

SURIEU, Jérémie. LES ÉMISSIONS RELIGIEUSES SUR L'AUDIOVISUEL PUBLIC EN FRANCE : LA NEUTRALITÉ PAR LE PLURALISME. Les Surligneurs [en ligne]. [consulté le 4 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://lessurligneurs.eu/les-emissions-religieuses-sur-laudiovisuel-public-en-france-la-neutralite-par-le-pluralisme/#:~:text=Les%20%C3%A9missions%20religieuses%20font%20partie,le%20jour%20l'ann%C3%A9e%20suivante>

FOURCADE, Jean Pierre. RELIGIONS ET TECHNOLOGIES FONT-ELLES BON MÉNAGE ? . yellowvision [en ligne]. 22 novembre 2017. [consulté le 4 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <http://yellowvision.fr/religions-et-technologies/>

Vidéo en ligne

Arte. Halloween : Une simple importation américaine ? [en ligne]. 31 octobre 2020 [3 novembre 2020]. Disponible à l'URL : https://www.youtube.com/watch?v=LOFj_hgdO1g

Émission de radio

DES CARS, Jean. Copernic et Galilée : une révolution. Au cœur de l'histoire. Europe 1, 3 mars 2020. 16 min. Disponible à l'adresse : <https://www.europel.fr/emissions/Au-coeur-de-l-histoire/copernic-et-galilee-deux-scientifiques-revolutionnaires-face-a-leglise-3953080>

Article de journal

CHASTENAY, Pierre. Le Devoir de philo - L'affaire Galilée : science vs religion. Le Devoir [en ligne]. 17 janvier 2009. [consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.ledevoir.com/societe/le-devoir-de-philo-histoire/227885/le-devoir-de-philo-l-affaire-galilee-science-vs-religion>

MOUGIN, Marie. La chasse aux sorcières n'est pas le fait du Moyen Âge... . France Inter [en ligne]. 4 décembre 2018. [consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.franceinter.fr/culture/la-chasse-aux-sorcieres-la-face-cachee-de-la-renaissance>

ROPERT, Pierre. L'Église et la science, un problème d'Écritures. France Culture [en ligne]. 19 décembre 2014. [consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/histoire/leglise-et-la-science-un-probleme-decritures>

Renaissance italienne : les Médicis à la conquête du Vatican. Géo [en ligne]. [consulté le 17 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.geo.fr/histoire/renaissance-italienne-les-medicis-a-la-conquete-du-vatican-159422>

La pierre et le voûtement, innovation dans les techniques de construction des églises en Bourgogne au XIe siècle. Persée [en ligne]. [consulté le 22 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/acsam_0000-0000_1998_act_6_1_1143

La construction des églises paroissiales, du Xe au XVIIIe siècle. Persée [en ligne]. [consulté le 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.persee.fr/doc/rhef_0300-9505_1987_num_73_190_3391#rhef_0300-9505_1987_num_73_190_T1_0012_0000

DANIEL, Vincent. "La Manif pour tous n'est pas représentative du catholicisme aujourd'hui". franceinfo [en ligne]. 16 octobre 2016. [consulté le 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.francetvinfo.fr/societe/mariage/mariage-et-homoparentalite/la-manif-pour-tous-n-est-pas-representative-du-catholicisme-aujourd-hui_1868767.html

INCONNU. Le pape François plaide pour une communication numérique qui ne "piège" pas mais "libère".

LaCroix [en ligne]. 16 janvier 2015. [consulté le 12 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.la-croix.com/Urbi-et-Orbi/Documentation-catholique/Actes-du-pape/Le-pape-Francois-plaide-communication-numerique-piege-pas-libere-2019-01-24-1200997793>

INCONNU. Covid-19 : le pape François qui va se faire vacciner déplore «un négationnisme suicidaire». Sud Ouest [en ligne]. 9 janvier 2021. [consulté le 12 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.sudouest.fr/2021/01/09/covid-19-le-pape-francois-qui-va-se-faire-vacciner-deploire-un-negationnisme-suicidaire-8270254-10861.php>

INCONNU. Covid-19 : pour le pape, s'opposer au vaccin est « suicidaire ». Le Point [en ligne]. 9 janvier 2021. [consulté le 12 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.lepoint.fr/monde/covid-19-pour-le-pape-s-opposer-au-vaccin-est-suicidaire-09-01-2021-2408869_24.php

LE PRIOL, Mélinée. Que dit l'Église de l'avortement ?. LaCroix [en ligne]. 24 mai 2018. [consulté le 12 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.la-croix.com/Religion/Catholicisme/Monde/dit-IEglise-lavortement-2018-05-24-1200941404>

HOFFNER, Anne-Bénédicte. Église et homosexuels, la porte s'entrouvre. LaCroix [en ligne]. 23 avril 2018. [consulté le 12 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.la-croix.com/Religion/Catholicisme/France/Eglise-homosexuels-porte-sentrouvre-2018-04-23-1200933800>

GREINER, Dominique. La revue Etudes explore les voies d'un « christianisme d'innovation ». LaCroix [en ligne]. 16 janvier 2015. [consulté le 12 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://doctrine-sociale.blogs.la-croix.com/la-revue-etudes-explore-les-voies-dun-christianisme-innovation/2015/01/16/>

ROLLAND, Sylvain. Les startups cathos s'organisent autour du label ChurchTech. La Tribune [en ligne]. 24 janvier 2019. [consulté le 28 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.latribune.fr/techno-medias/innovation-et-start-up/les-startups-cathos-s-organisent-autour-du-label-churchtech-636648.html>

Les Modifications Génétiques

JOUBERT Célia, GAIDE Edgar, GREGOIRE Johann

Département / Année : Maîtrise des Risques Industriels
Année universitaire 2020/2021
Promotion 2022

Pilote :
Professeur Hervé DUCLOS

RÉSUMÉ

Les animaux et plantes connus aujourd'hui sont la conséquence de milliards d'années de modifications génétiques naturelles.

Cet aspect, jusque-là imprévisible, est bouleversé par les biotechnologies telles que CRISPR Cas9. Elles amènent cependant de nombreuses interrogations qui restent encore sans réponse. Par conséquent, la mise en place d'une réglementation est en cours de réalisation

MOTS CLÉS : ADN ; Génétique ; Modification ; Ethique ; Biotechnologie.

ABSTRACT

On October 7th, 2020, Emmanuelle Carpentier and Jennifer Doudna were awarded the Nobel Prize in Chemistry for their discovery of CRISPR Cas9, a revolutionary molecular modification technology.

The advent of this technology is a result of the way humans think as a species. In fact, humans have always tried to bend nature to their will. Since the invention of agriculture between 9000 and 5000 BC, humans have domesticated both animals and plants, through selective breeding and by trial and error. Though primitive and slow, this process was the first application of genetic modification, long before the term DNA even appeared in 1950. From 1970, when the first genome editing technologies appeared, to 2012, a lot of progress had been made, notably in the comprehension of how genes work. Finally, in 2012, CRISPR Cas9 was discovered, a technology able to pinpoint malfunctioning genes, to cut their ill part and replace it with a sane one.

This technology showed a lot of promise because of its potential uses in agriculture and in medicine. A possible use would be to modify the genome of some animals to make them produce organs compatible with those of humans, to allow grafts of healthy organs to human patients. Research is also being done to find out how to use CRISPR Cas9 efficiently and without risks on humans themselves, to fight off diseases until now incurable. Though very few actual experiments have been performed, results obtained in laboratories seemed encouraging, with CRISPR Cas9 being very effective against malformations such as blood diseases. However, it seems too early to use CRISPR Cas9 on humans confidently, because scientists do not yet know enough about the human genome to be sure of the effect of each gene, both alone and on the rest of the genome. Another problem is the fact that CRISPR Cas9 is not 100% precise, and the cuts are sometimes erratic.

However, the use of CRISPR Cas9 raises more than simple technological questions. In fact, the biggest debate concerning this technology is not whether we could use it, but whether we should. Using CRISPR Cas9 on humans has many ethical implications. Since using CRISPR Cas9 on some cells will also transmit the modifications on the descendants of the patients, any change can and will influence the whole human population and its evolution. One can also wonder about the use of a technology of such broad potential to create bioweapons that might affect humanity. Another concern is the fact that CRISPR Cas9 might be used not to cure the ill, but to “improve” the healthy. This science-fiction like idea of transhumanism and eugenics to create a superior human race, scares scientists and governments alike, and to this extent, laws are being written. Those laws will detail what can and cannot be done with this technology. However, different governments have different ways of handling the subject, making it hard to arrive at a consensus.

To conclude, it can be said that CRISPR Cas9 seems like a very promising technology that would enhance the scope of what is possible using biotechnologies. Nevertheless, its current shortcomings in terms of precision et reliability still are an issue. Compounding the problem are the ethical questions linked to the use of CRISPR Cas9, strengthening the importance of the instauration of a global legislation.

especially during the Middle Ages and the Renaissance. Thanks to these, it has been able to push back the boundaries of its power and influence throughout the world, especially in the Middle East, while strengthening its authority in Europe with major projects. For example, the printing press allowed the spreading of the Bible, and architecture made it possible to build impressive religious buildings. Likewise, technologies such as radio, television or mobile applications were quickly adopted by representatives of

GLOSSAIRE

ADN : Molécule constituée d'un assemblage de quatre nucléotides, comprenant chacun une base : adénine (A), thymine (T), cytosine (C), guanine (G). Elle porte l'information génétique.

ARN : Molécule constituée d'un assemblage de quatre nucléotides, comprenant chacun une base : adénine (A), guanine (G), cytosine (C), ou uracile (U). Il résulte de la transcription de l'ADN et permet la traduction en acides aminés puis en protéines. Un codon, constitué de 3 nucléotides, code pour un acide aminé.

ARTICLE 16-4 DU CODE CIVIL FRANCAIS : “ Sans préjudice des recherches tendant à la prévention et au traitement des maladies génétiques, aucune transformation ne peut être apportée aux caractères génétiques dans le but de modifier la descendance de la personne”

Cas9 : CRISPR associated protein 9

Conseil de l'Europe : C'est une organisation internationale qui rassemble 47 États membres, par le biais des normes juridiques dans les domaines de la protection des droits de l'homme, du renforcement de la démocratie et de la prééminence du droit en Europe

CRISPR : Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (Courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées)

Génome : Ensemble du matériel génétique codé dans l'ADN. Il contient les séquences d'ADN codantes, c'est-à-dire traduites en protéines (exome) et les séquences non codantes.

Phosphodiester : lien entre le phosphore d'un groupement phosphate avec deux autres molécules.

Transgénèse : Introduction volontaire dans le génome d'un organisme vivant d'un ou plusieurs gènes exogènes.

Transhumanisme : Mouvement culturel et intellectuel prônant l'usage des sciences et des techniques afin d'améliorer les caractéristiques physiques et mentales des êtres humains (projet de « l'homme augmenté »).

Xénogreffe : greffe d'un organe d'une espèce à une autre

INTRODUCTION

Le 7 octobre 2020, Emmanuelle Carpentier et Jennifer Doudna, deux chercheuses française et américaine, ont reçu le prix Nobel de chimie 2020 pour leur découverte de CRISPR-Cas9, une technologie de modification moléculaire révolutionnaire.

L'ingénierie génomique a connu récemment des avancées déterminantes permettant des modifications ciblées du génome. Par ailleurs, la mise en œuvre de plus en plus rapide des techniques de séquençage du génome et, d'autre part, la mise au point d'outils de plus en plus performants permettant de modifier de façon très ciblée les séquences existantes d'ADN justifient cette avancée dans la modification du génome.

Ces manipulations peuvent être perçues comme une voie prometteuse pour mieux comprendre le rôle des gènes, la signification des variations observées entre individus et espèces, notamment en regard de leur état de santé et, plus généralement, de nouvelles possibilités pour réparer le génome (dans le cas de l'homme) ou pour une domestication mieux adaptée aux besoins de l'humanité (dans le cas des plantes et des animaux).

Les applications de ces technologies dans l'ensemble du vivant, y compris l'espèce humaine, soulèvent néanmoins des inquiétudes et des questionnements éthiques quant à la transmission des modifications génétiques à la descendance. Les questions éthiques portent également sur la maîtrise, encore incomplète, des techniques mises en œuvre et, globalement, sur les inconnues de certaines de leurs conséquences, à court et à long terme, sur les individus ainsi que les écosystèmes.

Ainsi, les innovations de rupture dans le domaine de la génétique, telle que la technologie CRISPR Cas9, permettent-elles de concilier les performances scientifiques et techniques avec les impératifs éthiques ?

Tout d'abord, l'existence de la modification génétique depuis des millénaires sera étudiée. Cette dernière est bouleversée par les biotechnologies, particulièrement avec la technologie CRISPR Cas9, possédant ces avantages et ces inconvénients. Il apparaît également de nombreuses questions éthiques et réglementaires.

LA MODIFICATION GENETIQUE : UNE INNOVATION EN CONSTANTE EVOLUTION

Un procédé ancestral

L'apparition de l'agriculture, entre 9000 et 5000 avant JC, engendre l'arrivée de la domestication d'espèces animales et végétales (la date de l'apparition de l'agriculture reste controversée, elle varie suivant les différentes parties du monde de l'époque). Cette domestication consiste à garder ou cultiver les plantes et animaux qui possèdent le plus d'intérêt, des points de vue du rendement, de la résistance au climat ou tout simplement de la comestibilité des différentes espèces végétales par exemple. Cela montre donc un très bon exemple de modification génétique, même si celui-ci est fait inconsciemment car le concept d'ADN n'est apparu qu'en 1950.

Cette technique est utilisée depuis des millénaires et est l'origine de la plupart des espèces animales ou végétales connues actuellement. L'exemple même de domestication est le blé. Deux des premières versions de blé cultivées et domestiquées par l'Homme sont l'égilope et l'engrain sauvage, peu productives mais rustiques (nécessite moins d'entretien et de traitement). Elles possédaient peu de chromosomes, 14 au total.

Grâce aux croisements et à la modification génétique, de nombreuses variétés de blés sont cultivées de nos jours, comme par exemple le blé de force, cultivé pour sa forte teneur en protéine ou encore le blé tendre, cultivé pour ses granules d'amidon tendre, facilement broyables. Les blés les plus développés sont hexaploïdes : ils possèdent donc 48 chromosomes.

Ceci est la caractéristique de nombreuses étapes de sélection génétique.

Cette modification génétique était la seule solution possible pour améliorer les cultures et les animaux. Cependant, grâce aux avancées technologiques, notamment la découverte de l'ADN, la redécouverte des travaux de Mendel et les travaux de Morgan, les technologies qui permettent de modifier le génome apparaissent dès le début des années 1970. On commence donc à parler de génie génétique.

Le contexte socio-économique

Au début du XXe siècle, la redécouverte des travaux de Mendel sur le principe de l'hérédité biologique et les travaux de Morgan sur la mouche drosophile permettent de comprendre que l'hérédité est due à

la transmission de particules appelés gènes, disposés de manière linéaire sur les chromosomes : l'ADN (acide désoxyribonucléique) est alors identifié comme support pour les gènes.

Le génie génétique est l'ensemble des outils permettant de modifier la constitution génétique d'un organisme en supprimant, en introduisant ou en remplaçant de l'ADN. La structure moléculaire de l'ADN et la nature chimique des gènes a été mise en évidence dans les années 1950 : l'ADN est une macromolécule formée par la succession de nucléotides, ou bases azotées, reliés entre eux par des liaisons phosphodiester. L'ADN est organisé en deux brins complémentaires, enroulés en double hélice.

2004 marque un tournant sans précédent dans la recherche sur l'ADN avec le séquençage complet de l'ADN du génome humain lancé par le programme projet génome humain. Ces découvertes essentielles sur l'ADN, sa structure et son rôle dans l'organisation de l'information génétique vont permettre de faire avancer et développer la biologie moléculaire et les modifications génomiques.

Les travaux sur la modification génétique ont débuté 80 ans avant le séquençage de l'ADN avec Joseph Muller, qui a démontré qu'une exposition à des rayonnements à forte intensité peut entraîner des mutations génétiques. Cinquante ans plus tard, David Jackson expérimente une technique qui permet d'insérer ou supprimer de nouveaux gènes dans les êtres vivants, de manière aléatoire (mutagenèse) ou imprécise (thérapie génique). Ce phénomène, la recombinaison homologe, permet l'échange de matériel génétique entre deux molécules d'ADN similaires ou identiques.

L'arrivée des nucléases dans les années 2000 va bouleverser les techniques de modification du génome. Les nucléases sont des ciseaux moléculaires, permettant de couper et ajouter, supprimer ou remplacer des éléments du génome de manière précise.

Ces innovations remplacent ainsi les manipulations aléatoires par des modifications ciblées du génome. On retiendra tout particulièrement la dernière génération d'outils de modification ciblée du génome représentée par la technologie CRISPR Cas9.

Elle promet de nombreuses innovations dans de nombreux domaines des biotechnologies, notamment en agriculture et en santé. Économiquement et politiquement parlant, les pays ont également intérêt à investir dans la recherche appliquée de CRISPR Cas9 car les promesses de gains, dues en grande partie à la protection des brevets.

La brevetabilité du vivant rend ainsi la recherche autour du génome très attractive car il permet de les mettre en concurrence en incitant les entreprises à innover et diffuser leurs découvertes tout en leur promettant une exclusivité temporaire sur les marchés et donc un revenu considérable.

Ainsi CRISPR Cas9 fait l'objet de dépôts croissants de brevets, régulièrement sources de conflits juridiques au vu des enjeux économiques mis en œuvre derrière ces protections. Deux parties s'opposent le camp représenté par l'Université de Californie à Berkeley (Jennifer Doudna), l'Université de Vienne (Emmanuelle Charpentier) et le camp constitué par le Board Institute à Boston (Feng Zhang).

Une utilisation à la pointe de la biotechnologie : CRISPR Cas9

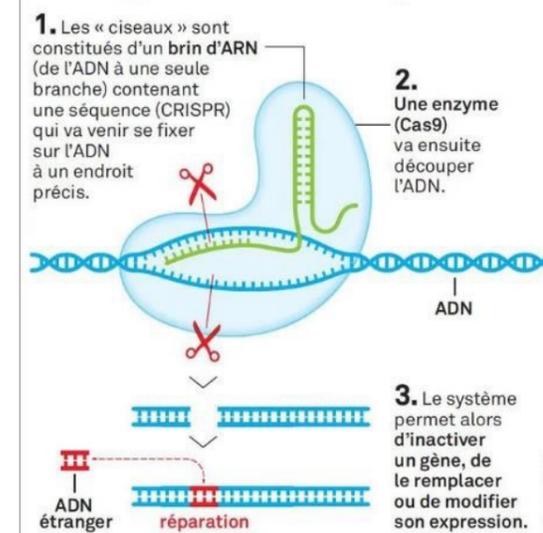
L'édition génomique, permettant d'effectuer des modifications ciblées sur des cellules humaines ou non, a fait son apparition dans les années 80. Partie intégrante du génie génétique, cette technique regroupe plusieurs types de procédés, plus ou moins simples d'utilisation, permettant tous de modifier des sections précises du génome (animal, végétal ou humain). Certains sont basés sur les nucléases, permettant de couper l'ADN au niveau de zones prédéfinies. Cependant, l'utilisation de ces enzymes est très difficile, longue et coûteuse.

Ceci limite donc leur utilisation pratique.

C'est dans ce contexte qu'une nouvelle technologie de modification ciblée du génome voit le jour en 2012 : CRISPR Cas9. Ce nouvel outil est tout autant voire plus efficace que les nucléases et présente des avantages non négligeables : il est plus facile à utiliser, à produire et est peu coûteux. Son fonctionnement est basé sur un procédé naturel présent dans le système de protection des bactéries en général. Lorsque les bactéries sont attaquées par un virus par exemple, elles créent une branche d'ARN identique à celle du virus et une fois qu'un ARN guide a trouvé la zone recherchée, la protéine CRISPR coupe le double brin d'ADN en deux, ce qui désactive le virus.

L'utilisation de CRISPR Cas9 se différencie du procédé naturel des bactéries après la coupe des brins d'ADN. En effet, cette technologie enlève une partie de l'ADN en coupant donc à deux endroits simultanément. Une fois coupé, deux cas sont possibles :

Une technique qui découpe l'ADN pour mieux la réparer



- soit la cellule en question répare les deux parties de l'ADN coupé, ce qui permet ensuite aux chercheurs d'identifier l'utilité de la section de l'ADN enlevée ;

- soit la protéine CRISPR Cas9 possède une version saine de l'ADN (introduite préalablement par les chercheurs dans la protéine) et la remplace dans la zone qui a été coupée, ce qui permet de supprimer des aspects indésirables de l'ADN.

Synthétiquement, CRISPR Cas9 est un mécanisme bactérien qui peut être détourné pour modifier, corriger ou réécrire le génome d'un organisme vivant. Avec cette découverte, tout ou presque devient possible en ingénierie génétique humaine, animale et végétale. On peut ainsi activer ou éteindre à volonté l'expression d'un gène, le modifier, l'enlever et même l'hybrider.

Toutes sortes d'applications sont donc envisagées : thérapie génique, reconstitution d'espèces animales disparues, inactivation de gènes pour stériliser certaines espèces animales, modifications d'embryons humains à portée eugénistes ou thérapeutiques, etc. Mais aussi, des applications désormais industrialisées dans le domaine des biotechs végétales avec la mise sur le marché d'OGM « cachés » grâce à l'emploi du CRISPR ou encore des applications craintes mais possibles dans des buts criminels ou terroristes.

Les applications possibles de CRISPR Cas9 représentent des avancées scientifiques majeures pour les années en cours et à venir, notamment dans la médecine ou tout simplement pour la faune ou la flore. Cependant, cette technologie montre des limites car elle est par exemple basée sur la réparation cellulaire, qui possède encore des parties inconnues et aléatoires.

CRISPR CAS9 : UN MECANISME PROMETTEUR MAIS LIMITE

La faune et la flore : une grande avancée

Comme énoncé précédemment, CRISPR Cas9 est la technologie la plus avancée en termes de modification du génome. Celle-ci a récolté beaucoup d'attention de la part des scientifiques et des industriels du monde entier, car son utilisation permet, à un prix modeste, d'intervenir directement sur des caractéristiques du vivant. Elle peut servir sur la faune et la flore.

Une utilisation très prometteuse de cette technologie porte sur l'étude des pathogènes, par la création d'animaux génétiquement modifiés adaptés à l'étude du développement de pathologies, ou sur lesquels effectuer des essais thérapeutiques. Pour ce genre d'études, on ne pouvait utiliser que des animaux très spécifiques, notamment des souris ou des drosophiles.

Cependant, en transférant dans des femelles des embryons génétiquement modifiés par la technologie Cripr-Cas9, on peut agir directement sur les génomes des animaux qui naîtront, de façon à pouvoir étudier leur réaction à certains agents pathogènes. On peut prendre l'exemple des 2 singes nés de cette façon, et sur lesquels des modifications ont été réalisées, respectivement au niveau de leur métabolisme et de leur immunité.

Une autre utilisation de CRISPR Cas9 sur des animaux serait de rendre possible la création d'organes greffables à des humains provenant de porcs. En effet, les génomes du porc et de l'homme sont étonnamment similaires, et la taille, tout comme le fonctionnement de leurs organes, le sont aussi.

Cependant, la xénogreffe était jusque-là impossible, et ce entre autres à cause d'un virus présent à la naissance dans le génome des porcs. Ce rétrovirus, nommé PERV (Porcine Endogenous RetroVirus), a des effets qui se rapprochent de ceux du SIDA, et il pourrait être transmis à l'homme dans le cas de

xénogreffe. L'utilisation de CRISPR Cas9 sur des élevages de porcs permettrait d'éliminer ce virus de leur génome, et par la même occasion de rendre possible la greffe d'organe de porc dans le corps humain.

L'avantage d'utiliser des organes de porcs est qu'il est facile d'élever une grande quantité de porcs, et ainsi de disposer d'une grande quantité d'organes sains pour des greffes. Si la xénogreffe n'est pas encore réalisable à cause d'une réaction toxique entre les organes de porc et le sang humain, la technologie CRISPR Cas9 a permis aux scientifiques de faire un grand pas vers une xénotransplantation viable et fiable.

Les avancées citées précédemment et applicables au génome des animaux sont aussi applicables au génome de plantes. En effet, une part non négligeable de la production agricole de presque tout type de plante est perdue chaque année pour différentes raisons. L'une d'entre elles, par exemple, est l'existence d'un type de virus nommé potyvirus, souvent transmis par des pucerons, et empêchant la plante de se développer correctement et de produire des fruits.

Cependant, toutes les plantes ne sont pas touchées de la même façon, ce qui implique que certaines possèderaient des gènes leur permettant de lutter contre ce virus. L'utilisation de CRISPR Cas9 pourrait permettre d'empêcher le virus d'atteindre les plantes qui le craignent en leur implantant le gène résistant, et ainsi éviter de lourdes pertes dans les plantations.

Cependant, les utilisations de CRISPR Cas9 ne sont pas limitées aux domaines de la faune et de la flore. En effet, on peut aussi envisager d'utiliser cette technologie sur l'humain.

Les cellules humaines aux cœurs des recherches

Si, jusqu'ici, l'étude portait sur quelques-unes des utilisations possibles de CRISPR Cas9 sur la faune et la flore, elle ne traitait pas encore de la possibilité d'utiliser cette technologie directement sur le corps humain. De plus, les changements qu'elle apporte ne sont pas limités à des modifications à l'état embryonnaire, mais peuvent aussi être appliqués directement sur des parties défectueuses afin de les réparer.

Les scientifiques travaillant sur le CRISPR Cas9 utilisent cet outil pour combattre des maladies dues à des malformations génétiques, ainsi que des cancers. La méthode est de prélever chez les patients quelques cellules, de les éditer en ajoutant des gènes favorables ou en supprimant des gènes néfastes, puis de les réinjecter. Les cellules ainsi modifiées sont plus aptes à lutter contre les maladies en question.

Ce type de méthode est particulièrement efficace dans la lutte contre les maladies du sang, notamment celles affectant la forme des globules rouges, en remplaçant les cellules hématopoïétiques (qui forment le sang) touchées par une malformation par leurs équivalents sains. Des tests employant cette méthode sont en cours, mais il n'y a pas encore de résultats sur l'efficacité de celle-ci en pratique, même si les résultats obtenus en laboratoire semblaient encourageants.

De la même façon que pour les embryons d'animaux, CRISPR Cas9 peut permettre d'effectuer des modifications sur le génome d'embryons humains. Cependant, les connaissances sur ces derniers sont trop limitées pour réaliser sans risques ce genre de modifications. En 2015, les premières expériences utilisant CRISPR Cas9 pour éditer le génome d'un embryon humain ont eu lieu, et depuis, des études sont en cours, ayant pour but de rendre plus précises les modifications apportées.

Mais ces expériences n'ont fait que prouver l'absence de connaissances sur la façon dont l'embryon humain répare l'ADN coupé par ce genre d'outils. Des effets secondaires importants apparaissent parfois lors de la reconstruction de l'ADN chez les embryons modifiés, que ce soit une coupe d'ADN imprécise ou trop large, ou même la délétion d'une partie - voire la totalité - du chromosome portant le gène modifié.

Cependant, ces recherches finiront à terme par permettre de mieux comprendre le fonctionnement de CRISPR Cas9 chez l'embryon, afin d'un jour rendre possible son utilisation pour éliminer dès l'embryon des maladies génétiques tuant chaque année des milliers de personnes. Le manque de connaissance des modifications du génome humain s'ajoute aux limites de la technologie en elle-même.

Une technologie encore incomplète

Si CRISPR Cas9 est, comme vu précédemment, plein de promesses, cette technologie est loin d'être parfaite d'un point de vue scientifique. Effectivement, ce n'est pas la première fois qu'une technologie révolutionnaire similaire arrive sur le marché mais finit par décevoir. Dans cette situation, il est possible de penser à l'injection de cellules souches pour lutter contre la paralysie dans certains cas. Celle-ci portait

des résultats très positifs en laboratoire sur des rats, mais le fonctionnement sur les humains était très faible, voire nul.

Le processus de prélèvement de gènes malades, de modification par CRISPR Cas9 et de réinjection de ces gènes sains rappelle également la méthode de thérapie génique, qui semblait à première vue être une méthode très efficace. Cependant, cette méthode a rencontré de forts obstacles, notamment des traitements à effet éphémère avant une rechute, l'apparition de cancers lors de traitements de défauts immunitaires, ou même la mort dans certains cas.

Un autre frein à l'utilisation de CRISPR Cas9 est le fait que cette technologie n'est pas encore entièrement maîtrisée par les scientifiques. En effet, même si CRISPR-Cas9 est relativement précis, notamment par rapport aux autres technologies de modification génétique, il arrive parfois que la coupe ne s'effectue pas à l'endroit désiré. La partie CRISPR est celle ayant le rôle de guider l'enzyme Cas9, qui a pour rôle de couper la partie du génome désirée. Cependant, le guidage de l'enzyme est parfois imprécis, et la coupe du gène affecté peut parfois n'être retiré qu'en partie, en abîmant de surcroît les gènes alentours, voire le gène ciblé peut être ignoré par CRISPR Cas9, attaquant les gènes sains aux alentours.

Ce problème s'ajoute aussi au fait que notre compréhension actuelle des gènes, de leur fonctionnement et des liens entre gènes n'est pas parfaite. Effectivement, une telle connaissance est nécessaire pour que CRISPR Cas9 soit efficace. Même dans le cas où cet outil cible effectivement le gène escompté et le coupe sans abîmer les gènes autour, il arrive parfois que les symptômes persistent. Cela peut signifier que le gène que l'on croyait responsable d'une maladie ne l'était pas ou qu'en partie, et que le simple traitement par CRISPR Cas9 est insuffisant. Enfin, un autre effet néfaste est l'apparition d'effets secondaires après la coupe d'un gène, car celui-ci avait d'autres missions dans notre corps, mais que les scientifiques ignoraient.

Ainsi, malgré son fort potentiel d'un point de vue scientifique, et malgré la quantité d'exploits théoriques que CRISPR Cas9 pourrait permettre, son utilisation reste aujourd'hui difficile, et il est nécessaire que plus de recherches soient effectuées avant de l'utiliser dans un contexte pouvant mettre en danger des vies humaines. De même, les incertitudes liées à CRISPR Cas9 s'ajoutent à la nécessité d'avoir un consensus sur les questions éthiques et réglementaires afin d'encadrer cette technique.

UNE TECHNIQUE CONTROVERSEE SOULEVANT DES QUESTIONS ETHIQUES ET REGLEMENTAIRES

Une "amélioration" à effets négatifs

La relative simplicité de mise en œuvre des techniques de modification ciblée du génome dans des institutions à travers le monde, n'étant pas nécessairement soumises aux principes déontologiques et pouvant même avoir des objectifs purement commerciaux, alerte sur l'urgence d'un débat éthique.

Si l'homme pouvait modifier le code source à l'origine de la vie, l'ADN, que se passerait-il s'il utilisait cette technologie sur lui-même ? Ces récents progrès soulèvent de nombreux questionnements éthiques, notamment liés aux potentielles applications de CRISPR Cas9. Les débats autour de ce sujet ont distingué deux axes importants :

- l'une entre la modification des cellules somatiques et la modification des cellules germinales ;
- l'autre entre la modification avec pour but le traitement d'une pathologie et la modification avec comme but l'amélioration de l'être humain, le transhumanisme.

Toutefois, contrairement aux cellules somatiques, les cellules germinales transmettent leur patrimoine génétique à la descendance. Si une mutation apparaît dans ces cellules germinales, elle sera transmise aux générations futures.

	CELLULES SOMATIQUES	CELLULES GERMINALES
THERAPIE	Traitement de l'individu sans transmission à la descendance	Traitement de la descendance
AMELIORATION	Amélioration de l'individu sans transmission à la descendance <i>TRANSHUMANISME</i>	« Bébé sur mesure » <i>EUGENISME</i>

Ainsi, modifier le génome des cellules germinales reviendrait à créer des mutations qui impacteront la population humaine dans sa globalité et son évolution. Alors que la modification du génome des cellules somatiques n'aura des répercussions que sur l'individu lui-même. Passer cette frontière constitue l'un des sujets les plus débattus depuis plusieurs années.

Cette approche est aujourd'hui interdite en France car en contradiction avec la Convention d'Oviedo et l'article 16-4 du Code civil. Bien que les limites aient été établies par les instances internationales avec des garde-fous juridiques, les différents textes de loi n'ont pourtant pas été ratifiés unanimement, y compris au sein de l'Union Européenne.

L'interdiction de modifier le génome humain, lorsque les modifications sont transmissibles aux descendants, a été récemment transgressée en Chine avec la naissance en novembre 2018 de deux jumelles dont le génome a été modifié grâce à la technique du CRISPR-Cas9. Ces modifications ont fait l'objet d'une forte condamnation internationale. Cet événement vient renforcer la nécessité d'un encadrement juridique fondé sur une réflexion éthique internationale dans le domaine des manipulations génétiques.

De même, que se passerait-il si une telle technologie venait à tomber dans les mains de personnes mal intentionnées ?

James Clapper, un ancien conseiller scientifique de Barack Obama, alertait sur le risque d'utiliser CRISPR-Cas9 pour créer un virus d'un genre nouveau, mortel pour l'homme. Il insiste sur le fait que « la menace biologique diffère des menaces nucléaires ou chimiques [...] parce qu'elle requiert des ressources moins importantes et des équipements plus petits, comparables aux laboratoires ordinaires ».

C'est pourquoi, en décembre 2015, la France met en place un Conseil national consultatif pour la biosécurité constituée d'experts. Un de ses membres confirme que CRISPR-Cas9 fait partie de leurs préoccupations. Les services de renseignements surveillent ceux qui s'initieraient de manière trop poussée aux techniques de manipulation de génome.

Enfin, de nombreuses questions se posent aussi sur le bien-être animal (modification d'animaux en Argentine et Uruguay pour qu'ils produisent plus de viande) et d'éventuelles conséquences non maîtrisables, voire dramatiques, comme le bouleversement des écosystèmes.

Par exemple, lors de la lutte contre les vecteurs de maladies comme le paludisme, la modification du génome, surtout lorsqu'elle est associée au « forçage génétique », est susceptible de favoriser, à l'inverse du but recherché, l'émergence de nouveaux vecteurs éventuellement plus dangereux.

De même, la suppression totale d'une espèce peut amener à un déséquilibre sur la biodiversité, la modification de moustiques au Panama perturbe dès à présent les populations de larves et de poissons car ils font partie d'une même chaîne alimentaire. Elles peuvent voir des conséquences parfois imprévisibles, voire délétères sur les écosystèmes.

Néanmoins, les conséquences des éventuelles modifications à but thérapeutique peuvent dériver vers des changements transmis à la descendance, à but d'améliorer le vivant.

On parle alors de transhumanisme et d'eugénisme.

Une possible évolution vers l'eugénisme et le transhumanisme

Comme évoqué précédemment, la frontière concernant l'amélioration de l'être humain est beaucoup moins précise. La thérapie a pour but de traiter un individu malade, tandis que l'amélioration a pour but de donner des avantages à un individu sain. Ce qui était considéré comme du soin ou de l'amélioration de l'être humain a évolué au fil des ans et continue de changer. Cette perception est différente selon les époques, mais également entre chaque individu : tout le monde ne s'accorde pas sur la définition d'une maladie, ni sur la différence entre le traitement, la prévention et l'amélioration.

C'est en 1957 que le physicien Julian Huxley invente le terme de transhumanisme : « le transhumain est un homme qui reste un homme, mais se transcende lui-même en déployant de nouveaux possibles de et pour sa nature humaine. » La science-fiction fait régulièrement référence à des futurs dystopiques transhumanistes : Aldous Huxley avec *Le Meilleur des mondes*, Isaac Asimov avec *Fondation*.

Revenons à l'implantation illégale d'embryons génétiques modifiés qui ont mené à la naissance de deux jumelles. Outre le fait que cette modification ciblée du génome apparaisse médicalement illégitime

et susceptible d'induire des pathologies annexes, elle constitue une intervention, en absence de toute pathologie, sur des embryons dont la descendance sera de ce fait modifiée, ce qui s'apparente donc à une démarche eugéniste.

Selon l'idéologie eugéniste, la sélection naturelle ne joue pas son rôle d'amélioration de l'espèce humaine (les guerres déciment les hommes les plus vigoureux, la médecine moderne permet aux malades de rester en vie et d'avoir des enfants...).

Ainsi, le principe de l'eugénisme selon Galton est de sélectionner artificiellement les êtres humains, afin de « produire une race humaine supérieure ». Cette sélection artificielle se fait notamment dans *Le Meilleur des mondes* où la caste « alpha » est composée d'individus perçus comme l'élite dirigeante. Ils sont programmés pour être grands, beaux et intelligents. Les traitements que subissent ces embryons au cours de leur développement déterminent notamment leurs futurs goûts, aptitudes, comportements, en accord avec leur future position dans la hiérarchie sociale.

A l'instar de l'œuvre *Le Meilleur des Mondes*, les questionnements éthiques se posent quant à la limite à placer entre le traitement et l'amélioration des individus. C'est pourquoi ces techniques devraient être encadrées par des réglementations internationales.

Aspect légal : vers un consensus mondial pour encadrer ces techniques

L'interrogation « peut-on modifier le génome humain ? » n'est pas nouvelle ; elle apparaît dans les années 1990 avec l'arrivée des thérapies géniques ciblées et se précise en 2010 lorsque se développent de nouvelles techniques de modification ciblée du génome. L'approche la plus formelle de la bioéthique est établie en 1979 par le rapport de

Belmont, définissant la bioéthique selon quatre principes fondamentaux :

- Principe d'autonomie : il implique le respect de l'autre en tant que sujet. Respecter quelqu'un en tant que personne autonome suppose que cette personne est suffisamment informée pour pouvoir agir de façon autonome, ayant conscience des potentiels enjeux et conséquences.
- Principe de bienfaisance : il se définit simplement comme la contribution au bien-être d'autrui. Cependant, faire du bien ne signifie pas forcément « ne pas faire de mal », d'où la distinction du principe de bienfaisance à celui de non-malfaisance.
- Principe de non-malfaisance : il se réfère à la règle hippocratique « primum non nocere », qui pourrait se traduire par « en premier ne pas nuire ». Il s'agit de ne pas faire de mal intentionnellement à autrui.
- Principe de justice : il se caractérise par la nécessité de répartir équitablement les bénéfices et les risques de toute action.

Puisque les scientifiques sont désormais en mesure de « corriger » des séquences d'ADN dans le génome de lignées humaines, qui sont responsables de maladies graves et incurables, certains s'accordent à dire qu'il est « éthiquement » souhaitable de le faire, en omettant de considérer le contexte génomique et le fait que tous les génomes présents dans la biosphère résultent d'une longue évolution de 3,5 milliards d'années.

Dans des familles désireuses d'avoir des enfants et présentant des risques avérés de transmission d'une maladie génétique majeure, la perspective d'une correction du patrimoine génétique d'embryons ou de gamètes ne peut dissimuler les risques d'eugénisme par modification transmissible du génome, et cela nécessite une réflexion éthique sur les limites entre le soin et l'eugénisme. Outre ce risque majeur, sujet sur lequel la législation en France et en Europe a déjà tranché, de trop nombreuses incertitudes demeurent, sur l'innocuité et l'efficacité de la technique. En revanche, lorsque la modification du génome est appliquée non pas à l'embryon, mais aux cellules somatiques humaines, elle peut alors constituer un progrès thérapeutique. Toutefois, tout ne peut être réglé par un outil de gouvernance, les considérations éthiques de ces questions doivent prendre en compte la différence de culture, car ce qui est acceptable pour certains ne l'est peut-être pas pour d'autres.

Des solutions sont envisagées pour faire avancer le débat, par exemple la prise de responsabilités des scientifiques et des laboratoires dans l'utilisation de ces techniques incertaines ou encore la mise en place d'organismes scientifiques internationaux de concertation tels les Genome Editing Summits. Outre la responsabilité de la communauté scientifique, il convient aussi d'insister sur le rôle à jouer de la société, qui devrait prendre part au débat.

Par ailleurs, si la technologie CRISPR-Cas9 est interdite en France à des fins thérapeutiques sur l'embryon humain d'après l'article 13 de la convention d'Oviedo et l'article 16-4 du code civil, mais autorisée ailleurs, se pose alors le problème d'un « tourisme médical », qui doit être prise en compte dans des conventions et lois internationales. En ce qui concerne les dispositions prises au niveau international sur le sujet, L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) représente le cadre idéal pour discuter des aspects éthiques au niveau international.

A présent, aucune recommandation faite par l'OMS ne traite de la modification du génome et de ses applications dans le traitement des maladies. Actuellement, l'OMS ne s'est pas positionnée sur le sujet. Elle traite chaque question concernant l'édition du génome au cas par cas, en particulier lorsque cela concerne des maladies ayant un impact sur la santé publique.

De même, l'ONU a constitué un Comité international de bioéthique (CIB) qui émet des recommandations et des propositions sur les questions d'éthique. Un rapport du CIB préconise d'autoriser la manipulation du génome à des fins préventives, diagnostiques ou thérapeutiques, et seulement pour des cellules somatiques, sans transmission à la descendance.

Le Comité estime en effet qu'autoriser l'édition du génome pour les cellules germinales, et donc transmises aux générations futures, risquent de "mettre en péril la dignité inhérente et donc égale de tous les êtres humains et de faire renaître l'eugénisme". C'est pourquoi le CIB recommande un moratoire sur l'ingénierie du génome de la lignée germinale de l'Homme. Le comité insiste sur la nécessité de créer une réglementation internationale et d'organiser un débat public sur le sujet, incluant notamment des scientifiques et des bioéthiciens, pour pouvoir avancer sur les décisions réglementaires à prendre.

En 1997, le Conseil de l'Europe élabore à Oviedo la Convention sur les Droits de l'Homme et la biomédecine "la Convention d'Oviedo". Le Conseil de l'Europe devient la seule organisation à avoir produit un traité imposant juridiquement des limites au niveau international. Ce traité international gère les problématiques liées aux droits de l'homme dans le domaine biomédical, et ses conséquences pour l'être humain.

Article 13 de la Convention d'Oviedo

L'article 13 de la Convention d'Oviedo interdit les interventions aboutissant à une modification du génome humain qui pourrait être transmise à la descendance, donc héréditaire. Elle autorise l'édition du génome à des fins préventives, diagnostiques et thérapeutiques, tout comme le CIB. Cependant, la convention ne formule pas explicitement d'interdiction de mener des recherches sur la modification des cellules germinales. D'ailleurs, cette Convention n'a pas été signée par la totalité des membres du Conseil de l'Europe.

Un moratoire international autour de l'utilisation de CRISPR/Cas9 reste donc compliqué à mettre en place puisque les positions politiques des différents pays sont trop hétérogènes pour garantir une application uniforme de ce moratoire dans le monde entier.

CONCLUSION

CRISPR Cas9 est une innovation majeure dans le domaine des biotechnologies, notamment en médecine ainsi que dans les applications sur la faune et la flore. Les applications envisageables de ce « couteau suisse biologique » paraissent infinies, et pourraient, à terme, modifier totalement le monde d'aujourd'hui. De plus, son coût modeste et son aisance d'utilisation en font un outil d'autant plus intéressant.

Cependant, il semble encore trop tôt pour utiliser CRISPR Cas9 sur l'Homme. En effet, cette technique n'est pas encore totalement maîtrisée, et les modifications apportées aux génomes modifiés par CRISPR Cas9 n'ont pas toujours l'effet escompté. A ce problème s'ajoute l'imprécision quant au ciblage des gènes, amenant parfois la coupe d'un gène différent de celui ciblé.

Cette nouvelle technologie soulève également des problématiques d'ordre éthique autour de deux grandes limites. La première limite concerne le positionnement de ce qui semble acceptable entre la modification des cellules somatiques, non transmises à la descendance, et la modification des cellules

germinales, intégrée pour les générations futures. De nombreux organismes internationaux se penchent encore sur la question et s'interrogent sur un possible consensus international sur les manipulations du génome humain

Par ailleurs, le débat éthique est trop souvent en retard par rapport aux avancées technologiques et fait qu'il devient compliqué d'orienter un dialogue préalablement biaisé. Quoi qu'il en soit, il ne faut pas oublier qu'une réglementation n'est pas figée dans le temps, et qu'elle est amenée à toujours évoluer au fil des avancées techniques et des mentalités.

BIBLIOGRAPHIE

Bébés chinois OGM : des mutations imprévues sont apparues dans leur génome. In : FUTURA SANTE [en ligne]. 04 décembre 2019. [consulté 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/crispr-cas9-bebes-chinois-ogmhttps://www.futura-sciences.com/sante/actualites/crispr-cas9-bebes-chinois-ogm-mutations-imprevues-sont-apparues-leur-genome-73919/mutations-imprevues-sont-apparues-leur-genome-73919/>

Comité international de bioéthique (CIB). In : UNESCO [en ligne]. [consulté 02 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://fr.unesco.org/themes/%C3%A9thique-sciences-technologies/cib>

Convention d'Oviedo. In : Wikipédia [en ligne]. [consulté 02 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Convention_d%27Oviedo

CRISPR Prime Editing: la prochaine étape de l'édition de gènes. In : ICHI.PRO [en ligne]. [consulté 28 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://ichi.pro/fr/edition-crispr-prime-la-prochaine-etape-de-l-edition-de-geneshttps://ichi.pro/fr/edition-crispr-prime-la-prochaine-etape-de-l-edition-de-genes-102573612044980102573612044980>

CRISPR, un système qui permet de corriger ou de modifier l'expression de gènes responsables de maladies héréditaires. In : Médecine/Science [en ligne]. 17 novembre 2015/ volume 31, n°11, section M/S Revues. [consulté 28 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1051/medsci/20153111016>

CRISPR-Cas9 : vers un outil plus sûr pour éditer les génomes. In : INSERM [en ligne]. 14 mai 2019. [consulté 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/edition-genomique>

Crispr-Cas9 : ce que dit la loi, ce que dit l'Église. In : La Croix [en ligne]. 12 mars 2018. [consulté 28 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.la-croix.com/Sciences-et-ethique/Ethique/Crispr-Cas9-dit-loi-dit-lEglise-2018https://www.la-croix.com/Sciences-et-ethique/Ethique/Crispr-Cas9-dit-loi-dit-lEglise-2018-03-12-120092010403-12-1200920104>

Édition du génome : des possibilités inouïes qui posent des questions éthiques. In : INSERM [en ligne]. 19 juin 2018. [consulté 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.inserm.fr/actualites-et-evenements/actualites/edition-genome-possibilites-inouies-qui-posent-questions-ethiques>

Edition du génome et retouche génétique par le système CRISPR-CAS9. In : gnis pédagogie [en ligne]. Janvier 2017. [consulté 28 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.gnis-pedagogie.org/sujet/biotechnologies-edition-genome-retouche-genetique-crispr-cas9/>

Edition génomique. In : INSERM [en ligne]. [consulté 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/edition-genomique>

Eugénisme. In : Wikipédia [en ligne]. [consulté 03 janvier 2020]. Disponible à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Eug%C3%A9nisme>

Évolution historique de la sélection. In : gnis pédagogie [en ligne]. [consulté 18 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.gnis-pedagogie.org/sujet/evolution-historique-selection/>

GUZMAN, Charles-Elie. Monsanto achète la licence du CRISPR, le plus puissant outil de manipulations génétiques. In : up-magazine.info [en ligne]. 27 septembre 2016. [consulté 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://up-magazine.info/securite-alimentaire-2/securite-alimentaire/6153-monsanto-achete-la-licence-du-crispr-le-plus-puissant-outil-de-manipulations-genetiques/>

HESMAN SAEY, Tina. CRISPR enters its first human clinical trials. In: Science News [en ligne]. 14 Août 2019.

Disponible à l'adresse : <https://www.sciencenews.org/article/crispr-gene-editor-first-human-clinical-trials>

Histoire de la culture des céréales. In : Wikipédia [en ligne]. [consulté 18 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_culture_des_c%C3%A9r%C3%A9ales#cite_notehttps://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_culture_des_c%C3%A9r%C3%A9ales_-_cite_note-66

La modification génétique des animaux à l'épreuve de l'édition du génome. In : INRAE [en ligne]. 12 décembre 2019. [consulté 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.inrae.fr/actualites/modification-genetique-animaux-lepreuve-ledition-du-genome>

LINDMEIER, Christian. Déclaration relative à l'encadrement et à la surveillance des modifications apportées au génome humain. In : Organisation Mondiale de la Santé [en ligne]. 26 juillet 2019. [consulté 02 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news/item/26-07-2019-statement-on-governance-and-oversight-ofhttps://www.who.int/fr/news/item/26-07-2019-statement-on-governance-and-oversight-of-human-genome-editinghuman-genome-editing>

MORRISON, Michael. DE SAILLE, Stévienna. CRISPR in context: towards a socially responsible debate on embryo editing. In : nature [en ligne]. 24 septembre 2019. [consulté 28 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.nature.com/articles/s41599-019-0319-5#citeas>

RIGOUZZO, Marie. L'instabilité naturelle du génome, base de l'amélioration des plantes. In : semencemag.fr [en ligne]. [consulté 19 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.semencemag.fr/evolution-plantes-genetique-mutation-spontanee-selectionhttps://www.semencemag.fr/evolution-plantes-genetique-mutation-spontanee-selection-techniques.htmltechniques.html>

Syndrome de domestication. In : Wikipédia [en ligne]. [consulté 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Syndrome_de_domestication

THEVENOT, Valentin. CRISPR/Cas 9: modifier des porcs pour en faire de meilleurs donneurs d'organes ? In sciences et avenir [en ligne]. 15 Août 2017. [consulté 29 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://docs.google.com/document/d/17hWji6K_pUoTfWfjNSUCGOuA3yae71hn-07vHAK4ORU/edit

TONSON, Benoît. Le droit et CRISPR: quel encadrement juridique pour l'édition des génomes ? In : The Conversation [en ligne]. 22 août 2019. [consulté 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://theconversation.com/le-droit-et-crispr-quel-encadrement-juridique-pour-leditionhttps://theconversation.com/le-droit-et-crispr-quel-encadrement-juridique-pour-ledition-des-genomes-120542des-genomes-120542>

Transhumanisme. In : Wikipédia [en ligne]. [consulté 03 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Transhumanisme#>

Cryptomonnaies et accélération numérique

Samy FERGANE, Linda GHEZIEL et Franck HIDOIN

Département / Année : Maîtrise des Risques Industriels
Année universitaire 2020/2021
Promotion 2022

Pilote : Professeur Mustapha BACHIRI

RÉSUMÉ

L'innovation et les nouvelles technologies sont au cœur des enjeux du XXIe siècle. Les questions économiques n'ont jamais pris autant d'importance.

L'avènement des cryptomonnaies en est une parfaite illustration. La révolution numérique se poursuit, et elle ne s'est jamais aussi bien portée.

MOTS CLÉS : Cryptomonnaies ; Blockchain ; Accélération numérique.

ABSTRACT

Cryptocurrencies are one of the main causes of the acceleration in the digitalization of payments. They are based on the Block chain principle. Block chain is a technology that allows anyone to obtain sustainable, tamper-proof and distributed data storage. It is a public network open to all and it works with a peer-to-peer system.

This digital currency brings advantages such as reduced fees, speed and security. It could become a relevant economic alternative for businesses or individuals.

Two main reasons had led to the creation of cryptocurrencies: the rise of e-commerce in the 2000s and the loss of citizens' confidence in financial institutions, following the consequences of various financial scandals.

This would make the monetization of goods easier through the Internet by the establishing of a global financial infrastructure which will allow anyone to make money transfers at a low cost, but also to be able to make online purchases.

Facebook is creating its own cryptocurrency Diem which relies on a «permission» Block chain, meaning that the protocol access must be validated, unlike the bitcoin, a public Block chain, open to all.

Businesses are not the only ones interested in cryptocurrencies, there are also political governances such as the European political governance, which wants to create a digital currency for the European central bank. The currency of this central bank would be a stable coin, which means that its value would not be influenced by any speculation. It will be the first virtual currency that will be easier to use for different businesses in a country.

However, cryptocurrencies already present legislative issues. Especially because they are untraceable, thanks to the Block chain, any illegal activities on the internet become more difficult/harder to control such as the Darknet money laundering and terrorism. Moreover, cryptocurrencies are at the heart of a trade war between the US and China. Their goal is to weaken the other country by creating as many patents as possible, and by forcing the world to use their technologies. In addition to the legislative problems, large fluctuations in conversion rates and the fact that cryptocurrencies are energyintensive, due to massive storage and transactions, represent extra difficulties that cryptocurrencies must face. Moreover, we can cite security issues that can discourage potential users.

Even if cryptocurrencies and Block chain almost have infallible security nominal cases, there is a well-known way to hijack cryptocurrencies: the 51% attack. It can occur when an entity (individual or group of persons) holds at least 51% of the total computing power of the network.

Besides, the diversity of payment methods makes the choice of the best payment method more difficult. Cryptocurrencies are not simple to develop in some areas because of the lack of credibility and trust.

INTRODUCTION

La plateforme mondiale de paiement en ligne PayPal se lance à partir de 2021 dans les échanges de cryptomonnaies. Les cryptoactifs de seconde génération sont les acteurs majeurs de l'accélération digitale, à travers une base plus large de nouveaux modes de paiement et un coût plus avantageux. Cependant, les entreprises ne sont pas les seules à être intéressées par les cryptomonnaies. En effet, la Chine est la plus proche de créer une monnaie numérique de banque centrale (MNBC). De plus en plus d'Etats s'y intéressent, et cela pourrait amener à une révolution de la finance. La présence de la monnaie numérique dans un grand nombre de secteurs laisse présager que les cryptomonnaies seront des actrices majeures du bouleversement économique qui se prépare.

Comment les cryptomonnaies peuvent-elles représenter une alternative économique pertinente aux monnaies classiques ?

Dans un premier temps, nous présenterons les principes de fonctionnement des cryptomonnaies et de la Blockchain, ainsi que leurs avantages par rapport aux monnaies actuellement utilisées. Par la suite, nous observerons une vue d'ensemble de l'usage des cryptomonnaies dans les différentes strates de la société. Enfin, nous évoquerons les axes d'amélioration des cryptomonnaies utilisées aujourd'hui via les obstacles à leur développement.

LES CRYPTO MONNAIES, DES INNOVATIONS POUR LE SECTEUR DU NUMERIQUE

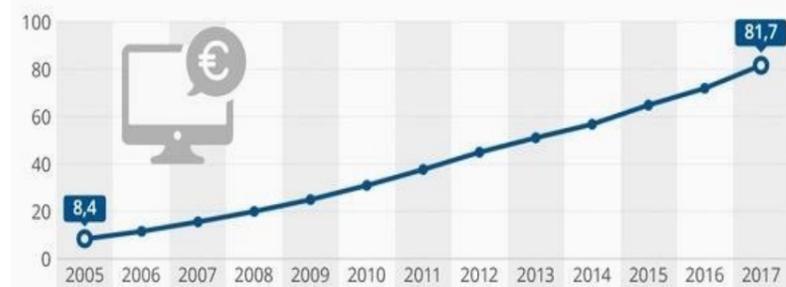
L'accélération numérique et l'essor des crypto monnaies

D'après un communiqué de presse de mai 2016 publié par la Banque Centrale Européenne, la masse monétaire totale de la zone européenne était de 11 000 milliards d'euros. Sur ces 11 000 milliards, seulement 1000 étaient sous forme de billets et de pièces, le reste était donc sous forme électronique. Même si l'accélération numérique n'est plus une nouveauté, les cryptomonnaies se comportent comme les catalyseurs de cette avancée. Deux raisons principales ont précipité la création des cryptomonnaies : l'essor du e-commerce dans les années 2000 et la perte de confiance des citoyens dans les institutions financières. Cette dernière résulte des conséquences des différents scandales financiers, comme celui de la crise des subprimes. Il vient alors un questionnement sur la légitimité des banques à détenir des sommes colossales, notamment en cas de crise.

Selon la fédération du e-commerce et de la vente à distance, le secteur du e-commerce avoisinait les 25 milliards d'euros en France durant l'année 2009. En 2020, ce même secteur a pesé pour plus de 100 milliards d'euros. Le fait d'accepter des cryptomonnaies en tant que moyens de paiement a participé à la propagation de ces dernières dans notre société.

L'e-commerce a dépassé les 80 milliards d'euros

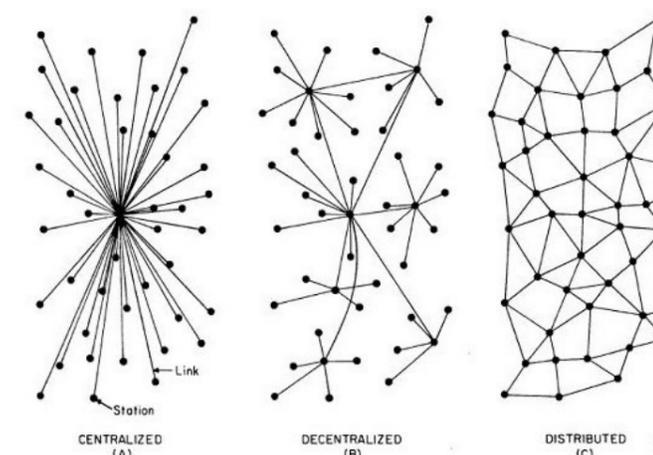
Chiffre d'affaires annuel du e-commerce en France de 2005 à 2017 (en milliards d'euros)



Le 31 octobre 2008, Satoshi Nakamoto (pseudonyme d'usage), publie le livre blanc du Bitcoin intitulé "Bitcoin a Peer-to-Peer Electronic Cash System". En moins de dix pages, il expose les fondements théoriques de sa cryptomonnaie. A l'aide de plusieurs développeurs, il met en pratique ses connaissances pour créer le logiciel Bitcoin Core. Ce logiciel est codé en C++ à 70%, et a été réalisé en moins de 60 jours. Le 3 janvier 2009, il effectue la première transaction Bitcoin au monde. Le Bitcoin est alors officiellement déployé, en tant que monnaie électronique, reposant sur le fonctionnement de la Blockchain.

La Blockchain est une technologie permettant d'obtenir un stockage de données pérenne, infalsifiable et distribué. Il est important d'insister sur ce dernier terme : il signifie que le stockage est décentralisé mais aussi que tous les membres de la Blockchain sont reliés entre eux.

Le schéma de gauche représente une architecture centralisée, celle du milieu décentralisée et celle de droite une architecture distribuée.



C'est un réseau public ouvert à tous, qui fonctionne avec un système de Peer-to-Peer. Tous les membres de la Blockchain sont appelés « nœuds » du réseau ou « mineurs » et possèdent la même puissance de calcul en effectuant la même tâche. Le logiciel Bitcoin Core est codé de façon à créer des Bitcoin en suivant un protocole informatique. La règle d'émission de ces bitcoins est mathématique : elle suit une série géométrique qui converge vers 21 millions d'unités en l'an 2140.

Jusqu'à maintenant, nous avons décrit brièvement le principe de la Blockchain.

Pour mieux comprendre les enjeux liés à son utilisation, il est nécessaire d'aborder ses aspects techniques.

Le fonctionnement de la Blockchain : le cas du Bitcoin

Il existe un autre moyen d'obtenir des bitcoins en dehors de la génération prévue par l'algorithme. En effet, les mineurs mettent à contribution leur puissance de calcul pour résoudre un problème mathématique de cryptographie, qui se décline en 3 activités rémunérées en bitcoins : la vérification, la sécurisation et l'enregistrement de la transaction dans la Blockchain. Pour effectuer une transaction en Bitcoin, on s'appuie sur le principe de signature électronique, qui est lié à la cryptographie asymétrique. Tous les membres du réseau possèdent une paire de clés : une clé de chiffrement privée, qui est uniquement connue du propriétaire, et une clé de déchiffrement publique, dont tous les utilisateurs du réseau ont connaissance.

L'un des avantages de la signature électronique est qu'elle permet d'authentifier l'émetteur de la transaction, car ce dernier est le seul propriétaire de la clé privée qui lui correspond. L'un des problèmes que le Bitcoin résout est celui de la double dépense. En effet, avec un moyen de paiement standard, il est possible d'effectuer une double dépense, tandis que cela n'est informatiquement pas possible avec le Bitcoin.

Chaque transaction dépend de la transaction précédente, donc lorsqu'un individu X transfère à un individu Y 10 bitcoins, le logiciel se réfère à la transaction au cours de laquelle l'individu X a obtenu ces 10 bitcoins, pour s'assurer qu'il les possède dans son portefeuille. Informatiquement, la transaction se traduit de la façon suivante : l'individu Z transfère 10 bitcoins à un individu X lors d'une transaction à l'instant $t-1$, puis l'individu X transfère 10 bitcoins à un individu Y lors d'une transaction à l'instant t . Il est donc impossible de dépenser numériquement deux fois le même jeton.

À chaque fois qu'une transaction entre deux individus est réalisée, elle est mise en attente dans une liste. Chaque mineur a sa propre liste de transactions en attente d'être validées. Cette liste est alors stockée dans un bloc contenant la date, l'heure de la transaction, le montant ainsi que la clé publique du destinataire. Toutes ces informations sont cryptées à l'aide d'une fonction de hachage SHA-256 (dans le cas du Bitcoin), SHA signifiant Secure Hash Algorithm. Cette fonction de hachage produit en sortie un résultat de 64 caractères hexadécimaux, d'où le nom de la fonction SHA-256.

Nous avons effectué une simulation de hachage sur le site internet [passwordgenerator.net](https://www.passwordgenerator.net) pour étudier le résultat de sortie de la fonction hachage pour deux entrées similaires : « 27 janvier 2021 » et « 27 janvier 2021. ».

SHA256 Hash of your string: [[Copy to clipboard](#)]

DAA054F4DA214E1D830EF626A28354E69999CD37FE35320784850E2C42A5321E

SHA256 Hash of your string: [[Copy to clipboard](#)]

CEF20299EF3D9A6C238E85D3EE99B3A8565C1994A48ACCB9F344249D6873C7F4

Les deux résultats de sorties sont totalement différents pour un seul caractère modifié en entrée, ce qui démontre la puissance de la fonction de hachage SHA-256.

Pour faire valider sa liste de transactions en attente, le mineur doit trouver le résultat de sortie de la fonction de hachage. Si le résultat trouvé est correct, et qu'il y a eu une vérification réalisée par d'autres mineurs, tous les membres du réseau s'accordent sur ce résultat. La liste de transactions devient valide et tous les nœuds du réseau enregistrent cette liste, pour qu'elle soit conservée à jamais dans la Blockchain. Un nouveau bloc est donc « miné » et se lie aux blocs précédents, d'où le nom « Blockchain ». Il est important de remarquer que, pour participer à la validation d'une transaction, les mineurs doivent effectuer un calcul mathématique complexe et coûteux en ressources. En effet, pour un ordinateur de bureau standard, cette opération durerait 271 années, tandis qu'avec la puissance fournie par tous les membres de la Blockchain, la liste de transactions en attente se met à jour toutes les 10 minutes. Cela s'appelle la Proof of Work, la preuve de travail permettant de sécuriser le réseau par le principe de consensus mutuel. Chacun des utilisateurs possède une faible puissance de calcul comparée à la puissance totale : la fraude est alors quasiment impossible.

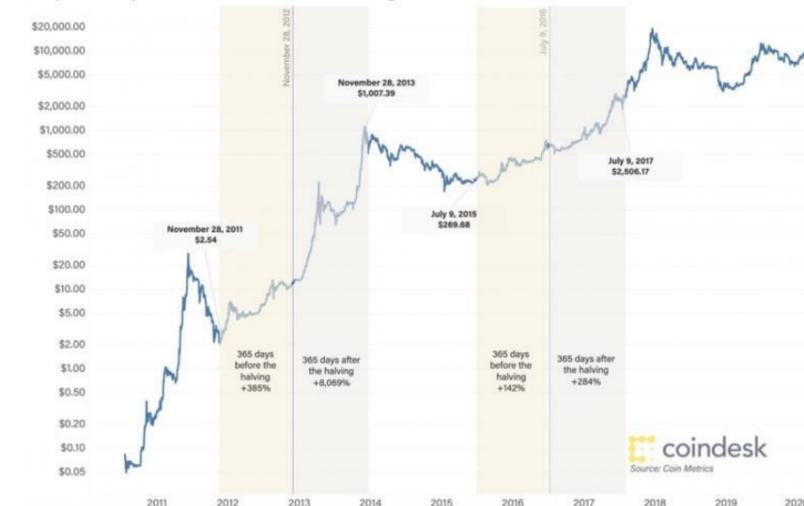
À chaque fois qu'un mineur trouve l'identifiant d'un bloc, il est rémunéré en bitcoins pour sa preuve de travail. Mais cette dernière a un coût matériel, qui se traduit par l'utilisation de cartes graphiques pour effectuer les calculs de fonction de hachage.

Les utilisateurs du réseau ont alors tout à gagner à assurer la sécurisation de la Blockchain, puisqu'ils sont rémunérés en minant un bloc. Cette rémunération décroît tous les 4 ans : ce phénomène s'appelle le Halving, qui conduit à la division de moitié de la prime de minage. Par exemple, en 2009, miner un bloc était rémunéré 50 bitcoins alors que le Bitcoin coûtait moins d'un dollar. En 2021, miner un bloc est rémunéré 6.25 bitcoins, ce qui représente 186 000 euros à l'heure où nous rédigeons ce rapport.

Ce Halving limite la production de Bitcoin à 210 000 unités tous les 4 ans, ce qui a deux conséquences à long terme.

Premièrement, la génération de bitcoins est limitée à 21 millions d'unités, comme l'avait prévu Satoshi Nakamoto dans l'écriture du code informatique. Il sera donc de plus en plus difficile d'obtenir des bitcoins, car la rémunération des mineurs tend vers 0 au fur et à mesure que les séries de 210 000 blocs s'enchaînent. Les Halving ont tendance à faire monter brusquement la valeur du Bitcoin, comme le montre le graphique.

BTC price run-ups around the first and second halving



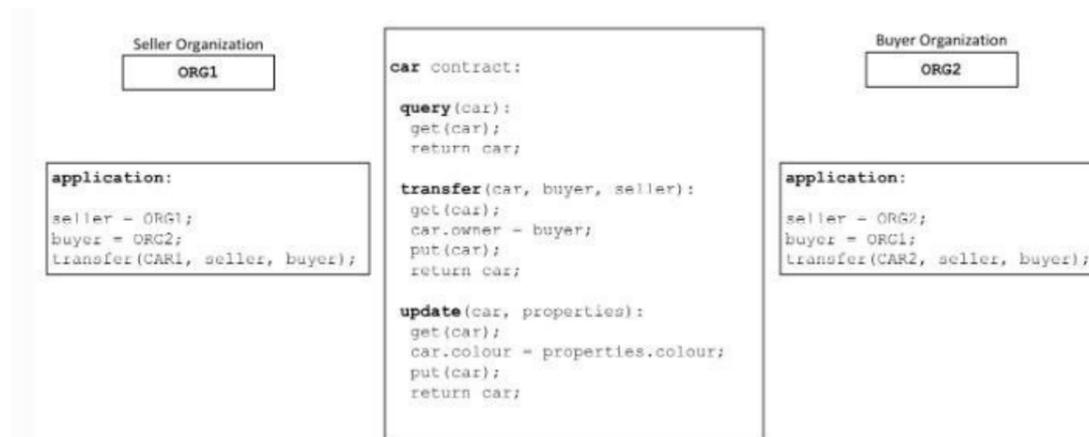
Deuxièmement, les frais de transaction deviendront à long terme la seule rémunération possible en Bitcoin, puisque l'on se rapproche de plus en plus des 21 millions d'unités générées. Ce phénomène se traduira alors par des frais de transaction qui auront tendance à diminuer, notamment à cause de la forte concurrence entre les mineurs.

Les smart contracts, des vecteurs d'accélération numérique

Le Bitcoin est une innovation qui propose beaucoup d'avantages par rapport aux moyens de paiement standard, notamment la rapidité, la sécurité et des frais de transaction peu élevés. De plus, il existe d'autres cryptomonnaies qui favorisent l'accélération numérique, mais en se concentrant davantage sur la mise en œuvre de contrats numériques. Nick Szabo, un informaticien, juriste et cryptographe, avait conceptualisé dès 1998 l'idée d'un contrat intelligent qui permettrait selon lui d'apporter des pratiques hautement évoluées au droit des contrats dans les protocoles de commerce électronique.

Ethereum est le nom donné à une cryptomonnaie basée sur un protocole d'échange distribué. Ce protocole dispose de sa propre Blockchain et propose la création de smart contracts. Cette plateforme d'échange a également créé sa propre cryptomonnaie éponyme, qui est à l'heure actuelle la deuxième cryptomonnaie la plus importante, avec une capitalisation totale de 143 milliards de dollars. La cryptomonnaie Ethereum présente deux avantages majeurs face à son concurrent direct qu'est le Bitcoin : les frais de transactions sont moins élevés (moins de trois dollars pour l'ensemble des transactions), et les échanges sont extrêmement plus rapides (15 secondes contre environ 10 minutes pour le Bitcoin). Sur le même principe que la Blockchain du Bitcoin, tout ce qui y est publié y reste indéfiniment : une fois le smart contract publié dans la Blockchain, plus personne ne peut le modifier.

Un smart contract est un contrat qui réalise certaines opérations quand des conditions sont remplies, à l'aide d'un code informatique et donc sans l'assistance d'une tierce personne, comme par exemple un juge ou un avocat pour un contrat traditionnel. Voici l'exemple d'un smart contract établi entre deux parties pour l'achat d'une voiture.

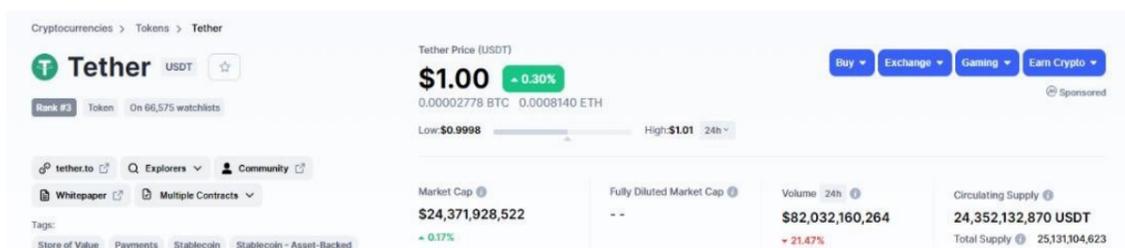


L'idée principale derrière la mise en place de ces smart contracts est de garantir la force obligatoire des contrats, non plus par le droit mais par le code informatique. En référence à la célèbre citation « Code is Law » de Lawrence Lessing, ce type de contrat sera réalisé quoi qu'il arrive. Ces contrats ont deux avantages principaux. Le premier est l'automatisation des paiements en évitant les risques d'impayés, qui sont assez fréquents dans les contrats standards se servant par exemple de clauses contractuelles. Le deuxième avantage est la diminution des coûts intermédiaires. Dans l'élaboration et le suivi d'un contrat classique, faire appel à un avocat ou à un notaire peut constituer une part non-négligeable de financement. Si les cryptomonnaies ont eu autant de succès, cela est en partie dû à la spéculation qu'elles peuvent engendrer. Plus la capitalisation des cryptomonnaies est importante, plus l'intérêt et la confiance que les utilisateurs leur portent sont importants.

Pour pallier ces spéculations, certaines sociétés ont créé des cryptomonnaies ayant une faible volatilité. On peut alors différencier les cryptomonnaies de première génération, comme le Bitcoin ou l'Ethereum, et les cryptomonnaies de seconde génération, appelées stablecoin. Ce dernier type de cryptomonnaie représente une part assez marginale du marché des cryptoactifs. En effet, sur 1000 milliards de dollars de capitalisation des cryptomonnaies dans le monde, seulement 34 milliards proviennent de la capitalisation des stablecoins. En contrepartie, le gain d'argent potentiel est plus faible pour les stablecoins comparé à une crypto monnaie de première génération, même si les éventuelles pertes sont également moins importantes. Les stablecoins sont des actifs numériques dont la valeur est indexée sur des monnaies déjà existantes. Par exemple, pour chaque Tether possédé, la société Tether Limited possède un dollar dans ses propres fonds propres (avec des variations de l'ordre du centime). Cette entreprise capitalise donc un peu plus de 24 milliards de dollars

Les investisseurs ont alors plus confiance dans cette cryptomonnaie, notamment pour sa faible volatilité. Sur ces dernières années, sa valeur a été principalement comprise entre 0.98 et 1,02 dollars.

Un bon indicateur de la santé d'une cryptomonnaie est son volume d'échange sur les dernières 24 heures. Plus ce volume d'échange est important, plus la cryptomonnaie concernée est saine, car peu de circulations impliquent de possibles manipulations du cours de cette monnaie. Voici l'exemple du Tether au 18 janvier 2021, dont le volume d'échange en 24h était de 82 milliards de dollars, soit environ 4 fois plus que la capitalisation totale.



L'INTERET DES CRYPTOMONNAIES POUR LES GAFAM ET LES MARCHES FINANCIERS

La cryptomonnaie de Facebook

En janvier 2021, Facebook sortira sa crypto-monnaie nommée Diem (Ex-Libra). L'entreprise a choisi de créer une cryptomonnaie stable soit un « stable coin ». L'objectif de cette monnaie serait d'établir une infrastructure financière mondiale, afin d'effectuer des transferts d'argent à un faible coût, mais également de pouvoir effectuer des achats en ligne. La stabilité de cette crypto-monnaie permettra d'assurer la valeur du dollar en diem quelle que soit la variation de la valeur du Bitcoin.

Par exemple, si le prix du bitcoin est à 10 000 dollars et que vous échangez 1 bitcoin contre du diem, vous aurez donc 10 000 unités de diem. Si le cours du bitcoin descend à 5 000 dollars, vous aurez toujours 10 000 dollars en diem.

Ce projet a commencé en mai 2018, encadré par le français David Marcus, ancien vice-président de Messenger et ex-président de PayPal (2012-2014). Il a fait partie du conseil d'administration de la plateforme d'échanges de cryptomonnaies américaine Coinbase.

L'association Libra, une association basée en Suisse, s'occupera de la gestion du Diem, afin de montrer que Facebook n'aura pas le contrôle total de cette crypto-monnaie. Les entreprises et associations partenaires de ce projet ont chacune investi au moins 10 millions de dollars.

La cryptomonnaie diem s'appuie sur une blockchain « de permission », signifiant que l'accès au protocole doit être validé, contrairement au bitcoin, qui se base sur une blockchain publique, ouverte à tous.

Facebook souhaite que la blockchain devienne sans permission, mais cette volonté n'est pas envisageable actuellement. Aujourd'hui, dans le cadre d'un réseau sans permission, il n'existe pas encore de solution offrant l'ampleur, la stabilité et la sécurité nécessaires à la bonne prise en charge des milliards de personnes et de transactions à travers le monde. Selon Facebook, la reproduction des principales propriétés économiques d'un système sans autorisation est possible. Elle pourrait exister par le biais d'un marché ouvert, transparent et concurrentiel, accompagné d'une diligence raisonnable des membres et des validateurs.

De plus, les échanges opérés avec la crypto-monnaie de l'entreprise se feront sans passer par un réseau bancaire. Il y aura également plusieurs diems en fonction de la localisation des utilisateurs sur la planète, par exemple un diem américain, européen et britannique. Parallèlement, Facebook souhaite travailler avec les régulateurs, les banques centrales et les institutions financières du monde entier afin d'étendre sa crypto-monnaie.

Novi sera l'application qui permettra d'échanger des diems entre les internautes. Elle jouera le rôle d'un portefeuille et permettra aux internautes d'acheter, de vendre et de stocker cette cryptomonnaie. Facebook, WhatsApp et Messenger font partie des autres plateformes s'ajoutant à ces échanges. Diem pourra être également utilisée chez les commerçants partenaires comme Uber, Spotify, Lyft et Iliad. En ce qui concerne les frais de transactions, le livret décrivant le projet semble indiquer qu'ils seront faibles.

Les intérêts perçus sur les actifs de la réserve auront pour objectif de financer les coûts du système, garantir des frais de transaction minimales, verser des dividendes aux investisseurs (fournissant des capitaux de lancement pour l'écosystème), et soutenir sa croissance et son adoption sur le long terme. À l'heure actuelle, le Diem n'est pas encore disponible. Le lancement de cette nouvelle monnaie est tenu à l'approbation du gendarme financier suisse, la Finma, qui a reçu la demande d'agrément du système de paiement de l'association en avril 2019.

Les échanges de cryptoactifs sur les marchés financiers

Selon Bitcoin Treasuries (un site recensant les entreprises qui s'échangent des Bitcoins en bourse), 13 entreprises cotées en bourse détiendraient à l'heure actuelle du Bitcoin au sein de leurs actifs financiers. La valeur de ces actifs financiers s'élève à 6,9 milliards de dollars. Par exemple, l'entreprise MicroStrategy possède 425 millions de dollars en Bitcoins, mais elle ne compte pas s'arrêter là. En effet, la compagnie a récemment annoncé vouloir investir 50 millions de dollars supplémentaires dans cette cryptomonnaie.

Bitcoin Treasuries

Company Name	Symbol	Market Cap	% BTC	Purchases/Filings	Basis Price USD	Today's Value	Bitcoin	%
MicroStrategy Inc.	US NADO:MSTR	\$5,356,967,821	49%	250M Aug 175M Sep 2020 Learn Hr	√\$1,125,000,000	\$2,631,215,907	70,470 BTC	336%
Galaxy Digital Holdings	CA TSE:GLXY	\$883,605,511	69%	\$134M on Jun-30-2020	√\$134,000,000	\$612,419,516	16,402 BTC	078%
Square Inc.	US NADQ:SQ	\$102,700,856,200	0.2%	50M Bitcoin Investment Whitepaper	√\$50,000,000	\$175,825,113	4,709 BTC	022%
Hut 8 Mining Corp	CA TSX:HUT-8	\$595,869,105	18%	Q2 2020	√\$36,788,573	\$106,450,923	2,851 BTC	014%
Voyager Digital LTD	CA CSE:VYGR	\$318,461,000	14.5%	March 31 2020	√\$7,927,182	\$46,261,906	1,239 BTC	006%
Riot Blockchain, Inc.	US NADQ:RIOT	\$1,740,923,446	2.5%	\$7.2M on Jun-30-2020	√\$7,200,000	\$43,872,268	1,175 BTC	006%
Coin Citadel Inc	US OTCMKTS:CCTL	Not on G.F. ↗	-	December 2015 report	√\$184,390	\$19,154,445	513.0 BTC	002%
Cyberpunk Holdings Inc.	CA CSE:HODL	\$23,861,915	43%	\$1.63M on Jun-30-2020 -60BTC	√\$1,630,000	\$10,323,201	276.5 BTC	001%
Advanced Bitcoin Technology	DE ABT:GR	Not on G.F. ↗	-	Q1 2018	√\$2,117,978	\$9,478,053	253.8 BTC	001%
DigitalX	AU ASX:DCC	\$51,394,320	16%	215 BTC 2019	√\$874,835	\$8,027,692	215.0 BTC	001%
Hive Blockchain	CA CSE:HIVE	\$985,162,317	1%	Report	? \$7,894,394	\$7,894,394	211.4 BTC	001%
Argo Blockchain PLC	US OTCPK:ARBKF	\$345,733,491	2.3%	December 2020	√\$1,340,000	\$7,803,663	209.0 BTC	001%
BIGG Digital Assets Inc.	CA CNSX:BIGG	\$70,128,050	10%	SEDAR Reports	√\$1,909,259	\$7,075,570	189.5 BTC	001%
Fortress Blockchain	CA TSXV:FORT	Not on G.F. ↗	-	Q3 2020	? \$6,093,578	\$6,093,578	163.2 BTC	001%
NexTech AR	CA CSE:NTAR	Not on G.F. ↗	-	Ann	√\$4,000,000	\$4,860,599	130.2 BTC	001%
Neptune Digital Assets Corp	CA TSXV:DASH	Not on G.F. ↗	-	Q3 2020	? \$2,800,358	\$2,800,358	75.0 BTC	000%

Parmi les 13 entreprises détentrices de Bitcoins, Grayscale est spécialisée dans l'investissement en cryptoactifs pour les institutionnels. Elle se positionne en première position car elle possède 4,9 milliards de dollars en Bitcoins. Cependant, Grayscale ne les possède pas en fonds propres, car elle achète régulièrement du Bitcoin et d'autres cryptomonnaies pour ses clients, et non uniquement pour son compte.

Même si MicroStrategy, l'éditeur de logiciel, a investi dans le Bitcoin, il reste un cas particulier car les 12 autres entreprises sont liées aux activités sur les marchés de la crypto et de la blockchain. Le Bitcoin semble alors être réservé aux acteurs de la crypto-monnaies et de la blockchain. Cependant, 64% d'investisseurs institutionnels envisagent d'augmenter légèrement leurs financements dans les cryptomonnaies durant les 5 prochaines années.

Mais les transferts de crypto-monnaies ne sont pas seulement présents en Bourse. En effet, le footballeur David Barral a été le premier footballeur de l'histoire à avoir été transféré grâce aux cryptomonnaies. Le club madrilène - auto désigné « premier club qui met le sport et le e-sport au même niveau » - en profite pour faire de la publicité à son nouveau sponsor, Criptan, entreprise espagnole d'achat et de vente de Bitcoins.

L'« euro numérique », un projet de la banque centrale européenne

Avec l'augmentation de l'usage du numérique des résidents européens, au cœur des modes de consommation, de l'épargne et de l'investissement, Christine Lagarde, présidente de la BCE, a annoncé le lancement de tests de l'« euro numérique » dans les mois qui vont suivre.

Cette cryptomonnaie sera l'équivalent de l'euro en numérique. Le but de cette initiative est de préserver la confiance dans la monnaie, car la BCE souhaite adapter l'euro à l'ère du numérique. L'élément déclencheur de ce projet est le lancement prochain de la cryptomonnaie Diem de Facebook. Cette annonce avait suscité une réaction de méfiance de la part des différentes banques centrales de la planète, car elles considéraient que cette monnaie numérique tenterait de remplacer les autres.

Le sujet d'une « MDBC » (Monnaie Numérique de Banque Centrale) était alors sur le devant de la scène dans le monde entier. Les experts de la BCE ont listé dans un rapport rendu public stipulant qu'il y a une augmentation de la demande du public pour des échanges en monnaie numérique. La baisse des échanges en argent liquide fait partie de ces scénarios, mais également le potentiel fait que des acteurs privés ou étatiques puissent s'imposer comme fondateurs d'une monnaie utilisée lors des échanges au quotidien.

Cette cryptomonnaie représenterait un avantage considérable pour la banque centrale, car la gestion de la masse monétaire sera plus simple en version numérique qu'avec des billets imprimés. Du côté des utilisateurs, l'avantage serait l'association d'une monnaie déjà connue et du remplacement d'un compte en banque par un portefeuille virtuel autonome. Les experts assurent cependant la mise en place de limites monétaires pour éviter une migration massive de l'argent géré par les banques de détail vers la nouvelle cryptomonnaie. En effet, cette nouvelle cryptomonnaie utilise une technologie de Blockchain, basée sur le même principe que celle du Bitcoin, mais aurait la particularité d'être centralisée, comme une version numérique de la monnaie fiduciaire déjà en place.

Cependant, l'objectif de ce projet n'est pas de remplacer la monnaie physique, ce qui est différent des projets menés en Chine ou encore au Brésil. Leurs différents gouvernements souhaitent élaborer d'ici 2022 une MDBC afin de basculer leur système financier sur un modèle entièrement numérique. Ces deux pays se trouvent en effet dans une meilleure position que l'Europe pour parvenir à la mise en place d'une MDBC. D'un côté, le Brésil n'a pas tout à construire pour y parvenir car ce pays possède la néo-banque la plus grande au monde (Nubank, 30 millions de clients).

À l'opposé, la Chine possède une avance considérable au sujet des paiements numériques, ce qui pourrait favoriser la mise en place d'une MDBC.

À l'heure actuelle, la Chine a commencé la distribution gratuite de « crypto yuans » à ses citoyens. La Banque Centrale chinoise va introduire 10 millions de yuans (1,25 millions d'euros) sous forme de monnaie digitale à Shenzhen. Cette MDBC sera distribuée à 50 000 personnes via une loterie. Le but de l'opération est d'inciter des millions de personnes à télécharger l'application (le wallet) du crypto yuan.

Mais le crypto yuan n'est pas une cryptomonnaie au sens propre. D'une part, le yuan digital ne repose pas sur une blockchain, et d'autre part, cette monnaie est contrôlée par une Banque Centrale. Le Digital Yuan sera au mieux un « Stable Coin » dont la masse monétaire ne sera absolument pas fixe. Le gouvernement

chinois souhaite mettre fin à la monnaie physique pour ensuite procéder à l'internationalisation du Yuan.

La Chine doit pour cela devenir la première nation à émettre une monnaie digitale, afin de réduire sa dépendance au système mondial de paiement basé sur le Dollar. Le pays redoute en effet une déconnexion du système SWIFT, qui est la plateforme où s'effectuent tous les transferts bancaires internationaux. Si les États-Unis l'exigent., n'importe quel pays peut se retrouver coupé du reste du monde. Par exemple, c'est le cas de l'Iran, seul pays du Golfe à refuser de vendre son pétrole exclusivement en dollars.

DES LIMITES A LA GENERALISATION DES CRYPTOMONNAIES

Un contexte économique défavorable

La démocratisation des cryptomonnaies est également ralentie par une situation géopolitique défavorable. La blockchain porte idéologiquement sur un principe de stockage et de transmission des informations, mais sans organe de contrôle. Cependant les infrastructures physiques et les coûts d'entretien de ses structures sont assurés par des acteurs bien réels. Les deux grandes puissances mondiales, que sont les États-Unis et la Chine, ont donc un important enjeu dans le développement des solutions et technologies liés aux cryptoactifs et à leur utilisation.

Mais ces deux pays sont en guerre économique, et chacun des camps veut devenir ou rester la plus grande puissance mondiale. Dans ce cadre, une guerre des brevets est en marche. Le but pour chacune des deux parties : innover dans le domaine des cryptoactifs et déposer un maximum de brevets dans le but d'imposer ses technologies au reste du monde, et notamment au pays d'en face.

Pour ce faire, les différents états se servent des entreprises privées. À la pointe de la technologie, c'est à travers les brevets déposés par les géants Apple et Huawei que cette guerre se visualise. Les brevets de ce genre sont habituellement financés par des fonds publics, mais les enjeux économiques en lien avec les cryptomonnaies sont tellement gigantesques que les États-Unis et la Chine laissent leurs propres champions du numérique mener la bataille.

Certains chiffres sont d'ailleurs en grande faveur de la Chine. Fin 2020, il est estimé qu'elle concentrait 65 % du hashrate du bitcoin au niveau mondial. Pour rappel, le hachage est l'opération de sécurisation des transactions, un système au cœur du principe de la blockchain. Cela veut donc dire, si avéré, que la Chine sécurise 65 % des transactions en bitcoin.

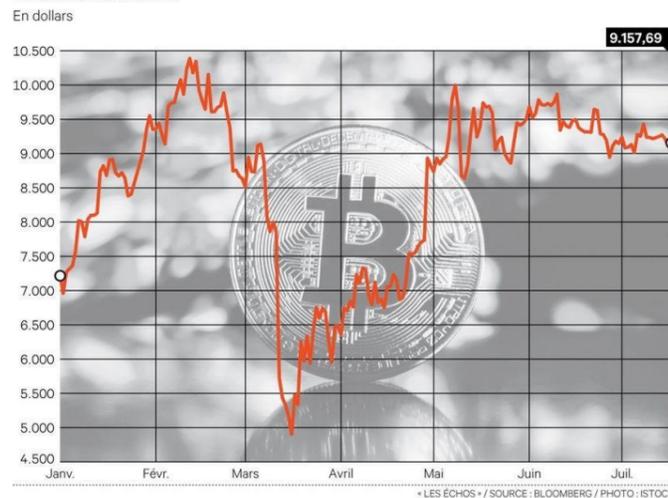
Cette guerre de brevets connaît d'ailleurs un parallèle intéressant avec d'autres secteurs des technologies numériques, tel que celui du déploiement de la 5G à travers le monde, qui représente un autre visage de cette « nouvelle guerre froide ». Cette guerre est donc tout à fait paradoxale, car d'un côté elle incite les entreprises à innover sur ces questions, qui se mettent alors à développer de nouvelles technologies participant à la popularisation des cryptomonnaies. De l'autre côté, ces batailles économiques pénalisent le camp opposé, ainsi que les autres États proches, et ces tensions internationales ne sont de toutes façons pas propices à un développement rapide et pertinent des cryptomonnaies à travers le monde.

Ces tensions ralentissent alors l'accélération numérique prodiguée par les cryptomonnaies et leurs technologies. Car rappelons-le, les cryptoactifs et la blockchain dépassent largement les frontières des différents pays, et les nombreux impacts économiques en lien avec la géopolitique se répercutent forcément sur les monnaies virtuelles.

Mais les guerres commerciales ne sont pas les seuls freins économiques de la démocratisation des cryptomonnaies. Cette fois-ci, nous parlons d'un événement, voire d'une période majeure. Nous parlons bien entendu de l'apparition du SARSCoV-2, ayant entraîné la pandémie du Covid-19. Les conséquences nombreuses de cette maladie invitent les différentes institutions à parler de crise sanitaire, allant de pair avec une crise économique inédite.

Le résultat est là, voici une image tirée du site « lesechos.fr ». C'est un graphique qui représente la valeur du bitcoin en dollars en fonction du temps. On remarque très nettement une chute vertigineuse de sa valeur au plus fort de la crise sanitaire, pour atteindre une valeur deux fois inférieure en mars 2020 par rapport au maximum du mois précédent.

Le cours du bitcoin



Les différentes sources ont du mal à déterminer l'impact réel de cette crise sur les cryptomonnaies, mais ces résultats représenteraient alors une coïncidence troublante si le coronavirus n'était pas la cause principale de cette chute. Car bien entendu, d'autres cryptomonnaies ont subi le même sort.

L'explication la plus plausible à cette chute serait due aux investisseurs et possesseurs de bitcoins qui, voyant la crise sanitaire arriver, auraient pris peur et se sont empressés de revendre leurs bitcoins, créant alors un surplus de cryptoactifs sur le marché, qui aura naturellement entraîné la baisse de la valeur du bitcoin, mais également celle des autres monnaies s'étant confrontées au même phénomène.

De nombreux événements autour de la thématique des cryptomonnaies ont également été chamboulés par le virus, comme la Paris Blockchain Week qui a été reportée, tout comme le token2019 et la Hong Kong Blockchain Week. Difficile donc de se renseigner massivement et physiquement sur les cryptomonnaies avec le confinement ou le couvre-feu.

Il est tout de même intéressant de souligner que la monnaie a également rapidement repris de la valeur, notamment grâce aux aides des différentes banques centrales. On remarque alors que cette monnaie a réussi à revenir à une valeur plus habituelle, comme si le coronavirus n'avait aucun impact sur le long terme. Il n'en reste pas moins que cette période a posé d'énormes soucis de développement à un instant t, et surtout nous ne parlons pas d'autres cryptomonnaies moins connues, qui parfois se sont complètement effondrées.

Un problème législatif et fiscal

Les cryptomonnaies sont une source de complexité législative et fiscale. L'aspect volatile et le fonctionnement de ce type de monnaie posent des soucis de traçabilité. C'est un avantage pour la confidentialité des données, mais un gros inconvénient d'un point de vue légal. En effet, les cryptomonnaies sont d'ores et déjà utilisées par des réseaux criminels tels que ceux du blanchiment d'argent, du terrorisme ou encore du darknet. Ces monnaies sont légion sur cette partie d'Internet, regroupant des pages non répertoriées par les moteurs de recherche traditionnels. C'est la technologie de la blockchain, sur laquelle s'appuient ces cryptomonnaies, qui rendent le travail de détection et de répression des transactions sur des biens illégaux extrêmement difficile.

Il faut également savoir comment taxer les cryptomonnaies, puisque qu'elles font également partie du système économique dans son ensemble. Du fait de leur caractère international et sans frontières, un peu comme pour Internet, l'idéal serait de mettre en place d'une fiscalité au niveau mondial. Mais les gouvernements et les cultures sont tellement différents qu'une telle solution n'est pas réaliste.

En attendant cette échéance, la France a commencé à réfléchir à ces questions fiscales. En septembre 2018, trois gros points devaient déjà être abordés avec la loi PACTE :

- La mise en place de VISA optionnels de l'AMF (Autorité des Marchés Financiers) pour les levées de fonds en cryptoactifs, dans le but de rassurer les différents acteurs souhaitant investir dans les cryptomonnaies ;
- La mise en place d'une législation sur l'ouverture de comptes en cryptoactifs ;
- La création d'un statut avec agrément pour les prestataires de services en cryptoactifs.

Du chemin a donc été fait puisque cette loi est maintenant adoptée. Elle n'est cependant appliquée que depuis 2019 seulement, ce qui est encore assez récent.

L'utilisation des cryptomonnaies en France nécessite donc un cadre spécifique en termes de fiscalité. Comme avec l'investissement en bourses, les cryptomonnaies sont principalement utilisées pour faire de la spéculation. De plus, elles possèdent bien une valeur propre, et doivent donc alors être déclarées aux impôts, comme pour une monnaie classique. S'ajoutant à un cadre législatif imparfait et encore libre d'interprétation pour certains cas de figure, cette déclaration est beaucoup plus compliquée qu'une déclaration d'impôts classique. L'Etat français a effectivement décidé d'appliquer le prélèvement forfaitaire unique (PFU).

Ce PFU est donc un impôt sur la plus-value obtenue en un an par la personne imposable, à hauteur de 30 % de cette valeur. On pourrait penser au premier abord que cette plus-value représenterait simplement la somme des gains et des pertes engendrés par la spéculation des cryptomonnaies. Autrement dit, elle représenterait la différence entre l'actif total au bout d'une année et la somme investie au début de cette même année. Renseigner ce montant serait alors assez simple, et ne différerait pas vraiment d'une déclaration d'impôts classique.

Cependant, ce n'est pas la méthode qui a été retenue par le gouvernement. La difficulté réside dans ce que l'on appelle les cessions. Dans notre sujet, les cessions sont les conversions d'une quantité de cryptomonnaie en monnaie fiduciaire (ou monnaie fiat) ou inversement.

Voici un exemple simple pour mieux comprendre la difficulté :

Un particulier transforme 1000 € en cryptomonnaies, cette somme représente alors son cash-in (argent investi). Avec le temps et/ou des opérations diverses et variées, il arrive à obtenir des cryptomonnaies pour une valeur totale de 1500 €, grâce aux 1000 € déjà investis, et qui font donc partie de son Wallet (portefeuille). Si le particulier veut reconvertir ses cryptomonnaies du wallet pour une valeur de 250 €, qui représente son cash-out (argent retiré), alors l'Etat va considérer cette valeur pour calculer la taxe à appliquer.

C'est à partir de maintenant que cela va se compliquer. La valeur imposable à déclarer se détermine avec une succession de calculs. En premier lieu, lors de la première cession de l'année, on calcule la première plus-value imposable par la différence entre le cash-out et le cash-in multiplié par le taux du cash-out par rapport au wallet. Voici les formules qui résument cette explication :

$$\text{À partir de } i = 1 : Pv(i) = Co(i) - Fci(i) ; \text{ Avec } Fc(i) = [Ci(i) - Fc(i-1)] * Co_w(i) \text{ ET } Fci(0) = 0$$

Légende : (i) : à l'instant i | Ci : Cash-in | Co : Cash-out | w : wallet | Fc : Fraction de capital initial

De plus, vous pouvez voir l'apparition de la fraction de capital initiale, car la cession suivante devra prendre en compte cette modification du cash-in initial. Ce n'est qu'après avoir additionné l'ensemble de ses plus-values individuelles calculées pour chaque transaction que le montant final de la plus-value imposable sera déterminé.

Il est ainsi aisé de s'apercevoir que la fiscalité appliquée aux cryptomonnaies possédées n'est pas triviale, mais ceci n'est que la première difficulté. Car après avoir fini tous ces calculs, il faut remplir plusieurs documents. Il y a d'abord la fiche d'impôt en elle-même, sur laquelle la plus-value totale doit être inscrite.

Il faut également remplir le formulaire 2086, qui est un document de complément. Ce formulaire a pour but de renseigner les calculs réalisés pour aboutir à la plus-value totale précédemment déterminée. Cela amène donc une difficulté majeure : les particuliers effectuant de très nombreuses cessions et transactions doivent donc absolument tout consigner dans ce document, ce qui est quasiment irréalisable dans la pratique lorsque des centaines de conversions sont réalisées par an.

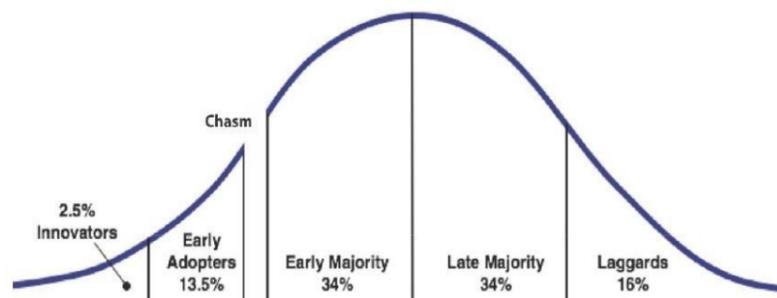
En dernier lieu, il faut également déclarer les différents comptes d'échange de cryptomonnaies possédés, même ceux étant complètement vides. Cela peut très vite devenir compliqué, car les cryptomonnaies sont de plus en plus nombreuses, et il est donc aisé d'ouvrir plusieurs comptes et d'en oublier certains. Mais un compte non déclaré entraîne l'application d'une amende de 750 € par compte non renseigné (1500 € si le compte concerné contient plus de 50 000 €). Toutes ces démarches administratives sur des technologies aussi récentes montrent bien que le cadre est difficile à cerner. Cela peut décourager les différents acteurs de se servir de ces cryptomonnaies. Mais la France fait des efforts pour tenter de mettre à profit ces technologies en créant et modifiant des lois sur les monnaies virtuelles. En effet, les textes français ont évolué en 2020 sur ce sujet, en apportant des précisions sur cette imposition.

Il reste pourtant encore des points assez flous. Par exemple, les conversions entre cryptomonnaies ne sont pas impossibles. On peut donc échanger une monnaie volatile contre une monnaie stablecoin, comme évoqué précédemment. Or, l'une est soumise à spéculation, alors que la valeur de l'autre est définie par les monnaies fiat. Il y a donc un biais par lequel une plus-value issue de cryptomonnaie peut être transformée indirectement en monnaie fiduciaire grâce à un stablecoin, ce qui est donc un paradoxe, qui nécessiterait encore des approfondissements du cadre législatif des cryptomonnaies.

Comme le conclut parfaitement le juriste Benjamin Allouch dans son article « Fiscalité des gains en crypto-actifs : la situation en 2020 » sur Cryptoast.fr : « Applicable aux plus-values réalisées à partir du 1er janvier 2019, ce nouveau régime a le mérite de la clarté et apporte des éléments jusque-là absents comme la définition d'une crypto-monnaie. Les points de contestation restent toutefois nombreux et il ne faut pas baisser la garde. »

Une difficulté d'intégration dans la société actuelle

Finalement, les cryptoactifs peinent pour le moment à s'intégrer à notre mode de vie quotidien. En effet, en avril 2019, certains estimaient que le monde n'avait pas encore passé le « Chasm », où les early adopters commencent à faire partie d'une plus grande majorité d'utilisateurs. Il semblerait que deux effets principaux empêchent ce passage vers une plus large utilisation.



En premier lieu, la régulation des cryptomonnaies est encore balbutiante, ce qui a été démontré précédemment. Mais il y a également en seconde raison un problème de communication vis-à-vis de ces dernières.

Pour cause, les cryptomonnaies ont un lien très étroit avec les marchés financiers, et certains comportements et utilisations se rapprochent de l'investissement en bourses par exemple. Il faut donc d'abord avoir un solide intérêt pour l'économie, et se pencher sur la question assez précisément. Car il est lié à ces technologies tout un vocabulaire dont nous ne vous avons montré que des termes assez connus, mais loin d'être les seuls. Avec autant de complexité concernant la manière d'expliquer leur mise en œuvre aux non-initiés, on comprend que la majorité de la population ait encore du mal à s'y mettre.

Ceci est encore plus marqué par une question banale, mais capitale : A quoi peuvent servir les cryptomonnaies au quotidien ? Si l'on met de côté l'aspect sécurisé, l'anonymisation et les transactions sans frais, le commun des mortels n'y verra pour le moment qu'un investissement, une monnaie uniquement créée pour faire fructifier son argent. Car à l'heure actuelle, ces différentes qualités se payent, puisqu'il faut s'informer et faire de bons choix, et ce à cause d'une raison majeure : la volatilité.

Mis à part pour les stable coins, la valeur des cryptomonnaies change dans le temps. Mais comme on l'a vu avec le bitcoin, elle peut passer du simple au double en un mois, et inversement. Il y a donc pour le moment un gros souci concernant l'utilisation chez les commerçants par exemple. De manière très simple et en considérant des chiffres fantaisistes, si le boulanger décide de vendre sa baguette à 1 bitcoin

valant 1 euro le jour de cette décision, il peut tout à fait recevoir le lendemain les bitcoins de ses clients valant chacun 75 centimes d'euros. Même si une augmentation de sa valeur est également envisageable, voilà donc une difficulté majeure. Deux choix s'offrent pour le moment aux commerçants s'ils souhaitent accepter des cryptoactifs très volatiles :

- Soit ils acceptent ces monnaies et s'occupent de les convertir via les fameuses concessions, voire de les utiliser telles quelles, mais cela demandera alors un travail parallèle de surveillance du cours de cette monnaie, pouvant alors demander énormément de temps ;
- Soit ils optent pour une solution permettant de convertir en direct les cryptomonnaies reçues en argent fiduciaire, comme la plateforme Paymium. Mais cela demande un certain investissement financier, et il serait alors tout à fait possible de perdre de l'argent si la solution ne se contente que de transformer les devises sans réfléchir.

Pour le moment, les cryptomonnaies peinent à intéresser la majorité de la population. En plus de toutes ces difficultés, on peut rajouter la diversité. Si l'on prend le cas de l'Europe, d'un côté nous avons une monnaie fiduciaire unique, l'euro, de l'autre nous avons l'intégralité des cryptomonnaies existantes dans le monde. Alors même si certaines sont bien plus utilisées que d'autres, il faut donc choisir en quel(s) cryptoactif(s) convertir son argent, et quand bien même, ce serait fait, il faut aussi savoir où ces monnaies peuvent être dépensées. Cela peut devenir logistiquement très compliqué pour l'ensemble de la population, en tout cas à l'heure actuelle.

Les cryptomonnaies sont également au cœur de certaines polémiques écologistes. Comme expliqué précédemment, certaines cryptomonnaies réputées comme le Bitcoin et l'Ethereum s'appuient sur la blockchain pour valider les transactions. Cette inscription des opérations dans ce grand registre se fait via la génération de « proof of work », qui demandent des calculs de plus en plus complexes au fur et à mesure que la blockchain s'agrandit. Ces calculs sont donc réalisés par ce que l'on appelle les mineurs de cryptomonnaies, qui utilisent alors des ordinateurs avec de puissants composants, très énergivores et pouvant parfois fonctionner sans interruption.

En effet, une estimation de 2018 que l'énergie utilisée par le bitcoin dans l'ensemble des activités qui y sont rattachés serait proche de 40 TWh par an, soit une consommation équivalente à celle d'un pays entier comme l'Irlande. Cette même monnaie représenterait 0,4% de la consommation mondiale d'électricité en fin 2020. Certains experts de Nature Climate prédisent d'ailleurs une augmentation de 2°C du réchauffement climatique dans moins d'une trentaine d'années lié aux seules activités concernant le Bitcoin.

Enfin, on peut citer des problématiques de sécurité qui peuvent repousser les utilisateurs potentiels. Car si les cryptomonnaies et la blockchain permettent une sécurité quasi-infaillible dans des cas nominaux, il existe un moyen très connu pour détourner des cryptomonnaies : l'attaque 51%. Elle peut survenir lorsqu'une entité (individu ou groupe de personne) détient au moins 51% de la puissance de calcul totale du réseau.

Ces attaques se basent sur les cryptomonnaies à « proof of work », ce qui correspond globalement aux monnaies dont les transactions dépendent de la blockchain. Avec cette puissance, l'entité est capable d'imposer une blockchain falsifiée au reste du réseau, lui permettant alors de détourner des fonds, ou d'effectuer une transaction sans payer par exemple.

Ce genre d'attaque est donc difficile à mettre en place pour les cryptomonnaies très connues et instaurées depuis un certain temps, notamment à cause du coup de l'attaque et de la puissance de calcul nécessaire. Cependant, il n'est pas exclu que cela arrive à nouveau, car certaines cryptomonnaies se sont effectivement déjà faites attaquer. Voici un tableau qui résume les impacts financiers de différentes attaques 51% sur des exemples de cryptomonnaies.

	Amount Stolen	Estimated Cost of 1Hr Attack
Bitcoin gold	1,860,000	3,936
Zencash	500,000	5,237
MonaCoin	90,000	3,729
Verge	2,700,000	

On peut y observer les montants volés qui ne sont pas anodins, et ces montants sont donc parvenus à une seule entité. On peut voir également le coup pour le hacker d'une heure d'attaque de la cryptomonnaie associée. Mais avec la puissance de calcul détenue par l'entité malveillante, dépassant les 51% de la puissance du réseau, il est fortement probable qu'elle détienne également suffisamment de fonds pour amortir ce coup de la première heure d'attaque et celui des potentielles suivantes. On dépasse parfois le million de dollars, cela pourrait être encore plus catastrophique pour des monnaies plus utilisées. Il faut donc absolument maîtriser ce risque pour gagner la confiance des utilisateurs.

En résumé, ce que l'on retire pour le moment de toutes ces informations, c'est que même si les cryptomonnaies existent maintenant depuis une dizaine d'années pour certaines, les gouvernements et les différentes populations manquent encore de recul. La meilleure solution pour se faire une opinion sans trop s'informer serait probablement d'attendre que les early adopters fassent leurs expériences, entraînant alors la création de lois et de régulation par les gouvernements, permettant de stabiliser et de rendre pérennes ces solutions.

CONCLUSION

Les transactions en cryptomonnaies ont de nombreux atouts comparément aux monnaies standards. La rapidité des transferts, le haut niveau de sécurité et les frais de transaction peu élevés leur permettent d'être considérées comme de possibles alternatives aux monnaies classiques.

En dehors des innovations financières, elles peuvent aussi révolutionner d'autres domaines comme celui des contrats, avec les mêmes avantages que pour les transferts d'argent. Les GAFAM ont cerné le potentiel de ces cryptoactifs, notamment Facebook qui a pour ambition de créer sa propre cryptomonnaie, le Diem.

La volatilité des cryptomonnaies est souvent remise en cause, néanmoins elles représentent aujourd'hui une part importante des marchés financiers et suscitent l'intérêt des poids-lourds de la finance comme MicroStrategy ou Grayscale, puisque ces entreprises y investissent régulièrement des centaines de millions de dollars. Voyant l'enjeu stratégique et les tensions que les cryptomonnaies peuvent créer, les institutions gouvernementales, comme la Banque Centrale Européenne, veulent réguler le marché en proposant leur propre cryptoactif, l'euro numérique.

Le retard de la démocratisation des cryptomonnaies peut être en partie expliqué par un contexte géopolitique défavorable, où les Etats-Unis et la Chine sont en compétition. En effet, ces deux pays jouent un rôle majeur dans la création d'infrastructures physiques indispensables aux cryptomonnaies.

Cependant, un autre frein économique apparaît. La pandémie du Covid-19 a provoqué un impact réel sur le développement des cryptomonnaies. De plus, des complexités législatives et fiscales dues au caractère non-traçable et fortement volatile des cryptomonnaies représentent une des raisons pour lesquelles les utilisateurs sont réticents à ces technologies. Par ailleurs, de par la consommation d'énergie engendrée, elles représentent des enjeux environnementaux importants. De plus, certaines failles de sécurité peuvent repousser les utilisateurs.

L'utilisation des cryptomonnaies peut soulever d'autres problématiques, notamment pour les smart contracts. Le droit informatique peut-il prévaloir sur le droit moral ou éthique ? Est-ce que le code informatique pourra à l'avenir remplacer les juges pour le suivi d'un contrat ?

BIBLIOGRAPHIE :

Les sources bibliographiques sont classées par ordre d'apparition dans le rapport. Elle suit au mieux le guide de rédaction réalisé par l'université d'Orléans, adapté de la norme AFNOR Z 44-005.

PARTIE I

Banque Centrale Européenne, Monetary developments in the euro area: May 2016 [en ligne]. 27 juin 2016 [consulté le 11 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.ecb.europa.eu/press/pdf/md/>

md1605.pdf?8e10e22fd8a4078fa7e8735330a4e5ea

Laura Kodres, Une crise de confiance ... et beaucoup plus [en ligne]. Juin 2008 [consulté le 15 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/fre/2008/06/pdf/kodres.pdf>

Institut numérique, Les chiffres clés du dynamisme du e-commerce [en ligne]. 23 Juin 2012 [consulté le 2 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.institut-numerique.org/1-les-chiffres-cles-du-dynamisme-du-e-commerce4fe6276d7cbad>

Fédération e-commerce et vente à distance, La Fevad publie les chiffres-clés du e-commerce en 2020 [en ligne]. 7 juillet 2020 [Consulté le 2 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.fevad.com/chiffres-cles-du-e-commerce-en2020/>

Fédération e-commerce et vente à distance. [Graphique]. Chiffre d'affaires annuel du e-commerce en France de 2005 en 2017 (en milliards d'euros) [en ligne]. 6 février 2018 [Consulté le 4 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/services/distribution/ventes-en-ligne-la-france-toujours-au-3e-du-ecommerce-europeen-a-82-milliards-d-euros-en-2017-767487.html>

Satoshi Nakamoto. Wikipédia [en ligne]. 19 janvier 2021. [Consulté le 3 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://en.wikipedia.org/wiki/Satoshi_Nakamoto

Satoshi Nakamoto. Bitcoin : A Peer-to-Peer Electronic Cash system. Bitcoin.org [en ligne]. 31 octobre 2008. [Consulté le 5 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Bitcoin. Wikipédia [en ligne]. 18 janvier 2021. [Consulté le 3 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://en.wikipedia.org/wiki/Bitcoin>

Aurel. Partage : de OwnCloud (décentralisé) à Syncthing (distribué) [Illustration] linuxfr.org [en ligne]. 23 mars 2016. [Consulté le 11 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://linuxfr.org/users/aurelieng/journaux/partage-deowncloud-decentralise-a-syncthing-distribue>

Signature Numérique. Wikipédia [en ligne] 26 décembre 2020. [Consulté le 18 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://fr.wikipedia.org/wiki/Signature_numerique

Maths Adultes. Blockchain : Comment ça marche ? [en ligne] 27 novembre 2017. [Consulté le 7 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=SccvFbyDaUI>

ScienceEtonnante. Le Bitcoin et la Blockchain (avec Heu?Reka) [en ligne] 24 juin 2016. [Consulté le 7 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=du34gPopY5Y>

Cryptoast. Comprendre la Blockchain en 7 minutes [en ligne] 8 mai 2019. [Consulté le 13 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=6uYRN6b5EMU>

Cryptoast. Qu'est-ce que le Bitcoin ? Comment ça marche ? En 5 minutes [en ligne]. 16 mai 2019. [Consulté le 15 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=ItPSiHEcknM&t>

BlockchainFrance. Qu'est-ce que la Blockchain ? Blockchainfrance.net [en ligne]. 2017. [Consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://blockchainfrance.net/decouvrir-la-blockchain/c-est-quoi-la-blockchain/>

PasswordGenerator. SHA256 Hash Generator. Passwordgenerator.net [en ligne]. 2012. [Consulté le 12 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://passwordgenerator.net/sha256-hash-generator/>

Bryan Blaevoet. Quelle carte graphique choisir pour miner ? [Illustration] cia.news [en ligne]. 1 mai 2019. [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://cia.news/quelle-carte-graphique-choisir-pour-miner/>

LeRevenu. Le prix du Bitcoin va-t-il s'envoler après le 3ème « Halving » de son Histoire ? [Graphique] BTC price run-ups around the first and second halving. LeRevenu.com [en ligne] 9 mai 2020. [Consulté le 28 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.lerevenu.com/placements/le-prix-du-bitcoin-va-t-il-senvoler-apres-le-3eme-halving-de-sonhistoire>

Nick Szabo. Wikipédia [en ligne]. 12 Janvier 2021. [Consulté le 17 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://en.wikipedia.org/wiki/Nick_Szabo

Cryptoast. Qu'est-ce que l'Ethereum ? Tout comprendre en 6 minutes. [en ligne] 23 juin 2019. [Consulté le 15 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=y9MnRJT__9E

Hyperledger-fabric. Smarts Contracts and Chaincode [Illustration] hyperledger-fabric.readthedocs.io [en

ligne] 2020 [Consulté le 15 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.2/smartcontract/smartcontract.html>

Lawrence Lessing, Harvard Magazine, Code and Other Laws of Cyberspace, harvardmagazine.com [en ligne] Janvier 2020 [Consulté le 6 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://harvardmagazine.com/2000/01/code-is-law.html>

Marc Zeller, Bpi France, Les Stablecoins sont-ils l'avenir de la cryptomonnaie ? lehub.bpi.france [en ligne] 20 juin 2019 [Consulté le 7 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://lehub.bpi.france.fr/les-stablecoins-sont-ils-lavenir-de-lacryptomonnaie/>

Site de référence pour des données sur les cryptomonnaies [Consulté le 17 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://coinmarketcap.com/>

PARTIE II

Charlie Perreau, Diem (ex-Libra) : les derniers éléments sur la future cryptomonnaie de Facebook [en ligne]. Décembre 2020 [consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.journaldunet.com/patrimoine/guide-desfinances-personnelles/1438892-diem-ex-libra-les-derniers-elements-sur-la-future-cryptomonnaie-de-facebook/>

Christophe Auffrey, Entre MicroStrategy et Bitcoin, ce n'est sans doute que le début [en ligne]. Septembre 2020 [consulté le 20 décembre 2020] Disponible à l'adresse : <https://cryptonaute.fr/entre-microstrategy-et-bitcoin-ce-nest-sans-doute-que-le-debut/>

Bitcoin Treasuries, [capture d'écran]. Janvier 2020 [consulté le 29 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://bitcointreasuries.org/>

Mathieu Rault, Espagne : David Barral, objet du premier transfert réalisé en cryptomonnaie [en ligne]. Janvier 2020 [consulté le 15 janvier 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.footmercato.net/a7603701054595525351-espagnedavid-barral-objet-du-premier-transfert-realise-en-cryptomonnaie>

David Barral. [photographie], Espagne : David Barral, objet du premier transfert réalisé en cryptomonnaie [en ligne]. Janvier 2020 [consulté le 15 janvier 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.footmercato.net/a7603701054595525351-espagne-david-barral-objet-du-premier-transfert-realise-encryptomonnaie>

Cédric Ingrand, Cryptomonnaie : la Banque centrale européenne va tester son «euro numérique» [en ligne]. Octobre 2020 [consulté le 2 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.lci.fr/conso-argent/cryptomonnaie-la-banquecentrale-europeenne-va-tester-son-euro-numerique-2167079.html>

Hadrien Augusto, La BCE veut concurrencer les crypto-monnaies, mais reconnaît son retard [en ligne]. Septembre 2020 [consulté le 5 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.presse-citron.net/bce-veut-concurrencer-les-cryptomonnaies-retard/>

Nicolas Terei, Pourquoi la Banque Centrale Chinoise, la FED et la BCE veulent concurrencer Bitcoin (BTC) [en ligne]. Octobre 2020 [consulté le 5 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.thecointribune.com/actualites/pourquoi-la-banque-centrale-chinoise-la-fed-et-la-bce-veulentconcurrencer-bitcoin-btc/>

Wallet. [illustration]. Pourquoi la Banque Centrale Chinoise, la FED et la BCE veulent concurrencer Bitcoin (BTC) [en ligne]. Octobre 2020 [consulté le 5 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.thecointribune.com/actualites/pourquoi-la-banque-centrale-chinoise-la-fed-et-la-bce-veulentconcurrencer-bitcoin-btc/>

PARTIE III

Céline Moille. Blockchain et crypto-monnaies : une nouvelle ère économique ? [en ligne] 2 avril 2020. [Consulté le 7 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=wik3r_8c3fU&ab_channel=TEDxTalks

Alexandre Stachtchenko. Blockchain Partner [en ligne] 20 septembre 2020. [Consulté le 10 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=wik3r_8c3fU&ab_channel=TEDxTalks

Hasheur. Crypto Déclaration fiscale 2020 [en ligne] 8 mai 2020. [Consulté le 17 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=wik3r_8c3fU&ab_channel=TEDxTalks

Benjamin Hallauch. Fiscalité des gains en crypto-actifs : la situation en 2020 [en ligne] Mai 2020. [Consulté le 17 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://cryptoast.fr/fiscalite-crypto-2019/>

DÉCLARATION DES PLUS OU MOINS-VALUES RÉALISÉES EN 2019 SUITE À DES CESSIONS D'ACTIFS NUMÉRIQUES ET DROITS ASSIMILÉS. Impot.gouv [en ligne]. 31 octobre 2020. [Consulté le 20 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.impots.gouv.fr/portail/files/formulaires/2086/2020/2086_3126.pdf

Vincent Lorphelin. Cryptomonnaies : « La Chine menace le cœur de l'économie mondiale : l'Internet de l'argent » [en ligne] Novembre 2020. [Consulté le 21 décembre 2020]. Disponible à l'adresse :

https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/11/02/cryptomonnaies-la-chine-menace-le-c-ur-de-l-economie-mondiale-linternet-de-l-argent_6058149_3232.html

Louis Roche. USA et Chine, les éternels rivaux. [illustration]. Bitcoin US contre bitcoin chinois - Ils veulent miner aux USA et en finir avec la suprématie chinoise. [en ligne] Décembre 2020. [Consulté le 27 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://journalducoin.com/actualites/bitcoin-us-chinois-miner-usa-finir-suprematie-chinoise/>

Captain Diversification. Tout savoir sur la fiscalité Crypto [en ligne] 9 décembre 2020. [Consulté le 29 décembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=LFlaPc8xOzA&ab_channel=CaptainDiversification

Tokens Invaders. COMPRENDRE LA FISCALITE DES CRYPTOMONNAIES : VERSION 2019 [en ligne] 25 février 2019. [Consulté le 29 décembre 2020].

Hasheur. ETH en souffrance ? Mais un Tezos qui Explode ! Coronavirus et Ether 2.0 [en ligne] 28 février 2020. [Consulté le 3 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=K5xikToUuZc&ab_channel=Hasheur

Nessim Aït-Kacimi. Le bitcoin et cryptos réussissent le « stress test » du coronavirus. [en ligne] Juillet 2020. [Consulté le 3 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.lesechos.fr/finance-marches/marches-financiers/le-bitcoin-etcryptos-reussissent-le-stress-test-du-coronavirus-1224581>

Owen Simonin. L'impact du Coronavirus sur les crypto monnaies. [en ligne] Mars 2020. [Consulté le 6 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.journaldugeek.com/2020/03/06/impact-coronavirus-crypto-monnaies/>

Techno GPS. LES CRYPTOMONNAIES VONT-ELLES SUPPLANTER LES AUTRES MOYENS DE PAIEMENT ? [en ligne] Août 2020. [Consulté le 6 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.technogps.com/banques-et-nouvellestechologies/les-cryptomonnaies>

SIAPARTENERS.[graphique]. Les cryptomonnaies et leur utilisation comme moyen de paiement quotidien. [en ligne] Août 2020. [Consulté le 10 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.sia-partners.com/fr/actualites-etpublications/de-nos-experts/les-cryptomonnaies-et-leur-utilisation-comme-moyen-de>

Gregory Raymond. Bitcoin : les commerces français où vous pouvez payer avec. [en ligne] Novembre 2017. [Consulté le 10 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.capital.fr/entreprises-marches/bitcoin-les-commerces-francais-ou-vous-pouvez-payer-avec-1256660>

Paul Hane. L'impact environnemental de la blockchain et des crypto-monnaies. [en ligne] Janvier 2020. [Consulté le 10 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <http://blog.economie-numerique.net/2020/01/07/l-impact-environnemental-de-la-blockchain-et-des-crypto-monnaies/>

Michel. L'impact écologique du minage de cryptomonnaies. [en ligne] Novembre 2020. [Consulté le 14 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://votresoleilvotrenergie.com/limpact-ecologique-du-minage-de-cryptomonnaies/>

Tokens Invaders. QU'EST CE QU'UNE ATTAQUE 51% OU DOUBLE SPENDING ? Partner [en ligne] 3 février 2019. [Consulté le 14 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=EfKlrZ5UBQI&ab_channel=TokensInvaders

Le télétravail, nouvelle organisation du travail ?

AFKIR Meriem, DUBREUIL Tristan et RAKOTOBE Tania

Département / Année :
Maîtrise des Risques Industriels
Année universitaire 2020/2021
Promotion 2022

Pilote :
Professeur Mustapha BACHIRI

RÉSUMÉ

L'innovation ne porte pas seulement sur l'avancée technologique mais peut concerner les organisations du travail. Le télétravail, principalement pratiqué par les cadres, est devenu courant pour tous depuis le début de la crise sanitaire. Ce dossier expose la place et les impacts du télétravail dans le contexte actuel.

MOTS CLÉS : Télétravail ; Ressources Humaines ; Organisation du travail ; Crise sanitaire.

INTRODUCTION

Avec l'essor des nouvelles technologies et du développement d'internet, de nombreuses innovations ont émergé au cours des dernières années : c'est le phénomène d'accélération numérique.

Dans le monde du travail, l'innovation est indispensable pour permettre aux entreprises l'amélioration continue de la qualité de vie au travail et de gagner en productivité. Ainsi, de nouvelles organisations du travail découlent de cette accélération numérique qui ouvre la voie vers de nouvelles opportunités.

En cela, le télétravail se dévoile comme une méthode intéressante et, depuis le début de la crise sanitaire, devient la norme dans de nombreux domaines. Sa mise en place génère cependant des impacts dans les entreprises et dans le quotidien des travailleurs concernés.

Une question se pose alors, quels sont les impacts engendrés par le télétravail au sein d'une entreprise ?

Dans le but de répondre à cette problématique, une analyse globale du télétravail sera présentée et deux études de cas seront élaborées afin d'évaluer les impacts réels de cette méthode au sein d'une entreprise.

ANALYSE DU TELETRAVAIL

AVANT LA CRISE SANITAIRE

Définition

Selon l'article L.1222-9 du Code du travail français : « Le télétravail désigne toute forme d'organisation du travail dans laquelle un travail qui aurait également pu être exécuté dans les locaux de l'employeur est effectué par un salarié hors de ces locaux de façon volontaire en utilisant les technologies de l'information et de la communication ».

Cette définition du télétravail montre qu'il y a une corrélation directe avec l'utilisation de la technologie et que plus les avancées seront importantes, plus le développement du télétravail sera facilité pour les employés qui peuvent le mettre en place.

De plus, le salarié effectue ces missions en accord avec son contrat de travail mais ne vient pas dans les locaux de l'entreprise. Ainsi, les missions de travail peuvent être faites depuis le domicile. Cependant, le télétravail n'est pas généralisable et sa mise en place peut être différente pour chaque travailleur et entreprise.

Cadre juridique

Le télétravail en France est une organisation encadrée par la loi depuis l'entrée de la loi Warsmann II du 22 mars 2012 dans le code du travail. Sa mise en place découle d'un commun accord entre l'employeur et l'employé. En effet, selon l'article L.1222-9 du code du travail « Le contrat de travail ou son avenant précise les conditions de passage en télétravail et les conditions de retour à une exécution du contrat de travail sans télétravail. À défaut d'accord collectif applicable, le contrat de travail ou son avenant précise les modalités de contrôle du temps de travail. Dans le cadre d'un projet d'expérimentation du télétravail, il est recommandé de concevoir une charte qui pourra soutenir la négociation d'un accord. »

L'ordonnance n° 2017-1387 du 22 septembre 2017 et la loi de ratification des ordonnances prises pour le renforcement du dialogue social n° 2018-217 du 29 mars 2018 ont modifié certaines dispositions concernant le télétravail. Depuis, il est possible de mettre en place le télétravail par un accord collectif ou dans le cadre d'une charte prévue par l'employeur. S'il n'y a pas d'accord collectif, l'accord entre l'employeur et le salarié peut se faire par tout moyen. En cas de refus de télétravail, l'employeur doit justifier son refus.

On peut également noter que par modification de l'article L.1222-9 du code du travail la prise en charge des coûts liés au télétravail n'est plus à être prise en compte par l'employeur.

Enfin, en cas d'accident pendant le télétravail, l'accident est présumé être un accident du travail.

Etudes réalisées sur le télétravail

Selon le rapport publié en 2012 par le ministère de l'industrie, de l'énergie et de l'économie numérique (cf annexe 1), 12,4% des français télétravaillaient au moins huit heures par mois. Ce chiffre montre que cette façon de travailler n'était pas beaucoup utilisée à cette époque et qu'il s'agissait des prémisses du télétravail dans les grandes entreprises françaises.

De plus, 92% des employeurs considéraient que le frein principal au développement du télétravail était la réticence des managers. Cette réticence s'explique par la culture managériale française qui ne considérait pas le télétravail comme une solution efficace de productivité. Cependant, cela semble être contradictoire avec le fait que 85% des mises en place du télétravail sont faites pour améliorer la qualité de vie des salariés. Cette contradiction apparaît aussi avec le chiffre annoncé concernant le gain de productivité moyen : +22%. Ce chiffre présenté est le fruit d'une réduction de l'absentéisme, d'une meilleure efficacité et d'un gain de temps dans le travail effectué par l'employé. En effet, le temps moyen gagné au profit de la vie familiale est de 37 minutes et l'efficacité peut s'expliquer par un gain de temps moyen de sommeil de 45 minutes. A cela, on peut ajouter que les conditions de travail sont améliorées et qu'il y a une réduction du stress lié au transport. Enfin, le taux de satisfaction de 96% montre que cette manière de travailler plaît aux employés pouvant mettre en place le télétravail. Ainsi, ce rapport montre que si le télétravail est mis en place dans des conditions favorables, l'impact sur la productivité de l'entreprise sera sensiblement positif.

Les études élaborées sur ce sujet par le groupe de protection sociale et mutualiste Malakoff Médéric permet de dégager des chiffres clés plus récents. Nous nous intéresserons aux études faites par ce groupe intitulées Télétravail 2020 Regards croisés Salariés / Entreprises et Le télétravail en France Bilan et perspective. Pour ces études, environs 1600 salariés et 400 dirigeants ont été interrogés formant un échantillon représentatif de la population active salariée du secteur privé.

Ces deux études permettent de voir que, depuis 2017, le taux de télétravail ne fait qu'augmenter à tel point que, en 2019, un tiers des salariés et entreprises pratiquent le télétravail. (cf annexe 2)

De plus, on s'aperçoit que le télétravail est plus pratiqué par des cadres et pour des entreprises à effectif moins important. (cf annexe 2)

Avant la crise sanitaire, les principales sources de motivation pour télétravailler étaient le temps de trajet et concilier vie professionnelle et personnelle. (cf annexe 2)

En termes d'impacts positifs, il ressort que les salariés ont un meilleur équilibre entre vie personnelle et professionnelle, une autonomie plus importante, une efficacité et une productivité grandissante qui s'explique par une diminution de la fatigue et un investissement accru.

Concernant les dirigeants, ces impacts positifs sur les salariés apportent une satisfaction particulière quant à l'utilisation de cette méthode de travail.

Finalement, avant la crise sanitaire, le télétravail était mis en place au sein des entreprises pour améliorer les conditions de travail des salariés pouvant l'exercer. Cela amène une augmentation de la productivité et on peut dire que l'impact émanant sur les entreprises concernées par ces études est positif. Cependant, on ne peut pas généraliser ces résultats car le télétravail n'était pas développé à grande échelle comme l'impose la crise sanitaire.

PENDANT LA CRISE SANITAIRE

La mise en place du télétravail

Afin de faire face à la crise sanitaire de la COVID-19, le gouvernement a mis en place une mesure de confinement pour réduire les contacts et les déplacements. Afin d'éviter les déplacements des salariés dans les transports en commun ou encore pour limiter le nombre de personnes présentes au sein des locaux de travail, le gouvernement appelle les entreprises à favoriser au maximum le recours au télétravail lorsque le poste le permet.

Pour rappel, Le télétravail trouve son fondement dans l'article L 1222-11 du Code du travail qui dit « qu'en cas de circonstances exceptionnelles, notamment de menace d'épidémie, la mise en œuvre du télétravail peut être considérée comme un aménagement du poste de travail rendu nécessaire pour permettre la continuité de l'activité de l'entreprise et garantir la protection des salariés. »

Le télétravail est un mode d'organisation du travail globalement apprécié par les salariés, et sa mise en place a été facile pour la plupart des télétravailleurs comme le montre l'étude réalisée en septembre 2020 par Malakoff Humanis (cf annexe 3).

Concernant les aspects matériels, les équipements nécessaires au télétravail peuvent être fournis par l'employeur ou appartenir au salarié. Dans certaines entreprises, le matériel existant a été emporté (ordinateurs portables ou fixes, écrans...), certains salariés ont dû utiliser leur matériel personnel, et enfin certaines entreprises ont dû investir précipitamment dans du matériel informatique et de communication. L'objectif est d'être aussi bien équipé chez soi qu'au bureau, pour travailler de manière efficace et agréable.

Mise en œuvre du télétravail variée selon les secteurs d'activité

Le recours au télétravail peut varier en fonction du secteur d'activité de l'entreprise. La figure (cf annexe 4) classe les secteurs en trois groupes selon la capacité de télétravailler :

- Secteurs fortement « télétravaillables » : Il s'agit des secteurs de l'information et de la communication, des activités financières et d'assurance, et de l'administration publique.
- Secteurs moyennement « télétravaillables » : entre 30% et 50%, il s'agit des secteurs d'activités spécialisées et des services administratifs, des activités immobilières et les autres secteurs.
- Secteurs faiblement « télétravaillables » : Cette catégorie comprend les secteurs de la construction, de l'agriculture, de l'industrie et des commerces.

Le management à distance

Manager une équipe de télétravailleurs est un challenge difficile à relever. En effet, comme toute équipe, ses membres ont besoin de communiquer et collaborer. Or, la distance ne facilite pas forcément la tâche.

Pour un management à distance efficace, les managers ont dû créer un cadre pour aider leurs équipes à s'adapter, et entretenir l'esprit d'équipe même virtuellement tant au niveau matériel, qu'avec des outils digitaux mais aussi avec de nouveaux rendez-vous à distance. Les managers ont dû mettre en place de nouvelles méthodes et de nouveaux outils à savoir établir des séances quotidiennes d'échanges structurés afin de fédérer et motiver leurs équipes. D'ailleurs, les entreprises ont mis en place des mesures de communication et d'organisation différentes (cf annexe 5), comme la vidéoconférence, le mail seul ne suffit pas. La vidéoconférence présente de nombreux avantages, notamment le fait de voir les autres permet d'accroître la « connaissance mutuelle » entre les collaborateurs, et permet également de réduire le sentiment d'isolement au sein de l'équipe.

Cependant, certains télétravailleurs déplorent le manque de suivi et d'écoute de leurs managers comme le montre l'étude de Malakoff Humanis qui décrypte l'impact de la crise sanitaire sur la santé des salariés.

L'une des mesures les plus cruciales qu'un manager puisse prendre, surtout dans cette crise, est de fournir des encouragements et un soutien moral à son équipe. En effet, il est important que les managers reconnaissent le stress des employés, qu'ils soient à l'écoute de leur anxiété et qu'ils fassent preuve d'empathie à l'égard de leurs difficultés. En bénéficiant de ce soutien, les employés sont plus à même d'affronter les difficultés avec détermination et motivation.

Les avantages du télétravail perçus durant la crise sanitaire

Le télétravail, une pratique en plein essor, représente de nombreux avantages. En effet, cette organisation de travail permet aux salariés de disposer d'une plus grande autonomie et de responsabilité, car le télétravailleur organise facilement ses tâches quotidiennes. Cette autonomie a des effets positifs sur la qualité des missions effectuées et la productivité. En effet, travailler depuis son domicile augmente la concentration en limitant des nuisances sonores inhérentes à l'open space par exemple. Le télétravail participe également à la diminution du stress engendré par les déplacements (moins d'heures passées dans les bouchons ou de trajets passés dans les transports en commun). Ainsi, cette absence de trajet impacte significativement et positivement l'absentéisme. (cf annexe 6)

Les outils numériques

Le télétravail est un moyen de réalisation du travail, utilisant les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication). Ces technologies sont présentes dans nos vies personnelles et professionnelles depuis de nombreuses années.

Les innovations concernant l'informatique et les télécommunications ont débuté vers la fin des années 1970. Les outils numériques ont été développés au fil des années afin de simplifier notre quotidien.

Une étude menée par La Direction de la Recherche du Ministère du Travail, en 2015, montre qu'à l'ère du tout numérique, toutes les catégories socio-professionnelles sont concernées par les outils numériques. Les ordinateurs, téléphones portables, les mails, internet... ont une place importante dans la vie des travailleurs. Ils contribuent à la qualité de vie au travail et à la performance.

Dans le cadre du télétravail, le travail coopératif, le travail collaboratif et l'intelligence collaborative sont nécessaires. Mais comment différencier ces trois termes ?

- Le travail coopératif est une méthode collective du travail séparée en plusieurs tâches, dans laquelle une tâche est attribuée à une personne de façon autonome.
- Le travail collaboratif est la mise en commun de plusieurs travaux dans le but de former un seul travail pour une mission donnée.
- L'intelligence collaborative est le fait de mettre un commun les connaissances, les idées d'un groupe afin d'apporter une solution innovante ne pouvant être fournie par une seule personne.

Afin de mener à bien le travail à distance, les outils collaboratifs sont plus que nécessaires afin de garder le contact avec ses collègues et de faciliter l'échange et le transfert de données.

En 2012, le Ministère chargé de l'Industrie, de l'Énergie et de l'Économie Numérique a fait un rapport sur la place du télétravail au sein des grandes entreprises françaises. Ce rapport met en avant l'utilisation continue des emails à défaut des outils collaboratifs.

Les mails sont utilisés afin de communiquer, transmettre des données et également contrôler le travail des télétravailleurs. Cet outil peut créer des risques car les travailleurs ressentent une pression réelle dans l'obligation de répondre aux mails instantanément.

Il existe en effet de nombreux outils pouvant être classés par liste d'usage et de fonction. Cette classification des outils favorise une meilleure utilisation afin :

- D'harmoniser et fluidifier la communication entre les collaborateurs ;
- D'optimiser le travail en commun ;
- D'assurer une coordination ;
- D'améliorer le partage et le stockage de données.

	Nature	Temporalité	Exemples
Outils de partage et de gestion de fichiers	Partage des fichiers sur un serveur/une plateforme avec gestion des accès	Synchrone Asynchrone	Dropbox WeTransfer TeamViewer
Outils d'écriture collaborative	Écriture réalisée par plusieurs personnes sur un même document	Synchrone Asynchrone	Teams Google Drive
Outils de réunion à distance / Visioconférence	Communication à distance vidéo et audio	Synchrone	Skype GoToMeeting Zoom
Outils de discussion instantanée	Discussion entre deux ou plusieurs personnes en temps réel sur une même plateforme	Synchrone	WhatsApp Signal
Outils de planification	Planifie le travail de l'équipe, des collaborateurs	Asynchrone	
Outils de gestion de projets	Automatise les tâches à réaliser Assure la gestion du temps	Asynchrone	Asana Trello
Outils de gestion d'agendas	Planifie des événements ponctuels ou récurrents avec possibilité de partage d'informations entre collaborateurs	Asynchrone	Jorte Calendar Framagenda
Outils de brainstorming collaboratif	Regroupe numériquement les idées et suggestions des collaborateurs	Synchrone Asynchrone	MindMeister MindMup StormBoard

Il existe des plateformes collaboratives qui regroupent différents outils afin de simplifier et d'harmoniser le travail par exemple Microsoft Teams, Google Workspace, Slack, ou encore Talkspirit.

ETUDES DE CAS

Afin de comprendre et d'analyser au mieux le télétravail de manière concrète, deux études de cas ont été réalisées auprès de deux entreprises A et B. Cette dernière se situant à Bourges. Pour des raisons de confidentialité, les noms des deux entreprises et des personnes interviewées ont été modifiées dans cette publication.

Entreprise A

Monsieur X est « directeur adjoint des ressources humaines ». Son métier consiste à « être en appui aux managers sur toutes les questions RH qu'il peut y avoir. C'est aussi en partie en lien avec les organisations syndicales pour le bon dialogue social et aussi en appui sur certains salariés qui connaissent des situations difficiles. »

Le télétravail avant et pendant la crise sanitaire

En 2016, au sein de l'entreprise A, il a été mis en place un accord concernant le télétravail. En effet : « Il y a certains métiers qui étaient éligibles au télétravail. Les conditions qui ont été prévues c'est un jour par semaine : c'est la règle standard ou absolue, mais après c'est en fonction des différents métiers, par exemple le secteur du commerce : ça peut être simple à réaliser parce que c'est plutôt une activité clientèle, une activité avec beaucoup de téléphones ou autres ; c'est facilement télétravaillable. En revanche, si on est sur [la production technique], il y a beaucoup de métiers qui nécessitent d'être au plus près de la machine, donc sans possibilité de télétravail. La direction de la production (...) a fait un relevé de décision qui précisera un petit peu pour [notre activité] quels étaient les métiers éligibles au télétravail. Par rapport à ça, ils avaient des métiers tertiaires qui sont éligibles un jour par semaine au télétravail, c'est le cas des RH, ma fonction. En revanche, ceux qui sont directement sur le pilotage des [machines], forcément eux, ils étaient dans pas du tout en télétravail, parce qu'il fallait qu'ils soient dans des salles de commande. Puis il y a certains métiers appelés métiers ouverts à l'expérimentation. Ce sont des métiers qui n'étaient pas forcément vus comme télétravaillables par la direction mais sur lesquels on voulait voir si le télétravail sept jours par mois est envisageable. »

Avant la crise sanitaire, « cinq à dix personnes ont une convention de télétravail plutôt liée à l'aspect médical ou à un handicap » nous précise Monsieur X. Alors que quatre cents postes sur mille quatre cents étaient ouverts au télétravail.

Avec le début de la crise, il a été mis en place le télétravail pour tout le monde au sein de l'entreprise sauf pour les métiers nécessaires pour assurer la délivrance [du produit] car il s'agit d'une « mission de service public ».

Ce qu'il ressort du ressenti personnel de Monsieur X et de ce qui a été remonté est principalement l'amélioration des conditions de travail. Cependant un des problèmes rencontrés est que « le télétravail cinq jours par semaine, comme on le vit, honnêtement, en termes de lien social c'est quand même un petit peu compliqué. ». Une solution envisagée par Monsieur X serait de limiter le télétravail à deux jours par semaine.

Il vient alors la question de la performance. Concernant ce point, il y a un manque de recul pour pouvoir constater un gain ou une perte de performance pour le moment. Monsieur X nous dit que « ce qui reste un petit peu en suspens c'est la question de la performance et le nombre de jours adaptés pour qu'il ne se développe pas ces sentiments négatifs liés à cette pratique de travail. »

L'avenir du télétravail dans l'entreprise

La crise sanitaire a permis de prendre au sérieux le télétravail au sein de l'Entreprise A. Monsieur X nous déclare qu'il y a eu « des échanges entre la direction de l'entreprise et l'organisation syndicale et qu'un accord collectif a été signé et à l'intérieur de cet accord il est prévu qu'un retour d'expérience sera organisé sur le télétravail. »

De cela, découle un projet se nommant [Projet Z] au sein de l'Entreprise A afin d'essayer de nouveaux modes de fonctionnement comme le télétravail. Pour mettre en place ce projet, le retour d'expérience de la crise sanitaire est utilisé et cela montre l'envie de la part de cette entreprise d'innover et d'évoluer sur les méthodes de travail.

« Aujourd'hui je ne suis pas en mesure de vous dire combien il y aura de jours télétravaillés une fois la crise sanitaire passée. En tout cas, les différents tests et expérimentations pour pouvoir trouver un accord collectif et puis le décliner dans toutes les unités de l'Entreprise A (...) sont en cours. » conclut Monsieur X.

Entreprise B

Au sein de l'Entreprise B, un entretien avec Monsieur Y, Responsable Assurance Qualité Métiers, a été mené. Des réponses au questionnaire par Monsieur Z, Ingénieur Méthodes (...), ont été obtenues.

Plusieurs éléments ont pu être mis en avant à la suite de ces deux retours d'expériences sur le télétravail.

Monsieur Y est « responsable de l'assurance qualité métier. J'exerce deux types de responsabilité. La qualification et la surveillance de couple produits-procédés et le traitement technique, voir le pilotage ou la participation à des chantiers d'amélioration continue, les actions de résolution de problèmes et de l'amélioration continue. Le terme métier se réfère aux activités opérationnelles qui se trouvent sur le site de l'Entreprise B et qui recouvre des périmètres comme les lignes de production, comme les ateliers de soutien client. On va dire de réparation et remise en condition opérationnelle et les ateliers de prototypage. »

Avant la crise sanitaire

Avant la crise sanitaire, en fonction de l'entreprise et si cela était nécessaire certaines personnes pouvaient être amenées à travailler de chez-elles. Pour un poste nécessitant une présence régulière dans les ateliers, lignes de production, le télétravail n'est pas réalisable.

Le télétravail était également pratiqué sous forme « masquée » lorsque des déplacements sont nécessaires ou au quotidien par le biais de travail téléphonique, visioconférences, et de traitement d'emails. Dans le cas des déplacements, la nécessité d'avoir une bonne organisation et synchronisation a été soulignée.

Pendant la crise sanitaire

Pendant la crise sanitaire la mise en place du télétravail varie en fonction des postes. Pour le secteur tertiaire, elle a été possible à 100%. En revanche, pour certains services avec des activités ne pouvant être dématérialisés, le télétravail est plus compliqué à instaurer.

Les employés d'ateliers n'avaient pas de télétravail car leur présence au quotidien est nécessaire.

Pour les ingénieurs opérationnels cela dépend des activités. Le télétravail est d'un jour par semaine pour Monsieur Z, car il doit être présent pour aider les lignes de production en cas de besoin. Pour Monsieur Y, la présence sur les ateliers, les audits et les contrôles à réaliser permettent de télétravailler à 50% par semaine.

Les points positifs recueillis sur cette méthode de travail concernent la logistique de transport qui est moins importante, la facilité à se concentrer, la prise de recul sur le travail, et moins de stress. Cependant, l'isolement, le manque d'équipement, et la tentation/distraction peuvent être un frein.

Afin que le télétravail puisse s'effectuer dans de bonnes conditions, la mise en place de règles et la mise à disposition d'équipement ont été évoquées :

- un contrat ou une charte à respecter ;
- informer les collaborateurs afin de faciliter les échanges d'information ;
- l'employeur doit s'assurer de l'ergonomie du poste au domicile ;
- mettre en place un moyen de s'assurer que le travail demandé est effectué ;
- disposer d'un ordinateur ;
- disposer d'internet ;
- avoir accès aux logiciels à distance ;
- outils de partage de documents ;
- avoir une clé VPN.

Bien que des retours positifs sur la productivité aient été donnés par certains télétravailleurs, la période vécue est pour l'instant trop courte. Analyser l'efficacité et la productivité généralisées sur le long terme en fonction de différentes professions n'est pas encore réalisable.

Cependant, comme évoqué dans les points précédents, encadrer ce mode de travail est important afin de faire la part entre travail et vie privée et ne pas être connecté à 100% au travail de chez soi.

L'aspect social est également à prendre en compte. Comme mentionné dans les points négatifs, l'isolement peut être compliqué pour certaines personnes. Garder le contact avec ses collègues et nouer de nouveaux liens avec les nouveaux arrivants sont importants mais compliqués car cela demande une bonne notion d'équipe.

L'avenir du télétravail

Au sein de l'Entreprise B, pratiquer le télétravail à 100% du temps n'est pas possible car certaines fonctions ne peuvent être dématérialisées et le travail d'atelier n'est pas simple à automatiser.

Pour poursuivre le télétravail après la crise sanitaire, un accord entre la direction et les partenaires syndicaux est en cours de discussion. De plus, pendant un an, un laboratoire grandeur nature à l'échelle de l'entreprise a été réalisé. L'aspect performance et risques psychosociaux ont été démontrés. D'après les retours, un équilibre a été trouvé et convient en moyenne à la direction et à la majorité des employés. L'exemple qui a été donné est pour deux jours de télétravail par semaine pour un gain de trajet qui engendre une diminution de coût et une diminution de la fatigue.

CONCLUSION

Avant la crise sanitaire, il a été vu que l'utilisation du télétravail était principalement liée aux conditions de travail pour créer un impact positif en termes de qualité de vie et de gain de productivité pour les salariés malgré une réticence de certains managers.

Pendant la crise sanitaire, le développement contraint, à grande échelle, de cette organisation du travail a montré que le principal défaut est l'isolement. Cela engendre des aspects négatifs sur le moral des salariés ce qui peut impacter leur efficacité, leur productivité et de surcroît la performance d'une entreprise.

Concernant les outils numériques, il existe une corrélation entre une utilisation optimale de leur fonction et un impact positif sur la pratique du télétravail.

Les études de cas présentées dans la seconde partie de ce dossier montrent que le télétravail contribue à l'amélioration des conditions de travail s'il est correctement établi au sein de l'entreprise. Le principal impact négatif concerne le manque de contact social.

Il ressort également qu'il y a un manque de recul pour pouvoir évaluer les impacts du télétravail sur les entreprises choisies.

La crise sanitaire a globalement permis de prendre au sérieux cette organisation du travail. De nombreux projets et expérimentations sont désormais élaborés dans les entreprises. Cependant, tous les métiers ne sont pas réalisables à distance.

Pourrions-nous ainsi, dans le futur, étendre le télétravail à tous les secteurs professionnels ?

ANNEXES

Annexe 1

12,4 %

Proportion des salariés français qui télétravaillent au moins huit heures par mois en 2012

92 %

... des employeurs considèrent que le premier frein au développement du télétravail est la réticence des managers intermédiaires

85 %

... des mises en place du télétravail sont d'abord motivées par l'amélioration de la qualité de vie des salariés

32,5 €

Indemnité moyenne mensuelle versée aux télétravailleurs pour compenser les frais induits par le télétravail

1 370 €

Coût moyen par télétravailleur de la mise en place du télétravail incluant le pilotage du projet, les formations, les équipements informatiques¹

+ 22 %

Gain moyen de productivité en télétravail grâce à une réduction de l'absentéisme, à une meilleure efficacité et à des gains de temps

37 min

Temps moyen gagné au profit de la vie familiale par jour de télétravail

45 min

Temps moyen de sommeil supplémentaire par jour de télétravail

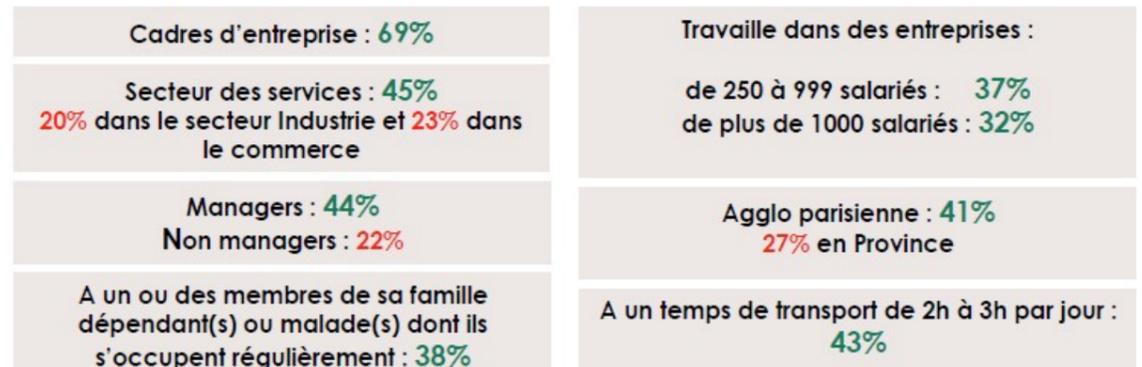
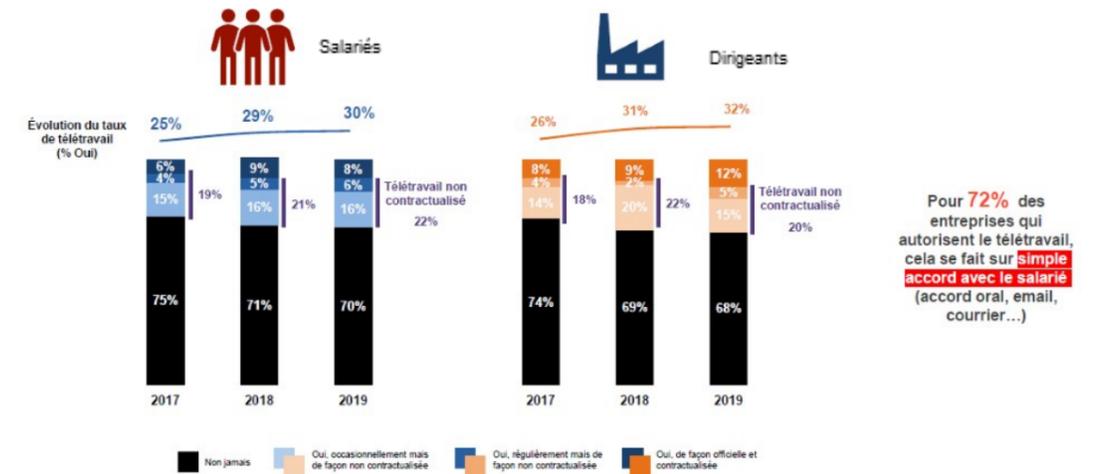
96 %

Taux de satisfaction liée au télétravail de toutes les parties prenantes : télétravailleurs, managers, et employeurs

BRUN, Olivier, DURIEU, Célia. *Le télétravail dans les grandes entreprises françaises* [en ligne]. Mai 2012. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse :

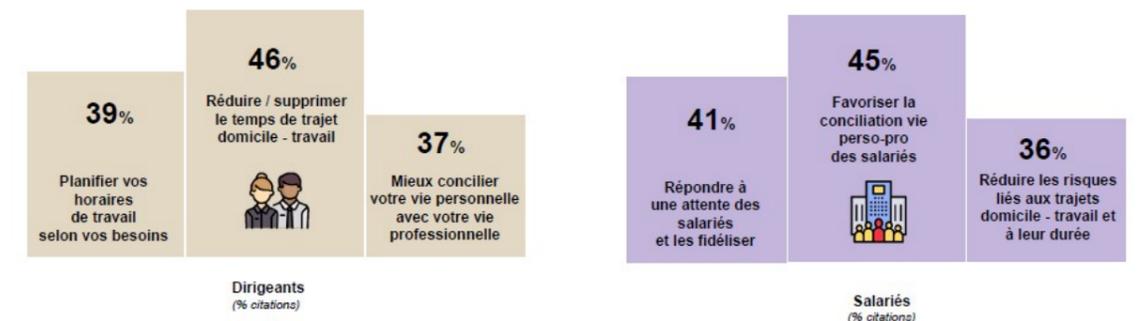
https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/cns/ressources/Teletraail_Rapport_du_ministere_de_Mai2012.pdf

Annexe 2



MALAKOFF HUMANIS. *Etude Télétravail 2020 Regards croisés Salariés / Entreprises* [en ligne]. 3^{ème} édition. Paris : 12 mars 2020. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://newsroom.malakoffhumanis.com/assets/syntheseetude-telereavail-2020-2a13-63a59.html?lang=fr>

Avant la crise sanitaire

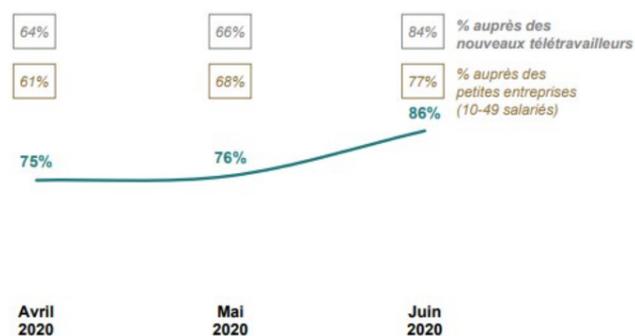


MALAKOFF HUMANIS. *Le télétravail en France Bilan et perspectives* [en ligne]. Paris :10 septembre 2020. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://newsroom.malakoffhumanis.com/assets/2020-09-09-syntheseteletravail-malakoff-humanis-presse-pdf-42a9-63a59.html?lang=fr>

Annexe 3

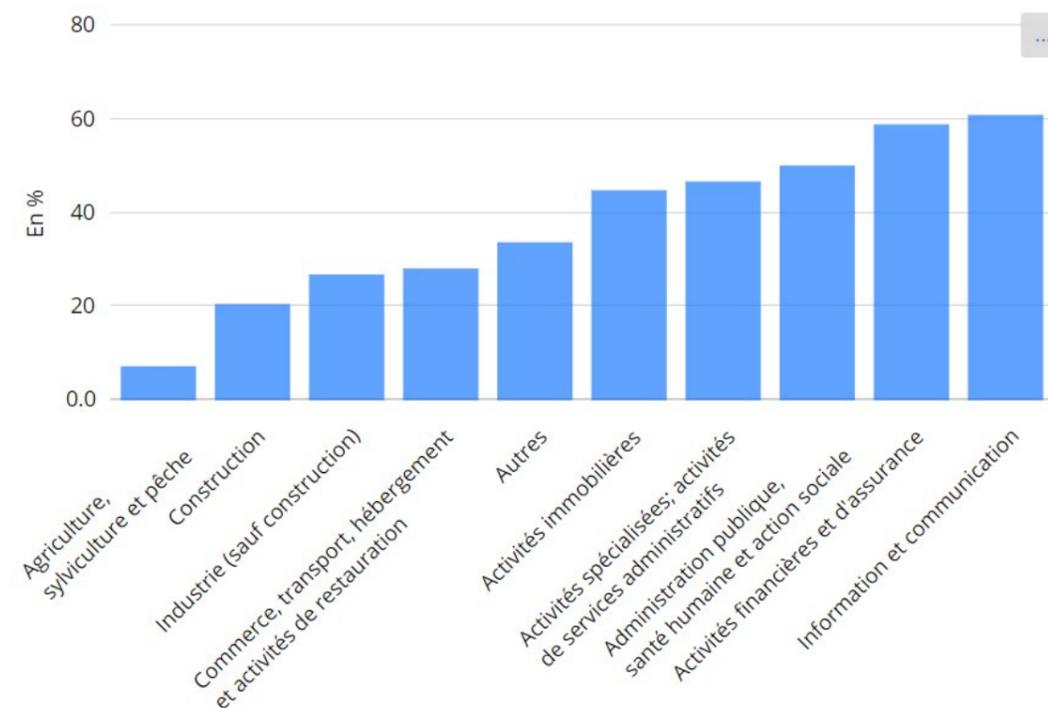


Télétravailleurs estimant la mise en place plutôt « facile »



MALAKOFF HUMANIS. *Le télétravail en France Bilan et perspectives* [en ligne]. Paris :10 septembre 2020. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://newsroom.malakoffhumanis.com/assets/2020-09-09-syntheseteletravailmalakoff-humanis-presse-pdf-42a9-63a59.html?lang=fr>

Annexe 4



Note : Les données pour l'Union européenne incluent les 27 États membres. La catégorie « autres » comprend les secteurs suivants : arts, spectacles et activités récréatives ; autres activités de services ; activités des ménages et extraterritoriales.

Source : European DataLab, d'après Dingel et Neiman (2020), et Eurostat [ifsa_eisn2] [en ligne]. [Consulté le 01 Décembre 2020].

Annexe 5

LES ENTREPRISES SE SONT ADAPTÉES EN METTANT EN PLACE DAVANTAGE D'ÉCHANGES ET DE POINTS AVEC LES ÉQUIPES À DISTANCE

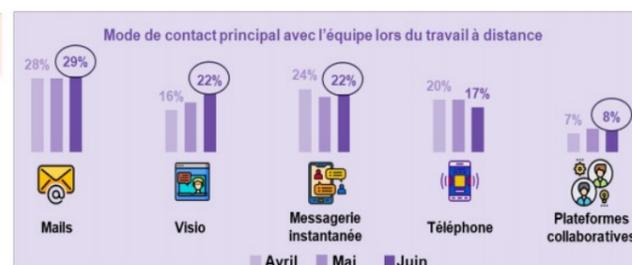
Mesures mises en place au démarrage de la crise sanitaire par les entreprises

Des échanges ou points avec votre responsable hiérarchique ont été mis en place de manière régulière **75%**

Mes objectifs (résultats, délais) ont été réadaptés ou redéfinis **52%**

De nouveaux rituels d'échanges informels ont été instaurés (ex : café à distance le matin...) **49%**

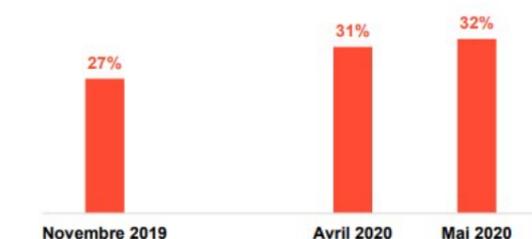
Le mail reste le 1^{er} mode d'échange, la visio connaît une forte progression



MALAKOFF HUMANIS. *Le télétravail en France Bilan et perspectives* [en ligne]. Paris :10 septembre 2020. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://newsroom.malakoffhumanis.com/assets/2020-09-09-syntheseteletravail-malakoff-humanis-presse-pdf-42a9-63a59.html?lang=fr>

Annexe 6

Télétravailleurs s'estimant insuffisamment accompagnés



(% « Je bénéficie d'un accompagnement mais qui ne répond pas à tous mes besoins / attentes » + « Je ne bénéficie pas d'un accompagnement et j'en aurais besoin »)

MALAKOFF HUMANIS. *Le télétravail en France Bilan et perspectives* [en ligne]. Paris :10 septembre 2020. [Consulté le 28 Novembre 2020].

Disponible à l'adresse : <https://newsroom.malakoffhumanis.com/assets/2020-09-09syntheseteletravail-malakoff-humanis-presse-pdf-42a9-63a59.html?lang=fr>

BIBLIOGRAPHIE

BRUN, Olivier, DURIEU, Célia. Le télétravail dans les grandes entreprises françaises [en ligne]. Mai 2012. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/cns/ressources/Teletravail_Rapport_du_ministere_de_Mai2012.pdf

PONTIER, Monique. Télétravail indépendant ou télétravail salarié : quelles modalités de contrôle et quel degré d'autonomie. *La Revue des Sciences de Gestion* 2014/1 N° 265 | pages 31 à 39. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/revue-des-sciences-de-gestion-2014-1-page-31.htm>

ANACT. 10 questions sur le télétravail. [en ligne]. 13 Janvier 2017. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.anact.fr/10-questions-sur-leteletravail>

MALAKOFF HUMANIS. *Etude Télétravail 2020 Regards croisés Salariés / Entreprises* [en ligne]. 3ème édition. Paris : 12 mars 2020. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://newsroom.malakoffhumanis.com/assets/syntheseetude-teletravail-2020-2a13-63a59.html?lang=fr>

MALAKOFF HUMANIS. *Le télétravail en France Bilan et perspectives* [en ligne]. Paris :10 septembre 2020. [Consulté le 28 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://newsroom.malakoffhumanis.com/assets/2020-09-09-syntheseteletravailmalakoff-humanis-presse-pdf-42a9-63a59.html?lang=fr>

David MARGUERIT. Télétravail : oui, mais pour combien d'emplois et pour quels secteurs ? [en ligne]. Mai 2020. [Consulté le 29 Novembre 2020]. Disponible à l'adresse : [Télétravail : oui, mais pour combien d'emplois et pour quels secteurs ? - European DataLab \(european-datalab.com\)](https://european-datalab.com/teletravail-oui-mais-pour-combien-d-emplois-et-pour-quels-secteurs/)

Bercy INFO. *Entreprises, ce que vous devez savoir sur le télétravail*. [en ligne]. Paris :30 Octobre 2020. [Consulté le 01 Décembre 2020]. Disponible à l'adresse : [Entreprises, ce que vous devez savoir sur le télétravail | economie.gouv.fr](https://economie.gouv.fr/entreprises-ce-que-vous-devez-savoir-sur-le-teletravail)

Delphine BENCAUD. *Coronavirus : Comment bien manager ses collaborateurs en télétravail (et sur une longue période) ?* [en ligne]. 18 Mars 2020. [Consulté le 02 Décembre 2020]. Disponible à l'adresse : [Coronavirus : Comment bien manager ses collaborateurs en télétravail \(et sur une longue période\) ? \(20minutes.fr\)](https://20minutes.fr/coronavirus-comment-bien-manager-ses-collaborateurs-en-teletravail-et-sur-une-longue-periode)

BOBOC Anca. *Numérique et travail : quelles influences ?* [en ligne]. *Sociologies pratiques* 2017/1 (N°34) | pages 3 à 12 [Consulté le 09 Décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.cairn.info/revue-sociologies-pratiques-2017-1-page-3.htm>

MALINGRE Marie-Laure, SERRE Alexandre. *Les outils de travail collaboratif* [en ligne]. URFIST de Rennes : Mai 2014 [Consulté le 09 Décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://eduscol.education.fr/numerique/tout-le-numerique/veille-educationnumerique/archives/2014/septembre-2014/outils-numeriques-de-travail-collaboratif>

COTTE Michel. *Les outils numériques au service de l'histoire des techniques* [en ligne]. *Revue d'histoire des techniques* 2012 [Consulté le 04 Janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://journals.openedition.org/ephaistos/392>

DARES Analyses. *Quels liens entre les usages professionnels des outils numériques et les conditions de travail ?* [en ligne]. N°029, Juin 2018 [Consulté le 18 Décembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/2018029.pdf>

