



CFC Africa Insights

Accompagner les transitions énergétique,
alimentaire et de santé en Afrique

Les enjeux de la traçabilité



CASABLANCA FINANCE CITY
القطب المالي للدار البيضاء



CFC AFRICA INSIGHTS

Accompagner les transitions énergétique,
alimentaire et de santé en Afrique

L e s e n j e u x d e l a t r a ç a b i l i t é







Table des matières

CONTEXTE

10

AUTHENTIFIER ET TRACER:
UN IMPÉRATIF DANS LE MONDE
CONTEMPORAIN

17

TRANSITION ALIMENTAIRE :
ASSURER LES BESOINS
ALIMENTAIRES DURABLEMENT

23

TRANSITION EN SANTÉ PUBLIQUE:
POUR UNE PROTECTION
GLOBALE DES POPULATIONS

35

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE:
POUR UNE DÉCARBONATION
DES ÉCONOMIES MONDIALES
PAR DES POLITIQUES
INCITATIVES

43

TRANSITION ET DEFIS
CONTEMPORAINS:
À L'ÉPREUVE DU COÛT
DES CHOIX

52

AVANT-PROPOS

Nous sommes ravis de vous présenter cette nouvelle édition des CFC Africa Insights.

Cette série de rapports thématiques qui a pour vocation de mettre en avant l'expertise métier de nos entreprises, regorge de précieux enseignements et de retours terrain utiles au déploiement des affaires de notre communauté sur le continent. Ces publications incarnent les valeurs vertueuses de partage, d'intelligence collective et de fertilisations croisées qui animent nos membres, forts de leur ancrage dans près d'une cinquantaine de pays africains.

La présente publication est le fruit d'une collaboration avec SICPA, entreprise suisse, membre CFC depuis 2014 et leader mondial en matière de solutions et services d'authentification, d'identification et de traçabilité sécurisées. Plus précisément, le rapport décrypte les enjeux de la traçabilité en Afrique à travers le prisme du triptyque "énergie, alimentation, santé".



Le contexte post pandémie, les défis de l'agenda climatique ou encore la résurgence des foyers d'instabilité à travers le monde, illustrent de manière prégnante la nécessité de réussir cette triple transition en vue d'installer une dynamique de croissance inclusive, résiliente et pérenne en Afrique.

En dressant un état des lieux, le rapport met en exergue l'urgence des défis auxquels nous sommes tous confrontés. Il insiste sur l'importance de l'action coordonnée et se veut force de proposition pour les décideurs publics et opérateurs économiques sur notre continent.

En vous souhaitant une lecture enrichissante.

Saïd Ibrahimi

CEO

Casablanca Finance City Authority

En ma qualité de Président de SICPA West-Africa, j'ai l'honneur de vous présenter notre rapport « Accompagner les transitions énergétiques, alimentaires et de santé en Afrique : les enjeux de la traçabilité » réalisé dans la série Africa Insights de Casablanca Finance City - CFC.

C'est l'occasion pour moi de saluer CFC, ses équipes dynamiques et multiculturelles, sa communauté hétéroclite d'acteurs de premier plan, sa vision prospective pour une Afrique plus forte et plus prospère.

Depuis plus de 12 ans, SICPA a eu l'opportunité, au service du Royaume du Maroc, de déployer son premier système de traçabilité multiproduits sur le continent africain.

Fort d'un modèle de gouvernance et de développement exemplaire, le Maroc est naturellement devenu une référence incontournable en Afrique pour démontrer la pertinence et l'efficacité de ce système, comme sa propagation à travers tout le continent en atteste.

De façon croissante, les Etats cherchent à défendre l'économie légitime de leur pays, à restaurer, promouvoir et protéger la confiance des acteurs de la chaîne de production, de distribution, jusqu'au stade de la consommation, et bien sûr concourir à la protection des citoyens contre les faux et la fraude. Ces objectifs sont au cœur de l'Economie de la Confiance que SICPA incarne.

Dans cette perspective, les Etats connaissent un renforcement de leurs prérogatives souveraines, ce que les transitions systémiques en cours amplifient, par le biais de politiques incitatives que les technologies d'authentification et de traçabilité contribuent à protéger.

Ainsi, nous envisageons l'avenir des transitions énergétiques, alimentaires et de santé, grâce aux technologies de traçabilité et d'authentification qui soutiennent l'action publique et permettent aux entreprises et aux citoyens de vivre mieux en Afrique.

Bonne lecture à tous.



Éric Besson

Président
SICPA West Africa

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

La quatrième révolution industrielle permise par l'avènement des réseaux, internet en priorité, a entraîné avec elle un cortège de bouleversements économiques, sociaux, culturels inimaginables à la fin du XXe siècle. Ces changements radicaux occasionnent également de nouveaux risques, de nouveaux défis, et nécessitent de façonner des outils modernes pour protéger les citoyens, les Etats et les entreprises contre les atteintes qui peuvent être portées à leurs relations. La confiance entre les parties prenantes de la société apparaît comme le ciment des relations sociales, et les technologies permettent de solidifier ce ferment.

Dans une économie de confiance les différents acteurs qu'ils soient agriculteurs, industriels ou personnes publiques, s'engagent collectivement pour le bien-être et la prospérité des citoyens, parties prenantes de la vie sociale, des consommateurs, parties prenantes de la vie économique, et la protection de leur environnement naturel. Aujourd'hui, force est de constater que nous nous trouvons à un tournant de notre histoire et que cet engagement est mis à mal, notamment par des développements frénétiques et incontrôlés. La crise de la COVID-19 a montré notre fragilité individuelle et collective face à une pandémie inattendue et violente. La guerre en Ukraine exacerbe nos faiblesses en terme de souverainetés énergétique, alimentaire et économique. Mais ces crises géopolitiques doivent également être vues dans le contexte de l'aggravation de la crise climatique mondiale, qui jour après jour, nous met face à nos responsabilités.

Comment prospérer en faisant en sorte que notre utilisation du capital ressource de la planète n'obère pas l'épanouissement des générations futures ? Comment permettre un niveau de développement à tous, en ne créant pas les obstacles figeant les écarts de développement de façon inique ? Comment gérer avec discernement nos espaces, sols, rivières, océans, forêts, nos ressources naturelles... tout en continuant à produire pour une population mondiale qui attendra 10 milliards d'individus à la fin du siècle ? Comment vérifier, auditer et documenter les engagements pris par les uns et les autres ? Comment lutter contre la fraude, notamment contre les politiques destinées à adapter les comportements aux contraintes contemporaines, et mitiger ses impacts délétères sur le contrat de confiance Etat-citoyen ? Autant de questions complexes autour de nexus et de choix difficiles pour nourrir, soigner et procurer de l'énergie, de la nourriture et des produits de santé à l'Humanité. Les transitions que nous vivons nous mettent face à des défis colossaux.

Les Etats mettent en œuvre de nouvelles politiques, des normes nationales et internationales ainsi que de nombreux accords commerciaux pour suivre et accompagner ce monde en transition en particulier pour ce qui touche à l'alimentaire, à la santé et à l'énergie, les trois piliers fondamentaux de toutes les sociétés depuis des millénaires. En contrepoint, il faut que les Etats soient en mesure de contrôler l'efficacité de ces politiques et de ces engagements. C'est un rôle partagé entre l'Etat prescripteur, les entreprises productrices et les citoyens-consommateurs. Ces contrôles reposent sur des processus et technologies physiques et digitales, qui permettent le suivi, la traçabilité et la vérification tout au long des chaînes de production des biens de consommation. Ils s'étendent aujourd'hui aux impacts environnementaux comme les émissions de CO₂ ou encore la pollution des eaux, et concernent progressivement certaines matières premières. Les entreprises également ont beaucoup à gagner en promouvant une traçabilité exigeante, et potentiellement beaucoup à perdre en cas de problème sur leurs produits. Cette traçabilité permet de lutter contre la concurrence déloyale et contribue à une image positive et responsable des secteurs économiques qui la mettent en œuvre.



TRAÇABILITÉ

La traçabilité est la capacité d'identifier et d'authentifier la source d'un produit et de retracer son parcours, depuis la matière première initiale jusqu'au produit manufacturé dans son lieu de distribution au détail. Aujourd'hui elle recouvre également les impacts environnementaux. Elle est au cœur de plusieurs enjeux environnementaux, économiques et sociétaux majeurs comme l'exploitation minière ou forestière illégale, la qualité sanitaire des produits alimentaires, les conditions de travail non éthiques, les minéraux de conflit, la contrefaçon et la fraude, l'accumulation des polluants dans l'environnement. Elle met en œuvre des technologies issues de la physique, de la chimie, de la biologie et aujourd'hui des sciences digitales. C'est en quelque sorte la « police scientifique » de lutte contre la fraude.

Ce contrôle est critique dans les secteurs de l'alimentaire, de l'énergie et de la santé et il tend à se renforcer. Les industriels et les gouvernements sont de plus en plus contraints de mettre à disposition ou disposer d'informations fiables et vérifiées sur l'origine des matières premières, les produits finis, les méthodes de production et leurs impacts environnementaux et sanitaires.

L'alimentation et l'agriculture représentent une industrie de 8 000 milliards de dollars au niveau mondial et contribuent à environ un tiers de toutes les émissions de carbone, sans compter la contribution des processus de la chaîne d'approvisionnement et du transport avant que le produit n'atteigne le consommateur. On estime que la fraude prive chaque année l'industrie alimentaire mondiale de 30 à 40 milliards de dollars de revenus. L'agriculture s'avère particulièrement importante en Afrique, où la part de population active qu'elle occupe est proche de 50 %. Elle est une source majeure d'emploi pour les femmes. Un tiers de la nourriture produite dans le monde est perdue ou gaspillée, en particulier en Afrique. La fraude à la nourriture affecte particulièrement de nombreux pays africains et ces atteintes concernent autant des aliments contrefaits, parfois toxiques pour la santé, que des mécanismes frauduleux d'import/export. L'exemple de l'huile d'olive, l'un des produits alimentaires les plus contrefait dans le monde, apparaît à ce titre illustratif.



PRÉVENTION CONTRE LA FRAUDE

Sur le continent africain les technologies de suivi et de traçage de la chaîne agro-alimentaire existent et se développent pour accompagner et améliorer les efforts de prévention et de lutte contre la fraude et assurer ainsi une utilisation optimisée des ressources primaires. Une meilleure collecte de données et des investissements dans les infrastructures de suivi et traçage, d'essais ainsi que des savoir-faire techniques se montrent nécessaires pour développer les bonnes méthodologies afin de contrecarrer les pratiques frauduleuses et leurs impacts nocifs.

La confiance dans les systèmes de santé est aujourd'hui fortement ébranlée. Le marché mondial de la santé est estimé entre 6 500 et 7 000 milliards de dollars, soit environ 9% du PIB mondial. Malgré cela, deux milliards de personnes n'ont pas accès aux médicaments, vaccins, et autres dispositifs médicaux. Le continent africain est le plus concerné. L'Organisation Mondiale de la Santé indique que 42 % de tous les faux médicaments qui lui ont été signalés entre 2013 et 2017 provenaient d'Afrique. La fraude aux faux médicaments y est estimée à 200 milliards de dollars par an. On estime que près de 200 000 enfants africains meurent chaque année de la prise de médicaments falsifiés ou de qualité inférieure (antibiotiques, antipaludéens, vaccins). Le nombre d'épidémies zoonotiques en Afrique a augmenté de 63 % au cours de la décennie 2012-2022 par rapport à 2001-2011. Ces fraudes causent non seulement des dommages économiques mais constituent principalement des risques d'une grave dangerosité pour les populations. En Afrique, plus de 30% des médicaments vendus sont des produits de qualité inférieure ou falsifiés. Ces estimations effroyables font que l'Afrique reste la cible privilégiée des exportateurs de faux produits pharmaceutiques, ce qui doit faire l'objet de toutes les attentions des gouvernants.

Ainsi, il est indispensable que demain chaque patient puisse vérifier d'une façon ou d'une autre les produits pharmaceutiques qu'il aurait à consommer. Les techniques de contrôles sont proches de celles utilisées pour l'alimentaire ou d'autres chaînes d'approvisionnement. Les antibiotiques et la résistance antimicrobienne sont au cœur de ce défi. On estime qu'en 2019, 5 millions de personnes sont mortes de causes liées à de la résistance antimicrobienne. Le taux de décès tous âges confondus était le plus élevé en Afrique subsaharienne occidentale, avec 27,3 décès pour 100 000 habitants. Cette macabre statistique s'explique en partie par l'utilisation de faux médicaments mais aussi à l'administration répétée et massive d'antibiotiques chez l'homme et l'animal et de leur présence anormalement élevée comme déchet dans l'environnement. Ces deux effets conjugués conduisent à la sélection de bactéries résistantes aux traitements.



TECHNOLOGIES D'IDENTIFICATION

De façon croissante, la mise en œuvre de technologies d'identification et de saisie de données tout au long des chaînes d'approvisionnement des médicaments permettent de constituer un historique de vie du produit. Le renforcement de l'étiquetage sécurisé des produits de santé permet ainsi une traçabilité accrue ; des infrastructures de vérification de la qualité des produits pour du contrôle accru des importations ; des réseaux de surveillance de la présence, comme d'autres polluants, de médicaments dans les eaux.

La transition vers un système énergétique à faible émission de carbone se poursuit. La guerre en Ukraine et la crise climatique toujours plus prégnante, nous invite à l'accélérer. Dans les décennies à venir le paysage énergétique mondial sera profondément remanié avec des énergies fossiles appelées à voir leur utilisation décroître pour être remplacées par des sources d'énergies décarbonées (éolien, photovoltaïque, hydrogène ...). Les financements augmentant, le marché des énergies renouvelables devient la cible des fraudeurs en tout genre comme c'est le cas pour les carburants issus du pétrole. Les systèmes organisés de « contrefaçons » et une économie parallèle prolifèrent déjà. En jeu l'origine « verte » de l'énergie, des matériaux et dispositifs de qualité moindre (électrolyseurs, batteries, ...) mais aussi l'extraction illégale de matière première ou encore des impacts environnementaux masqués (gestion des déchets et économie circulaire des matériaux utilisés).

Le cas de l'hydrogène est instructif. Les normes et les certifications se mettent en place pour contrôler les systèmes de production et de distribution. On veut produire de l'hydrogène propre mais aussi l'utiliser pour rendre soutenable des productions chimiques polluantes et consommatrices d'énergie comme l'ammoniaque. A l'image du concept du « Farm to Fork » développé par l'Union Européenne celui du « Water to Hydrogen to Chemistry ».



CAS DE L'HYDROGÈNE

L'Afrique dispose d'un énorme potentiel en énergies renouvelables. Le Maroc a une feuille de route claire et commence à devenir un acteur reconnu en particulier autour de la production d'hydrogène vert. Il existe déjà des projets de certification de l'hydrogène mais ils ne sont pas aboutis car ils ne mettent pas en relation une signature physique ou chimique de l'hydrogène avec une preuve de l'utilisation d'énergie renouvelable pour le fabriquer ni de faire le lien avec des produits élaborés à partir d'hydrogène vert comme l'ammoniaque. Un index de l'hydrogène vert pourrait être développé conjointement entre les gouvernements et les industriels. Le Maroc a tout pour le faire et être pionnier en la matière.



Santé



Le marché mondial de la santé est estimé à près de 7 trillions de dollars (~9% PIB monde)



La fraude aux faux médicaments atteint 200 milliards de dollars par an dans le monde



En Afrique, plus de 30% des médicaments vendus sont des produits contrefaits



Plus de 200 000 enfants meurent chaque année en Afrique de la prise de médicaments falsifiés

Alimentation



L'alimentation et l'agriculture représentent une industrie de 8 trillions de dollars par an et contribuent au tiers des émissions carbone à l'échelle internationale



Chaque année, la fraude prive l'industrie alimentaire mondiale de 30 à 40 milliards de dollars



Un tiers de la nourriture produite dans le monde est perdue ou gaspillée, notamment en Afrique

Energie



133 MILIARDS \$

Chaque année, 133 milliards de dollars de carburants sont volés, falsifiés ou escroqués



10 %

En 2019, environ 10% de l'énergie primaire mondiale provenait de technologies renouvelables (hydro, solaire, éolien)



7 TRILLIONS

Le marché global du 'oil & gas' est de l'ordre de 7 trillions de dollars par an. Il pourrait atteindre les 10 trillions de dollars à horizon 2026



CONTEXTE

1. DÉFIS, TRANSITIONS ET NEXUS AU XXIÈME SIECLE

Les économies du monde reposent fondamentalement sur le prélèvement et la valorisation des ressources primaires (eau, sols, matières premières, ...) issus des « services » de la nature et à la base de tous les produits manufacturés. Cette utilisation façonne depuis toujours l'histoire humaine, les systèmes socio-économiques et les équilibres géopolitiques. La maîtrise stratégique des ressources constitue un enjeu de stabilité et de souveraineté pour les Etats comme le révèle la guerre en Ukraine ou encore la crise sanitaire du COVID-19, ainsi que le rappelaient les crises pétrolières en leur temps. Mais avec plus de vigueur encore, la crise climatique nous met jour après jour face à nos responsabilités.

Les différents acteurs du monde de la production, qu'ils soient agriculteurs, industriels ou Etats, s'engagent collectivement pour le bien-être et la prospérité des citoyens, consommateurs et pour la protection de l'environnement. En produisant des biens de consommation de qualité, en mettant sur le marché des produits manufacturés sûrs et dénués de risques, en contrôlant la bonne tenue du commerce, ils prennent une responsabilité centrale dans le bien-être du corps social. Aujourd'hui, force est de constater que **nous nous trouvons à un tournant de l'histoire de l'Humanité, lié aux effets de l'industrialisation et de la mondialisation, et que cet engagement s'avère mis à mal comme le montrent les évolutions climatiques.**

Comment prospérer en faisant en sorte que notre utilisation du capital ressource de la planète n'obère pas l'épanouissement des générations futures ? Comment gérer avec discernement nos espaces, sols, rivières, océans, forêts, nos ressources naturelles... tout en continuant à produire pour une population mondiale qui attendra 10 milliards d'individus à la fin du siècle ? Comment vérifier, auditer et documenter les engagements pris par les uns et les autres ? Comment lutter contre la fraude et ses impacts délétères ? Autant de questions complexes autour de choix difficiles et souvent pour nourrir, soigner et procurer de l'énergie à l'Humanité. Les transitions que nous vivons nous mettent face à des responsabilités colossales.

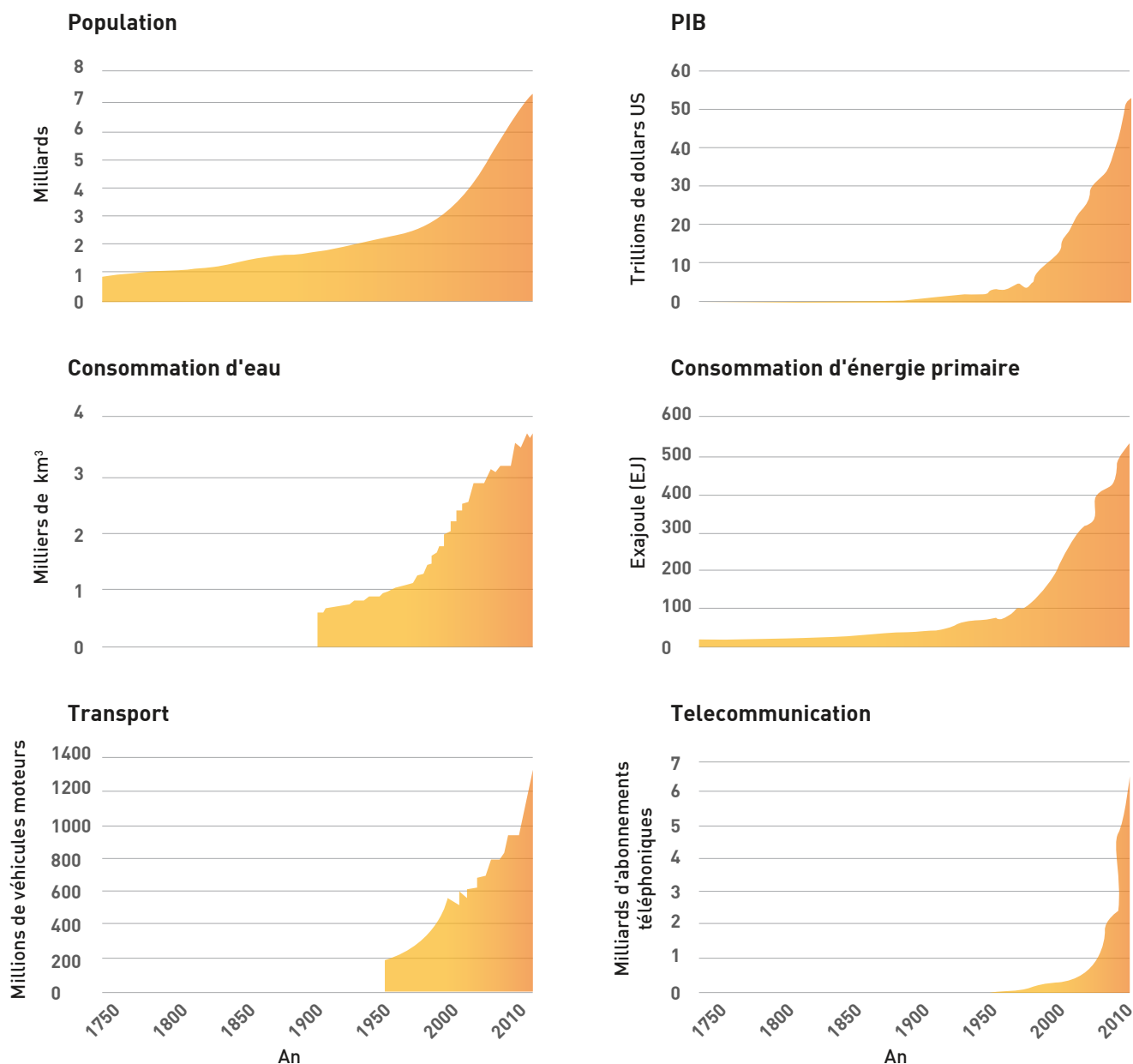
Les défis sociétaux, économiques et environnementaux auxquels font face nos économies imposent des limites à nos systèmes de production, de vie et d'utilisation des ressources de la planète. Les nouveaux modèles économiques internationaux imposent de relocaliser des productions stratégiques pour assurer l'essentiel en cas de ruptures d'approvisionnement, mais aussi de logiques de transport et d'impératifs environnementaux, et finalement d'optimisation de la croissance économique des pays sources, leur développement technologique et le bien-être de leurs populations.

Ce monde en transition se caractérise par des accélérations qui interpellent et qui heurtent frontalement les individus, l'économie locale et mondiale, les entreprises, les gouvernements et la stabilité politique et sociale des pays. Ces accélérations miment la courbe d'augmentation de la température de la Terre et du changement climatique et indiquent des liens de causes à effets qui nous incitent à modifier en profondeur nos comportements.

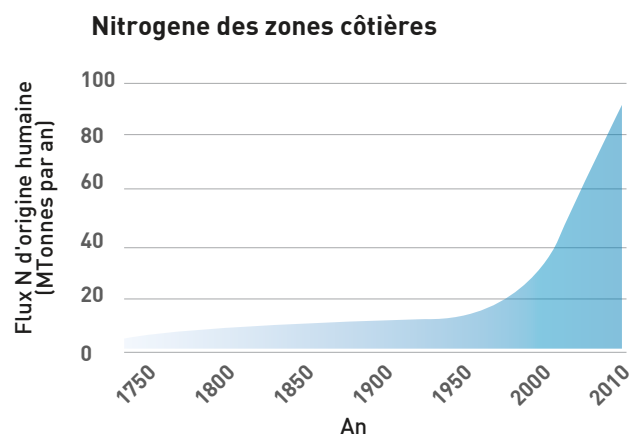
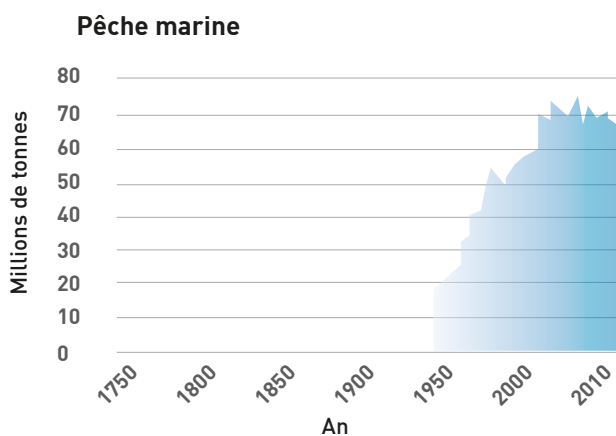
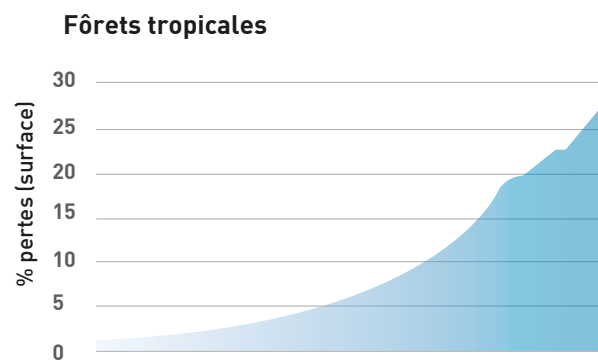
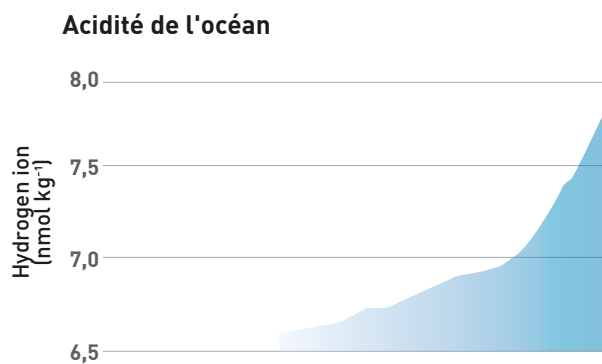
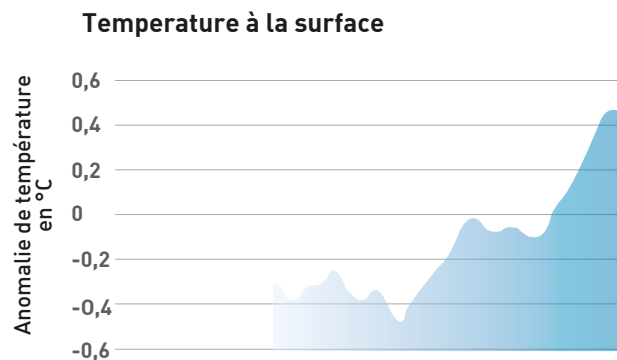
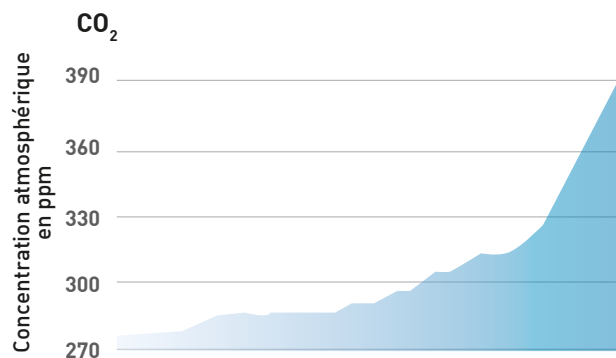
Pour s'assurer que ces changements soient suivis d'effets, **il est indispensable d'accompagner les politiques publiques volontaristes et exemplaires**. Pour les appuyer, la traçabilité des produits et des matières premières – et in fine des comportements de leurs producteurs, distributeurs et/ou consommateurs – constitue un incontournable renfort technique aux mécanismes de gouvernance étatique.

Figure 1: . L'anthropocène est la plus récente des époques géologiques caractérisée par ce que l'on appelle la « Grande Accélération ». Il marque les impacts de l'activité humaine sur l'environnement et ses ressources. Les accélérations socio-économiques trouvent leurs traductions dans l'évolution des systèmes qui régissent les équilibres (biodiversité, climat, ...) de la planète. On remarque facilement les effets de la croissance « explosive » de l'entreprise humaine à partir du milieu du 20^{ème} siècle.

a. Tendances socio-économiques



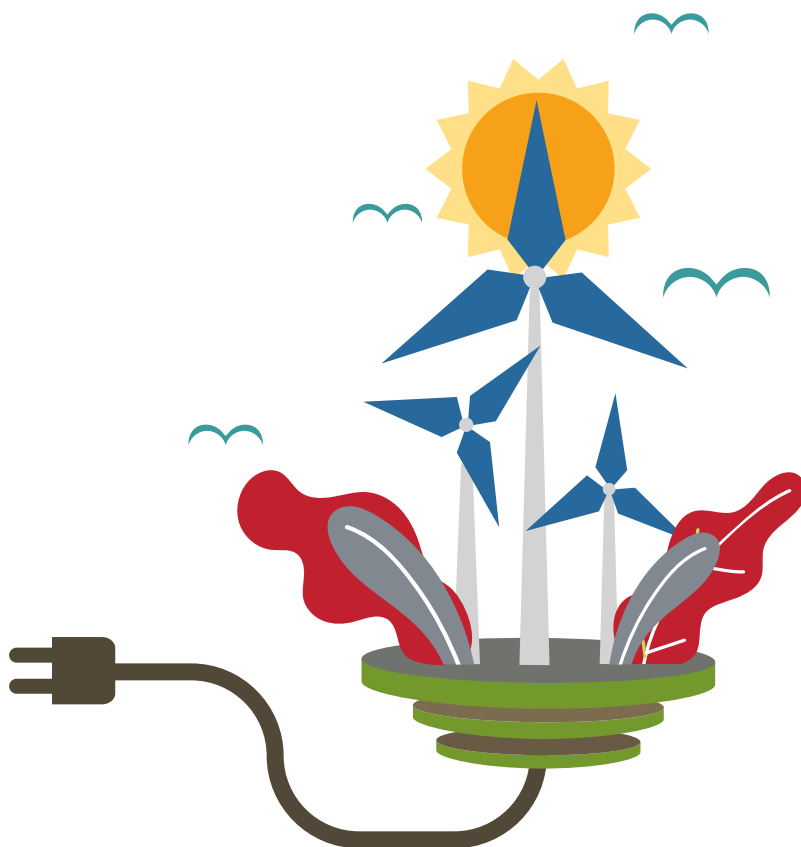
b. Tendances système Terre



Source: D'après W. Steffen et al., Anthropocene Reviews, 2015.

Les choix se montrent difficiles tant les interconnexions sont devenues manifestes. C'est ainsi que l'on définit des « nexus », des interconnexions et des compromis à trouver dans l'utilisation de ces ressources. Le monde végétal est au cœur de l'un de ces nexus par son triple rôle : le stockage de carbone, la production de biomasse et la réduction des gaz à effet de serre. Se pose alors la question de trouver le bon équilibre entre les usages alimentaires et énergétiques (biofuels) de la biomasse avec la préservation de la biodiversité et le stockage de carbone. C'est toute une bio-économie qui doit être conçue, et que les autorités publiques doivent encourager par des mécanismes incitatifs. L'innovation et les technologies doivent soutenir et protéger cette approche dans le contexte d'une économie de confiance retrouvée.

Aujourd'hui, les moteurs sous-jacents de la demande pour les produits de base ont changé et sont soumis à des facteurs qui peuvent être très spécifiques. On peut imaginer par exemple que la demande de minerai de fer pourrait diminuer de plus de 25 % les prochaines décennies en raison de l'affaiblissement de la demande d'acier et de l'augmentation du recyclage, alors que parallèlement la demande de cuivre pourrait faire un bond de 50 % en lien avec la construction de nouvelles infrastructures de transport de l'électricité. De son côté, le charbon et le pétrole doivent faire face à la concurrence des énergies renouvelables, ainsi que du gaz, parce qu'il faut rapidement "décarboner" nos économies. Les schémas d'offre, de demande et de prix vont se transformer profondément durant ces périodes de transition.



2. GÉNÉRER UNE ÉCONOMIE DE CONFIANCE

Les transitions seront réussies si elles se réalisent dans un climat réciproque de confiance entre les acteurs de l'économie, ce qu'il est convenu d'appeler une « **Economie de Confiance** ». Celle-ci implique, entre autres, que les citoyens, les industriels, les gouvernements disposent ou mettent à disposition des informations fiables et vérifiées par exemple sur l'origine des matières premières, les produits finis, les méthodes de production et les impacts environnementaux et de santé qui en résultent. En effet, les rapports entre les parties prenantes du corps social nécessitent une transparence pour solidifier des relations parfois mises à mal par des fraudes et des trafics.

Les Etats mettent en œuvre de nouvelles politiques et normes nationales et internationales et de nombreux accords commerciaux pour suivre et accompagner ce monde en transition en particulier pour ce qui touche à l'alimentaire, à la santé et à l'énergie, les trois piliers de base de toutes les sociétés depuis des millénaires. En contrepoint, il faut être en mesure de contrôler l'efficacité de ces politiques et de ces engagements. C'est un rôle partagé entre l'Etat prescripteur, les entreprises productrices et les consommateurs. Le contrôle repose sur des processus et technologies physiques et digitales, qui permettent le suivi, la traçabilité et la vérification tout au long des chaînes de production des biens de consommation. Elle s'étend aujourd'hui aux impacts environnementaux comme les émissions de CO₂ ou encore la pollution des eaux. Les entreprises ont beaucoup à gagner en promouvant une traçabilité exigeante. Elle permet de lutter contre la concurrence déloyale et contribue à une image positive et responsable des secteurs économiques qui la mettent en œuvre.

De nouveaux produits, de nouvelles méthodes de production, des procédés industriels propres vont arriver sur les marchés, accompagnés de normes et contrôles strictes en particulier en matière d'impacts sur l'environnement. Pour instaurer une confiance durable dans les nouveaux circuits économiques, il faut être en mesure de prouver ce que l'on fait dans le cadre de lois et de réglementations, car il faut combattre en permanence la fraude et le non-respect des obligations. La lutte contre la fraude constitue un élément essentiel de la réussite de ces transitions. Si les technologies de lutte contre la fraude sont déjà très présentes, leur développement futur va aller croissant pour accompagner les futures politiques des pays lors de ces transitions.

Tous les secteurs de l'économie sont touchés par ce changement sociétal, politique et de marché.



Pour les Etats, au centre de la lutte contre la fraude, l'efficacité de la levée des taxes apparait comme un élément central pour deux raisons. D'une part, la taxation constitue un mécanisme incitatif essentiel pour modifier les comportements sociaux. D'autre part, car c'est par les revenus générés par cette taxe qu'ils pourront financer une partie du coût des transitions. Ce double effet, bien connu pour des fiscalistes sous l'appellation des droits d'accises, vise ainsi à réduire les externalités négatives de certains produits ou commodités (la pollution générée par les rejets carbonés par exemple) en réinjectant les taxes collectées dans le financement des industries de remplacement (l'hydrogène par exemple).

Prélever, fabriquer, utiliser, jeter, sans rendre des comptes n'est plus acceptable sur le plan éthique, environnemental, mais également économique et social. Nous illustrons les fondements de la traçabilité et de l'authentification des ressources et des produits manufacturés autour de trois grands « défis » emblématiques de nos transitions : l'alimentaire, l'énergie et la santé.





**AUTHENTIFIER ET TRACER
LES PRODUITS : UN IMPÉRATIF
DANS LE MONDE CONTEMPORAIN**



TRAÇABILITÉ

La traçabilité est la capacité d'identifier et d'authentifier la source d'un produit et de retracer son parcours, depuis la matière première initiale jusqu'au produit manufacturé distribué. Elle est au cœur de plusieurs enjeux environnementaux, économiques et sociétaux majeurs comme l'exploitation minière ou forestière illégale, la qualité sanitaire des produits agricoles, les conditions de travail non éthiques, les minéraux de conflit, la contrefaçon et la fraude, l'accumulation des polluants dans l'environnement.

Rendre les acteurs responsables c'est aussi procurer les outils et les données qui permettent de contrôler les engagements pris par chacun. L'authentification, la traçabilité et le suivi des produits entrent en jeu.

Pour la plupart des secteurs industriels, la traçabilité est un élément constitutif permettant de garantir la qualité et la conformité des produits. Elle permet de détecter les anomalies (composants défectueux ou contrefaits, pollution, contaminants chimiques, ...) et de prendre des mesures préventives et correctives ou des sanctions tout au long de la chaîne de production et de distribution.

La traçabilité c'est aussi être en mesure d'authentifier, de suivre et de comprendre le cheminement et la concentration des molécules et produits dangereux qui impactent la qualité des écosystèmes comme l'atmosphère, les rivières, les océans et les sols. De nombreuses technologies mises en œuvre pour tracer les produits manufacturés sont très proches de celles utilisées pour tracer les pollutions dans l'environnement.

Elles sont multiformes et s'appuient sur des technologies physiques, chimiques, biologiques et digitales.

1. LIER INDISSOCIABLEMENT MONDE RÉEL ET MONDE DIGITAL

Un produit change de main à de nombreuses reprises tout au long de la chaîne d'approvisionnement et de distribution. Ce sont autant de responsabilités éparses qu'il convient d'engager dans le processus de circulation des produits et commodités. Les transactions sont enregistrées au travers de documents, papiers ou digitaux, attestant de la nature de celles-ci. Ils sont souvent pris comme éléments de preuve de la bonne conduite d'un commerce. Le lien entre le produit et les documents n'est pas toujours immuable et garanti, le produit peut être frauduleux ou adultéré et les documents corrects et inversement, le produit peut être de qualité et conforme avec des documents associés à une transaction illicite.

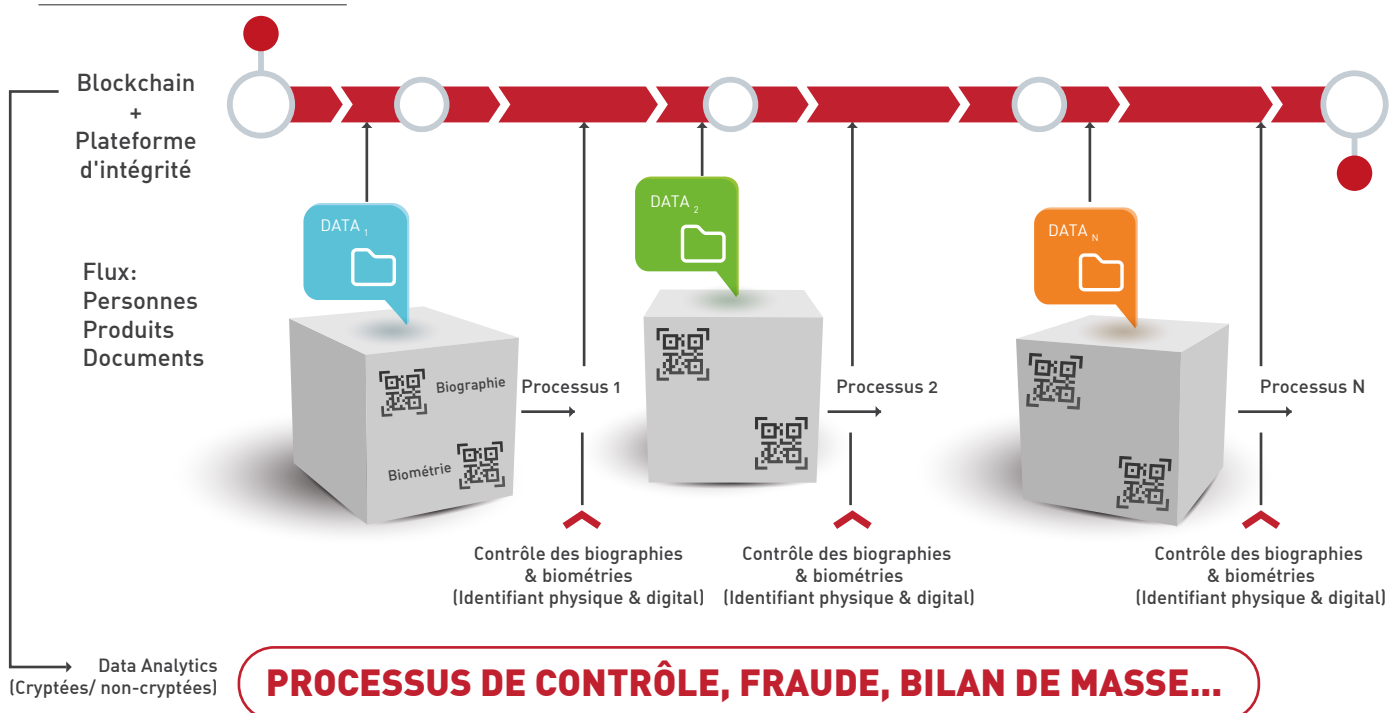
L'identité du produit, au travers de sa traçabilité, doit donc s'appuyer sur les invariants suivants :

-  Une identité unique du produit pour prévenir la falsification et la diversion;
-  Des documents de transaction, papiers ou digitaux, associés de manière intègre et immuable à l'identité du produit;
-  Une analyse des données collectées tout au long de la chaîne de production et de distribution.

La mise en œuvre de la traçabilité (figure ci-dessous) peut commencer dès le début de la chaîne de production par la création et l'enregistrement de la biométrie du produit. Elle revêt plusieurs formes en fonction de la nature de ce dernier (composition chimique, ADN, image...) et s'accompagne de la création d'une base de données de référence. Elle peut se poursuivre par le marquage sécurisé de l'emballage, ou directement du produit par des étiquettes ou QR-code spécifiant par exemple un identifiant unique, la composition, l'origine géographique, le producteur, le procédé de fabrication, l'heure et la date de fabrication... Elle se poursuit par l'initialisation de la traçabilité numérique et la constitution d'une biographie qui s'enrichira au fur et à mesure de la chaîne de distribution. Ces données retraçant le parcours du produit, ses modifications et ses transactions sont liées à la biométrie et sont stockées dans des bases de données pour constituer un jumeau numérique.

Aujourd'hui, des technologies comme la blockchain assurent un enregistrement sécurisé et immuable de ces données. Le contrôle de la biographie du produit et de la biométrie peut être effectué à différentes étapes de la vie du produit. L'analyse des données, la vérification de leur intégrité, de leur fiabilité, par des outils d'intelligence artificielle facilitent la détection des fraudes et des dysfonctionnements.

Figure 2: Processus de contrôle, fraude, bilan de masse...



2. MARQUER LES PRODUITS ET LES MATIÈRES PREMIÈRES POUR ASSURER LEUR TRAÇABILITÉ

L'emballage sécurisé est un élément clé des systèmes de traçabilité et d'authentification des produits de consommation courante. Médicaments, eaux minérales et boissons, produits manufacturés, pièces détachées automobiles et avioniques mais également pièces électroniques et électriques peuvent être identifiés grâce aux informations qui figurent sur les emballages. C'est pourquoi ces derniers sont la cible des fraudeurs, qui en reproduisent l'apparence pour duper les acteurs du commerce légitime. L'emballage protège ainsi les marchandises mais fournit également des informations pertinentes sur le produit. Les contrefacteurs ont recours à un étiquetage falsifié pour commercialiser leurs faux produits, c'est pourquoi il s'avère essentiel de le doter de technologies le rendant infalsifiable. Les récentes améliorations technologiques permettent de combiner les technologies digitales avec celles de l'impression de haute sécurité utilisées pour les documents de valeur, les pièces d'identité et les billets de banque.

Pour assurer le contrôle rigoureux des chaînes de distribution jusqu'au point de vente au détail, SICPA a développé depuis de nombreuses années des étiquettes de sécurité appliquées sur les produits de consommation courante, avec des effets visuels visibles et invisibles innovants et résistants à la copie comme ceux des billets de banques, des codes de traçabilité sécurisés pour protéger les marques et les consommateurs, et des informations sécurisées sur les produits sous forme de codes matriciels ou QR. **Les étiquettes de sécurité permettent d'authentifier les produits pharmaceutiques, les composants électroniques et automobiles, les vêtements, les produits alimentaires et les spiritueux, ainsi que d'autres produits de consommation haut de gamme.**



Source: SICPA

Ces étiquettes de sécurité sont par exemple utilisées pour le suivi et la traçabilité du cannabis thérapeutique ou ludique dans les pays qui ont choisi de le légaliser.

SICPA a également développé depuis plusieurs années SICPATRACE®, un système numérique de gestion des timbres fiscaux (aussi appelés « timbres fiscaux augmentés ») utilisé par les autorités gouvernementales pour le contrôle, à l'échelle nationale, de la production, de l'importation, de l'exportation et de la distribution de produits soumis à des droits d'accises tels que le tabac, les spiritueux, le vin, la bière et d'autres biens de consommation, notamment les boissons gazeuses et l'eau minérale. Cela donne une visibilité totale aux autorités qui cherchent à réduire les pratiques commerciales illicites telles que la sous-déclaration, l'évasion fiscale, la contrebande, la contrefaçon et la distribution de marchandises non autorisées. Non seulement ces données permettent aux autorités de déterminer le statut légal des produits et les éventuelles anomalies détectées, mais elles constituent aussi des preuves pour discriminer les vrais produits des faux, conduire les enquêtes requises et si nécessaire condamner les personnes coupables de trafics.

Si les étiquettes de sécurité restent incontournables en raison de la multiplicité des niveaux de sécurité qu'elles comportent, le marquage directement sur l'emballage, ou à l'intérieur du produit se voit de plus en plus utilisé. En effet, pour faire face à certaines contraintes industrielles, ou pour marquer des commodités en vrac, il est indispensable de façonner de nouveaux outils de marquage.

La gravure au laser sur les fruits, les légumes et les fruits de mer remplace fréquemment les autocollants sur les aliments ou leur emballage. Cela permet de réaliser des économies en termes d'utilisation de plastique, d'énergie et d'émissions de CO₂. **"En utilisant le marquage naturel sur tous les avocats biologiques que nous vendrions en un an, nous économiserions 200 km de plastique de 30 cm de large. C'est peu, mais je pense que cela s'additionne"**, déclare Peter Hagg, directeur de l'unité commerciale de l'ACI. Ainsi, SICPA a récemment développé un système laser de marquage de crevettes.

Des marqueurs peuvent être introduits dans un produit pour fournir un identifiant unique. C'est ce que font par exemple SICPA et Clariant pour les dispositifs médicaux en plastique (seringues par exemple). Un marqueur exclusif est mélangé aux matières plastiques. Une fois que le produit marqué entre dans le circuit de distribution, le système de contrôle est capable de l'identifier à tout moment, de l'usine à la pharmacie.

Le marquage des objets avec de l'ADN arrive également sur le marché. Après l'internet des objets, c'est l'ADN des objets qui est né ! Des séquences d'ADN encapsulées dans des microbilles de silice cryptant l'identité d'un objet sont mélangées à des fils de plastique utilisés pour l'impression de pièces en 3D. En prélevant une partie de l'objet, l'ADN est extrait et un test PCR permet de vérifier l'identité de l'objet fabriqué.

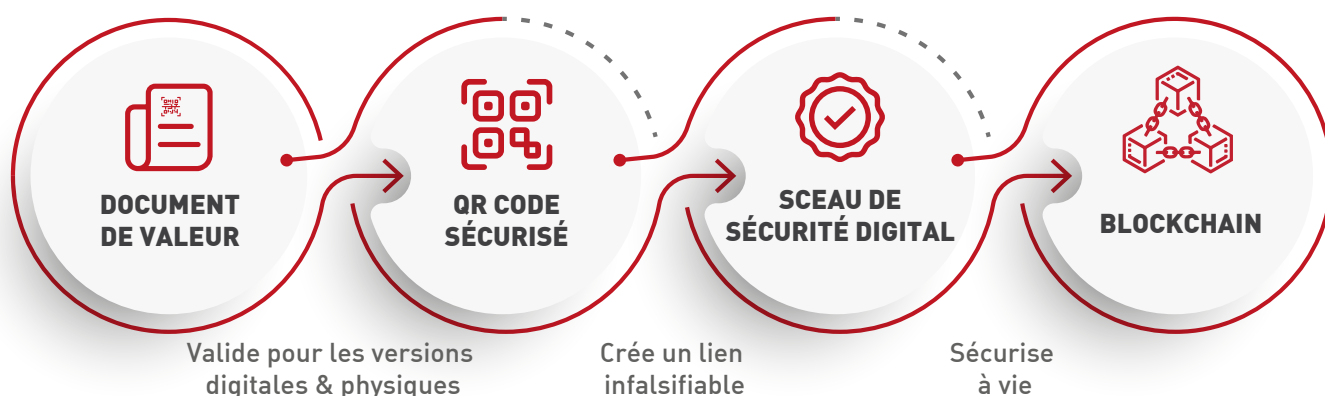
Les technologies de traçabilité continuent de se diversifier pour protéger les populations contre les risques des faux produits alimentaires. Ces tendances croissantes permettent également d'identifier les falsifications d'informations relatives à ces produits.

3. LUTTER CONTRE LA FALSIFICATION DE L'INFORMATION

Les fraudeurs parviennent à modifier ou supprimer les informations relatives aux marchandises dans les systèmes comptables, pour élaborer des fausses factures des marchandises importées/exportées, pour modifier des documents électroniques ou papier ou pour créer des fichiers frauduleux. Le Global Financial Integrity¹ a signalé un écart de 8 800 milliards de dollars dans la valeur déclarée du commerce international des pays en développement sur une période de 10 ans. Le blanchiment d'argent, l'évasion fiscale et la corruption expliquent notamment cet écart.

Ces dernières années, les grands livres numériques enregistrés sur les blockchains ont augmenté la visibilité et la transparence des transactions effectuées tout au long d'une chaîne d'approvisionnement et entre les différents acteurs. Ils peuvent tous vérifier l'historique, le transfert des actifs et identifier les activités frauduleuses.

SICPA a développé de telles technologies qui associent QR-Codes sécurisés, intégrité des processus et horodatage sur une blockchain. CERTUS® protège les intérêts et la légitimité des émetteurs et assure les détenteurs et les vérificateurs de l'authenticité de l'origine et du statut des certificats et de l'autorité émettrice.



¹<https://gfintegrity.org>



**TRANSITION ALIMENTAIRE :
ASSURER LES BESOINS
ALIMENTAIRES DURABLEMENT**

1. URGENCE DE L'ACTION

REPERES



D'ici à 2050, la production alimentaire devra augmenter de 60 % pour nourrir une population mondiale de 9,3 milliards d'individus.



L'alimentation et l'agriculture (agroalimentaire) représentent une industrie de 8 000 milliards de dollars dans le monde.



L'agriculture contribue à elle seule à environ un tiers de toutes les émissions de carbone, sans compter la contribution des processus de la chaîne d'approvisionnement et du transport avant que le produit n'atteigne le consommateur.



On estime que la fraude prive chaque année l'industrie alimentaire mondiale de 30 à 40 milliards de dollars.



La fraude dans l'agroalimentaire dans l'UE a augmenté de 85 % entre 2016 et 2019.



Jusqu'à 80 % de la main-d'œuvre des pays à faible revenu travaille dans l'agroalimentaire. Dans les pays à revenu élevé, cette proportion est encore d'environ 10 %.



L'agriculture est particulièrement importante en Afrique, où sa part d'emploi est proche de 50 %. Elle est une source majeure d'emploi pour les femmes.



Un tiers de la nourriture produite dans le monde est perdue ou gaspillée.



La numérisation de l'agriculture offre également d'importantes possibilités d'accroître la productivité du travail, de diminuer les pertes et le gaspillage de nourriture et d'augmenter les revenus de nombreuses personnes dans le monde en développement.

Des systèmes alimentaires sains, durables et inclusifs sont essentiels à la réalisation des objectifs mondiaux de développement et de durabilité prescrits par l'Organisation des Nations-Unies. **Le développement de l'agriculture responsable et de chaînes de nourriture sûres sont les leviers les plus puissants sur lesquels agir pour mettre fin à la pauvreté et assurer une croissance durable. Mais pourtant ...**

Viande, poisson, huile d'olive, café, épices, plats cuisinés, sont souvent falsifiés ...mettant sous pression l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire à commencer par le consommateur. A cela s'ajoute l'impact environnemental critique de la production et de la distribution de la nourriture à l'échelle mondiale.

Les activités frauduleuses se caractérisent par leur nature intentionnelle et leur objectif final de réaliser un gain économique. Elles enfreignent les règles, les exigences et les législations de la chaîne agroalimentaire, et se font au détriment du client immédiat ou final, qu'il s'agisse d'une autre entreprise de la chaîne d'approvisionnement ou d'un consommateur. La fraude alimentaire constitue aussi un risque pour la santé humaine, animale ou végétale, le bien-être des animaux et l'environnement, et ignore les principes moraux et éthiques. Les Etats et les entreprises qui respectent la loi et les normes sont donc désavantagées par rapport à des rivaux sans scrupules. Les producteurs dignes de confiance et les Etats qui respectent les accords commerciaux internationaux subissent également des déficits irrécupérables de réputation lorsque les consommateurs perdent leur confiance dans le marché en raison de la contrefaçon, de la fraude ou d'autres atteintes à leurs activités.

Dans cette période de transition, les règles et les usages évoluent rapidement en raison de l'urgence environnementale, de la santé globale (incarnée par l'initiative ONE HEALTH de l'Organisation Mondiale de la Santé qui lie indissociablement la santé des humains à celles des animaux et des écosystèmes) mais aussi des équilibres politiques. Utilisation minimalisée de pesticides et fertilisateurs, contrôle des OGM, gestion raisonnée de l'utilisation des sols, conservation de la biodiversité, représentent autant de paramètres à prendre en compte. La convention de l'ONU de lutte contre la désertification constate que 40 % des terres sont dégradées. Les pertes en production alimentaire affectent ainsi 40 % de la population mondiale. En cause, le changement d'usage des sols : on déforeste pour cultiver, mais rien n'est fait pour éviter l'appauvrissement de terres surexploitées.

Ainsi, 8 % seulement de la surface de la Côte d'Ivoire est aujourd'hui forestière, contre 50 à 60 % dans les années 1960. Cette déforestation constitue aussi un pillage de ressources en bois dont l'Etat ne collecte pas les revenus, qui in fine ne permettent pas le développement de politiques publiques.

La prise de conscience de la gravité de ces problèmes impose une réappropriation par les Etats de leurs prérogatives souveraines de protection de leurs richesses naturelles et de leurs peuples.

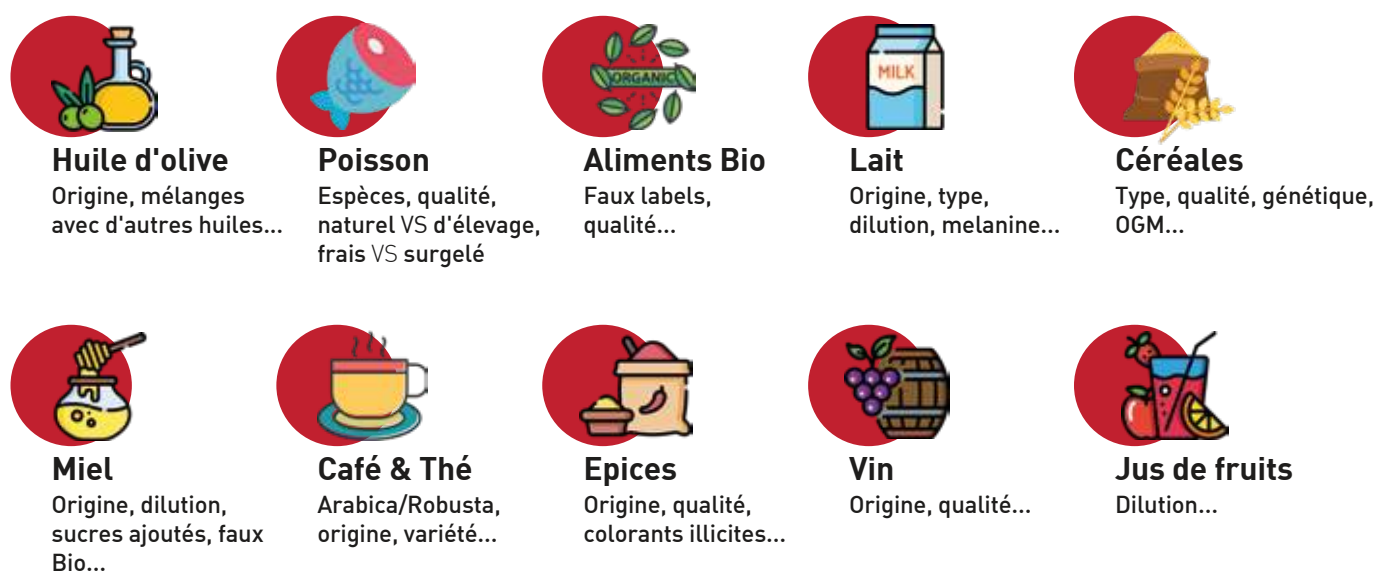
Les pratiques de production sont également directement liées aux débouchés que trouvent les produits sur les marchés au détail. Ainsi, par ses effets induits et dans une démarche « bottom-up », les outils de traçabilité permettent de contribuer à la protection environnementale et aux objectifs de développement durable.

La traçabilité et l'authentification font partie intégrante de la sécurité alimentaire. Un système d'authentification et de traçabilité fiable constitue un instrument essentiel pour la protection des consommateurs, en réduisant le risque que des personnes consomment des aliments frelatés ou contaminés en augmentant le contrôle des fournisseurs et la sécurité des processus de fabrication et de distribution. Il s'agit également d'un outil pour vérifier la conformité aux cadres juridiques et aux accords internationaux d'import/export, de protection des richesses nationales et celles des sols et de la biodiversité.

Les technologies de suivi et/ou de traçabilité assurent la sécurité, l'authenticité et la qualité des produits alimentaires pour l'industrie alimentaire, les consommateurs et les États qui sont en charge de la santé publique et de la lutte contre la fraude et les malversations financières liées qui enrichissent des organisations criminelles.

Une protection fiable repose sur l'enregistrement de l'origine des matières premières et de leur qualité, la vérification des processus de fabrication de la nourriture, du stockage et de la phase de commercialisation. La figure ci-contre montre les produits agro-alimentaires les plus susceptibles de fraude.

Figure 3: Aliments les plus susceptibles à la contrefaçon



Source: Antia González-Pereira, Foods, 2021.

Sur le continent africain, la question de la détection et du suivi de la chaîne agro-alimentaire débute et doit se renforcer pour accompagner et améliorer les efforts de prévention et de lutte contre la fraude. Une meilleure collecte de données et des investissements importants dans les infrastructures d'essai et le savoir-faire technique s'avèrent nécessaires pour développer les bonnes méthodologies pour lutter contre la fraude aux niveaux national et intercontinental². La lutte contre les trafics passe aussi par une meilleure information aux consommateurs, par des cadres réglementaires plus contraignants et probablement par une attention particulière aux économies parallèles plus difficiles à contrôler.

Toutes les régions d'Afrique sont concernées par la fraude aux produits agro-alimentaires. On peut mentionner l'ajout de composés inconnus et non déclarés pour améliorer la qualité des aliments, la contrefaçon, la dilution, la substitution et le mauvais étiquetage. Le tableau ci-dessous décrit quelques faits récemment documentés de telles pratiques frauduleuses.

² Onyeaka et al., Trends in Food Science & Technology 125 (2022) 26–32

Figure 4: Quelques exemples de fraudes alimentaires répertoriées en Afrique

Food Product	Fraud category	Adulterant	Food source	Country	Reference
Palm oil	Unapproved enhancement	Addition of Sudan IV dyes to enhance the colour.	Food and drugs Authority	Ghana	Andoh et al, (2019)
Fish	Unapproved enhancement	Use of insecticides to catch fish.	Open markets, Supermarkets	Cameroon	Deudjui et al. (2020)
Fish, Meat, Milk	Unapproved enhancement	Use of embalming agents e.g. formaldehyde to extend shelf life	Abattoirs, Open markets, Supermarkets, Dairy farms	Cameroon, Uganda, Ethiopia, Nigeria	Deudjui et al. (2020); Ahmadu (2021) Ssali (2018)
Bananas, Plantains	Unapproved enhancement	Use of plant hormones above approved recommended doses for fruit ripening	Open air markets	Cameroon	Deudjui et al. (2020)
Milk, injera (Flatbread)	Unapproved enhancement	Use of preservatives above approved recommended concentrations to extend shelf life	Producers	Ethiopia	Deudjui et al. (2020)
Fufu	Unapproved enhancement	Use of chlorine bleach for whitening fufu, a cassava based fermented product	Producers	Nigeria	Igomu, (2020)
Salt	Dilution	Presence of stones	Shops, Supermarkets	Uganda	Natukunda (n.d)
Baking ingredients	Mislabelling	Extending expiry dates	Warehouse	South Africa	ENCA (2017)
Honey	Dilution	Adulteration with fructose, rice, or beet syrup	Wholesalers	South Africa	Knowler (2021)
	Mislabelling	Importing cheap "bulk", honey and passing this off as local, more expensive honey	Wholesalers	South Africa	Knowler (2021)
Milk	Counterfeit	Repackaging milk powder in fake branded packaging	Retailer	Nigeria	Onyenuyecha (2017)
Baked goods	Unapproved enhancement	Addition of banned ingredients potassium bromide and saccharine	Bakeries	Nigeria	The Vanguard (2017)
Meat	Concealment, Mislabelling	Red and white meat without proper labels to confirm origin	supermarkets	Algeria	Oussama (2018)
Rice	Dilution, substitution Unapproved enhancement	"Plastic rice" scandal. Sweet potatoes and synthetic resin mixed to form rice grains	Wholesalers, Retailers	Nigeria	The sun (2016)
Sugar	Counterfeit	Repackaging sugar originally labelled as "not for sale"	Retail outlet	Kenya	Taylor (2019b)
Alcohol	Substitution, Dilution	Outbreaks of methanol poisoning after consuming adulterated drinks	Retailers	Libya, Kenya	Rostup et al, (2016)

Source : Onyeka et al. 2022.

Différentes technologies analytiques sont aujourd'hui utilisées pour authentifier et tracer les aliments, notamment la génomique (ADN, ARN, ...), les rapports d'isotopes stables, les éléments traces, les emballages intelligents, l'imagerie satellitaire. Les jumeaux numériques des produits ainsi que des outils de blockchain et de processus d'intégrité numérique sont actuellement utilisés et sont appelés à se développer massivement.



2. FRAUDE À L'HUILE D'OLIVE – UN BESOIN EVIDENT DE TRAÇABILITÉ

a. Un produit à haute valeur ajoutée

L'olivier est l'un des premiers arbres fruitiers cultivés par l'homme pour son fruit comestible et pour la production de son huile. L'huile d'olive est l'un des principaux ingrédients du régime méditerranéen loin devant les autres huiles végétales ou animales. Ceci s'explique par sa haute valeur nutritionnelle, ses propriétés sensorielles appréciées depuis des millénaires et sa capacité à prévenir certaines maladies. Ces qualités sont liées aux conditions environnementales (température, ensoleillement, précipitations) de culture mais aussi aux méthodes agricoles (irrigation, fertilisation, récolte, stockage) qui maximisent sa valeur commerciale.

b. Un marché en croissance

Le marché de l'huile d'olive a connu ces dernières décennies une croissance exceptionnelle. Aujourd'hui, 10 millions d'hectares de terres sont consacrés à l'oléiculture dans le monde. La production d'huile d'olive par les pays membres du Conseil Oléicole International, dont le Maroc est membre, a triplé au cours des 60 dernières années. La production est de près de 3 millions de tonnes pour la période 2019/2020, avec environ 2 millions de tonnes produites en Europe et environ 1 million de tonnes dans les pays non-européens, dont le Maroc.

Le Maroc est en train de devenir l'un des plus grands producteurs d'huile d'olive en dehors de l'Union européenne, rejoignant ainsi des pays comme la Turquie et la Tunisie. Une production record de 200 000 tonnes d'huile d'olive est attendue pour 2021/22, résultat qui dépasse largement les 160 000 tonnes de 2020/21 et les 145 000 tonnes de 2019/2020. 1,2 million d'hectares de terre agricole sont des oliveraies.

Cette croissance est soutenue par le vaste programme de développement et de soutien aux activités agricole « Maroc Vert » promulgué par le gouvernement marocain.

c. Les mafias s'en mêlent...

L'augmentation de la demande mondiale et l'exportation a entraîné une hausse des prix et la valeur économique élevée de l'huile d'olive ont conduit à une fraude généralisée. **La rançon du succès est que l'huile d'olive est l'un des aliments les plus frelatés et contrefait au monde.**

Les fraudes sont multiples avec entre-autres :



Depuis une dizaine d'années, le crime organisé et les mafias se sont saisis du marché de l'agroalimentaire aussi profitable pour elles que celui des stupéfiants. L'huile d'olive est devenue le cas d'école de lutte contre la fraude organisée. En Europe, on estime à 1,5 milliards d'euros les pertes de gain sur un marché de 3 milliards d'euros. En Italie, ce seraient 50 % des huiles d'olive dans les rayons des supermarchés qui présenteraient des contrefaçons non réglementées. Au-delà de l'Italie, ce chiffre grimpe, et certains estiment que plus de 60% des huiles d'olive européennes exportées ne sont pas ce qu'elles prétendent être.

Au-delà des pertes financières, la fraude a des impacts de santé publique. En 1981, en Espagne, un événement impliquant de l'huile de contrefaçon³ a touché plus de 20 000 personnes entraînant des centaines de décès dus à un syndrome toxique. Mais il faut reconnaître qu'il ne s'agit que de la partie émergée de l'iceberg, tant la demande pour des technologies de lutte contre les fraudes croît.

d. La lutte contre la fraude s'organise

La vérification de la provenance, de la fraîcheur, de la pureté et de la qualité sanitaire de l'huile d'olive est complexe, car le produit passe d'une oliveraie à des détaillants internationaux.

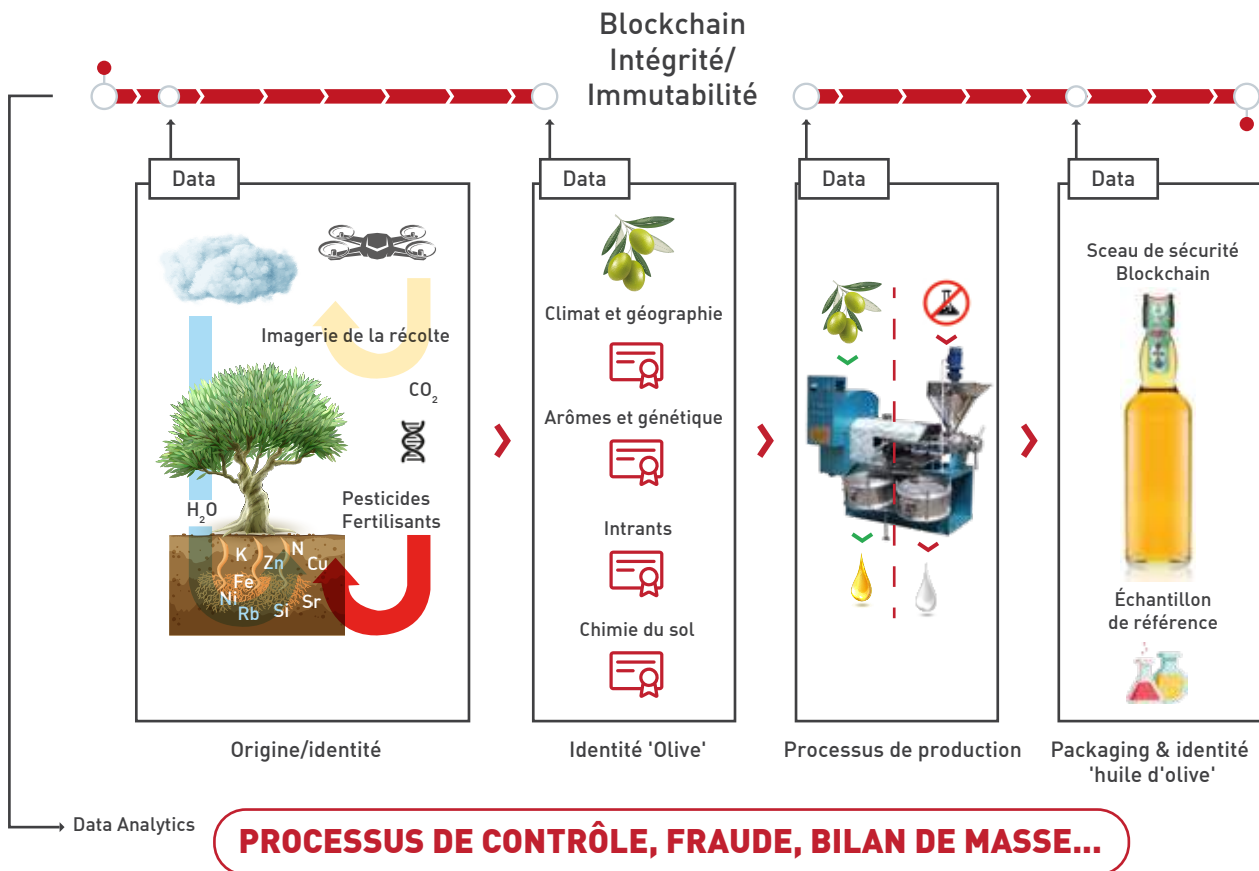
La lutte contre la fraude s'appuie sur diverses technologies qui s'appliquent à différents niveaux de la chaîne de distribution (figure ci-dessous).

Il est essentiel d'allier les données relatives aux cultures (variété d'olives, climats et typologie des sols, compositions des eaux et intrants...) à celles relatives au mode de production et les réunir en sortie de production dans un registre infalsifiable. Le produit final, embouteillé et protégé par des dispositifs de traçabilité et d'authentification, peut être audité à la fois grâce à son marquage et à la composition chimique de l'huile d'olive contenue dans la bouteille. En effet, cette composition intègre toute l'histoire de fabrication de celle-ci depuis la croissance de l'olive sur l'arbre dans l'oliveraie, au pressage dans l'usine et à la mise en bouteille. L'olive a une identité génétique par son ADN et acquière une identité chimique lors de sa croissance dont on retrouvera les traces dans l'huile.



³<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240833/>

Figure 5: Etude de cas: l'huile d'olive



Comme tous les fruits, l'olive est issue de la photosynthèse. Les molécules organiques qui la constituent, en particulier celles qui donnent le goût et l'odeur, sont élaborées à partir de l'hydrogène de l'eau (H_2O) et de l'azote (N) du sol ainsi que du carbone (C) et de l'oxygène (O) du gaz carbonique (CO_2) de l'atmosphère. On trouve aussi dans l'olive des éléments chimiques en trace caractéristiques du sol comme le silicium (Si), le fer (Fe), le zinc (Zn), le potassium (K) et d'autres. On y trouve aussi des traces des intrants liés à la pratique agricole (pesticides, fertilisateurs). La composition, dite isotopique, de l'hydrogène, du carbone et de l'oxygène est un marqueur fiable des conditions climatiques et permet donc de vérifier l'origine géographique présumée de l'huile. Il en est de même pour les éléments en trace qui sont différentes d'un sol à un autre. L'olive d'un lieu donné a donc une identité riche que l'on peut certifier au moment de la récolte. Cette biométrie initiale est essentielle. Elle sera légèrement modifiée par le pressage à froid mais le sera fortement par la température, le mélange avec d'autres huiles ou l'ajout d'additifs ce qui est décelable par l'analyse organique de l'huile. Les laboratoires de contrôle utilisent toutes une panoplie d'analyses pour mettre en évidence les contrefaçons d'huile d'origine certifiée (tableau ci-dessous).

Les technologies digitales, les étiquettes intelligentes infalsifiables, les timbres de scellements de bouteilles – qui assurent la destruction de l'étiquette et empêchent sa réutilisation –, et plus encore la combinaison de ces protecteurs d'identité sont devenus incontournables pour assurer la traçabilité et l'authenticité de l'huile d'olive. C'est une demande croissante des consommateurs, et c'est une demande naissante également des producteurs dont l'objectif n'est pas uniquement quantitatif, mais qualitatif, grâce à des méthodes de production de haute qualité qui permettent la montée en gamme de leurs produits.

Le parcours et le contrôle d'une huile d'olive de qualité qui sont définis par le Conseil Oléicole International utilisent aujourd'hui la technologie blockchain pour protéger les étapes de production et les différents intervenants de la chaîne de distribution. Elle permet de créer un registre de données précises infalsifiables et vérifiables concernant les oliveraies, les sols, la composition de l'huile, les moulins de pressage, les installations de filtrage, la mise en bouteille, les différents distributeurs. Les données sécurisées sont inscrites dans un QR-code infalsifiable sur l'étiquette ou le scellement du bouchon avec un numéro unique par bouteille. Ces données certifiées permettent aussi de comparer les quantités d'huile produites et celles retrouvées sur le marché pour vérifier l'origine et identifier les fraudes.



3. DES MOYENS OFFERTS PAR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LE CONTRÔLE DES RESSOURCES HALIEUTIQUES

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le marché noir de la pêche génère des pertes annuelles pouvant atteindre 23 milliards de dollars.

26 millions de tonnes de ressources halieutiques sont illégalement pêchées chaque année. Plus de 30% des espèces marines sont en situation de surexploitation dans des océans où la biodiversité et le Food Web sont mis à mal par le changement climatique rapide et l'augmentation de la température des eaux.

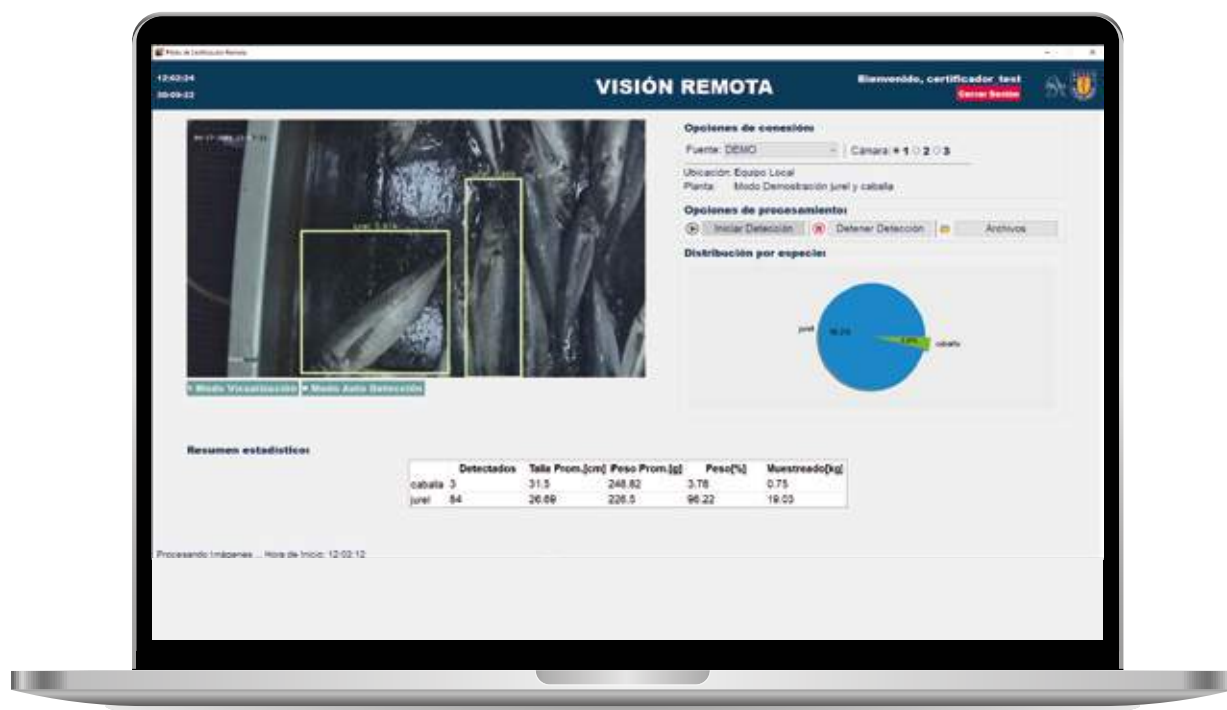
Les systèmes de contrôle se mettent en place, depuis l'imagerie satellitaire des zones de pêches, jusqu'à l'identification par l'ADN des poissons en passant par le comptage intelligent des quantités ramenées par les bateaux à terre. Aujourd'hui, l'Intelligence Artificielle fait son entrée dans la palette technologique de lutte contre la fraude.

SICPA Chili en collaboration avec l'Université de Concepción et le soutien de SERNAPESCA (Servicio Nacional de Pesca) un organisme public dépendant du Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, ont développé une nouvelle solution qui aide les gouvernements à protéger leurs ressources naturelles de la surexploitation ou de la pêche illégale, dont la mission est de contrôler le respect de la réglementation en matière de pêche, d'aquaculture, de santé et d'environnement, ainsi que des accords internationaux qui régissent ces activités, afin de préserver les ressources aquatiques et de contribuer au développement durable de ce secteur économique.

Cette solution permet aux autorités de contrôler et de surveiller les débarquements de pêche à distance, pour lutter contre la sous-déclaration des volumes, et pour disposer d'un registre plus précis des espèces exploitées. Ces informations permettront aux autorités de pêche de prendre des décisions efficaces afin de préserver la biomasse marine et de protéger l'économie du marché noir.

La solution intègre un dispositif de capture d'images qui transmet les données depuis les tapis roulants des points de déchargement autorisés. Ces images sont analysées par un logiciel d'intelligence artificielle ayant la capacité de discriminer, en temps réel, les espèces qui sont déchargées, de mesurer leurs dimensions et d'estimer leur masse.

Le système de reconnaissance des espèces est souple et peut fonctionner dans différents types de pêcheries et de scénarios.



Le premier essai pilote de cette technologie a été réalisé au Chili en 2021, où la pêche illégale génère des pertes de près de 300 millions de dollars chaque année. Le dispositif a été installé dans une usine de transformation de poisson en farine (anchois et sardines entre autres).

Après 6 mois de fonctionnement, la solution a été capable d'identifier 2000 poisson par minute, soit plus de 0,4 tonne en 20 minutes de déchargement, en discriminant 4 espèces de poissons avec une précision entre 93% et 97% sur un tapis roulant défilant à 3-4 m/s. Le système fournit également une estimation précise du poids de chaque individu en fonction de la taille calculée. En outre, des preuves visuelles du téléchargement sont enregistrées et des rapports automatiques sont générés.



**TRANSITION EN SANTE PUBLIQUE :
POUR UNE PROTECTION GLOBALE
DES POPULATIONS**

1. LA SANTÉ EN ALERTE

L'émergence, la propagation à l'échelle mondiale de nouvelles maladies infectieuses, de la résistance à certains médicaments comme les antibiotiques, ou encore l'impact de traces de médicaments dans l'eau sur la biodiversité et la santé humaine nécessitent une approche coordonnée et multidisciplinaire de type « One Health » (figure ci-dessous).

En effet, il n'est plus possible d'ignorer les liens directs entre l'environnement et la santé humaine. Plus qu'une réaction a posteriori, désorganisée, aux effets imprévisibles, les gouvernants doivent pro-activement se prémunir contre les conséquences parfois désastreuses des pandémies et la présence de médicaments dans l'environnement. Les politiques publiques devront mettre en œuvre les actions nécessaires pour minimiser les risques afférents pour la santé humaine, animale et environnementale. Cela passera par le développement et l'accès à des médicaments de qualité non contrefaits, accompagné par la mise en place de systèmes de surveillance efficaces, de méthodes de traçabilité peu coûteuses donnant accès aux données essentielles pour adopter de façon anticipée et organisée les décisions qui conviennent.

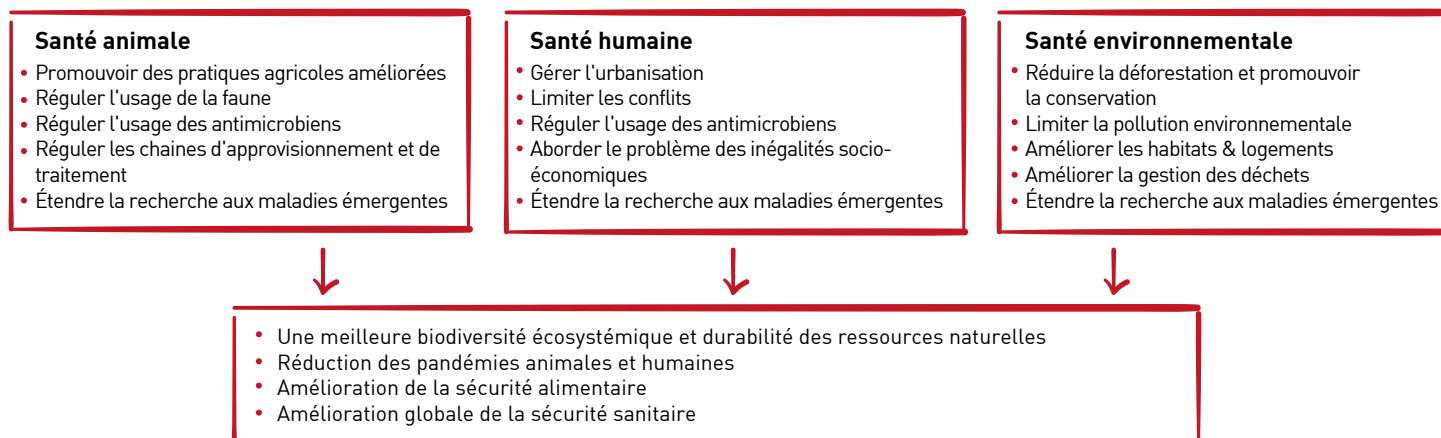
Figure 6: Schéma proposé pour guider l'implémentation des stratégies 'One Health' en Afrique

APPROCHES 'ONE HEALTH' EN AFRIQUE



Intégrer les liens 'One Health' aux cadres législatifs en vue de renforcer la gouvernance socio-écologique

Promouvoir la surveillance interdisciplinaire



Vérifier l'état de santé globale de la planète passera par des approches similaires à celles mises en œuvre pour vérifier la qualité des produits. Authenticité des données et intégrités des process permettront de mettre en œuvre un vrai monitoring de l'efficacité des actions issues des politiques publiques des Etats.

Sur cette réalité se greffe un monde nouveau, celui de la santé digitale, fondé sur des données massives utilisées pour construire une santé globale qui renforce l'individu et la collectivité face aux maladies, qui soigne les gens et les animaux et qui préserve l'environnement.

2. UN MARCHÉ SOLIDE SOUS PRESSION

REPERES



Le marché mondial de la santé est estimé entre 6500 et 7000 milliards de dollars (8,5 à 9,3% du PIB mondial).



En 2020, le marché mondial des médicaments a atteint 1 203 milliards de dollars de chiffre d'affaires. (+ 8% par rapport à 2019).



Le marché de la santé numérique atteindra 230 milliards de dollars dans le monde d'ici 2023.



Jusqu'à deux milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès aux médicaments, vaccins, dispositifs médicaux, y compris les diagnostics in vitro, et autres produits de santé nécessaires. L'Afrique est la plus concernée.



L'industrie mondiale des faux médicaments est estimée à 200 milliards de dollars.



L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a indiqué que 42 % de tous les faux médicaments qui lui ont été signalés entre 2013 et 2017 provenaient d'Afrique.



L'OMS estime que plus de 200 000 enfants à travers le continent africain meurent chaque année de la prise de médicaments falsifiés ou de qualité inférieure (antibiotiques, antipaludéens, vaccins).



Les zoonoses sont des tueurs silencieux dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, infectant plusieurs milliards de personnes chaque année et en tuant des millions, tout en ayant des conséquences économiques dévastatrices. Environ 60% de toutes les maladies infectieuses humaines et environ 75% des maladies infectieuses humaines émergentes sont des zoonoses.



Le nombre d'épidémies zoonotiques en Afrique a augmenté de 63 % au cours de la décennie 2012-2022 par rapport à 2001-2011.



Le réchauffement climatique favorise l'augmentation des maladies à transmission vectorielle (virus, bactéries), notamment dans les pays peu développés. Les pays du Nord pourraient être impactés dans les prochaines décennies.



La plupart des rivières du monde contiennent des principes actifs de médicaments en particulier des antibiotiques.

Des biotechs aux entreprises pharmaceutiques en passant par les medtechs, la santé offre un large ensemble d'activités économiques et reste une thématique porteuse, soutenue par des fondamentaux solides mais le marché de la santé est fortement inégal et souffre de fraudes nombreuses et protéiformes.

La crise du COVID-19 a révélé pour la première fois et de manière implacable nos fragilités vis-à-vis des faux médicaments et dispositifs médicaux (faux vaccins, faux tests, faux antiviraux, faux respirateurs, chloroquine frelatée, masques non conformes...), de chaînes d'approvisionnement fiables, des souverainetés et dépendances aux autres, de la collecte de données de santé publique, de l'accès aux soins, du rôle de l'environnement et de la transmission des maladies de l'animal à l'homme. Plus récemment, la variole du singe nous montre à quel point ce sujet devient sérieux.

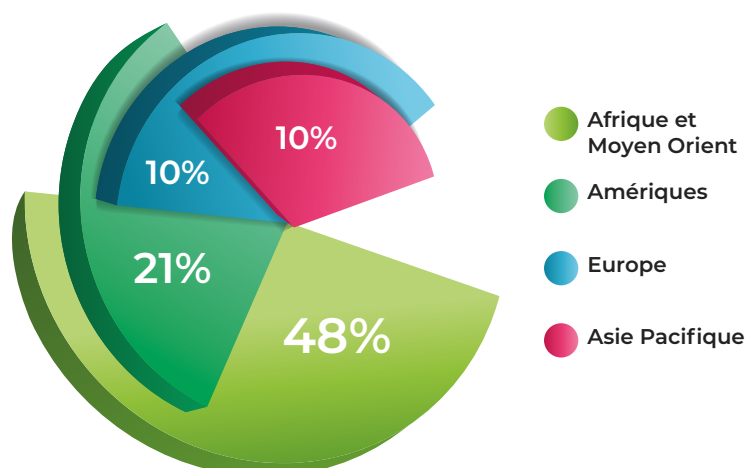
La confiance dans les systèmes de santé est aujourd'hui challengée. Les producteurs légitimes perdent des ventes au profit des contrefacteurs, les gouvernements perdent des taxes et sont confrontés à des problèmes de confiance et d'efficacité à long terme de la gestion des soins.

Ces contrefaçons causent non seulement des dommages économiques mais elles sont dangereuses pour les gens. Le continent africain est fortement touché. Au Ghana, des comprimés antipaludéens distribués dans un dispensaire rural et achetés chez un grossiste, pourtant agréé, contenaient moins de 2 % des principes actifs attendus.

En 2019, au cours d'une campagne de vaccination nationale, suite à une épidémie de méningite, les autorités sanitaires du Niger ont tiré la sonnette d'alarme au sujet de faux vaccins, en vente dans une pharmacie locale. Des flacons contenant de l'eau avaient déjà été découverts lors de campagnes de vaccination contre cette même méningite en 2015 et 2017 au cours desquelles des centaines de personnes ont perdu la vie.

Figure 7: Saisies de faux médicaments (2013-2017)

% Reporté



Source : WHO data

En Afrique, plus de 30% des médicaments vendus sont des produits de qualité inférieure ou falsifiés. Les antibiotiques et les antipaludéens arrivent en tête de ce triste classement, et l'Afrique subsaharienne est particulièrement affectée.

L'Afrique ne produit pas encore beaucoup de médicaments est reste donc la cible des exportateurs de médicaments contrefaits comme l'Inde à l'origine de 53 % de la valeur totale saisie de produits pharmaceutiques et médicaments contrefaits dans le monde en 2016, suivie par la Chine (30%).

Les médicaments falsifiés peuvent :



Contenir des composés de mauvaise qualité ou mal dosés;
Être délibérément et frauduleusement mal étiquetés (identité et provenance).

Ce problème s'aggrave à mesure que les chaînes d'approvisionnement mondiales deviennent plus complexes. Les produits fabriqués dans un pays peuvent être emballés dans un deuxième pays et distribués pour être commercialisés ou vendus aux consommateurs d'un troisième pays. La croissance du commerce électronique contribue également à cette tendance en facilitant l'achat de médicaments en ligne, auprès de fournisseurs non autorisés⁴.

Les initiatives se multiplient pour contrôler la qualité et l'origine des médicaments. Elles s'appuient sur de nouvelles technologies de traçabilité qui vont jusqu'à analyser en quelques secondes une pilule individuelle. Le défi est de faire en sorte que demain chaque patient puisse vérifier la qualité d'un médicament de chez lui. Beaucoup des technologies sont proches de celles utilisées pour l'alimentaire ou d'autres chaînes d'approvisionnement⁵.

L'avènement de l'intelligence artificielle et des jumeaux numériques ouvrent la porte à la construction de modèles pour la médecine, pour prévenir les maladies, augmenter l'efficacité des systèmes de santé et anticiper les pandémies. Ces jumeaux sont des représentations digitales qui incorporent des données de santé individuelles et collectives et qui sont d'une grande utilité pour nous aider à comprendre notre physiologie individuelle, les maladies et leurs interconnexions avec l'environnement, à optimiser les plans de soins, découvrir de nouveaux médicaments, à designer de nouveaux dispositifs médicaux.

Comme l'on parle de données nous concernant se pose alors la question de la protection des données et de la sphère privée. Là aussi la technologie a son mot à dire. Cryptographie, cybersécurité, échange de données sécurisées, blockchain, process integrity...sont aux rendez-vous pour construire la confiance nécessaire autour de ce qui nous appartient avant toute chose... nos données !

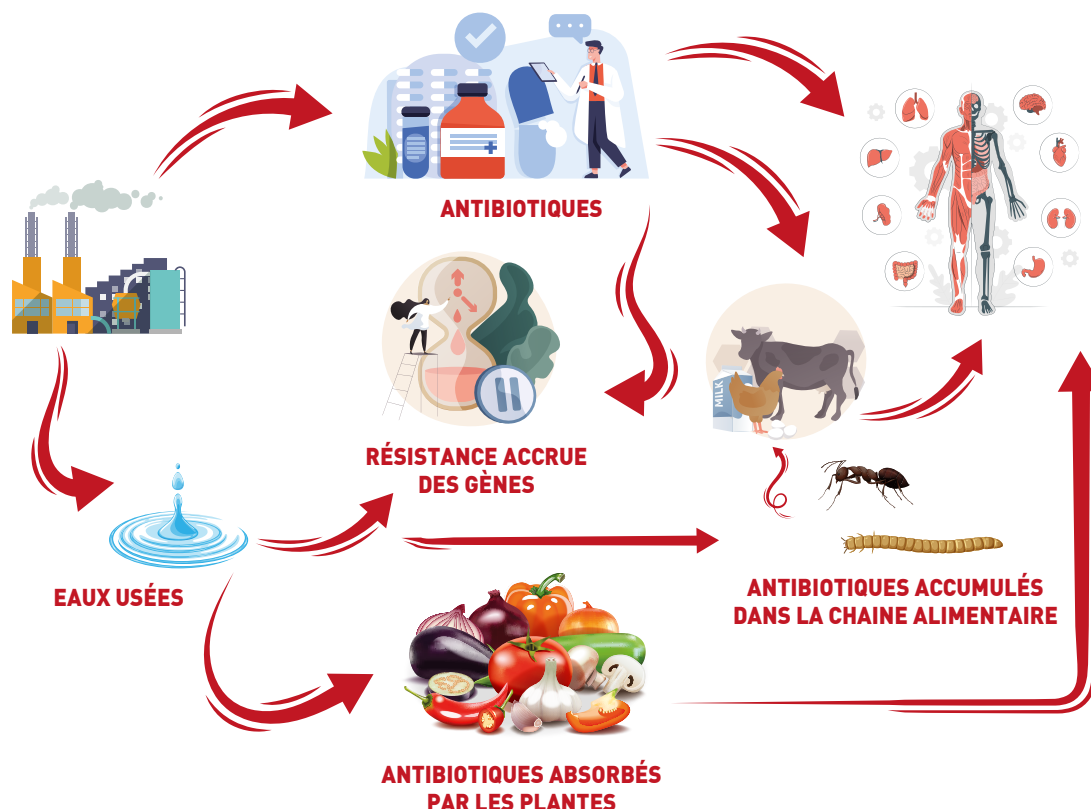
Beaucoup d'espoir est mis dans les systèmes de surveillance de santé et de production de médicaments, en particulier pour les futures pandémies. L'approche interdisciplinaire est indispensable. Tests rapides pour les individus et animaux grâce au progrès de la biologie synthétique, prise en compte des facteurs environnementaux à partir de mesures satellitaires ou de mesures au sol, traçage des traces de pathogènes et médicaments dans les eaux usées, production rapide sur site de vaccins adaptés aux mutations des pathogènes.

⁴ Ref Thèse Durteil 2022

⁵ cf Chapitre précédent

3. QUAND LES MÉDICAMENTS ET LES VIRUS VONT À L'EAU

Les médicaments sont au cœur de la santé humaine et animale. Depuis des décennies, au même titre qu'une nourriture équilibrée, leur utilisation a un impact positif sur notre longévité notamment par la qualité de notre nourriture. Aujourd'hui, nous commençons à prendre conscience de la face obscure de cet impact sur la santé publique.



Source : C. Liu, *Frontiers in Environmental Science*, June 2021

La pollution médicamenteuse est déjà amplement documentée dans les pays du nord, mais récemment une étude mondiale menée par 86 instituts de recherche a montré que parmi tous les pays, ceux d'Amérique du Sud, d'Afrique subsaharienne et certains en d'Asie du Sud sont parmi les plus concernés par la pollution médicamenteuse des cours d'eau⁶. Un lien entre le niveau de développement économique et le niveau de pollution des eaux a ainsi pu être établi, montrant que plus le produit intérieur brut par tête est élevé, moins les eaux sont polluées. Ceci s'explique par le manque d'efficacité, voire l'absence, de systèmes de traitement des eaux usées.

Les autorités gouvernementales et les industriels ont donc besoin d'écouter et de comprendre les alertes des scientifiques à propos de la pollution médicamenteuse de l'environnement et de ses impacts sur la santé humaine. Les techniques d'identification et de traçabilité de ces pollutions évoluent vite, sont de moins en moins coûteuses et devraient aider à la mise en place de politiques publiques efficaces pour limiter les effets désastreux d'une diffusion massive de médicaments dans l'environnement. En effet, au-delà de certains seuils des effets délétères sur la santé humaine et animale sont à redouter, certains étant déjà démontrés.

⁶ Wilkinson et al., PNAS, 2022

L'utilisation des antibiotiques est illustrative de ce problème de santé globale et de présence de médicaments dans l'environnement. Les antibiotiques soignent et empêchent la prolifération d'agents pathogènes comme les bactéries. Ils sont peu coûteux et utilisés non seulement pour des besoins de santé humaine ou animale mais aussi en agriculture. Le cycle d'un antibiotique est complexe. Il peut se retrouver comme tout autre polluant chimique dans les eaux usées et finir sa course dans les rivières, lacs et océans. Il provient soit du site de production mais aussi après usage pour soigner ou prévenir des infections chez les humains et les animaux (bétails et pisciculture) qui le relâchent dans l'environnement en particulier par les excréments ... ou tout simplement dans le cas des humains par leurs déchets domestiques non triés. Plus sournoisement, il se retrouve aussi de manière importante dans la chaîne alimentaire par l'utilisation de nourriture élaborée à partir d'animaux traités par antibiothérapies...

Dans le secteur de l'aquaculture et de l'élevage de bétail, les antibiotiques sont largement utilisés comme médicaments pour prévenir les infections bactériennes et les maladies parasitaires. Une partie des antibiotiques est réellement absorbée, le reste est rejeté dans l'environnement, ce qui entraîne la présence de résidus d'antibiotiques dans les zones d'aquaculture, dans les eaux usées rejetées et accumulées dans les sédiments environnants par adsorption.

L'administration répétée et massive d'antibiotiques chez l'homme ou l'animal ou leur présence comme déchet dans l'environnement conduit à la sélection de bactéries résistantes aux traitements. Les antibiotiques perdent alors leur raison première, celle de soigner. Aujourd'hui, la résistance antimicrobienne conduit à des décès aussi nombreux que ceux causés par le VIH ou le paludisme.

On estime qu'en 2019, 5 millions de personnes sont mortes de causes liées à la résistance antimicrobienne. Le taux de décès tous âges confondus était le plus élevé en Afrique subsaharienne occidentale, avec 27,3 décès pour 100 000 habitants et le plus faible en Australasie, avec 6,5 décès pour 100 000 habitants (Publication The Lancet 2022).

Ce constat alarmant impose de mieux tracer les antibiotiques dans les circuits de la santé humaine et animale mais aussi dans les systèmes de filtration des eaux usées en utilisant en particulier les techniques de type PCR (Polymerase Chain Reaction).

Comme les médicaments, les virus et bactéries qui infectent les humains et les animaux se retrouvent dans l'eau par les déjections. Certains microorganismes pathogènes diffusés par l'eau provoquent de sévères maladies, pouvant être mortelles. Les exemples sont la fièvre typhoïde, le choléra et l'hépatite A ou E. On essaye de les éliminer et pour cela on utilise depuis des années des tests de détection.

usées. La technique tire parti du fait que le SARS-CoV-2 se réplique dans le système digestif et est excrété en grande quantité, souvent avant l'apparition des symptômes dans la population. Reposant essentiellement sur des tests de type PCR, cela fournit un moyen peu coûteux de surveiller les infections chez des milliers ou même millions de personnes sans avoir à effectuer de prélèvements nasaux ou de la gorge, ou de prédire où les cas pourraient être sur le point de se multiplier et quand les hôpitaux risquent d'être surchargés. Les séquences génétiques du virus excrété peuvent également fournir des indices sur la façon dont il évolue. Les systèmes futurs de prévention des pandémies utiliseront ces données d'eaux usées auxquelles s'ajouteront celles de l'air ambiant des endroits clos mais aussi celles des fosses septiques des avions et trains.

Les objectifs de la traçabilité ne s'arrêtent donc pas à celle des produits dispensés aux patients pour la protection de leur santé, mais également aux impacts qu'ils entraînent sur l'environnement. L'identification, par l'analyse des eaux usées par exemple, des pathogènes et des résidus microbiens véhiculés, constituent donc des instruments de mesure essentiels de la qualité de l'environnement et d'évaluation des politiques publiques, à l'aune des principes ONE HEALTH promus par l'Organisation Mondiale de la Santé.





**TRANSITION ÉNERGÉTIQUE :
POUR UNE DÉCARBONATION DES
ÉCONOMIES MONDIALES PAR
DES POLITIQUES INCITATIVES**

1. SOUVERAINETÉS ET INFRASTRUCTURES

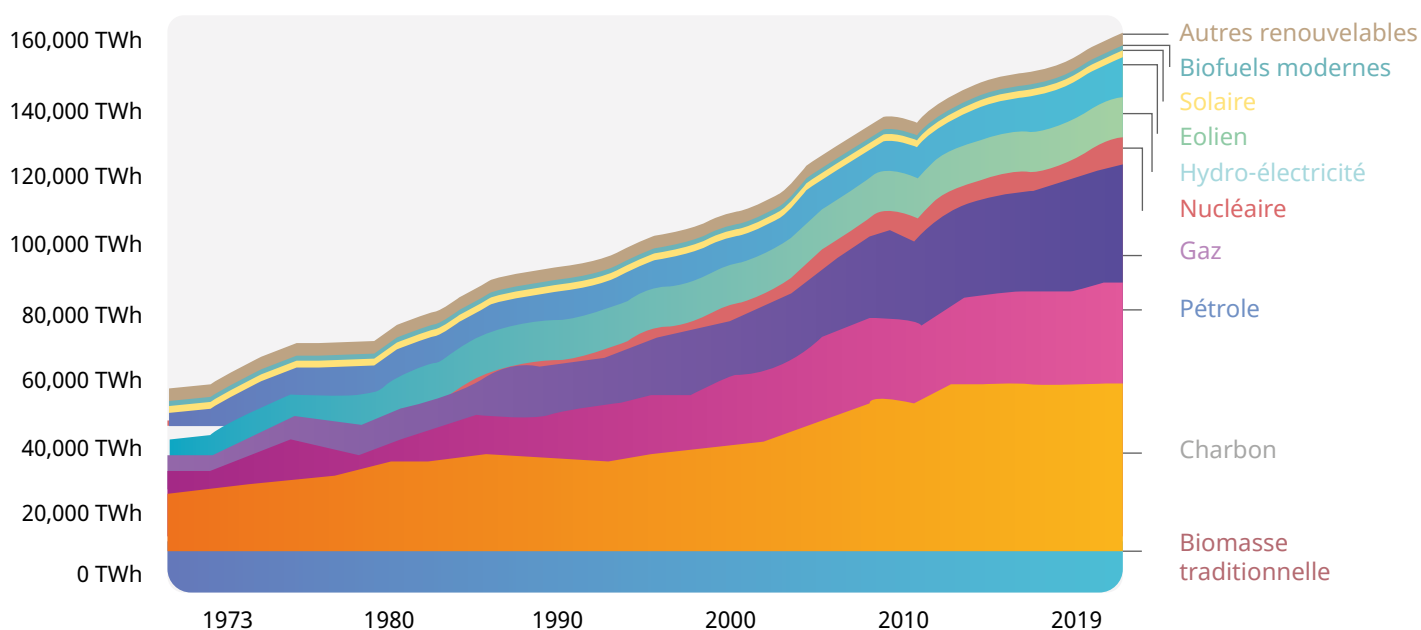
Le rebond économique qui a suivi la pandémie de COVID-19 a déclenché une flambée des prix de nombreuses matières premières. Le conflit en Ukraine a quant à lui entraîné une nouvelle hausse des prix de l'énergie et mis en avant pour certains pays des questions essentielles de souveraineté énergétique et d'approvisionnement en énergies fossiles (gaz, pétrole, ...) et en denrées agricoles essentielles.

La transition vers un système énergétique à faible émission de carbone se poursuit et s'accélère. Les décennies à venir verront probablement un paysage énergétique profondément remanié avec des énergies fossiles appelées à voir leur utilisation décroître très significativement pour être remplacées par des sources d'énergies décarbonées (éolien, photovoltaïque, hydrogène ...).

Ce sont les infrastructures et les capacités de production qui gouvernent l'approvisionnement en énergie. Elles sont l'aboutissement de plusieurs siècles d'accumulation et de modifications technologiques et elles ont des durées de vie très longues. Historiquement les transitions énergétiques ont été lentes. Pour changer un réseau de transport ou d'électricité, il faut des décennies. Il faut deux générations pour changer un modèle agricole. Aujourd'hui, en période de transitions, ces échelles de temps doivent être drastiquement compressées.

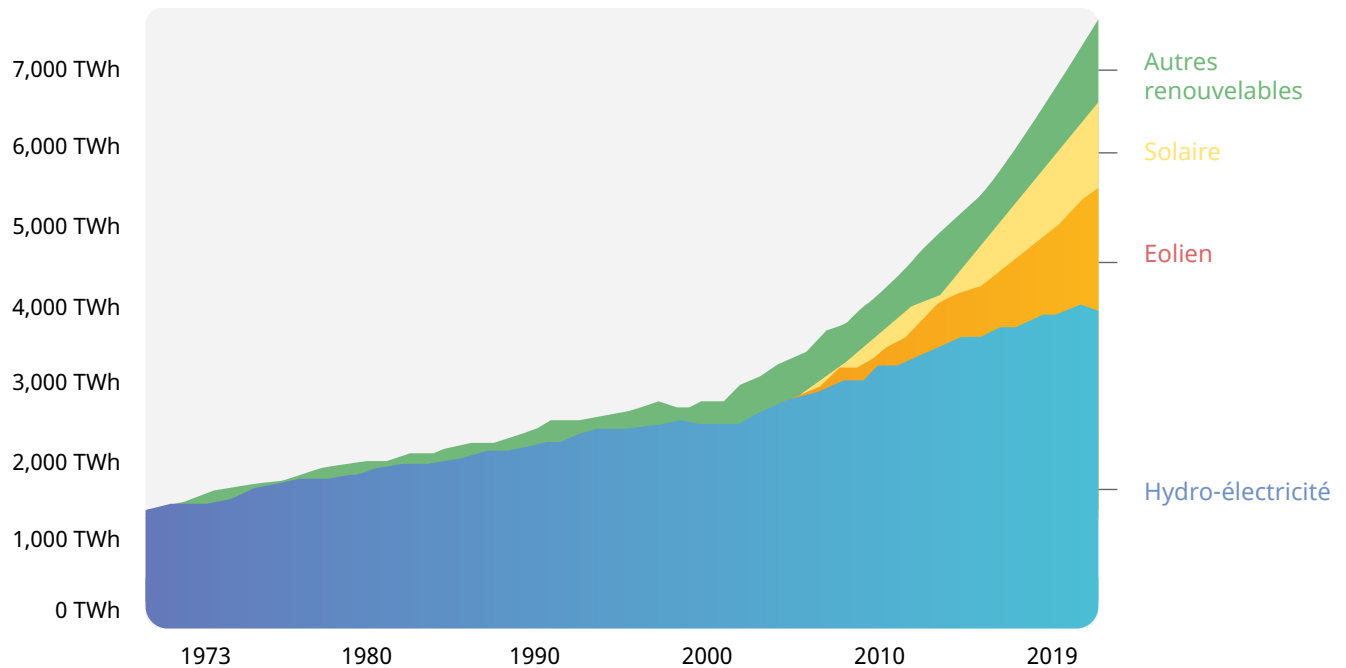
Figure 8 : Consommation globale en énergie primaire par source

L'énergie primaire est calculée sur la base de la «méthode de substitution» qui tient compte des inefficacités dans la production des combustibles fossiles en convertissant l'énergie non fossile en intrants énergétiques nécessaires ayant les mêmes pertes de conversion que des combustibles fossiles.



Source : Vaclav Smil (2017) & BP Statistical of World Energy
OurWorldInData.org/energy

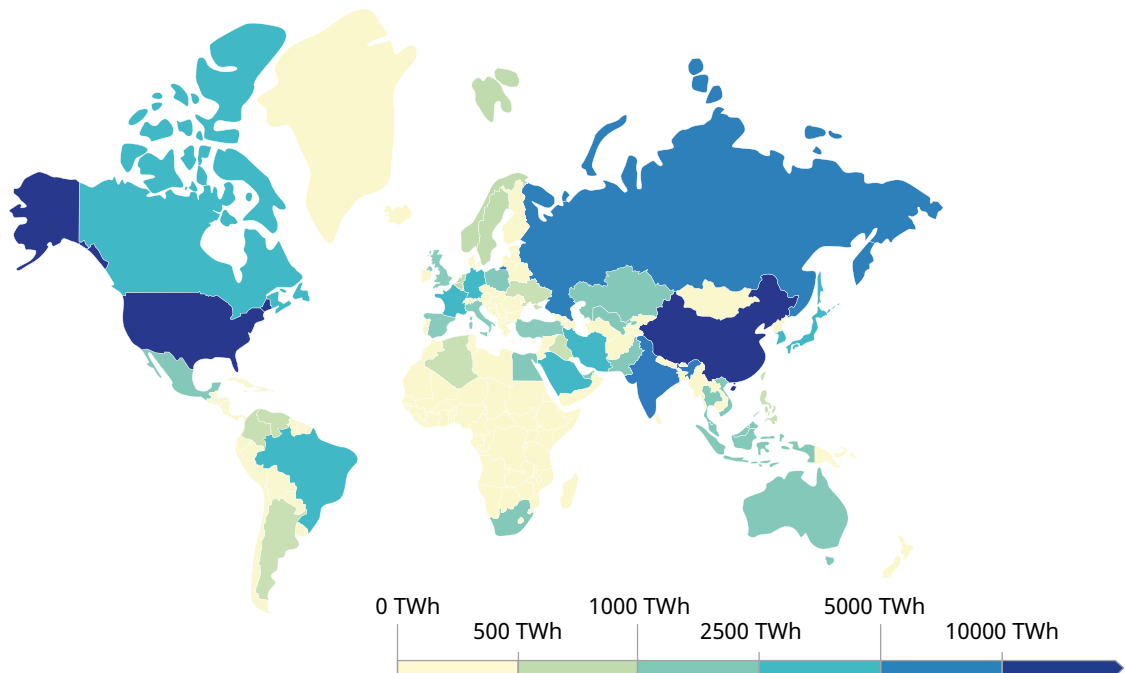
Figure 9: Répartition de la production d'énergie renouvelable monde



Source : BP Statistical Review of Global Energy
OurWorldInData.org/renewable-energy

Figure 10 : Consommation d'énergie primaire, 2021

Consommation d'énergie primaire mesurée en Terawatt heure (TWh)



Source : BP Statistical Review of Global Energy; and EIA
OurWorldInData.org/energy • CC BY

Note : 'Autres renouvelables' est en référence à la géothermie, marées motrices...La biomasse traditionnelle n'est pas intégrée ici.
source : Ces trois schémas sont issus de Hannah Ritchie and Max Roser (2021) – Energy. Published in Our World in Data.
Online at: ourworldindata.org/energy Hannah Ritchie and Max Roser (2021) – Energy.
Published in Our World in Data. Online at: ourworldindata.org/energy

REPERES



La demande d'énergie primaire mondiale a augmenté de 5,8% en 2021, dépassant les niveaux de 2019 de 1,3%.



Entre 2019 et 2021, les énergies renouvelables ont augmenté et la consommation de combustibles fossiles est restée globalement inchangée.



En 2019, environ 10% de l'énergie primaire mondiale provenait de technologies renouvelables (hydro, vent, solaire).



Les combustibles fossiles représentent plus de 80% de la consommation d'énergie mondiale.



Le marché global du oil & gas est de l'ordre de \$7 trillions par an. Il pourrait atteindre \$10 trillion par an en 2026.



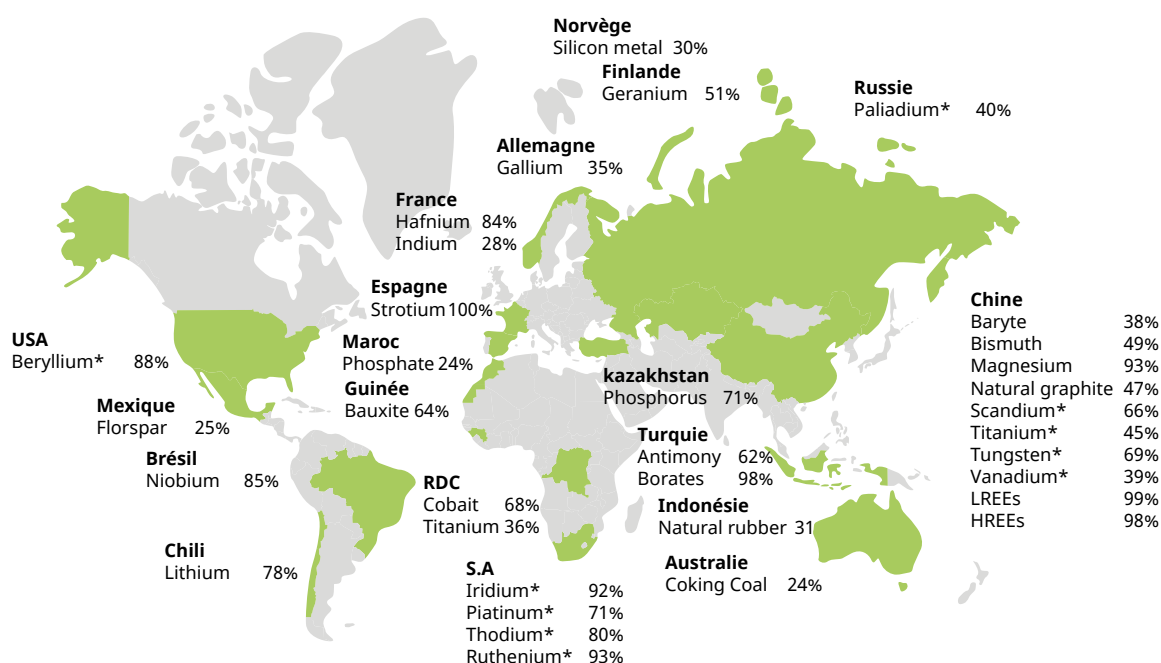
On estime que, chaque année, \$133 milliards de carburants sont volés, falsifiés ou escroqués à des compagnies pétrolières légitimes dans le monde entier.



La transition énergétique nécessite des minerais stratégiques comme le cobalt, les terres rares et le lithium. Ils sont « géologiquement » inégalement répartis et donc source de perte de souveraineté pour certains pays.

Par ailleurs, les éoliennes, les batteries, les électrolyseurs nécessitent des minerais stratégiques comme le cobalt, les terres rares, le lithium, le graphite, le manganèse.... Ils sont « géologiquement » inégalement répartis, comme le pétrole et le gaz, et donc extrêmement sensibles aux accords d'échanges commerciaux, et potentiellement sources de conflits et de déstabilisation économique et politique (Référence EU CRM, figure ci-dessous).

Figure 11 : Les plus gros fournisseurs de CRMs



*Part de la production mondiale

Source : Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report.

Pour réussir la transition énergétique, il faut introduire de la confiance dans le marché des énergies renouvelables. Comme pour les énergies fossiles, les normes et les certifications se mettent en place pour contrôler les systèmes de production et de distribution. A l'image du concept du « Farm to Fork » il faut développer celui du « Mine to Wind turbine » ou encore celui du « Water to Hydrogen ». On revient sur les principes de la traçabilité présentés pour la nourriture et la santé.

Les flux d'argent augmentant, le marché des énergies renouvelables devient la cible des fraudeurs en tout genre comme c'est le cas pour les carburants issus du pétrole. Les systèmes organisés de « contrefaçons » et une économie parallèle prolifèrent déjà. En jeux l'origine « verte » de l'énergie, des matériaux et dispositifs (électrolyseurs, batteries, ...) de qualité moindre mais aussi l'extraction illégale de matière première ou encore des impacts environnementaux masqués (gestion des déchets et économie circulaire des matériaux utilisés). Les Etats sont aussi concernés car les fraudes diminuent la collecte des taxes (accises, carbone...) et péjore l'allocation de subventions.

Fort de l'expérience des systèmes de traçabilité du pétrole et du gaz, des technologies de marquage et de traçabilité de l'hydrogène, du méthane, des biofuels sont en phase de développement.

2. LE COÛT ÉLEVÉ DES CARBURANTS ILLICITES

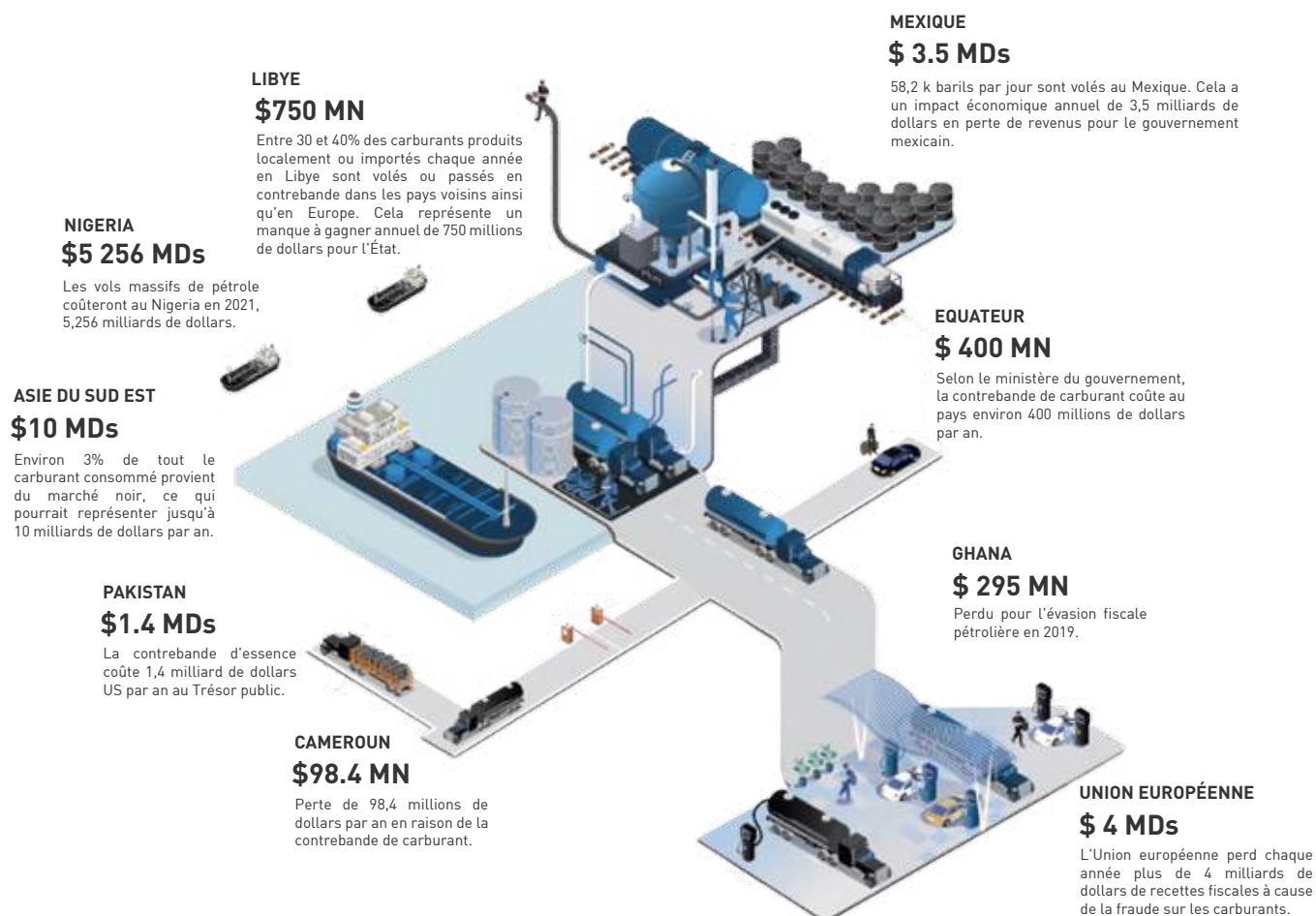
Le vol d'hydrocarbures est une source de financement pour le crime organisé et les activités militaires des insurgés, contribuant ainsi à l'augmentation des niveaux de criminalité et du terrorisme. Des études confirment les liens entre les activités liées aux carburants illicites menées par les cartels de la drogue, les insurgés et les trafiquants d'êtres humains, les groupes terroristes et les mouvements rebelles dans divers pays.

Le nombre de décès dus à la pose de canalisations illégales et aux attentats à la bombe augmente chaque année. Les conséquences du vol de carburant peuvent être considérables : l'explosion de pipelines et les déversements de pétrole entraînent des dommages environnementaux, détruisent les habitats de la faune et de la flore et contaminent l'ensemble de la chaîne alimentaire.

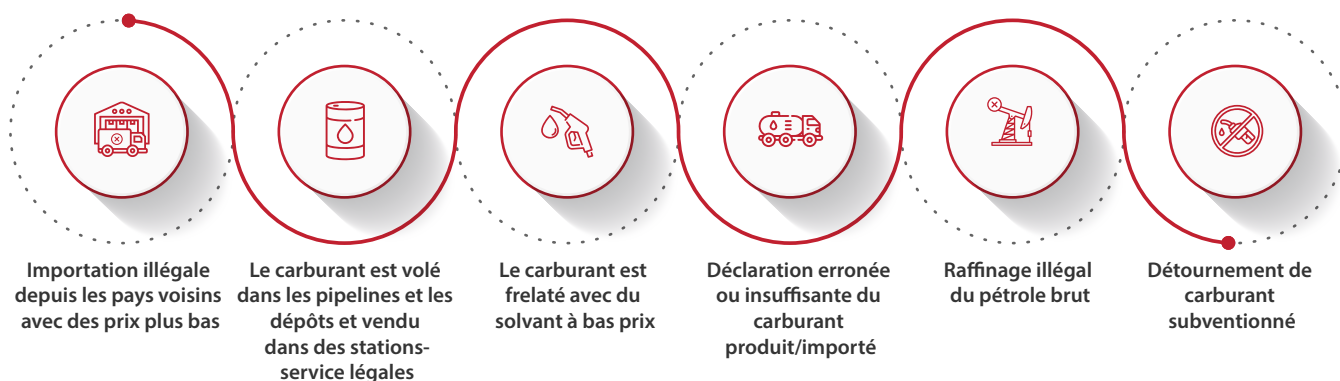
Les carburants illicites de mauvaise qualité réduisent la confiance dans la chaîne d'approvisionnement, sapent la compétitivité de l'économie légitime et affectent la réputation des acteurs responsables de l'industrie des carburants.

Le carburant frelaté, l'essence au plomb mal étiquetée et le dopage à l'octane endommagent les moteurs des voitures, réduisent leur durée de vie et augmentent les émissions de dioxyde de carbone.

Les carburants illicites figurent en bonne place parmi les activités criminelles qui entraînent des pertes importantes de recettes publiques. La fraude à la taxe sur les carburants peut réduire considérablement les recettes fiscales de l'État, mettant en péril l'économie légitime et compromettant le développement des infrastructures et des services publics à l'échelle du pays (figure ci-dessous).



Dans de nombreux pays, le marquage direct des carburants nationaux ou importés avec des molécules spécifiques infalsifiables et non lavables, associé à une inspection sur le terrain et une analyse des données (calcul du bilan massique) précises et exactes, s'est avéré très utile pour lutter contre les fraudes suivantes :



Grâce à ces technologies, de nombreux États ont considérablement amélioré le recouvrement des taxes sur les carburants et la lutte contre les diverses formes de fraude (figure ci-dessus).

3. L'HYDROGÈNE UN NOUVEL ENJEU DE SOUVERAINETÉ ?

L'hydrogène est considéré comme un vecteur essentiel de la transition énergétique et de nombreux rapports en donnent les raisons⁷. Rares sont aujourd'hui les pays qui n'ont pas une stratégie hydrogène. Derrière la course technologique liée à la production, au stockage, au transport et à l'utilisation, se cachent des enjeux géopolitiques majeurs entre ceux qui pourront produire de l'hydrogène et ceux qui devront en importer, à l'image de ce qui se passe aujourd'hui pour le gaz et le pétrole. Il y a toutes les nuances de couleurs pour l'hydrogène en fonction de la méthode de production.

COULEURS DE L'HYDROGÈNE

Zéro/faible émission de CO₂



Hydrogène vert

Fabrique par électrolyse à l'aide d'électricité renouvelable. L'électricité est utilisée pour séparer l'eau en hydrogène et en oxygène.



Hydrogène bleu

Hydrogène gris, brun ou noir, mais dont le dioxyde de carbone est stocké dans les profondeurs de la terre grâce à la technique du "captage et du stockage du carbone" (CSC).



Hydrogène rose

Produit comme l'hydrogène vert par électrolyse, mais uniquement à partir de l'énergie nucléaire.



Hydrogène jaune

Produit comme l'hydrogène vert par électrolyse, mais en utilisant uniquement l'énergie solaire.

Émissions moyennes à élevées de CO₂



Hydrogène turquoise

Produit par pyrolyse. Dans la pyrolyse, au lieu du gaz polluant CO₂, un sous-produit de carbone solide est produit. La matière première est le méthane, même des déchets plastiques.

Émissions élevées de CO₂



Hydrogène gris

Hydrogène fabriqué à partir de gaz naturel et d'eau dans un procédé appelé reformage à la vapeur, sans CSC.

Émissions très élevées de CO₂



Hydrogène noir

Fabriqué à partir de charbon (dans un processus similaire à celui de l'hydrogène gris) sans CSC. Encore plus intensif en carbone que l'hydrogène gris.



Hydrogène brun

Fabriqué à partir de lignite (dans un processus similaire à celui de l'hydrogène gris) sans CSC. Encore plus émetteur de CO₂ que l'hydrogène noir.

⁷ (Global Hydrogen Review, IEA, 2021)

La production d'hydrogène d'aujourd'hui est principalement basée sur le gaz naturel et le charbon, qui représentent ensemble 95% de la production. L'électrolyse produit environ 5 % de l'hydrogène mondial.

Ces nuances définissent des « profils hydrogène » de pays. Tout d'abord ceux appelés à devenir des fournisseurs majeurs du futur marché de l'hydrogène. Ils ont un grand potentiel de production d'énergie solaire et/ou éolienne en même temps que des ressources en eau et gaz importantes. Le Maroc est l'un d'eux au côté de l'Australie et du Chili. Suivent ensuite les pays qui ont des ressources énergétiques importantes mais des ressources en eau limitées. Finalement, il y a des pays qui ont peu d'énergies renouvelables ou des difficultés financières pour mettre en route une production ou ceux encore qui n'en produiront pas et qui auront les moyens d'acheter de l'hydrogène à des tarifs élevés. Une partie d'échec et une diplomatie de l'hydrogène voit le jour et des alliances se dessinent déjà à l'image de celle du Maroc avec l'Allemagne.

L'hydrogène vert, qui ne relâche pas de CO₂ dans l'atmosphère, est le plus écologique et sans doute le produit « premium » des 20 à 30 prochaines années.

L'hydrogène gris, faute de mieux, servira dans le même temps à amortir les effets économiques de la transition énergétique.

L'hydrogène vert nécessite de l'énergie verte (éolienne, photovoltaïque, hydraulique) pour faire l'électrolyse de l'eau qui ne produit que de l'hydrogène et de l'oxygène. Aujourd'hui, le plus simple est de partir d'eau douce car elle est moins corrosive pour les électrolyseurs que l'eau de mer. Dans les pays ensoleillés, comme le Maroc, la ressource en eau douce est rare et les projections à l'horizon 2050 annoncent un stress hydrique encore plus prononcé. La localisation d'usines de production d'hydrogène en milieu continentale devra prendre en compte cela pour ne pas menacer plus encore la ressource en eau pour la population et l'agriculture. C'est pour cette raison que le dessalement de l'eau de mer en amont de l'électrolyse a le vent en poupe pour les pays arides avec des façades marines. Cette eau dessalée, pourrait aussi être utilisée pour l'agriculture et la consommation humaine. N'oublions pas que l'hydrogène est aussi utilisé dans les piles à combustible à des fins de transport, ou éventuellement de ré-électrification, et que l'on peut récupérer l'eau pure qu'elles produisent.

N'oublions pas l'ammoniaque (NH₃), au deuxième rang mondial des composés chimiques produits. Abondamment utilisé (environ 80%) dans la fabrication des engrais, on estime que plus de la moitié de la production agricole repose sur des engrais à base d'ammoniaque. Il est aussi utilisé comme carburant, dont la combustion n'émet pas de CO₂, et comme vecteur de stockage de l'hydrogène sous forme liquéfiée. Il est fabriqué par réaction entre l'azote (N) extrait de l'air et l'hydrogène par un procédé gourmand en énergie et aujourd'hui très émetteur de CO₂. L'avenir, et des projets existent déjà en Europe et en Afrique, c'est de construire une boucle vertueuse entre la production d'hydrogène vert, la fabrication d'ammoniaque vert pour les engrais et le stockage de l'hydrogène.

Certifications, normes et outils de traçabilité accompagneront ce développement de l'hydrogène. Il faudra rendre compte de son mode de production et de son impact environnemental, en particulier les émissions de CO_2 associées et son utilisation industrielle. Il y a déjà des projets de certification de l'hydrogène mais ils ne sont pas aboutis car ils ne mettent pas en relation une signature physique ou chimique de l'hydrogène avec une preuve de l'utilisation d'énergie renouvelable pour le fabriquer ni de faire le lien avec des produits élaborés à partir d'hydrogène vert comme l'ammoniaque.

Un index de l'hydrogène vert (GrHIn) doit être développé conjointement entre les gouvernements et les industriels. Le Maroc a tout pour le faire et être pionnier en la matière.





**TRANSITION ET DEFIS
CONTEMPORAINS :
A L'ÉPREUVE DU COÛT DES CHOIX**

Il est toujours intéressant de regarder les aspects positifs et négatifs d'une technologie naissante pour valoriser les premiers et faire en sorte que les seconds ne deviennent rapidement que des souvenirs lointains.

Quelles sont les forces, faiblesses et les « nexus » de la blockchain ? Quel sont ses impacts sur l'environnement ?

La Blockchain est une technologie digitale qui peut se définir comme une espèce de grand livre de transactions et d'informations sécurisées et immuables grâce, entre autres, à des algorithmes de cryptographie sophistiqués⁸.

Une fois inscrites dans une blockchain, les données ne peuvent être en principe modifiées sans laisser de trace. C'est l'une des différences majeures avec les bases de données gérées par un opérateur central. Cela procure aux utilisateurs confiance, traçabilité et sécurité pour l'échange de leurs données. C'est pour cela que les blockchains voient leur utilisation croître de plus en plus fréquemment dans de nombreux secteurs d'activités économiques et administratives comme :



Les crypto-monnaies
(Bitcoin, Ethereum, ...)



Les monnaies digitales
de banques centrales



Le secteur financier
pour les solutions de
paiements sécurisés



Le secteur de l'assurance
pour les polices
d'assurances



Les services et les objets
connectés comme les
véhicules autonomes



Le secteur de l'énergie
pour sécuriser les
données relatives aux
énergies renouvelables
dans les réseaux de
production et de
distribution



La logistique en santé
et alimentaire pour
assurer la traçabilité
des produits, ainsi
que la mémoire des
différentes interventions
sur une chaîne de production
et de distribution et de
diminuer le coût des formalités
de contrôle et d'audit



Les gouvernements et les
Etats pour les documents
officiels, l'identité digitale
ou encore le vote
électronique, mais aussi
les transmissions
sécurisées de défense

⁸ <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain>; van Haaren-van Duijn et al. 2022, Admin. Sciences

Comme la plupart des innovations technologiques digitales, les crypto-monnaies ont été rapidement utilisées de manière malveillante par les cybercriminels. L'anonymat et la sécurité, piliers de la blockchain, ont très rapidement intéressé les criminels et fraudeurs en tout genre pour étendre, diversifier leurs activités et dissimuler leurs fraudes.

En 2020, 70 % des attaques informatiques de services publics ou d'entreprises étaient des opérations liées à des rançongiciels (Ransomware). La plupart des cybercriminels ont eu recours au Bitcoin pour le paiement des rançons pour ne pas être identifiés. Ces attaques auraient rapporté plus de 600 millions de dollars.

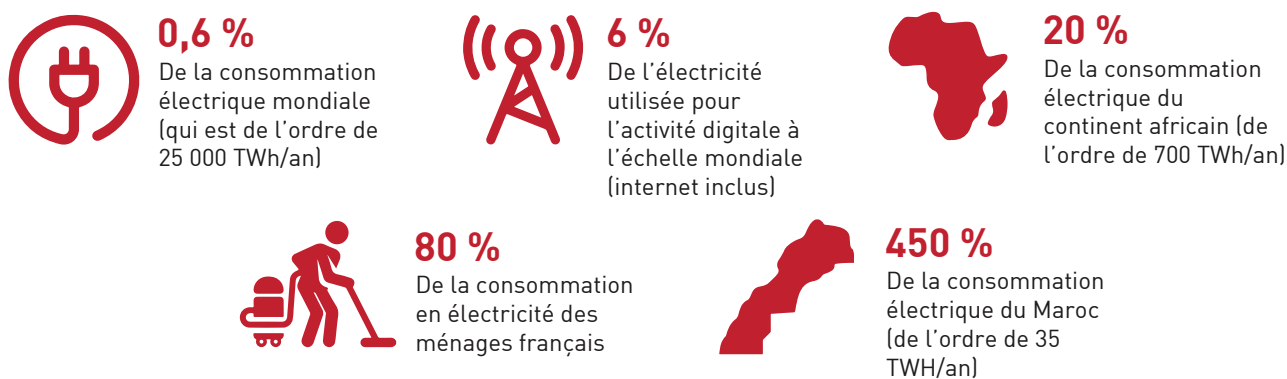
De nouveaux outils permettent de tracer plus ou moins précisément les montants des fraudes basées sur les crypto-monnaies. En 2021, en hausse par rapport à 2020, le volume global des transactions en crypto-monnaies a atteint 15 800 milliards de dollars. Le commerce des actifs numériques se portent donc bien, poussé par de nouveaux produits comme les Non-Fongible-Tokens (NFT) ou les produits liés au Metaverse (gaming inclus)⁸.

On estime que moins de 1% des transactions en crypto-monnaies sont illicites. Un faible pourcentage à première vue, mais qui représente quand même un montant de l'ordre de 14 milliards de dollars en 2021, en hausse de près de 80 % par rapport à 2020. Il faut toutefois reconnaître que certains experts estiment que ce chiffre sous-estime la réalité.

Blockchain et énergie

Depuis plusieurs années la consommation énergétique des blockchains est sujette à controverses. Quelques chiffres sont nécessaires pour mettre en lumière les aspects clés du débat.

Aujourd'hui le seul Bitcoin et son processus de validation des transactions (PoW=Proof of Work) consomme de l'ordre de 100 à 150 TWh/an d'énergie électrique. Cela représente en termes d'électricité finale environ :



Source: IEA, Key World Statistics 2020;

⁸ <https://go.chainalysis.com/2021-Crypto-Crime-Report.html>;
Tracing the evolution of criminal finances, Europol Spotlight 2021.

Si la consommation électrique des blockchains est un sujet polémique en soit, deux autres paramètres sont à prendre en compte pour raisonner correctement : le coût énergétique d'une transaction et l'émission de CO₂ lié à la nature de l'électricité, renouvelable ou non, utilisée par l'infrastructure informatique de la blockchain.

Il y a blockchain et blockchain et leurs consommations électriques dépendent des méthodes mathématiques et cryptographiques utilisées pour assurer des transactions sûres et infalsifiables.

Voici quelques ordres de grandeur de la quantité d'énergie électrique nécessaire pour faire une transaction de monnaie digitale en fonction de la blockchain utilisée :



**1 MWh pour Bitcoin
en utilisant le PoW**



10 mWh pour Algorand



**0.1 Wh pour Visa qui
ne s'appuie pas sur
une blockchain**



**100 kWh pour Ethereum
qui utilise un autre protocole
mathématique moins lourd en
calcul (le Proof of Stake = PoS)**



100 µWh pour KSI Cash qui utilise la blockchain KSI opérationnelle bien avant le Bitcoin et qui sécurise toute l'administration (santé, identité, ...) des citoyens estoniens depuis plus de 10 ans

De tels écarts ouvrent la porte à une réflexion approfondie pour choisir sa blockchain, en particulier pour les pays à faible production d'électricité verte.

Utiliser moins d'électricité pour les blockchains est une urgence mais plus encore cette électricité ne doit pas être polluante. L'empreinte écologique d'une blockchain est plus subtile à mesurer. Un bon proxy est l'émission de CO₂. Qu'en est-il aujourd'hui ? Les progrès vont vite mais on estime aujourd'hui qu'environ 50% de l'électricité utilisée repose sur un mix énergétique et que seuls quelques % de celle-ci sont attribuables à de l'électricité produite que par des énergies renouvelables. La route est encore longue. **Une transaction Bitcoin réalisée avec de l'électricité non renouvelable représente quelques dizaines de kg d'émission de CO₂, proche de celle d'un passager lors d'un vol en avion d'une heure, alors que celle avec KSI Cash n'émet que quelques centaines de microgrammes !**⁹

Sources: A. Buldas et al., IEEE, 2022 ; Swiss Federal Office of Energy Blockchain energy consumption, 2021

⁹ <https://www.wealthandfinance-news.com/blockchain-technology-delivers-scalable-efficient-cbdc>

CONCLUSION

Que l'on soit un simple citoyen, un responsable public, une entreprise, petite ou grande, nous avons aujourd'hui une immense responsabilité à entreprendre et conduire un changement profond de nos habitudes et de nos économies pour assurer un avenir durable. De nouveaux engagements, des lois plus contraignantes, des responsabilités des uns et des autres vont accompagner les transitions de l'économie en particulier dans les secteurs de la nourriture, de la santé et de l'énergie. Pour soutenir ces politiques publiques, les technologies digitales et matérielles de traçabilité se révèlent tous les jours plus incontournables.

Les chaînes d'approvisionnement ne s'arrêtent pas aux consommateurs, elles se terminent dans l'environnement qui est plus que jamais sous tension. Les défis sont considérables. Aujourd'hui, nous consommons des énergies fossiles et nous injectons une masse insupportable de CO₂ dans l'atmosphère. Demain, l'énergie sera zéro carbone et il faudra auditer et être en mesure de prouver que c'est effectivement le cas. Aujourd'hui, les faux médicaments causent des ravages humains et environnementaux. Demain, les produits pharmaceutiques et l'environnement devront faire l'objet d'un contrôle rigoureux pour le bien-être global. Aujourd'hui, des organisations criminelles ciblent les chaînes alimentaires pour réaliser des profits iniques. Demain, nous devons veiller à ce que la production de nourriture saine et contrôlée suffise à nourrir près de 10 milliards d'habitants tout en ayant un impact minime sur les écosystèmes et la biodiversité.



Ces défis ne pourront être résolus si le contournement des engagements et la fraude qui les accompagnent ne sont pas intensément combattus. La traçabilité des produits bruts et manufacturés s'avère incontestablement l'une des clés essentielles pour construire une Économie de Confiance.

Ce rapport a été préparé par

Philippe Gillet

Chief Scientific Officer Groupe SICPA,
Ancien Vice-Président de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

En collaboration avec

Curtis Vaïsse

Docteur en Droit,
Business Development Director de SICPA

Et avec l'indispensable support des équipes du CFC





CASABLANCA FINANCE CITY
القطب المالي للدار البيضاء