

La transition numérique dans le secteur des énergies renouvelables au Maroc : entre optimisation de la gouvernance et défis juridiques et du développement durable

Digital Transition in Morocco's Renewable Energy Sector: Between Governance Optimization and Legal and Sustainable Development Challenges

CHARAF Abdelmajid

Doctorant

Faculté des Sciences Juridiques Economiques et Sociales - Souissi

Université Mohammed V de Rabat

Equipe de recherche : Droit de l'Environnement, Politiques Publiques et Développement Durable (ERDEPPDD)

Maroc

NADIR Bouchra

Professeure de l'enseignement supérieur

Faculté des Sciences Juridiques Economiques et Sociales - Souissi

Université Mohammed V de Rabat

Equipe de recherche : Droit de l'Environnement, Politiques Publiques et Développement Durable (ERDEPPDD)

Maroc

Date de soumission : 10/02/2026

Date d'acceptation : 11/03/2026

Pour citer cet article :

CHARAF, A & NADIR, B. (2026) «La transition numérique dans le secteur des énergies renouvelables au Maroc : entre optimisation de la gouvernance et défis juridiques et du développement durable». Revue Internationale du chercheur «Volume 7 : Numéro 1» pp : 1185-1206.

Résumé

La transition numérique constitue, aujourd'hui, un levier stratégique de modernisation du secteur des énergies renouvelables au Maroc. En mobilisant les technologies numériques, elle favorise l'optimisation de la gouvernance des énergies renouvelables, contribue à l'amélioration de l'efficacité des infrastructures et à la réalisation des objectifs de développement durable. Cependant, cette dynamique soulève des défis tant sur le plan juridique et sécuritaire que sur les aspects environnementaux et socioéconomiques. Le présent article analyse, dans une approche juridique et interdisciplinaire, les effets de la numérisation sur la régulation du secteur des énergies renouvelables au Maroc. Il met en évidence les apports des dispositifs numériques, tout en identifiant les lacunes du cadre normatif existant au regard de la protection des données, de la cybersécurité et de la responsabilité juridique.

Mots clés : Numérisation ; Énergies renouvelables ; Gouvernance énergétique ; Cadre juridique ; Développement durable

Abstract

The digital transition is now a strategic lever for modernizing the renewable energy sector in Morocco. By leveraging digital technologies, it promotes the optimization of renewable energy governance, contributes to improving infrastructure efficiency, and supports the achievement of sustainable development goals. However, this dynamic also raises complex challenges of a legal, security, environmental, and socioeconomic nature. This article analyzes, from a legal and interdisciplinary perspective, the effects of digitization on the regulation of the renewable energy sector in Morocco. It highlights the benefits of digital tools while identifying the shortcomings of the existing legal framework regarding cybersecurity, data protection, and legal liability.

Keywords: Digital transition; Renewable energy; Governance; Legal framework; Sustainable development.

Introduction

Depuis plusieurs années, le Maroc s'est engagé, à travers diverses stratégies nationales, dans une dynamique de double transition énergétique et numérique visant la modernisation de ses infrastructures, la diversification de son mix énergétique et la réduction de la dépendance aux énergies fossiles. Cette transition stratégique se traduit notamment par l'objectif de porter la part des énergies renouvelables à 52% dans du mix énergétique national à l'horizon 2030 (MTEDD, 2025).

Malgré la faiblesse de ses ressources énergétiques conventionnelles, le Royaume dispose de l'un des potentiels territoriaux les plus prometteurs en matière d'énergies renouvelables. Celui-ci est estimé à 500 TWh/an pour l'éolien onshore et le solaire photovoltaïque, auxquels s'ajoute un potentiel significatif en éolien offshore (Conseil Economique, Social et Environnemental, 2020).

Dans son acception générale « la numérisation » désigne le processus par lequel des supports analogiques, tels qu'un formulaire papier ou un acte physique, sont convertis en formats numériques. Par ailleurs, il convient de distinguer ce concept de celui de « digitalisation », qui renvoie à la transformation des modes d'organisation et au niveau de maturité d'une unité, combinaison qui lui permet de faire évoluer son modèle économique.

Appliquée au secteur des énergies renouvelables, cette transformation se manifeste par l'introduction d'outils tels que les compteurs intelligents, les systèmes d'analyse de données et les technologies de type blockchain, couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur, de la production à la consommation finale (DREZET-HUMEZ, 2023).

La numérisation du secteur des énergies renouvelables constitue ainsi un facteur structurant de mutation du système énergétique. Elle favorise une meilleure gestion des flux, une optimisation des performances et une intégration accrue des énergies intermittentes. Toutefois, cette mutation ne saurait être réduite à une simple innovation technologique. Elle implique une reconfiguration profonde des cadres normatifs et institutionnels. Le système énergétique devient en effet plus complexe à gérer, en raison de la diversification des sources d'énergie et de la multiplication des acteurs dans un contexte de concurrence accrue (Jean-Pierre, 2014).

Par ailleurs, la numérisation expose les infrastructures énergétiques à de nouveaux risques, notamment en termes de cybersécurité et de protection des données personnelles. S'y ajoutent des enjeux liés à l'empreinte environnementale du numérique, à la génération des

déchets électroniques et aux inégalités d'accès aux nouvelles technologies. Ces défis soulignent la nécessité d'un encadrement juridique capable d'articuler innovation technologique, sécurité des systèmes et exigences du développement durable.

Dans le contexte marocain, ces transformations se heurtent à un cadre normatif fragmenté, marqué par une régulation sectorielle dispersée entre le droit de l'énergie, le droit du numérique, la cybersécurité et la protection des données personnelles, sans véritable articulation spécifique aux réseaux énergétiques intelligents. Cette situation soulève la question de l'adaptation du droit existant aux exigences nouvelles de la gouvernance numérique du secteur de l'énergie.

Dès lors, la problématique centrale de cette recherche peut être formulée comme suit :
Comment le cadre juridique marocain est-il en mesure d'assurer une gouvernance intégrée de la numérisation du secteur des énergies renouvelables, tout en conciliant la sécurité des infrastructures critiques, la protection des données à caractère personnel et les exigences du développement durable ?

Cette recherche s'inscrit dans un cadre théorique pluridisciplinaire mobilisant trois approches complémentaires. D'abord, la théorie de la transition sociotechnique appréhende la numérisation des énergies renouvelables comme une transformation globale des systèmes énergétiques, intégrant innovations technologiques et ajustements normatifs (Geoffron, 2017). Ensuite, la théorie de la régulation met l'accent sur la nécessité d'une régulation adaptative face à l'évolution accélérée des technologies numériques. (Filippi, 2017). Enfin, la théorie du développement durable évalue les impacts environnementaux, sociaux et économiques de cette transformation (Jacquemot, 2021).

L'hypothèse principale de notre étude est que la numérisation du secteur des énergies renouvelables au Maroc, bien qu'elle contribue à l'amélioration de l'efficacité de la gouvernance énergétique, demeure encadrée par un dispositif normatif fragmenté et insuffisamment adapté aux enjeux de cybersécurité et de responsabilité juridique. Cette situation justifie l'élaboration d'un cadre juridique intégré, cohérent et prospectif.

La méthodologie adoptée repose sur une analyse normative des textes juridiques relatifs à l'énergie, au numérique et à la cybersécurité, complétée par une étude doctrinale et comparative, notamment à travers l'examen des standards européens en matière de régulation des infrastructures critiques.

L'étude sera structurée en deux parties. La première partie analysera la numérisation comme vecteur de transformation du secteur des énergies renouvelables, à travers l'examen des instruments numériques de pilotage du système électrique et des enjeux qu'ils soulèvent. La seconde partie portera sur les limites du cadre juridique marocain actuel face aux exigences de cette transformation, ainsi que les perspectives d'un encadrement juridique cohérent et intégré.

1. La numérisation comme vecteur de transformation de la gouvernance énergétique

La numérisation transforme profondément les systèmes d'énergie renouvelables en améliorant la gestion de la production, du transport et de la consommation d'énergie. Cette mutation soulève, toutefois, des interrogations juridiques relatives à la protection des données et la responsabilité des acteurs impliqués.

1.1. Les outils numériques au service de pilotage et de régulation des systèmes énergétiques

La numérisation redéfinit en profondeur les modes de gouvernance du secteur d'énergies renouvelables en permettant une gestion plus intelligente, transparente et efficiente des infrastructures énergétiques. Elle implique de nouvelles questions règlementaires et techniques.

1.1.1 La gouvernance algorithmique de la production : entre optimisation technique et incertitudes juridiques

Les énergies renouvelables se caractérisent par l'intermittence de leur production, fortement dépendante des conditions météorologiques, ce qui affecte la stabilité des réseaux électriques. L'intégration des technologies numériques permet de réduire cette contrainte en rendant possible une gestion anticipative et adaptative des systèmes énergétiques, fondée sur l'exploitation des données météorologiques et environnementales, favorisant ainsi un meilleur ajustement entre l'offre et de la demande.

Les réseaux électriques intelligents (Smart Grids) illustrent cette évolution en articulant capteurs, logiciels et outils de pilotage automatisé pour corrélérer étroitement la consommation aux capacités de production de l'énergie dans une zone géographique donnée.

Au Maroc, le Centre National de Contrôle de la Distribution, baptisé « *dispatching* », créé en 2008 par l'Office National de l'Eau et de l'Electricité (ONEE) à Casablanca, illustre cette avancée algorithmique. Ce système moderne permet un contrôle en temps réel des conditions variées, en tenant compte à la fois des variations des installations de production d'électricité et de l'augmentation constante de la demande nationale (Meliani, et al., 2021).

Cependant, cette gouvernance algorithmique soulève une problématique juridique majeure : le statut et le régime juridique des données issues des réseaux intelligents restent incertains, à l'intersection du droit de l'énergie, du droit du numérique et du droit de la protection des données à caractère personnel. Cette situation crée une incertitude juridique quant à la détermination des responsabilités en cas de dysfonctionnement, d'erreur algorithmique ou de cyberattaque.

1.1.2 L'Internet des objets et la reconfiguration des mécanismes de contrôle des infrastructures énergétiques.

Plus de 30 milliards d'objets connectés seraient aujourd'hui déjà recensés dans le monde, et leur nombre augmente d'environ 20 % chaque année, une dynamique qui devrait considérablement s'amplifier avec la généralisation des réseaux 5G (Compiègne, 2021).

En effet, l'intégration de l'internet des objets (*Internet Of Things/IoT*), apporte des solutions pertinentes aux problèmes de la distribution de l'énergie, par la détection précoce, la gestion rapide des pannes et la prévision à long terme du fonctionnement des réseaux, en particulier à partir des données environnementales et météorologiques (Moïse, 2025). Un exemple emblématique est celui des luminaires *Philips* installés en collaboration avec *Engie* à l'Aéroport d'Amsterdam dans le cadre des contrats « *Product-as-a-Service* » (Signifie, 2015). Ces luminaires sont équipés de capteurs capables de détecter et de signaler instantanément les éventuelles défaillances et de déclencher des réparations en temps réel.

Cependant, en termes de cybersécurité, l'IoT accroît considérablement les vulnérabilités des réseaux électriques. L'accès nomade et sans fil et l'utilisation des protocoles tels que la 5G et le Wifi, ainsi que du principe de BYOD (*bring your own device*), l'IOT multiplie les risques de cyberattaques si bien qu'une seule faille bien exploitée peut se révéler potentiellement dangereuse pour la sécurité du système électrique (Mazzucchi, 2024).

1.1.3 La blockchain : entre promesse de transparence et lacunes normatives

Le recours accru à la blockchain, entendue comme une technologie de registre distribué permettant d'instaurer la confiance des utilisateurs sans autorité centrale, constitue une évolution majeure dans la gouvernance des échanges énergétiques numériques. Elle garantit l'intégrité des données, leur conservation à long terme et, dans une certaine mesure la transparence des informations stockées (Jacquemin, 2023). La blockchain permet l'automatisation de nombreuses tâches administratives grâce aux *smart contracts* et ouvre la

voie à des transactions de vente d'électricité entre particuliers sans tiers de confiance, favorisant ainsi la désintermédiation des échanges énergétiques (Popiolek, 2018).

Toutefois, l'adoption de la blockchain au Maroc demeure confrontée à d'importants obstacles juridiques. L'absence d'une reconnaissance explicite de cette technologie dans le droit positif crée de multiples zones d'incertitude. La recevabilité des preuves issues de la blockchain devant les tribunaux n'est pas établie, la validité juridique des contrats intelligents (*smart contracts*) n'est pas clairement déterminée, et la responsabilité en cas de faute ou de dysfonctionnement du système n'est pas encadrée (Yahaya Hamidou A.J, 2025).

Ces insuffisances sont susceptibles de ralentir l'appropriation de cette technologie et restreindre l'exploitation de ses bénéfices en matière de transparence et de sécurisation des transactions énergétiques.

1.1.4 Les compteurs intelligents et la tarification numérique : performance technique et vulnérabilité des données

La numérisation du système de comptage et de tarification de l'énergie constitue un pilier fondamental de la transition numérique et énergétique. Elle permet de dépasser les limites des systèmes classiques de mesure et de tarification, en introduisant des équipements intelligents capables de collecter, de traiter et de transmettre en temps réel les données de consommation.

Les compteurs intelligents « Smart Meters » jouent un rôle central dans cette dynamique. Au-delà de leur fonction technique, ils améliorent la relation entre producteurs et consommateurs en assurant une facturation basée sur la consommation réelle plutôt que sur une estimation, et en permettant des interventions à distance (mise en service, relevé des compteurs, changements de puissance, etc.) (Castel, 2017).

Au Maroc, cette modernisation s'inscrit dans le projet ambitieux AMI (Advanced Metering Infrastructure), lancé en 2016 par l'Office National de l'Électricité et de l'Eau Potable (ONEE), visant le déploiement progressif d'environ 4,4 millions de compteurs intelligents à l'horizon 2026. (MAJIT & AMROUS, 2024). Afin de garantir la sécurité des systèmes et la protection des données, l'ONEE applique les normes suivantes :

- ISO 27001 : norme relative à la gestion de la sécurité des systèmes d'information, de confidentialité et d'intégrité des données ;
- ISO/IEC 38507/2022 encadrant l'usage de l'intelligence artificielle (IA);

- Les recommandations de la Commission nationale de contrôle de la protection des données personnelles (CNDP).

Parallèlement, dans le cadre de sa stratégie de digitalisation, l'Office a étendu son réseau de points de paiement à plus de 24 000. Depuis le lancement de ce service jusqu'à fin décembre 2024, environ 140 millions de transactions ont été effectuées, et plus de 175,5 millions de factures ont été réglées, illustrant l'adhésion croissante des clients aux solutions digitales (ONEE, 2024).

L'expérience française des compteurs électriques communicants « *Linky* », développés par « *Electricité Réseau Distribution France (ERDF)* » démontre l'intérêt d'outils numériques fiables pour la gestion et l'intégration des énergies renouvelables. Ces dispositifs de communication destinés aussi bien aux clients qu'aux opérateurs du marché de l'électricité, permettent de collecter et de traiter les données relatives aux courbes de charges, à la puissance, à la tension et au comptage (Galléan, 2013). Cette expérience constitue une référence pour le Maroc.

Si le législateur marocain, à travers la loi n°82-21, reconnaît l'usage des compteurs intelligents, cette consécration reste centrée sur l'aspect technique et ne définit ni le statut juridique des données énergétiques, ni les conditions de leur exploitation, ni les responsabilités en cas de dysfonctionnement. Cette lacune crée un déséquilibre entre modernisation du service public énergétique et la protection des données privées.

1.2. Les implications environnementales et sociales de la numérisation des énergies renouvelables

Au-delà de la gouvernance énergétique, la numérisation des énergies renouvelables influence directement les objectifs du développement durable, en produisant des effets significatifs tant sur le plan environnemental que social.

1.2.1. La sobriété énergétique à l'épreuve du paradoxe écologique du numérique

L'intégration des technologies numériques dans la gestion des énergies renouvelables est présentée comme favorable à l'environnement. Elle trouve son écho dans l'Agenda 30, notamment dans le cadre de l'ODD 9 qui met en avant le rôle du numérique et des technologies pour soutenir la protection de l'environnement et la modernisation des infrastructures (The Global Goals, 2026). Cette intégration s'inscrit dans une logique de sobriété énergétique en

limitant la consommation de l'énergie et les pertes sur les réseaux, ce qui favorise la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la lutte contre les effets du changement climatique.

Cependant, le numérique compte des externalités négatives non négligeables. Il serait responsable de 3 à 4% des émissions à effet de serre, en constante augmentation, dans le monde (Jacquemin, 2023). En outre, l'exploitation des infrastructures numériques dans le cycle de gestion des énergies renouvelables mobilise des équipements lourds (serveurs, réseaux, data centers) dont la fabrication et le fonctionnement impliquent une consommation énergétique croissante.

Par ailleurs, les traitements massifs de données numériques, phénomène qualifié « *d'infobésité* »¹, accroissent les besoins énergétiques des centres de données. D'après les estimations rendues publiques en 2019 dans le *Digital Economy Compass*, leur volume annuel a été multiplié par plus de 20 ces dix dernières années, il devrait dépasser les 50 zettaoctets en 2021 et le seuil des 2 000 zettaoctets pourrait être franchi en 2035 (un zettaoctet correspond à mille milliards de gigaoctet) (Compiègne, 2021)

S'ajoute le risque de production de déchets électriques et électroniques, qui constitue une menace majeure pour l'environnement et pour la santé humaine. Selon un rapport publié en 2020, sous l'égide des Nations Unies, les déchets générés par les dispositifs et équipements électriques et électroniques ont atteint 53,6 millions de tonnes métriques en 2019 (Global E-waste Monitor, 2020).

Aussi, l'impact environnemental du numérique ne se limite pas uniquement à l'empreinte carbone, il inclut l'épuisement des ressources abiotiques fossiles et abiotiques naturelles. Environ deux tiers des métaux rares connus sur Terre sont exploités dans le domaine de l'informatique (LACHAPPELLE, 2023). Ces matières correspondent à tous les éléments chimiques recensés sur la Terre et répertoriés dans le tableau périodique appelé « Tableau de Mendeleïev »².

Dès lors, la numérisation du secteur des énergies renouvelables révèle une tension structurelle entre l'objectif de durabilité énergétique et les externalités négatives du numérique.

¹ L'infobésité désigne une masse d'informations gigantesque et protéiforme générée de manière exponentielle et provoquant une accélération sans précédent de la prolifération des données digitales.

² Le tableau de Mendeleïev est la classification des éléments chimiques selon leur numéro atomique et leurs propriétés, organisée en périodes (lignes) et groupes (colonnes) de manière à regrouper les éléments aux comportements chimiques similaires.

1.2.2. L'information environnementale et participation citoyenne : opportunités et risques d'exclusion numérique

Les technologies numériques favorisent l'effectivité du droit d'accès aux informations environnementales. Elles s'inscrivent dans la réalisation de l'ODD n°16 relatif à la promotion de la justice, de la paix, d'institutions efficaces, et plus particulièrement de sa cible n°10, qui vise à garantir un accès élargi des citoyens à l'information ainsi que la protection des libertés. L'accès aux informations environnementales renforce également la participation des différents acteurs et favorise la responsabilisation des institutions et des entreprises dans leurs activités. Dans ce cadre, la doctrine et les instruments juridiques européens, tels que les analyses consacrées au règlement relatif à l'écoconception ainsi que la directive 2002/96/CE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE), illustrent l'importance accordée au principe de la transparence et à la diffusion de l'information environnementale (NADIR & BOUCHAMA 2026).

Le numérique permet la mise à disposition progressive de ces données dans des registres électroniques consultables par le public grâce aux réseaux de télécommunications publics. Cette disponibilité de l'information permet une meilleure évaluation des impacts environnementaux des installations de production des énergies renouvelables (suivi, mesure, évaluation, etc.).

Ces avantages s'inscrivent dans une approche plus large du concept du numérique *responsable*. Celui-ci recouvre, d'une part, le *Green IT* qui désigne l'ensemble de pratiques adoptées par les organisations afin de limiter l'empreinte environnementale des TIC sur l'environnement. D'autre part, il englobe le « *Humain IT* » qui renvoie à une approche de déploiement des technologies de l'information plaçant l'être humain au centre du processus, dans une perspective respectueuse des valeurs éthiques et inclusives.

Cependant, la transformation pose un défi majeur d'acceptabilité sociale. Celle-ci renvoie à la disposition du consommateur à comprendre, à accepter et à adopter les nouvelles technologies, telles que les panneaux solaires, les compteurs intelligents, les pompes à chaleur etc.

A l'instar de la transition écologique, qui implique des enjeux de justice sociale, la transition numérique pourrait également aggraver le sentiment d'exclusion chez les individus qui maîtrisent peu ou mal les technologies numériques (DREZET-HUMEZ, 2023). Selon une enquête menée en 2025, d'importants écarts existent entre les zones urbaines et rurales. En 2024, environ 93,6 % des ménages urbains disposaient d'un accès à Internet, contre seulement 78,4 % en milieu rural (ANRT, 2025). Ces chiffres illustrent que, malgré un taux d'accès élevé

à Internet, condition préalable à l'utilisation des services numériques énergétiques, une partie importante de la population (environ 7,8 %) reste hors ligne.

En outre, l'illectronisme ou « *illettrisme électronique* » constitue une barrière pour les individus dépourvus des compétences nécessaires pour utiliser et créer des ressources numériques (Larousse, s.d.). Malgré l'expansion rapide des technologies numériques dans le pays, l'enquête précitée indique qu'environ 61,4 % des Marocains déclarent ne pas savoir ce qu'est l'intelligence artificielle.

Enfin, ces considérations conduisent à une réflexion plus large sur la dimension éthique de la technologie dans le contexte de la transition aussi bien énergétique que numérique. Il est donc permis d'affirmer qu'une technologie ne saurait être qualifiée de responsable que si son impact social et environnemental est neutre ou positif (LACHAPELLE, 2023). Les choix technologiques doivent ainsi être évalués non seulement à l'aune de leur efficacité technique et de leur rendement économique, mais aussi en tenant compte de leur contribution à la cohésion sociale, à l'inclusion numérique et à la préservation de l'environnement.

2. Les limites du cadre juridique marocain face à la transition numérique du secteur des énergies renouvelables

Bien que la numérisation du secteur des énergies renouvelables constitue un levier stratégique pour l'optimisation des performances énergétiques et de la modernisation des réseaux, elle soulève d'importants questionnements quant à sa conformité aux exigences juridiques, environnementales et sociales du développement durable. Cette transformation ne saurait être appréhendée comme une simple évolution technologique : elle s'inscrit dans un champ normatif complexe où se croisent les impératifs de sécurité des infrastructures critiques et de protection des données à caractère personnel.

2.1. Une construction juridique progressive mais incomplète

La numérisation des énergies renouvelables entraîne une mutation profonde des modes de gouvernance de l'énergie. Cette transformation génère des risques juridiques et sécuritaires tenant à la fois à l'inadaptation du cadre normatif existant et à la vulnérabilité cybernétique des infrastructures énergétiques. Elle impose dès lors un renforcement des exigences de sécurité juridique, de protection des données et de continuité du service public énergétique.

2.1.1. L'intégration fragmentaire du numérique dans le droit marocain de l'énergie

L'analyse du cadre juridique marocain relatif à la numérisation du secteur des énergies révèle une dynamique de construction progressive, mais inachevée, marquée par une logique davantage réactive que proactive.

Les premières références à la dimension numérique apparaissent de manière implicite mais significative dans la loi n° 48-15 relative à la régulation du secteur de l'électricité. Ce texte impose au Gestionnaire du Réseau Électrique National (GREN) de veiller à la sécurité, à la stabilité et à la fiabilité du réseau électrique national de transport, tout en garantissant la confidentialité des informations dont il a accès pendant l'exercice de ses missions (Article 2 de la loi n° 48-15, 2016). Ces exigences supposent le recours à des outils numériques et à des systèmes intelligents de gestion en temps réel des flux électriques, consacrant ainsi la donnée comme un nouvel objet de régulation juridique.

Cette orientation est renforcée par la loi n° 82-21 sur l'autoproduction d'électricité, qui consacre juridiquement le compteur intelligent comme dispositif électronique de mesure à la fois de l'électricité produite et de celle prélevée ou injectée dans le réseau national (Article 2 de la loi n°82-21, 2025). Son article 18 impose l'équipement des installations d'autoproduction en compteurs intelligents à des fins de facturation.

Parallèlement, le cadre juridique marocain du numérique s'est construit par une accumulation progressive de textes sectoriels adoptés à des périodes différentes, notamment les lois n°53-05 et n°09-08, les règles de Bank Al-Maghrib relatives aux paiements, les directives de l'ANRT et certaines dispositions du Code de commerce.

2.1.2. La protection des données et la cybersécurité des infrastructures énergétiques critiques

La numérisation expose les réseaux énergétiques à des risques cybernétiques croissants, faisant de ces actifs stratégiques des cibles privilégiées des attaques malveillantes (Beeker, 2023). A titre illustratif, au début du conflit russo-ukrainien en 2022, une cyberattaque ciblant les stations au sol du système satellitaire *KA-SAT*, exploité par l'entreprise *VIASAT*³ a indirectement impacté plusieurs parcs éoliens européens. Plus de 3000 éoliennes, principalement en Allemagne, ont été mises hors service pendant plusieurs jours (Mazzucchi, 2024). De même,

³ Viasat est une entreprise américaine de haute technologie, spécialisée dans les télécommunications par satellite, notamment dans les domaines de l'aviation civile, de la défense et des infrastructures critiques.

les cyberattaques d'espionnage industriel, dont le but est de faire dérober des données sensibles, constituent une menace pour les infrastructures énergétiques. En 2011, *Areva*⁴ a été la cible d'une telle attaque visant probablement à s'approprier des données liées à la R&D de cette entreprise.

Face à ces menaces, le Maroc a engagé une politique de renforcement normatif et institutionnel en matière de cybersécurité. Selon le rapport publié en 2024 par l'Union Internationale des Télécommunications, le Royaume a pu intégrer le groupe « Tier 1 », aux côtés de 45 autres Etats, marquant ainsi la consolidation de sa gouvernance cybernétique (Africa Cybersécurité Magazine, 2024).

Sur le plan sectoriel, l'Autorité Nationale de la Régulation de l'Électricité (ANRE) a approuvé en décembre 2021, le Code du Réseau Electrique National de Transport (CRENT), qui impose au Gestionnaire du Réseau d'instaurer des mesures techniques et organisationnelles afin d'assurer la sécurité des systèmes informatiques conformément aux exigences nationales en matière de cybersécurité. Son article 19 prévoit également l'obligation de traiter les données en conformité avec les dispositions de la loi n° 09-08 relative à la protection des personnes physiques au regard du traitement des données à caractère personnel et d'assurer la confidentialité des informations sensibles des usagers.

Dans la même dynamique, le projet de décret n° 804.24.2, pris en application de la loi n°82-21, définit les fonctionnalités du compteur intelligent, y compris les opérations à distance. L'article 21 prévoit que l'administration s'engage à digitaliser les procédures relatives aux régimes d'autoproduction en vue de faciliter l'accès des auto-producteurs aux informations et données concernant leurs demandes.

Cette législation est en outre portée par les dispositions de la loi n° 07-03, complétant le code pénal en matière d'infractions liées aux systèmes de traitement automatisé des données. Ce texte réprime, entre autres, les infractions relatives aux intrusions frauduleuses et aux atteintes au fonctionnement des dispositifs de traitement automatisé de données.

Par ailleurs, les acteurs du secteur énergétique sont également tenus de mettre en place des mécanismes de cybersécurité robustes, alignés sur les standards nationaux et conformes aux prescriptions de la loi n°05-20 relative à la cybersécurité. Cette loi élargit le champ d'application de ces obligations à l'ensemble des systèmes d'information des administrations

⁴ Areva est le géant industriel français du nucléaire. Il a été démantelé et restructuré en 2018 en deux branches : Orano pour les activités nucléaires et Framatome pour les réacteurs.

publiques, des collectivités territoriales, des établissements et entreprises publics ainsi que toute personne morale de droit public (Article 1 de la loi n°05-20, 2020).

Outre ce levier normatif transversal, plusieurs institutions et organismes nationaux contribuent à l'effort de sécurisation des infrastructures énergétiques. Il s'agit plus particulièrement des normes et directives émanant de la Direction Générale de la Sécurité des Systèmes d'Information (DGSSI), de la Commission Nationale de Contrôle de la Protection des Données à Caractère Personnel (CNCPCDP), ainsi que l'Agence de Développement du Digital (ADD). En complément, la Stratégie Nationale de Cybersécurité 2030 renforcée par les initiatives du secteur privé traduit une approche prospective visant à accroître la résilience des infrastructures critiques face aux menaces de cybersécurité (BELGAID, 2025) .

2.1.3. Le cadre juridique marocain à l'épreuve des standards internationaux de cybersécurité et de confiance numérique

L'analyse du cadre juridique marocain gagne à être éclairée par une approche comparative fondée sur les standards internationaux en matière de cybersécurité et de confiance numérique.

Au niveau international, la résolution 2341/2017 (17 février 2017) du Conseil de sécurité des Nations Unies souligne la nécessité de protéger les infrastructures critiques face aux attaques terroristes en mettant en évidence l'interdépendance et les liens transfrontaliers qui existent entre les infrastructures critiques des Etats, en particulier pour les biens et services essentiels à la société, tels que la production, le transport et la distribution de l'énergie ainsi que les transports terrestres, aériens et maritimes (ONEE, 2024).

Les modèles de contrats et recommandations de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (UNCITRAL) offrent également des lignes directrices pour la conclusion de transactions électroniques transfrontalières, ce qui est particulièrement pertinent pour les échanges de données énergétiques entre opérateurs internationaux (Yahaya Hamidou A. J., 2025).

A l'échelle régionale, la Convention de l'Union Africaine sur la cybersécurité, impose dans son article 25 que chaque État doit identifier par voie législative ou réglementaire les secteurs qualifiés comme sensibles pour sa sécurité nationale et pour le bon fonctionnement de l'économie (Union Africaine, 2014).

Si le cadre marocain demeure fragmenté, avec des réformes sectorielles et cloisonnées qui limitent l'efficacité, la lisibilité et l'interopérabilité des dispositifs de cybersécurité, le cadre

européen propose une approche intégrée et évolutive (ZERIOUH, 2025). La cybersécurité des infrastructures critiques repose sur la réglementation, qui compense la perception de la sécurité comme un coût par les acteurs économiques. L'Union Européenne a été pionnière avec la directive NIS (2018), suivie de NIS 2 et de CER (2022), qui imposent des obligations spécifiques aux Opérateurs d'Importance Vitale (OIV) et aux acteurs critiques transnationaux. (Mazzucchi, 2024).

En matière de confiance numérique et de cybersécurité, le règlement eIDAS de l'Union Européenne, relatif à l'identification électronique et aux services de confiance, établit un cadre permettant la mise en place de systèmes sécurisés et juridiquement reconnus, applicables notamment aux transactions et données numériques dans le secteur énergétique (Yahaya Hamidou A. J., 2025).

En France, l'ANSSI⁵ supervise les OIV en imposant des mesures techniques, organisationnelles et de formation pour renforcer la sécurité des systèmes d'information et garantir la résilience des installations essentielles, telles que les pipelines et lignes électriques.

2.2. Les insuffisances normatives et les perspectives d'un cadre juridique intégré

Le cadre normatif marocain applicable à la numérisation des énergies renouvelables est marqué par des insuffisances structurelles, se traduisant par une fragmentation des textes, une incertitude des régimes de responsabilité et l'absence d'une gouvernance intégrée des données énergétiques.

2.2.1. Fragmentation normative et indétermination des responsabilités

Malgré l'intégration progressive des outils numériques dans le secteur énergétique, cette évolution demeure essentiellement instrumentale. A titre d'exemple, la loi 82-21 appréhende le compteur intelligent comme un simple dispositif technique de mesure et de facturation, sans que soient clairement définis les régimes juridiques des données qu'il génère, les conditions de leur exploitation ni les responsabilités encourues en cas de défaillance technique ou de manipulation frauduleuse. Cette lacune révèle l'absence d'une approche juridique globale de la donnée énergétique en tant qu'objet autonome de régulation.

De plus, la loi n° 09-08, après plus de seize années d'application, présente des limites structurelles. Son architecture uniforme ne permet pas de différencier suffisamment les types de données sensibles (données d'énergie, données de santé, données à caractère judiciaire,

⁵ Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information

données de sécurité nationale etc.), ce qui justifie son amendement pour instaurer des régimes différenciés selon la nature des données concernées.

De surcroît, la loi n°13-09 qui constitue le cadre juridique fondamental qui organise et régle le secteur des énergies renouvelables, ne traite ni de la numérisation ni de la protection des données, révélant un vide juridique à combler pour les réseaux intelligents et l'IA.

Plus largement, la construction normative actuelle caractérisée par une accumulation de textes sectoriels engendre des contradictions normatives, une absence de socle commun définissant clairement les responsabilités numériques et un déficit manifeste de coordination entre les autorités compétentes.

La question de la responsabilité juridique en cas d'incident cybernétique demeure également insuffisamment clarifiée. Les contrats conclus entre les entreprises énergétiques et leurs prestataires techniques (hébergeurs, plateformes numériques, fournisseurs de services cloud ... etc), comportent rarement des clauses précises relatives aux obligations de sécurité, aux modalités de notification des violations, à la répartition des responsabilités.

En l'absence d'un cadre normatif spécifique dédié à l'intelligence artificielle dans le secteur énergétique, le droit positif continue de recourir aux régimes traditionnels de la responsabilité civile, en particulier la responsabilité du fait des choses et celle des produits défectueux Rezzouqui M. & Nadir B. (2024). Toutefois, ces mécanismes apparaissent partiellement inadaptés face à l'autonomie croissante des systèmes numériques et à la complexité des acteurs impliquées, ce qui justifie la nécessité d'une adaptation juridique afin de garantir à la fois la sécurité juridique des opérateurs et la protection des usagers.

Sur le plan institutionnel, la pluralité des acteurs impliqués dans la sécurisation des infrastructures énergétiques constitue à la fois une richesse et une source d'incertitude. La dispersion des compétences limite l'interopérabilité entre les acteurs concernés et engendre une dilution des responsabilités, notamment en situation de crise affectant les infrastructures énergétiques critiques.

2.2.2. La nécessité de repenser un cadre juridique unifié et intégré de la numérisation des énergies renouvelables

La mise en place d'un cadre normatif unifié apparaît indispensable afin de concilier deux impératifs complémentaires : favoriser l'innovation et la compétitivité par l'instauration d'un

environnement juridique stable et prévisible et garantir la protection des données personnelles des citoyens et la sécurité des infrastructures énergétiques critiques.

Cette harmonisation ne doit pas être réduite à une simple transposition mécanique de modèles étrangers, mais s'inscrire dans une logique d'adaptation au contexte juridique et institutionnel national, en cohérence avec les normes existantes en matière de cybersécurité, de responsabilité civile et de droit des contrats (YACOUBI, 2025). Aussi, La convergence entre le droit et la technologie implique une approche pluridisciplinaire permettant de concilier les exigences juridiques avec les contraintes techniques. L'intégration d'experts en données et en cybersécurité dans les processus de régulation permet ainsi aux législateurs d'anticiper plus efficacement les enjeux liés à la protection des données et des systèmes d'information (NADIR & BOUCHAMA 2026).

Face à la diversité des acteurs impliqués, la question de la mise en place d'un organisme public central de gouvernance des données mérite une attention particulière.

Le Maroc gagnerait à s'inspirer d'expériences réussies notamment celle de la Corée du Sud, qui a développé ces dernières années un dispositif juridique couvrant les données personnelles, publiques et industrielles, tout en assurant une gouvernance centralisée favorisant l'innovation technologique et la protection des droits fondamentaux (ZERIOUH, 2025). La stratégie nationale Corréenne baptisée « Data Dam » illustre cette approche, en structurant et en mutualisant massivement les données issues de sources publiques, privées et industrielles, au service du développement socio-économique et de la compétitivité numérique.

Conclusion

La numérisation du secteur des énergies renouvelables s'impose aujourd'hui comme un levier structurant de la transition énergétique au Maroc. Elle permet une gestion plus intelligente, flexible et intégrée des infrastructures énergétiques, contribuant à l'optimisation de la gouvernance du système électrique, à l'amélioration de la performance environnementale et à la consolidation des objectifs du développement durable.

Cependant, cette transformation numérique ne saurait être appréhendée uniquement sous l'angle de l'innovation technologique. Elle soulève, en parallèle des défis majeurs : la protection des données énergétiques, la cybersécurité des infrastructures critiques, l'encadrement juridique des usages numériques et la gestion des impacts environnementaux et socioéconomiques du numérique.

Ces défis traduisent la nécessité d'une régulation adaptative et d'une gouvernance intégrée, alignée sur les standards internationaux, capable de sécuriser les infrastructures et de favoriser l'innovation technologique dans le respect des droits fondamentaux.

Ainsi, l'effectivité de la transition numérique des énergies renouvelables repose sur la capacité des pouvoirs publics à mettre en place une gouvernance intégrée, fondée sur une articulation cohérente entre politiques énergétiques, numériques et de développement durable. Elle suppose également un renforcement du cadre juridique et institutionnel, ainsi qu'une coordination accrue entre les différents acteurs publics et privés.

En définitive, la numérisation ne peut être envisagée comme une fin en soi, mais comme un outil stratégique devant être encadré, sécurisé et orienté au service d'un modèle énergétique durable, résilient et socialement équitable.

Bibliographie :

1. Ouvrages

- CASTEL V. D. (2017). *Transition énergétique et changement climatique : enjeux et défis géo énergétiques de l'Union européenne*. Paris : Connaissances et Savoirs.
- COMPIEGNE I. (2021). *Le numérique*. Auxerre : Éditions Sciences Humaines.
- JACQUEMO P. (2021). *Le dictionnaire du développement durable*. Auxerre : Editions Sciences Humaines.
- JEAN-PIERRE M. Y. (2014). *Atlas Mondial des énergies : ressources, consommation et scénarios d'avenir*. Paris : Armand Colin.
- MIGNOT O. (2024). *La transformation digitale des entreprises : principes, exemples, mise en œuvre et impact social*. Paris : Dunod.

2. Chapitres d'ouvrage / contributions dans des ouvrages collectifs

- DENIS L.A. (2023). L'importance des aspects numériques des contrats « Product-as-a-Service » et leur contribution à l'économie circulaire. Dans A. L. Hervé Jacquemin (dir.), *Numérique et développement durable : Obstacles et opportunités pour le droit. De la transition numérique à la transition écologique*. Bruxelles : Larcier.
- FILIPPI P. (2017). Repenser le droit à l'ère numérique : entre la régulation technique et la gouvernance algorithmique. Dans V. M. Gautrais (dir.), *Droit et Machine* (3e éd.). Montréal : Thémis.
- JACQUEMIN H. (2023). Comment faire du consommateur un acteur de la transition écologique dans l'environnement du numérique. Dans A. L. Hervé Jacquemin (dir.), *Numérique et développement durable : obstacles et opportunités pour le droit*. Bruxelles : Larcier.
- LACHAPPELLE A. (2023). Le droit du numérique en transition : contours et enjeux. Dans A. L. Hervé Jacquemin (dir.), *Numérique et développement durable : obstacles et opportunités pour le droit*. Bruxelles : Larcier.
- KNOCKAERT M. (2023). Le cadre européen de l'information environnementale : à la croisée des enjeux démocratiques, sociétaux et économiques. Dans A. L. Hervé Jacquemin (dir.), *Numérique et développement durable : Obstacles et opportunités pour le droit*. Bruxelles : Larcier.

- NACHID M. & KETTANI M. (2014). Énergies renouvelables et développement durable au Maroc. Dans NADIR B. (dir.), *L'environnement et le développement durable : les nouvelles alternatives*. Rabat : El Maarif Al Jadida.

3. Articles de revue

- BEEKER É. (2023). Le numérique, une solution sous-utilisée pour répondre aux défis de la gestion des systèmes électriques. *Annales des Mines. Responsabilité & Environnement*, 110(2), 50-56.
- BELGAID M. (2025). Défis cybernétiques et infrastructures stratégiques au cœur de la transition numérique du Maroc. *La Revue Marocaine Des Politiques Publiques*, 28 (1), 43-69.
- DREZET-HUMEZ V. (2023). Des transitions verte et numérique ? *Annales des Mines. Responsabilité & Environnement*, 110, 28.
- GALLEAN G. (2013). Gérer les productions électriques intermittentes. Au cœur des smart grids, les gestionnaires de réseaux de distribution. *Annales des Mines. Responsabilité et environnement*, 69(1), 55-59.
- GEOFFRON P. (2017). Comment transition numérique et transition écologique s'interconnectent-elles ? *Annales des Mines - Responsabilité & environnement*, 87(3), 17-19.
- HABACHI R., et al. (2019). Recommendations and solutions to remove some barriers to the deployment of smart grids in Morocco. *International Journal of Power Electronics and Drive System*, 10(2), 744-752.
- HILMI, Y. (2024). L'intégration des systèmes de contrôle de gestion via les plateformes numériques. *Revue Economie & Kapital*, (25).
- HILMI, Y., & KAIZAR, C. (2023). Le contrôle de gestion à l'ère des nouvelles technologies et de la transformation digitale. *Revue Française d'Economie et de Gestion*, 4(4).
- IONESCU O. (2019). Investissement dans les « smart grids » : une approche par options réelles. *Revue française d'économie*, XXXIV (2), 109-163.
- JALILI Y. (2025). La digitalisation des transactions commerciales au Maroc : apports, limites et enjeux de la sécurité juridique. *Revue Internationale du Chercheur*, 6(4), 1559-1577.

- MAJIT N., & AMROUS N. (2024). L'Intelligence Artificielle au cœur de la transition énergétique : vers des réseaux électriques intelligents et durables au Maroc. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 219-242.
- MAZZUCCHI N. (2024). La cybersécurité des infrastructures énergétiques. *La Revue de l'Énergie*, 672(3). 34-39.
- MELIANI et al. (2021). Smart grid implementation in Morocco: Case study. *Materials Today: Proceedings*, 45, 7675-7679.
- MOÏSE, B. (2025). Intelligence artificielle dans toutes ses disciplines. *Revue Belge*, 11(130).
- NADIR. B & BOUCHAMA. M (2026). La Contribution du numérique à la protection de l'environnement : Défis juridiques, opportunités et perspectives », *Revue Internationale du chercheur* « Volume 7 : Numéro 1 », pp : 339-357.
- POPIOLEK, N. (2018). Le solaire photovoltaïque à l'ère numérique Un scénario sur les énergies renouvelables au cœur de la transition écologique. *Futuribles*, 425(4), 35-52.
- REZZOUQI M. & Nadir B. (2024). Les enjeux juridiques de l'application de l'intelligence artificielle dans la prévention et la gestion des risques liés à l'eau, *Revue Internationale du chercheur*, 5(3), 40-61.
- YACOUBI B. (2025). L'intégration de l'intelligence artificielle dans le processus contractuel : un champ d'opportunités confronté à des défis. *Revue Internationale du Chercheur*, 6(4), 1635-1651.

4. Rapports, textes juridiques et webographie institutionnelle

➤ Textes de lois

- Loi n°13-09 relative aux énergies renouvelables. B.O n°5822 (18 mars 2010).
- Loi n° 07-03 complétant le code pénal en ce qui concerne les infractions relatives aux systèmes de traitement des données automatisées. B.O n°5184 (05 février 2004).
- Loi n°48-15 relative à la régulation du secteur des télécommunications, B.O n°6480 (7 juillet 2016).
- Loi n°05-20 sur la cybersécurité, B.O n°6906 (6 août 2020).
- Loi n°82-21 relative à l'autoproduction de l'énergie électrique, B.O n°7400 (1^{er} mai 2025).
- Code du Réseau Électrique National de Transport. B.O n°7432 (21 août 2025).

➤ **Rapports institutionnels**

- Africa Cybersécurité Magazine. (2024). Rapport UIT 2024 : défis et progrès du continent africain.
- Conseil Économique, Social et Environnemental. (2020). *Accélérer la transition énergétique pour installer le Maroc dans la croissance verte.*
- Institut Royal des Etudes Stratégiques, (2020). *Développement des énergies solaire et éolienne au Maroc, enseignements et perspectives.*
- Ministère de la Transition Energétique et du Développement Durable (s.d.). *Stratégie des Secteurs de l'Énergie des Mines et de la Géologie.*
- ONEE. (2024). *Rapport d'activités Énergies électriques.*
- The Global E-waste Monitor. (2020). *Quantities, flows, and the circular economy potential,*

➤ **Webographie**

- Larousse. (2026) : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/illectronisme/188290>, consulté le 16 janvier 2026.
- Nations Unies. (2026). Objectif de développement durable n°9 : <https://sdgs.un.org/goals/goal9>. Consulté le 15 janvier 20226.
- Signify (Philips). (2026). Light as a Service-Schiphol Airport <https://www.signify.com/Philips-provides-Light-as-a-Service-to-Schiphol-Airport.html>. Consulté le 16 janvier 2026.