

RAPPORT DE RECHERCHE

CANADA
RESEARCH CHAIRS
CHAIRES DE
RECHERCHE DU
CANADA

UQAC



**Chaire de recherche du Canada
en technologie, durabilité et société**

RAPPORT DE RECHERCHE

Numérique responsable au Québec

Myriam ERTZ
Stéphanie VALLÉE
Kossi Daniel ABOKI
Guillaume BOURGEOIS
Mohamed CHERIET

12 mai 2026

Résumé exécutif — Le numérique responsable au Québec : vers une transition durable, inclusive et éthique

Le Québec se trouve à un moment charnière où s'accroissent simultanément la transition écologique et la transformation numérique. Ce rapport examine comment une approche de **numérique responsable** peut concilier innovation technologique, performance environnementale, inclusion sociale et éthique des usages, à l'échelle de l'État, des entreprises et des collectivités.

Inscrite dans le courant international *ICT for/through/in sustainability* (Santarius et Wagner, 2023 ; Klimova, 2018; Ertz et al., 2024), cette démarche interroge le rôle du numérique comme levier ou obstacle à la soutenabilité des sociétés contemporaines. Elle déplace la question de la performance vers celle du sens : à quelles conditions la technologie peut-elle contribuer à un modèle de développement réellement durable ?

Vers une sobriété numérique choisie

Le numérique responsable s'appuie sur la **sobriété numérique**, définie par le CEST (2024) comme la volonté de repenser la conception, l'usage et la gestion des technologies pour réduire leurs impacts et favoriser des choix justes, transparents et durables. Ses formes sont multiples : écoconception des services numériques, prolongation du cycle de vie des équipements, réduction de l'empreinte écologique des infrastructures, gouvernance éthique des données et sensibilisation à des usages plus raisonnés (Conseil de l'innovation du Québec, 2025).

Cette approche répond aux enjeux de consommation énergétique, d'extraction de ressources rares et de production de déchets électroniques (GreenIT.fr, 2021; Lannelongue et al., 2020), tout en invitant à ralentir l'innovation pour en renforcer la pertinence sociale et environnementale.

De la maturité numérique à la durabilité organisationnelle

Les travaux québécois récents (Tremblay et al., 2024; Bourgeois et al., 2025; Vallée et al., 2025; Quenum et al., 2025) proposent des **outils d'autoévaluation** permettant de mesurer la capacité des organisations à intégrer des critères écologiques, sociaux et éthiques dans leurs pratiques numériques.

Ces initiatives, dont le colloque CIRODD–OBVIA–CTDS de l'Acfas 2025, convergent vers un même objectif : dépasser la logique de “verdissement” du numérique pour repenser ses fondements — du design technologique à la gestion des données — dans une perspective de **cycle de vie, de modernité, d'équité et de gouvernance partagée**.

Un cadre d'action systémique

Le numérique responsable s'inscrit dans la continuité du développement durable, mais en propose une **opérationnalisation concrète** en passant:

- D'une innovation illimitée à une innovation choisie ;
- D'une gestion technocentrée à une gouvernance collective ;
- D'une vision centralisée à une approche territoriale du numérique.

Le rapport s'articule autour de quatre volets :

1. **Conceptualisation** : définir les origines et tensions du numérique responsable ;
2. **Impacts** : analyser les externalités environnementales et sociales ;
3. **Leviers d'action** : développer des indicateurs de maturité et des innovations frugales ;
4. **Défis et opportunités** : concilier écologie, régulation et culture numérique.

Pour un numérique au service du bien commun

Le numérique n'est durable que s'il devient **collectif, inclusif et orienté vers le bien commun**. Le Québec possède déjà des fondations solides comprenant un réseau de recherche engagé, des politiques publiques émergentes et un tissu entrepreneurial innovant. La prochaine étape consiste à transformer cette vision en **infrastructure collective**, fondée sur la sobriété, la justice et la participation citoyenne : un numérique conçu *par et pour les territoires*.

Table des Matières

Table des matières

.....	1
Résumé exécutif — Le numérique responsable au Québec : vers une transition durable, inclusive et éthique	3
Vers une sobriété numérique choisie.....	3
De la maturité numérique à la durabilité organisationnelle.....	3
Un cadre d’action systémique.....	4
Pour un numérique au service du bien commun.....	4
Table des Matières	5
Liste des Tableaux	7
Le numérique responsable au Québec : vers une transition durable, inclusive et éthique	8
1. Introduction – Du virage numérique à la responsabilité	8
2. Comprendre la transition numérique responsable	8
2.1. Définition et portée	8
2.2. De la numérisation à la durabilité numérique	9
2.2.1. De la performance technologique à la soutenabilité systémique	10
2.2.3. Vers une maturité numérique durable	10
2.3. Fondements éthiques et socio-techniques.....	11
2.3.1. L’audit capacitaire comme fondement éthique et décisionnel	12
<i>De l’audit de conformité à l’audit d’apprentissage</i>	12
<i>Un instrument de gouvernance éthique</i>	12
<i>Une approche transférable aux PME et aux territoires</i>	13
<i>Vers une gouvernance réflexive et ouverte</i>	13
3. L’état des lieux du numérique responsable au Québec	13
3.1. Un écosystème en transition	13
3.2. Recherche et gouvernance de la maturité	14
3.3. Inclusion et territorialité	14
4. Sobriété numérique et justice technologique	14
4.1. Une innovation choisie.....	14
4.2. Les deux niveaux de sobriété	15
4.3. Une question de justice	15

5. Gouvernance et éthique des systèmes numériques	15
5.1. Du contrôle à la co-gouvernance	15
5.1. Indicateurs capacitaires de gouvernance	15
Le Tableau 4 présente des indicateurs clés des dimensions capacitaires de la gouvernance, à savoir les dimensions technologique, organisationnelle, et sociétale.	15
6. Transformation organisationnelle et capacités dynamiques.....	16
6.1. De la stratégie à la résilience	16
6.2. Un levier de performance publique	17
7. Indicateurs, outils et cadres de mesure.....	17
Conclusion – Vers un numérique collectif et souverain	19
Pistes d’action pour le Québec	19
Bibliographie	20

Liste des Tableaux

Tableau 1. Les piliers de la démarche du numérique responsable.....	9
Tableau 2. Contributions portant sur la gouvernance de la maturité	14
Tableau 3. Les deux niveaux de sobriété	15
Tableau 4. Les indicateurs capacitaires de la gouvernance.....	16
Tableau 5. Cadres de mesure du numérique responsable	17
Tableau 6. Cadres de référence en numérique responsable	19
Tableau 7. Recommandations et indicateurs de suivi	20

Le numérique responsable au Québec : vers une transition durable, inclusive et éthique

« *Le défi du numérique n'est plus seulement d'innover, mais de choisir ce que nous voulons préserver.* »
— Flipo, 2022, p. 12 *Sens Public*

1. Introduction – Du virage numérique à la responsabilité

Depuis plus d'une décennie, le numérique s'impose comme levier de productivité, de connectivité et d'innovation. Mais au Québec, cette révolution s'accompagne d'un constat partagé : sans gouvernance éthique et écologique, la transition numérique risque d'aggraver les fractures sociales et environnementales plutôt que de les résoudre.

Selon GreenIT.fr (2021), le numérique mondial représente près de 4 % des émissions de gaz à effet de serre, un taux susceptible de doubler d'ici 2030 sans mesures correctives. La consommation énergétique des centres de données, la fabrication d'appareils électroniques et la surabondance d'usages non essentiels entraînent un impact écologique considérable (Lannelongue et al., 2020).

Au Québec, le Conseil de l'innovation du Québec (2025) et le *CEST* (2024) rappellent que le numérique ne peut être dissocié des impératifs de durabilité. La province se distingue par une forte concentration de compétences (ex. OBVIA, Chaire TDS, CIRODD) mais reste marquée par une hétérogénéité territoriale et organisationnelle.

L'objectif de ce rapport est donc de proposer une lecture intégrée de la **transition numérique responsable** — à la fois technologique, organisationnelle et sociétale — et d'en dégager des **pistes d'action** adaptées au contexte québécois.

2. Comprendre la transition numérique responsable

2.1. Définition et portée

Le **numérique responsable** désigne une démarche systémique visant à concilier innovation technologique, soutenabilité environnementale et justice sociale (Flipo, 2020 ; CEST, 2024). L'approche s'inscrit dans la continuité des principes de gouvernance éthique promus par la *Commission européenne* (2020), l'OCDE (2023) et l'ISO 26000.

Cette nouvelle conception s’inscrit dans la continuité des réflexions sur l’**Industrie 5.0** (European Commission, 2020 ; Vallée et al., 2025), qui vise à remettre l’humain et la planète au cœur de la productivité. Elle repose sur cette triple convergence de dimensions interdisciplinaires :

- **Technologique**, par l’intégration d’outils intelligents sobres et interopérables ;
- **Organisationnelle**, par la gouvernance éthique et participative des données ;
- **Sociétale**, par la recherche d’un équilibre entre innovation, inclusion et responsabilité.

Ainsi, la **durabilité numérique** ne se limite pas à la réduction de l’empreinte environnementale : elle implique une reconfiguration complète des relations entre acteurs humains et artefacts techniques. Dans la logique sociotechnique adoptée par la **Chaire TDS** et dont il est question dans le *rapport Gallant* (Vallée, 2025) portant sur le cas CASA SAAQClic, le numérique devient un système vivant d’interdépendances où la donnée, la décision et la durabilité sont interreliées.

Trois piliers structurent cette démarche tels que décrits dans le Tableau 1.

Tableau 1. Les piliers de la démarche du numérique responsable

Pilier	Objectif	Exemples au Québec
Technologique	Réduire l’empreinte énergétique et matérielle des technologies	Centres de données verts, écoconception logicielle (Lannelongue et al., 2020)
Organisationnel	Instaurer une gouvernance éthique, transparente et durable des données	Adoption de COBIT 2019, ISO/IEC 38505-1, audits capacitaires (Vallée et al., 2025)
Sociétal	Promouvoir inclusion, accessibilité et participation citoyenne	Projets OBVIA, laboratoires vivants régionaux (Jagou et Raufflet, 2025)

Cette vision dépasse la simple conformité technique : elle introduit un changement de paradigme où **le numérique devient un bien commun** plutôt qu’un outil d’exploitation.

2.2. De la numérisation à la durabilité numérique

Les travaux de Tilson et al. (2010) ont posé les bases d’une compréhension dynamique du numérique comme processus évolutif. Ils distinguent trois étapes interdépendantes :

1. **Numérisation**, soit la conversion d’informations analogiques en données exploitables ;
2. **Informatisation**, correspondant à l’intégration du numérique dans les processus internes pour accroître l’efficacité ;
3. **Transformation numérique**, marquant la refonte complète des modèles d’affaires et des modes de gouvernance.

Or, cette troisième étape, dominante depuis deux décennies, ne suffit plus à répondre aux défis environnementaux et sociaux contemporains. La simple adoption de technologies ne garantit ni inclusion, ni durabilité. C'est pourquoi Vallée et al. (2025), ainsi que Bourgeois et al. (2025), proposent une **quatrième phase : la transformation numérique durable**, où la technologie devient instrument de soutenabilité sociale, écologique et organisationnelle.

2.2.1. De la performance technologique à la soutenabilité systémique

La durabilité numérique repose ainsi sur une approche **capacitaire et réflexive**, qui considère la maturité numérique d'une organisation non comme un état, mais comme une trajectoire d'apprentissage. Dans cette perspective, les organisations ne sont pas seulement évaluées sur leurs performances technologiques, mais sur leur **aptitude à gouverner leurs infrastructures et leurs données de manière éthique et durable**.

À titre d'exemple, le *rapport Gallant* (Vallée, 2025) souligne à cet effet que la majorité des échecs de transformation numérique publique, tels que ceux observés dans les projets SAAQclic et CASA, découlent d'une **sous-estimation des capacités de gouvernance** : incapacité à anticiper les externalités, fragmentation des données, et dépendance excessive à des infrastructures mondiales. Ces constats plaident pour un **audit capacitaire**, non plus centré sur la conformité, mais sur la compétence collective à piloter des systèmes numériques complexes.

2.2.3. Vers une maturité numérique durable

La maturité numérique durable consiste donc à avancer pas-à-pas vers une maturité numérique croissante, de manière responsable et soutenable. Cette vision se traduit dans les travaux récents menés au Québec :

- Le modèle **PME 5.0** (Vallée, 2025; Quenum et al., 2025) mesure la maturité numérique durable à partir de quatre indicateurs : le baromètre de la maturité numérique, la gouvernance des données, la littératie numérique, et la gestion durable de la transformation numérique.
- Le cadre **WeNR** (Bourgeois et al., 2025) propose des indicateurs de performance environnementale et sociale relatifs aux infrastructures numériques.

De plus, ces travaux tiennent en compte les normes **COBIT 2019** (ISACA, 2019) et **ISO 38505-1** (ISO, 2019) offrant un langage commun pour la gouvernance intégrée des données.

En combinant ces approches, la durabilité numérique devient un **système de gouvernance multiniveaux** : elle articule la compétence technologique (savoir-faire), la capacité décisionnelle (savoir gouverner) et la responsabilité éthique (savoir pourquoi).

2.3. Fondements éthiques et socio-techniques

Le **Conseil de l'innovation du Québec (2024)** et la **Commission de l'éthique en science et en technologie (CEST, 2024)** insistent sur une **éthique « par conception »**, intégrée dès la planification des projets numériques. Cette approche vise à anticiper les effets sociaux, environnementaux et institutionnels des technologies, plutôt que de les corriger a posteriori. L'éthique par conception s'appuie sur trois principes fondamentaux :

- **Transparence algorithmique**, garantissant la traçabilité, l'explicabilité et la reddition de comptes des décisions automatisées (Hizam-Hanafiah et al., 2022) ;
- **Justice numérique**, entendue comme la recherche d'équité et d'inclusion dans l'accès, la représentation et le traitement des données (Riffon et Tremblay, 2025) ;
- **Participation citoyenne**, favorisant la co-construction des politiques et l'acceptabilité sociale des innovations (Jagou et Raufflet, 2025).

Ces principes s'ancrent dans une **vision sociotechnique du numérique**, où l'humain, les technologies et les institutions se nourrissent mutuellement (Orlikowski et Scott, 2008). Le numérique n'est donc pas neutre : il agit sur les comportements, les pratiques professionnelles, la gouvernance publique et les rapports de pouvoir.

Le *rapport Gallant* (Vallée, 2025) prolonge cette réflexion en soulignant que l'éthique du numérique doit reposer sur **trois ancrages structurants** :

1. **La transparence institutionnelle**, c'est-à-dire la capacité des organisations publiques à rendre compte des algorithmes, des critères de décision et des chaînes de responsabilité. Cette exigence rejoint les recommandations du rapport Gallant (Vallée, 2025) qui couvre les aspects de la gouvernance éthique, préconisant une culture d'auto-audit interne en continu et complète des processus de transformation numérique, ainsi que des institutions créées à des fins de gouvernance éthique de la transformation numérique durable de l'État.
2. **La capacité réflexive**, qui désigne l'aptitude des acteurs à comprendre et à ajuster leurs pratiques numériques au fil du temps, en fonction des impacts observés. Cette dimension s'appuie sur la culture de l'« audit capacitaire » développée à la Chaire TDS, qui relie les niveaux de maturité numérique à la gouvernance éthique des données et à la durabilité organisationnelle.
3. **La responsabilité partagée**, qui implique la collaboration entre acteurs publics, privés et citoyens dans la régulation des usages numériques. Ce modèle de gouvernance multiniveaux — proposé à la fois pour l'État et les PME — fait du citoyen un acteur de la transformation numérique durable, et non un simple usager passif.

Ainsi, les fondements éthiques du numérique responsable ne peuvent être dissociés de ses **fondements sociotechniques**, à savoir l'infrastructure matérielle (serveurs, IA, flux de données) et l'infrastructure sociale (valeurs, normes, pratiques de gouvernance) qui doivent être pensées conjointement. Le *rapport Gallant* (Vallée, 2025) montre que l'échec de plusieurs grands projets publics provient précisément de l'absence d'un tel arrimage entre les logiques techniques

et les logiques humaines — un constat également valable pour les organisations privées en transformation numérique.

Cette posture éthique intégrée s'inscrit enfin dans la mouvance du **numérique responsable** tel que défini par plusieurs instances québécoises. Elle cherche à **rendre visibles les externalités** (sociales, environnementales, démocratiques) de la transformation numérique, à **prévenir les asymétries de pouvoir** liées aux données, et à **replacer la finalité du numérique au service du bien commun**.

2.3.1. L'audit capacitaire comme fondement éthique et décisionnel

L'**audit capacitaire** propose donc de dépasser la logique traditionnelle de conformité, centrée sur la reddition financière et la conformité réglementaire, pour évaluer la **capacité réelle d'une organisation à apprendre, à s'adapter et à gouverner ses systèmes numériques de manière responsable**.

De l'audit de conformité à l'audit d'apprentissage

Alors que les audits classiques mesurent des écarts par rapport à une norme, l'audit capacitaire s'intéresse à la **marge de progression** : il évalue les compétences, les processus et les ressources nécessaires pour renforcer la maturité numérique et éthique d'une organisation. Selon Vallée (2025), cette approche repose sur une grille à double lecture :

- (1) **La dimension technique**, qui analyse la robustesse des infrastructures, la qualité des données et la maîtrise des outils numériques ;
- (2) **La dimension humaine et institutionnelle**, qui observe la gouvernance, la culture organisationnelle, la transparence et la collaboration intersectorielle.

Cette double lecture sociotechnique vise à comprendre non seulement *ce que fait* l'organisation, mais *comment et pourquoi* elle le fait, en lien avec ses valeurs, ses responsabilités et ses impacts.

Un instrument de gouvernance éthique

Dans le contexte des politiques publiques, le rapport Gallant (Vallée, 2025) positionne l'audit capacitaire comme un **outil de régulation éthique**. Il permet d'évaluer :

- (1) La capacité d'une institution à anticiper les risques technologiques et éthiques (ex. : biais algorithmiques, dépendance aux fournisseurs, effets rebond énergétiques) ;
- (2) La qualité de ses processus décisionnels (ex. : participation citoyenne, publication des algorithmes, transparence contractuelle) ;
- (3) Le degré d'autonomie et de compétence numérique de ses acteurs internes.

L'audit capacitaire devient ainsi une **boussole démocratique**, favorisant la reddition de comptes fondée sur la compétence et la responsabilité, plutôt que sur la seule conformité documentaire.

Une approche transférable aux PME et aux territoires

Initialement développée pour le secteur public, cette approche s'avère particulièrement pertinente pour les **PME** et les **collectivités territoriales** en transition numérique. En combinant les cadres *PME 5.0* (Vallée, 2025), *WeNR* (Bourgeois et al., 2025) et *COBIT 2019* (ISACA, 2019), l'audit capacitaire permet d'adapter la gouvernance éthique à différents contextes d'échelle, et ce, de l'entreprise à l'État.

Il devient un levier d'**apprentissage collectif**, soutenant la montée en compétence numérique tout en préservant les principes de sobriété, de justice et de transparence.

Vers une gouvernance réflexive et ouverte

Enfin, l'audit capacitaire promeut une **gouvernance réflexive**, c'est-à-dire une capacité institutionnelle à revisiter ses propres cadres d'action à la lumière des retours d'expérience, des données et des indicateurs.

Inspirée des approches d'**éthique de la délibération** et de la **sociomatérialité** (Orlikowski et Scott, 2008), cette méthode considère le numérique comme un espace d'interaction entre acteurs humains, machines et institutions.

L'enjeu n'est donc plus uniquement d'atteindre des cibles de performance, mais de **renforcer la maturité décisionnelle**, condition préalable à toute transformation numérique durable et démocratique.

3. L'état des lieux du numérique responsable au Québec

3.1. Un écosystème en transition

Le Québec dispose d'un réseau d'acteurs engagés, dont le *Ministère de la Cybersécurité et du Numérique*, l'*OBVIA*, le *CEST*, et la *Chaire TDS*. Leur convergence autour d'un même objectif — réduire l'empreinte écologique tout en démocratisant les usages — fait du Québec un laboratoire unique de gouvernance numérique territoriale (Bourgeois et al., 2025 ; Vallée, 2023).

Cependant, les disparités persistent avec les grandes organisations qui adoptent plus facilement des stratégies durables que les PME régionales, souvent freinées par un manque de ressources, de formation et d'interopérabilité (Vallée et al., 2025).

3.2. Recherche et gouvernance de la maturité

Le Tableau 2 récapitule un échantillon de trois contributions structurant l’approche québécoise proposée dans nos travaux.

Tableau 2. Contributions portant sur la gouvernance de la maturité

Référence	Apport principal
Tremblay et al. (2024)	Montre le lien entre technologies numériques et économie circulaire.
Bourgeois et al. (2025)	Propose un cadre de maturité technologique durable avec indicateurs environnementaux.
Vallée et al. (2025)	Développe une plateforme de services d’auto-audits de la maturité numérique durable (PME 5.0) liant transformation numérique, innovation et gestion durable.

Ces travaux partagent une même ambition, à savoir transformer la numérisation en levier d’apprentissage collectif et d’équité territoriale.

3.3. Inclusion et territorialité

L’inclusion numérique est d’abord territoriale. Des initiatives comme celles de l’OBVIA et du *Conseil de l’innovation du Québec* (2024) encouragent la mise en place de stratégies adaptées aux régions éloignées. Le rapport *Prêt pour l’IA* (CIQ, 2024) rappelle que la transformation numérique doit être un levier d’autonomisation régionale, pas un privilège métropolitain.

Dans la même lignée, Vallée et al. (2025) montrent que les PME régionales peuvent atteindre des niveaux de maturité durable équivalents aux grands centres, à condition d’un accompagnement structuré et d’un partage de données éthiques.

4. Sobriété numérique et justice technologique

4.1. Une innovation choisie

La sobriété numérique vise à utiliser les technologies de manière raisonnée, en se demandant avant chaque déploiement : « *Ce service est-il nécessaire ? À quel coût social et écologique ?* » (Flipo, 2020 ; CEST, 2024). Ce n’est pas une restriction, mais une innovation choisie, alignée sur les besoins réels et les limites planétaires.

4.2. Les deux niveaux de sobriété

Le Tableau 3 présente les deux niveaux d'analyse du concept de sobriété.

Tableau 3. Les deux niveaux de sobriété

Type	Objectif	Exemples
Technique	Réduire la consommation et prolonger la durée de vie	Optimisation logicielle, mutualisation d'infrastructures, infonuagique vert (Lannelongue et al., 2020)
Organisationnelle	Repenser la gouvernance et les pratiques	Plans de réduction des données stockées, formations éthiques, indicateurs de durabilité (Bourgeois et al., 2025)

Cette double approche invite à considérer la sobriété non comme une contrainte, mais comme un nouveau modèle d'efficacité.

4.3. Une question de justice

Riffon et Tremblay (2025) affirment que la sobriété numérique n'a de sens que si elle s'accompagne de justice numérique avec un accès équitable, de la transparence et une participation citoyenne aux décisions technologiques. Ce principe rejoint Vallée et al. (2025), pour qui la maturité numérique durable repose sur la **redistribution des capacités** techniques, sociales et décisionnelles à l'échelle régionale.

5. Gouvernance et éthique des systèmes numériques

5.1. Du contrôle à la co-gouvernance

Les gouvernements ont longtemps privilégié une logique de conformité. Or, la gouvernance numérique responsable repose sur la collaboration entre État, chercheurs, entreprises et citoyens (Ansell et Gash, 2018). Cette approche s'apparente à l'*Industrie 4.0 allemande* (Acatech, 2013 ; Schuh et al., 2020) et au modèle suisse d'IA publique ouverte (Swiss Data Science Center, 2023), où la gouvernance technique devient un **outil d'apprentissage collectif**.

5.1. Indicateurs capacitaires de gouvernance

Le Tableau 4 présente des indicateurs clés des dimensions capacitaires de la gouvernance, à savoir les dimensions technologique, organisationnelle, et sociétale.

Tableau 4. Les indicateurs capacitaires de la gouvernance

Dimension	Indicateurs clés	Cible
Technologique	Taux d'interopérabilité, portabilité des données, empreinte carbone des modèles	Infrastructure verte et interopérable
Organisationnelle	Couverture RACI des rôles <i>data</i> , audits capacitaires annuels	Gouvernance claire et transparente
Sociétale	Taux de données ouvertes coproduites, accessibilité universelle, confiance citoyenne	Inclusion et légitimité publique

Ces indicateurs peuvent être intégrés dans les rapports publics annuels et suivis via des tableaux de bord territoriaux. La Chaire Technologie Durabilité Société travaille en ce moment à établir ce niveau d'information avec son projet de recherche PME 5.0, en collaboration avec des partenaires de l'écosystème de développement économique et des experts interdisciplinaires à travers le Québec impliqués dans la transformation numérique durable.

6. Transformation organisationnelle et capacités dynamiques

6.1. De la stratégie à la résilience

S'inspirant de Teece et al. (1997), la transformation numérique durable repose sur trois capacités :

1. **Percevoir** les opportunités numériques ;
2. **Saisir** les leviers d'innovation responsable ;
3. **Reconfigurer** les ressources organisationnelles pour un impact soutenable.

Les recherches de Vallée et al. (2025) et de Jagou et Raufflet (2025) montrent que les organisations qui développent ces capacités obtiennent une meilleure résilience socio-numérique, notamment dans les PME régionales.

6.2. Un levier de performance publique

La mesure de ces capacités pourrait être intégrée dans la planification stratégique gouvernementale. L'État devient alors un **chef d'orchestre normatif**, garantissant la cohérence entre innovation, inclusion et durabilité, à l'image du rôle joué par l'Allemagne dans l'Industrie 4.0 (Kagermann et al., 2013).

7. Indicateurs, outils et cadres de mesure

Le déploiement d'un numérique responsable au Québec exige des **cadres de mesure partagés** permettant d'évaluer la progression réelle des organisations, des territoires et des institutions publiques. Ces outils traduisent des principes éthiques et environnementaux en **indicateurs opérationnels**, favorisant la reddition de comptes, la transparence et l'apprentissage collectif. Les cadres présentés dans le Tableau 5, issus à la fois d'initiatives québécoises et internationales, forment une architecture de référence pour la mise en place d'un **baromètre québécois du numérique responsable**, amorcé par la Chaire TDS et le CIRODD en 2025.

Tableau 5. Cadres de mesure du numérique responsable

Cadre de référence	Origine	Utilité principale
ISO 26000 / 38505-1 (ISO) (2017)	International	Normes de référence en matière de responsabilité sociétale et de gouvernance des données. ISO 26000 encadre les impacts sociaux et environnementaux des activités numériques, tandis que ISO 38505-1 précise les exigences de gouvernance responsable des données dans les systèmes d'information.
COBIT 2019 (ISACA)	International	Cadre de gouvernance et de gestion des technologies de l'information. Permet d'aligner la stratégie numérique sur les objectifs de performance, de conformité et de durabilité. Intègre des niveaux de maturité et de responsabilité clairement définis pour chaque processus, essentiels à la gouvernance éthique des données.
Cadre de gouvernance des données publiques (OCDE, 2023)	International	Référence stratégique pour la gestion des données à l'échelle des États. Propose des principes d'ouverture, d'interopérabilité et de reddition de comptes, soutenant la création de "communs de données" et la transparence des algorithmes utilisés dans les services publics.
PME 5.0 / Vallée (2025)	Québec	Outil d'autoévaluation de la maturité numérique durable des entreprises, intégrant quatre dimensions : gouvernance des données, stratégie, transformation numérique et gestion durable. Sert à diagnostiquer les forces et faiblesses

Cadre de référence	Origine	Utilité principale
ISO 26000 / 38505-1 (ISO) (2017)	International	Normes de référence en matière de responsabilité sociétale et de gouvernance des données. ISO 26000 encadre les impacts sociaux et environnementaux des activités numériques, tandis que ISO 38505-1 précise les exigences de gouvernance responsable des données dans les systèmes d'information.
COBIT 2019 (ISACA)	International	Cadre de gouvernance et de gestion des technologies de l'information. Permet d'aligner la stratégie numérique sur les objectifs de performance, de conformité et de durabilité. Intègre des niveaux de maturité et de responsabilité clairement définis pour chaque processus, essentiels à la gouvernance éthique des données.
Cadre de gouvernance des données publiques (OCDE, 2023)	International	Référence stratégique pour la gestion des données à l'échelle des États. Propose des principes d'ouverture, d'interopérabilité et de reddition de comptes, soutenant la création de "communs de données" et la transparence des algorithmes utilisés dans les services publics.
		organisationnelles selon une logique capacitaire et à orienter les plans d'action vers la durabilité.
WeNR / Bourgeois et al. (2025)	Québec	Méthodologie d'évaluation environnementale et sociale des services numériques, issue des travaux du CIRODD. WeNR propose des indicateurs pour mesurer la performance écologique (empreinte carbone, consommation énergétique) et la qualité sociale (accessibilité, inclusion) des infrastructures et applications numériques.

Vers un baromètre québécois du numérique responsable

La convergence de ces cadres ouvre la voie à un **baromètre intégré**, permettant d'évaluer à la fois la **maturité organisationnelle**, la **responsabilité environnementale**, la **gouvernance éthique** et la **performance sociétale** du numérique au Québec. Ce baromètre s'appuiera sur quatre niveaux d'indicateurs :

1. **Technologiques** : efficacité énergétique, portabilité des données, transparence des algorithmes.
2. **Organisationnels** : clarté des rôles (RACI), processus d'audit interne, formations en gouvernance des données.
3. **Sociétaux** : accessibilité, inclusion numérique, acceptabilité sociale des projets.
4. **Territoriaux** : capacité régionale à mutualiser les infrastructures et à produire des données locales ouvertes.

L'objectif est de permettre à chaque organisation, publique ou privée, de se situer dans une **trajectoire de progression vers un numérique sobre, équitable et durable**, tout en contribuant à un **cadre comparatif provincial** aligné sur les meilleures pratiques internationales.

En somme, ce système de mesure consolide la gouvernance du numérique responsable autour de trois piliers :

- La **redevabilité** (mesurer et rendre compte des impacts);
- La **capabilité** (développer les compétences internes);
- La **transparence** (assurer la confiance du public et la légitimité des politiques numériques).

Le Tableau 6 offre un rappel des cadres de référence pour l'évaluation du numérique responsable.

Tableau 6. Cadres de référence en numérique responsable

Cadre de référence	Origine	Utilité
ISO 26000 / 38505-1 (2017)	International	Responsabilité sociale et gouvernance des données
COBIT (2019)	International	Gouvernance intégrée des données
OCDE (2023)	International	Cadre pour la gouvernance de la donnée publique
PME 5.0 / Vallée et al. (2025)	Québec	Autoévaluation de la maturité numérique durable
WeNR / Bourgeois et al. (2025)	Québec	Évaluation environnementale et sociale

Ces cadres forment la base d'un **baromètre québécois du numérique responsable**, déjà amorcé par la Chaire TDS et le CIRODD.

Conclusion – Vers un numérique collectif et souverain

La transition numérique québécoise ne peut plus être pensée uniquement sous l'angle de l'efficacité. Elle doit devenir un **projet de société** alliant innovation, inclusion et sobriété.

Comme le rappellent Vallée et al. (2025) et le CEST (2024), la durabilité numérique repose autant sur des choix technologiques que sur des valeurs de coopération, de transparence, de solidarité et d'autonomie territoriale.

Pistes d'action pour le Québec

Le Tableau 7 ci-dessous présente quelques recommandations stratégiques par axe, arrimées à des indicateurs de suivi potentiels.

Tableau 7. Recommandations et indicateurs de suivi

Axe	Recommandation stratégique	Indicateur de suivi
Technologique	Mettre en place un standard québécois de sobriété numérique (écoconception, infonuagique vert)	% d'organisations certifiées NR
Organisationnel	Intégrer les audits capacitaires dans les politiques publiques et parapubliques	Nombre d'audits réalisés annuellement
Sociétal	Créer un observatoire citoyen du numérique durable	Niveau de confiance publique mesuré
Territorial	Soutenir des <i>communs de données</i> régionaux inter-MRC	Nombre de plateformes ouvertes actives
Formation	Développer une <i>Académie du numérique responsable</i> appuyée par les universités et les CCTT	Nombre de participants formés par an

En résumé

Le Québec dispose aujourd'hui des ressources intellectuelles, institutionnelles et technologiques pour devenir un chef de file du numérique responsable. La clé réside dans la coordination entre acteurs publics, privés et citoyens et dans la reconnaissance du numérique comme bien collectif au service de la transition socioécologique.

Bibliographie

- Acatech (National Academy of Science and Engineering) (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion. <https://en.acatech.de/publication/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0/>
- Acatech (2018). *Industrie 4.0 Maturity Index – Managing the digital transformation*. Acatech. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf
- Allouli, F., et Boumeska, A. (2023). L'impact de la transformation digitale sur l'audit externe : nouvelles perspectives et pratiques émergentes. *Revue des Sciences de Gestion*. <https://www.researchgate.net/publication/375519430>
- Ansell, C., et Gash, A. (2018). Collaborative platforms as a governance strategy. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 28(1), 16–32. <https://doi.org/10.1093/jopart/mux030>

- Arushanyan, Y., Ekener-Petersen, E., et Finnveden, G. (2014). Lessons learned—Review of LCAs for ICT products and services. *Computers in Industry*, 65(2), 211–234. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.10.003>
- Berger-Douce, S. (2019). Transition numérique et engagement RSE en PME : une lecture par la gestion des paradoxes ? *@GRH*, 33(4), 91–118.
- Bourgeois, G., Cheriet, M., Angulo, G., El-Zein, H., et Courboulay, V. (2025). *Faire progresser la durabilité grâce à la maturité numérique : Une approche ouverte pour évaluer la responsabilité environnementale des organisations québécoises*. CIRODD.
- Cavestro, W. (1984). Automatisation, organisation du travail et qualification dans les PME : Le cas des machines-outils à commande numérique. *Sociologie du travail*, 434–446.
- CEST (2024). *Avis sur la sobriété numérique : Pour une utilisation éthique et responsable du numérique au Québec*. Gouvernement du Québec. https://www.ethique.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/wayd3cqj_cest_avis-sur-la-sobriete-numerique.pdf
- Chaabane, A., et Jabbarzadeh, A. (2024). Circular supply chain strategies and digital transformation. *Journal of Cleaner Production*, 436, 139922. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139922>
- Commission européenne (2020). *Shaping Europe's digital future*. Publications Office of the European Union.
- Conseil de l'innovation du Québec (2024, février). *Prêt pour l'IA : Répondre au défi du développement et de l'utilisation responsables de l'intelligence artificielle au Québec*. https://conseilinnovation.quebec/wp-content/uploads/2024/02/Rapport_IA_CIQ-1.pdf
- Conseil de l'innovation du Québec (2025). *Rapport sur le numérique responsable au Québec*. Gouvernement du Québec. <https://conseilinnovation.quebec>
- DAMA International (2017). *The DAMA guide to the data management body of knowledge (DAMA-DMBOK 2)*. Technics Publications.
- Deltour, F., Le Gall, S., et Lethiais, V. (2016). Le numérique transforme-t-il le lien entre territoire et innovation ? Une étude empirique sur les PME. *Revue d'économie industrielle*, (156), 23–55.
- Descamps, S., Boumazguida, K. A. R. I. M., Temperman, G., et De Lièvre, B. (2023). Sobriété numérique et acteurs de l'éducation : analyse croisée de leur sentiment de compétence et de leurs usages déclarés. *Distances et médiations des savoirs*, (43).
- Descamps, S., Temperman, G., et Lièvre, B. D. (2022). Vers une éducation à la sobriété numérique. *Humanités numériques*, (5).

- Deron, J. (2024). Transition socio-écologique et gouvernance des innovations. *Revue Natures Sciences Sociétés*, 32(3), 267–280.
- Ertz, M., Tandon, U., Sun, S., Torrent-Sellens, J., Sarigöllü, E., (Dir.) (2024). *The Palgrave Handbook of Digitalization for Sustainable Development in Society*. Londres: Palgrave Macmillan.
- European Commission (2020). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/308407>
- European Commission (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Flipo, F. (2020). *Sobriété numérique : Les clés pour agir*. Éditions de l'Échappée.
- Flipo, F. (2021). L'impératif de la sobriété numérique. *Cahiers Droit, Sciences et Technologies*, (13), 29–47.
- Flipo, F. (2022). L'enjeu de la sobriété numérique : état des lieux en France. *Sens Public*, 1–35. <https://doi.org/10.7202/1098405ar>
- Garzoni, A., De Turi, I., Secundo, G., et Del Vecchio, P. (2020). Fostering digital transformation of SMEs: A four levels approach. *Management Decision*, 58(8), 1543–1562. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2019-0939>
- GreenIT.fr (2021). *Empreinte environnementale du numérique mondial : État des lieux 2021*. <https://www.greenit.fr/etude-empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>
- Haldar, S., et Sethi, D. (2022). Sustainable digitalization and environmental management. *Sustainable Development*, 30(6), 1271–1285. <https://doi.org/10.1002/sd.2312>
- Hizam-Hanafiah, N., Soomro, M. A., et Abdullah, N. H. (2022). Industry 5.0: A systematic review of management and sustainability perspective. *Sustainability*, 14(16), 10141. <https://doi.org/10.3390/su141610141>
- ISACA (2019). *COBIT 2019 Framework: Governance and management objectives*. Rolling Meadows, IL: ISACA.
- ISO (2010). *ISO 26000:2010 — Guidance on social responsibility*. International Organization for Standardization.
- ISO (2019). *ISO/IEC 38505-1:2019 — Governance of data within the use of IT*. International Organization for Standardization.

- Jagou, A., et Raufflet, E. (2025). Digital sustainability governance in territorial ecosystems: Co-constructing public policies for responsible innovation. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144932>
- Jagou, F., et Raufflet, E. (2025). Co-construction des politiques publiques et transitions socioécologiques. *Revue Organisations et Territoires*, 34(1), 45–63.
- Klimova, A. (2018). ICT for sustainability: Challenges and opportunities. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 27, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.10.001>
- Kouroupetroglou, G., et Tselios, N. (2021). A systematic review on sustainability in digital transformation. *Sustainability*, 13(14), 7664. <https://doi.org/10.3390/su13147664>
- Lannelongue, L., Grealey, J., et Inouye, M. (2020). Green algorithms: Quantifying the carbon footprint of computation. *Patterns*, 1(9), 100038. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100038>
- Lopez, D., Farooq, M., et Danquah, J. (2022). Assessing the environmental impact of cloud computing. *Journal of Cleaner Production*, 364, 132578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132578>
- Mandinaud, V., Teissier, C., Brugière, A., et Archias, P. (2022). Pour une transformation numérique inclusive des TPE-PME. *Les Cahiers du Développement Social Urbain*, 75(1), 16–18.
- OCDE (2023). *Data governance for growth and well-being*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/8f4c9b34-en>
- Orlikowski, W. J., et Scott, S. V. (2008). Sociomateriality: Challenging the separation of technology, work and organization. *The Academy of Management Annals*, 2(1), 433–474.
- Quenum, G. G. Y., Vallée, S., & Ertz, M. (2025). The Digital Maturity of Small-and Medium-Sized Enterprises in the Saguenay-Lac-Saint-Jean Region. *Machines*, 13(9), 835. <https://doi.org/10.3390/machines13090835>
- Riffon, O., et Tremblay, F. (2025). Gouvernance éthique et justice numérique : fondements d'une sobriété responsable. *Éthique publique*, 27(2), 65–82.
- Santarius, T., et Wagner, L. (2023). *Digitalization and sustainability: Rebounding hopes and systemic limits*. Routledge.
- Swiss Data Science Center (2023). *Open multilingual LLM initiative*. Lausanne et Zurich : Swiss Data Science Center. <https://datascience.ch>

- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319–1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>
- Teece, D. J., Pisano, G., et Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7)
- Tilson, D., Lyytinen, K., et Sørensen, C. (2010). Research commentary: Digital infrastructures: The missing IS research agenda. *Information Systems Research*, 21(4), 748–759. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0318>
- Tremblay, C., Ertz, M., et Ouerghemmi, C. (2024). *Les TIC pour l’environnement et la durabilité : La contribution de l’intelligence numérique à l’économie circulaire*. Chaire TDS. <https://www.chairetds.ca/wp-content/uploads/2025/05/les-tic-pour-lenvironnement-et-la-durabilite-la-contribution-de-lintelligence-numerique-a-leconomie-circulaire.pdf>
- Vallée, S. (2023). Offrir aux PME régionales un outil d’autoaudit pour arrimer virage numérique et développement durable : le projet PME 4.0 au Saguenay–Lac-Saint-Jean. *Revue Organisations et Territoires*, 32(3), 191–209.
- Vallée, S. (2025). *Repenser l’audit public à l’ère des infrastructures numériques : Rapport Gallant sur la gouvernance et la transformation de l’État numérique*. Chaire Technologie, Durabilité et Société (TDS), UQAC.
- Vallée, S., Ertz, M., Ouerghemmi, C., et Périn, A. (2025). Fostering sustainability through digital evolution: Evaluating Industry 5.0 preparedness in Quebec’s regional SMEs. In M. Cheriet, J.-F. Boucher, L. Gondim de Almeida Guimarães, et J.-M. Frayret (Eds.), *Accelerating the socio-ecological transition* (pp. 259–293). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82896-6_11
- Voy-Gillis, A. (2022). Les enjeux et les défis de la renaissance industrielle en France et en Europe. *Revue internationale et stratégique*, (1), 121–130.