



VERT Num

Vers un Enseignement Responsable des Technologies du Numérique

Premier levier des transitions numériques et écologiques, la formation des jeunes et des salariés permet de renforcer le capital humain indispensable au fonctionnement de nos entreprises et au-delà de toute la société. C'est aussi le meilleur moyen pour proposer des emplois durables et de tous niveaux de qualification sur l'ensemble du territoire.

C'est également une des conditions majeures pour la réussite du plan France 2030 : soutenir l'émergence de talents et accélérer l'adaptation des formations aux besoins de compétences des nouvelles filières et des métiers d'avenir. 2,5 milliards d'euros de France 2030 seront mobilisés sur le capital humain pour atteindre cette ambition.

L'appel à manifestation d'intérêt « **Compétences et métiers d'avenir** » s'inscrit dans ce cadre et vise à répondre aux besoins des entreprises en matière de formations et de compétences nouvelles pour les métiers d'avenir.

Dans le cadre de ce dispositif, **la réalisation de diagnostics des besoins en compétences et en formations sont financés et diffusés.**

DIAGNOSTIC DE FORMATION

12 mai 2023



Sommaire

Introduction et méthodologie de travail..... 3

Les acteurs	3
Hypothèse de départ	3
Méthodologie.....	3

Envisager une montée en compétences sur le numérique responsable..... 4

Former au NR, quels leviers ?.....	4
▪ Le numérique responsable.....	4
▪ Les cadres législatif et incitatif	4
▪ Obstacles et Facilitants.....	5
▪ Transformer la Société	5
Considérations générales.....	5
▪ Approche rampante	5
▪ Approche de conduite du changement.....	5
▪ Préparer les Jeunes Populations	6
Le NR : 13 + 2 compétences transverses	6
Ciblage des publics	7
▪ Les collectivités territoriales, le numérique et les télécom	7
▪ Les ingénieurs sont au cœur décisionnel des organisations.....	8
Les ingénieurs se sentent-ils prêts pour le numérique responsable ?	8
▪ Interroger les ingénieurs	8
▪ Constitution du corpus	9
▪ Perception globale du NR.....	9
▪ Positionnement par rapport aux six axes d'Écolog et souhaits respectifs	10
Les établissements d'enseignement supérieur	10
▪ Constitution du corpus	10
▪ Perception globale du NR.....	11
▪ La formation au NR actuellement dans les écoles d'ingénieurs	11
Formation professionnelle actuelle au NR.....	12
▪ Constitution du corpus	12
▪ Davantage de compétences adressées que dans les écoles d'ingénieurs	12

Plus de 100.000 personnes à former..... 12

Volume des publics à former dès la formation initiale	15
---	----

Positionnement des entreprises	15
--------------------------------------	----

Préconisations.....16

L'approche "rampante"	16
L'approche de l'accompagnement au changement et de la transformation systémique	16
Intérêt pour un dispositif de formations	16

Table des illustrations18

Introduction et méthodologie de travail

Les acteurs

Le diagnostic a été réalisé par la Fondation UNIT en partenariat avec l'Institut du Numérique Responsable et Centre Inffo. Chacun a apporté l'expertise de son cœur de cible : pour UNIT, les écoles et formations d'ingénieurs et le numérique comme vecteur de formation ; pour l'INR, la réflexion sur le numérique responsable (NR) ; et pour Centre Inffo, la compréhension du marché, notamment de ses besoins en compétences, et des démarches capables d'augmenter de manière globale et cohérente les compétences au niveau de la France.

Hypothèse de départ

Le numérique a radicalement changé la façon dont nous vivons, travaillons et interagissons. Il a permis des avancées majeures dans tous les domaines, de la médecine à la communication. Cependant, cette transformation vient avec son lot de défis environnementaux et sociaux.

Le secteur du numérique est responsable d'une part croissante des émissions de gaz à effet de serre. Selon les estimations, il pourrait représenter jusqu'à 6,7% des émissions en France d'ici 2040. La consommation énergétique des data centers et des infrastructures réseau est en pleine croissance en raison de leur constante augmentation. En effet, le numérique sous toutes ses formes, du hard au soft, développe une forme d'entropie caractérisée par la surconsommation des ressources (terres rares, énergie) et une profusion de données qui nécessitent toujours plus de capacités de stockage.

Les ingénieurs se trouvent au cœur de ce dilemme. Du fait de leur formation scientifique et technique, ils sont les mieux placés pour comprendre et relever les défis liés au numérique responsable. Ils sont souvent au cœur des décisions stratégiques et techniques des organisations. Leur formation en pilotage de projets et en conduite de changement fait d'eux des acteurs clés pour intégrer les principes du NR dans les opérations et la stratégie globale. Les ingénieurs ont également le rôle de monter en compétences l'ensemble d'une organisation, notamment en collaborant étroitement avec les techniciens, qui sont leurs relais naturels dans la mise en œuvre des projets.

Le diagnostic vise à évaluer l'adéquation entre les besoins du pays en compétences liées au NR et les formations nécessaires pour fournir ces compétences, à court, moyen et long termes.

Méthodologie

Le diagnostic VERT Num a été mené de novembre 2022 à mai 2023 en utilisant la méthode Analyser, Rechercher et Modéliser, dite « ARM », appropriée pour l'analyse des besoins et compatible avec un diagnostic.

Analyser

Nous avons élaboré notre analyse de l'existant à partir :

- de la problématique du NR en termes de besoins afin de circonscrire son périmètre ;
- de sondages et de leurs réponses sur la perception du NR par les ingénieurs diplômés, ceux engagés dans un processus de formation pour le devenir et un certain nombre d'établissements d'enseignement supérieur de technologie et d'ingénierie ;
- d'un recensement des formations existantes ;
- d'entretiens avec plusieurs acteurs engagés dans la formation ou la mise en œuvre du NR dans les 3 premiers mois du diagnostic.

Rechercher

En interprétant dynamiquement les données de l'existant, en les complétant lorsque nécessaire, il nous a été possible de proposer une estimation raisonnable du volume des personnes à former et de pointer les forces et les faiblesses actuelles de la formation au NR. À partir de ce constat, nous avons pu comparer nos résultats avec les exigences de la formation tout au long de la vie et émettre des propositions, notamment par rapport à l'approche par compétences, ou en nous focalisant sur les attendus supposés d'une formation au NR.

Modéliser

Nous avons affiné nos propositions avec les acteurs concernés par le NR lors de la seconde moitié du diagnostic. Elles ont pu être reformulées et synthétisées, afin d'orienter au mieux le traitement du besoin analysé.

Envisager une montée en compétences sur le numérique responsable

Quelles implications pour former au NR ? Qu'est-ce que cela implique en termes de mise en œuvre ? Quel volume d'activité cela représenterait ? Le diagnostic VERT Num se concentre sur les sciences de l'ingénieur pour l'adoption dans les organismes d'une démarche NR.

Former au NR, quels leviers ?

Le support fondamental pour la formation au NR s'articule autour de plusieurs axes clés : compréhension du numérique responsable, cadre législatif, cadre incitatif, obstacles et facilitateurs, motivations pour se former au NR.

- **Le numérique responsable**

Le concept de Numérique Responsable se construit autour des trois piliers du développement durable : People (Peuple), Planet (Planète) et Prosperity (Prosperité). Ces trois piliers permettent aux organisations de viser une triple performance : économique, sociale et environnementale. En effet, la démarche du NR va bien au-delà du simple "Green IT", car elle intègre aussi des dimensions sociales et économiques. Elle se focalise sur la création de valeur tout en minimisant les impacts environnementaux, sociaux et économiques.

- **Les cadres législatif et incitatif**

La France est le seul pays au monde à s'être doté d'une législation visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique avec la loi REEN, publiée en 2021.

Elle inscrit dans le Code de l'Éducation la nécessité de sensibiliser aux impacts environnementaux du numérique. Elle donne notamment à la commission des titres d'ingénieur (en charge de l'accréditation à renouveler des formations d'ingénieur) l'obligation de vérifier que toutes les formations d'ingénieur comportent un module relatif à l'écoconception des services numériques et à la sobriété numérique. Parallèlement, elle exige que les INSPE¹ forment les étudiants et les enseignants à la maîtrise des outils et ressources numériques, à leur usage pédagogique ainsi qu'à la connaissance et à la compréhension des enjeux liés à l'écosystème numérique et à la sobriété. Elle renforce également des articles de la loi AGEC² pour promouvoir les usages numériques écoresponsables.

Si la France se singularise par une législation dédiée, l'Union européenne est en train de mettre en place un ensemble de règles visant à créer un espace numérique sécurisé tout en encourageant l'innovation. Le RGPD, le

¹ Institut national supérieur du professorat et de l'éducation

² loi Anti Gaspillage pour une économie circulaire

règlement DMA et le règlement DSA³ font déjà partie des règles existantes, et un règlement sur l'intelligence artificielle est en cours d'élaboration.

À l'international, l'absence de législation stricte est compensée par les normes ISO qui contribuent à tous les Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'ONU. Ces normes favorisent également la mise en place de certifications, comme la certification suédoise « TCO », un écolabel qui couvre les PC, les serveurs, les téléphones mobiles, les imprimantes. Elle a comme critères l'ergonomie du matériel, l'émission de champs électromagnétiques (écrans), la consommation d'énergie, le bruit (avec le respect de la directive RoHS), la « recyclabilité des matériels et la certification ISO 14001 du fabricant.

Il est à noter que la France dispose également du label numérique responsable, label NR. Devenu actif en 2019, il a été conçu par l'Institut du Numérique Responsable (INR) en partenariat avec le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, l'ADEME et le WWF. Il a fusionné en 2021 avec le label Entreprise Numérique Responsable de France IT et comporte une version spécialement conçue pour les entreprises du numérique et une seconde dédiée aux collectivités.

▪ Obstacles et Facilitants

Malgré un cadre législatif et incitatif riche en France, la transition vers un NR reste néanmoins l'apanage de la bonne volonté des personnes et des organisations. En effet, ce cadre législatif, mis à part celui européen, n'est pas contraignant. Il n'existe pas de véritables sanctions pour les organisations qui ne respectent pas le texte, et, la promesse de faire mieux plus tard est souvent suffisante. De plus, le NR au travail ne dépend que très peu de l'individu, mais beaucoup de l'organisation... et du débat collectif.

Cependant, plusieurs écoles d'ingénieurs en pointe, considérant que leur rôle est sociétal, et, la demande croissante des étudiants, comme illustré par le Manifeste étudiant pour un réveil écologique, servent de facilitateurs dans l'adoption du NR.

▪ Transformer la Société

Enfin, les motivations d'une organisation pour s'engager dans le NR peuvent varier, de la simple conformité à la loi, à des fins de communication, jusqu'à une démarche militante et engagée.

Dans ce contexte, la formation au NR devient impérative. Elle doit être intégrée dans les curricula, non seulement dans les écoles d'ingénieurs, mais également dans toutes les formations professionnelles et académiques.

Considérations générales

La première étape dans la formation au NR consiste à sensibiliser les futurs professionnels à la notion même de développement durable et à la manière dont elle s'applique au monde numérique. Il faut adopter une pédagogie qui permette d'adopter une vision systémique, prospective et collective du monde de demain. Le but est de former des individus capables de prendre des décisions éclairées qui prennent en compte les impacts sociaux, environnementaux, et économiques de leurs actions.

▪ Approche rampante

La formation au NR peut commencer par des interventions spécifiques, comme des modules sur l'écoconception de sites web ou d'applications mobiles. Cette approche est idéale pour les professionnels déjà en poste qui cherchent à élargir leur palette de compétences. Bien que cette méthode soit efficace à l'échelle individuelle, elle reste assez limitée en termes d'impact global, et ne garantit pas un changement à grande échelle.

▪ Approche de conduite du changement

Il faut cesser de croire que parce qu'une idée est bonne, elle passera naturellement dans les faits : le changement ne se décrète pas, disait Michel Crozier. Il est donc crucial de convaincre les acteurs concernés de l'urgence et de

³ RGPD : Règlement général sur la protection des données, 2016, DMA : Digital Market Act ou règlement sur les marchés numériques, 2022, DSA : Digital Service Act, 2022

la nécessité du changement. Une formation plus large doit donc être envisagée, qui cible non seulement les compétences techniques mais aussi la vision stratégique et le leadership. Il faut gagner l'adhésion de tous en mettant en lumière les "douleurs" actuelles liées à une utilisation non responsable du numérique. Cette démarche nécessiterait des moyens plus importants, mais présente l'avantage de produire un effet plus pérenne.

■ Préparer les Jeunes Populations

Pour vraiment inscrire le NR dans l'ADN de la société future, la formation doit commencer dès le plus jeune âge. Il faut inciter les jeunes, et notamment les jeunes filles qui sont encore sous-représentées dans les disciplines scientifiques et techniques, à s'intéresser au NR. Les écoles et les universités doivent incorporer le NR dans leurs programmes, et des campagnes de sensibilisation peuvent être utiles pour toucher un public plus large.

En somme, la formation au NR ne doit pas être une simple option ou un module au choix, mais bien un élément fondamental et transversal de tout cursus en sciences et technologies. Cela nécessite une approche multifacette, adaptable aux différents publics et aux différentes échelles, mais le défi est à la hauteur des enjeux : celui de bâtir une société numérique qui soit aussi durable que juste.

Il est évident que la formation au numérique responsable (NR) est un domaine en expansion, mais peu structuré. Dans le contexte actuel, où l'impact environnemental et sociétal du numérique devient une préoccupation croissante, il est vital de formaliser ce champ en définissant clairement ses compétences clés.

Le NR : 13 + 2 compétences transverses

À partir des conclusions de plusieurs groupes de travail sur le numérique, de publications d'auteurs spécialisés sur le numérique responsable⁴, et d'entretiens avec des responsables d'écoles d'ingénieurs⁵, nous avons pu détailler le numérique responsable en 13 compétences transverses⁶ permettant de couvrir le champ du numérique responsable à ce jour.⁷

13 principales compétences transverses (capacité à faire) nécessaires à l'adoption d'une démarche NR		
N°	intitulé	détail
1	Le numérique responsable comme approche systémique	Concept, compréhension systémique du problème, aspects physiques sous-jacents Connaître les cadres législatifs et incitatifs Mettre en œuvre le numérique au service de l'écologie Participer à la création d'un consensus sur la nécessité d'une transition numérique
2	Connaître et planifier l'application du cadre législatif	Règlement général sur la protection des données (règlement européen UE 2016/679) Autres directives européennes pertinentes Lois nationales : Loi Reen impactant le Code de l'éducation, loi sur la république numérique portant sur des dispositions de fait NR
3	Utiliser les logiciels libres	Recommander l'usage de logiciels libres Lever les freins (perception, problématique UX/UI, fiabilité qualité, complexité mise en œuvre, coût total de possession, externalisation des compétences...) Bureautique Marketing et enquêtes Gestion Utiliser des systèmes d'exploitation open source comme Linux par exemple
4	Mettre en place des tableaux de bord et indicateurs NR	Connaître les impacts environnementaux directs du numérique
		Identifier les impacts environnementaux indirects du numérique

⁴ Cigref, *Sobriété numérique, Piloter l'empreinte environnementale du numérique par la mesure*, 2021 ; The Shift Project, *Déployer la sobriété numérique*, octobre 2020 ; Frédéric BORDAGE, *Empreinte environnementale du numérique mondial*, GreenIT.fr 2019

⁵ Principale contribution ESIEA (École supérieure d'informatique électronique automatique).

⁶ Une compétence transverse est un savoir ou un savoir-faire maîtrisé par plusieurs métiers qui peuvent n'avoir aucun lien les uns avec les autres. La compétence transverse se différencie donc de la compétence technique, qui, quant à elle, est uniquement partagée par des salariés d'un même corps de métier. (*Exemple de compétence transverse : manier Excel*)

⁷ Nous tenons à préciser que ce découpage doit être approfondi dans le cas d'une réflexion structurée et précise impliquant un grand nombre d'acteurs sur plusieurs mois, techniquement impossible à réaliser dans le cadre de ce diagnostic. Nous l'avons néanmoins présenté à des acteurs universitaires en charge du NR dans leur établissement, certaines fois membres du conseil d'administration de l'INR qui l'ont jugé pertinent. Nous avons également pu vérifier qu'il couvrait, par exemple, les enjeux NR perçus par l'Observatoire des Métiers des Télécommunications pour l'horizon 2030.

		Mesurer les impacts environnementaux du numérique
		Comparer plusieurs services numériques
		Management et reporting
5	Mettre en place une politique de données NR	Stratégie data responsable
6	Développer en mode Conception Responsable de Services Numériques	Utilisation des référentiels GR491 / RGEN, et de l'AFNOR Spec 2021 Écoconception des services numériques
		Veille technologique
		Développer une pensée critique et dire non à des projets délétères
		Concevoir des solutions et services numériques durables
7	Innover en mode low tech	Une démarche low-tech consiste à repenser les produits à partir des usages, des attentes spécifiques, des ressources locales et à proposer des solutions qui limitent l'impact sur l'environnement.
8	Mettre en place une démarche d'accessibilité web, inclusive et éthique	Utilisation du référentiel général d'amélioration de l'accessibilité (RGAA)
9	Intégrer des dispositions NR dans un appel d'offres et réponse à appel d'offres	Par exemple documenter l'offre en s'inspirant du guide pratique pour des achats numériques responsables
		Intégrer des dispositions NR dans un appel d'offres et réponse à appel d'offres
10	Allonger le cycle de vie produits numériques	Problématique de l'obsolescence appliquée au numérique
11	Gérer les DEEE	Recycler les appareils numériques
12	Lier RSE et NR	Garantir la mixité et l'inclusion dans les métiers du numérique
		Inclure le NR dans la politique RSE
13	Adapter les services numériques aux contraintes énergétiques	Questions de sobriété énergétique en fonction des événements climatiques
		Adapter les services numériques aux contraintes énergétiques

Figure 1 Tableau récapitulatif des 13 principales compétences transverses relatives au numérique responsable

Cette approche en compétences transverses permet de mieux appréhender ce qui se fait actuellement, de planifier le futur en termes de populations à former et, pour les entreprises, de concevoir des plans de formations. Elles peuvent être prises séparément et constituer les premières briques d'une transition vers un numérique responsable qui n'en dit pas le nom.

Néanmoins, une transition vers le numérique responsable doit être systémique et inclure l'ensemble d'une organisation. Compte tenu des aspects connotés généralement comme non agréable, *responsable*, *sobriété*, *frugal*, *etc.* la bascule ne bénéficie pas spontanément d'un enthousiasme débordant. Au contraire, elle risque plus d'être victime d'un rejet.

Dès lors, une transition vers le NR doit être pensée comme un projet de conduite de changement. Elle nécessite de pointer les douleurs (ce qui ne va pas) et de générer une adhésion dans le cadre d'un projet collectif de l'organisation où le consensus global est à rechercher pour lever ces douleurs. À notre tableau de compétences transverses, il faut donc en ajouter deux autres, sans lien avec le NR, que sont la conduite de projet et la conduite du changement.

Ciblage des publics

▪ Les collectivités territoriales, le numérique et les télécom

Les communes de plus de 50 000 habitants sont dans l'obligation d'avoir établi, depuis le 1er janvier 2023, un programme de travail préalable à la conception d'une « stratégie numérique responsable ». Cette stratégie se base essentiellement sur un état des lieux qui identifie tous les acteurs concernés et de présenter les initiatives prises, lorsqu'elles existent, pour minimiser l'empreinte environnementale du numérique. Le cas échéant, elle doit clairement énoncer les objectifs visant à réduire cette empreinte et les actions déployées pour y parvenir.

En ce qui concerne les ressources humaines, un effort conséquent est nécessaire. Nous avons identifié 43 000 personnes susceptibles d'acquérir des compétences en numérique responsable. Ces personnes sont réparties majoritairement dans les métiers du management, avec 29 860 agents. Les métiers de gestion et l'expertise en politiques publiques locales suivent avec respectivement 10 910 et 2 620 agents.

Pour les secteurs du numérique et des télécommunications, nous avons utilisé la nomenclature des familles professionnelles (FAP), pour identifier les besoins de montée en compétences sur le numérique responsable. On y retrouve les employés et opérateurs en informatique, les techniciens en divers domaines de l'informatique,

ainsi que les ingénieurs et cadres dans plusieurs spécialités allant de l'informatique aux télécommunications, sans oublier les chercheurs.

Le pilotage de projet mobilise à lui seul 95 720 personnes. L'architecture et la conception de la solution engagent 160 724 individus. Le développement et le test de la solution impliquent 126 021 professionnels, tandis que la mise en production et l'exploitation de la solution requièrent 153 166 personnes. Enfin, le support commercial et marketing, bien que moins représenté en nombre, joue un rôle crucial avec 18 873 personnes.

Ces chiffres mettent en lumière l'importance et la complexité des secteurs du numérique et des télécommunications, ainsi que leur rôle majeur dans la mise en place de stratégies numériques responsables dans les organisations devant basculer vers un NR.

▪ Les ingénieurs sont au cœur décisionnel des organisations

Les ingénieurs sont actuellement situation de plein emploi (3,2 % de chômage, un des plus bas jamais enregistré). Presque tous ont le statut cadre (96%) et 41% exercent des responsabilités hiérarchiques. Ils sont de fait très sollicités (1/5 des entreprises ont des difficultés à recruter sur tous les profils), malgré des prétentions salariales jugées élevées par les entreprises.

Ils sont au cœur du processus décisionnel des entreprises. Quelle que soit leur spécialité, ils sont maintenant tous formés et évalués sur les deux compétences transverses que sont le pilotage de projet et la conduite de changement. Leur rôle ici sera de fédérer les compétences transverses NR afin de leur donner du sens et de la cohésion. En effet, ce qui est vrai pour les compétences d'un individu l'est aussi pour une organisation : l'agrégation d'une somme de compétences thématiques ne veut pas dire qu'on est compétent sur cette thématique si le lien et la cohésion sont absents.

Dans le cas d'une organisation, les ingénieurs auront donc la charge d'orchestrer la montée en compétences générale afin de pouvoir l'exploiter, notamment en s'appuyant sur leurs relais naturels que sont les techniciens.

◆ Avec l'aide des techniciens

Dans le cadre de la transition NR d'une organisation, l'ensemble des techniciens, hors ingénieurs, est sollicité. Leur rôle est nécessaire pour l'implémentation et la maintenance des solutions. Les techniciens représentent une population professionnelle disparate répartie sur plusieurs niveaux de formation.

Nous estimons le nombre de techniciens en formation initiale du niveau 3 à 5⁸ devant acquérir des compétences en numérique responsable à 868.000 sur un total d'un 1,3 million.

Les ingénieurs se sentent-ils prêts pour le numérique responsable ?

▪ Interroger les ingénieurs

Nous avons lancé une enquête quantitative, auprès des ingénieurs actifs et en formation, complétée par une approche qualitative avec des acteurs de l'enseignement supérieur. Les principaux objectifs étaient de déterminer si les ingénieurs se sentaient prêts à mener la transition vers un numérique responsable (NR) et comment ils souhaitaient améliorer leurs compétences dans ce domaine.

Nous appuyant sur les conclusions du projet Écolog⁹ co-dirigé par l'INR et l'Institut Mines Telecom Atlantique en 2021, nous avons structuré notre interrogation autour de six axes d'action identifiés comme essentiels pour une transition vers le NR. Ces axes concernent notamment l'environnement, l'estimation des coûts écologiques du

⁸ Dans le système d'éducation française, les niveaux 3 à 6 font référence au Cadre Européen des Certifications (CEC) qui a été adopté pour harmoniser les systèmes d'éducation et de formation à travers l'Europe. Ces niveaux permettent d'identifier le niveau de qualification associé à une certification ou à un diplôme.

Niveau 3 : Fin de collège (CAP, BEP), Niveau 4: Fin de lycée (Baccalauréat (général, technologique, professionnel), Brevet Professionnel (BP), Mention Complémentaire (MC de niveau 4), Niveau 5 : Bac+2 (Brevet de Technicien Supérieur (BTS), Diplôme Universitaire de Technologie (DUT), certaines licences professionnelles), Niveau 6 : Bac+3/Bac+4 (Licence (générale ou professionnelle), Maîtrise (ancien système, avant la réforme LMD) En termes d'employabilité, le niveau 3 permet d'accéder à 6 concours de la fonction publique pour des métiers mobilisant des compétences NR. Le niveau 4 en ouvre 4 de plus.

⁹ <https://ecolog.isit-europe.org/domaines>

numérique, l'éthique, la conception de services numériques responsables, la communication en faveur d'un NR, et enfin les perspectives économiques de ce domaine.

Pour toucher un maximum d'ingénieurs, nous avons collaboré avec Ingénieurs Et Scientifiques de France (IESF) et le Bureau National des Élèves Ingénieurs (BNEI), deux associations majeures. L'IESF représente plus d'un million d'ingénieurs en France, tandis que le BNEI représente les 185 000 étudiants en ingénierie du pays.

Nos questionnaires portaient sur la familiarité des ingénieurs avec le NR, leurs souhaits de formation et leur perception des six axes Écolog. Pour les ingénieurs en poste, des questions supplémentaires ont été posées concernant leur expérience avec le NR et leurs préférences en matière de formation. Les élèves ingénieurs, quant à eux, ont été interrogés sur leur exposition actuelle au NR et sur leurs aspirations professionnelles futures.

Par ailleurs, nous avons collaboré avec l'INR et UNIT pour sonder les écoles d'ingénieurs sur leur approche du NR. Les enquêtes visaient à obtenir un aperçu de l'enseignement actuel du NR, de son intégration dans les programmes et de la perception de l'établissement à l'égard du NR.

Pour une compréhension approfondie, des entretiens exploratoires avec des acteurs divers ont été menés, englobant des perspectives provenant de la formation, du monde professionnel et des donneurs d'ordre. Ces entretiens ont permis d'affiner les résultats de notre enquête et de mieux cerner les besoins et les défis du secteur en matière de formation au NR.

■ Constitution du corpus

Entre novembre et janvier, 836 réponses ont été recueillies du questionnaire IESF et 289 du BNEI, représentant un échantillon significatif de 1.125 réponses.

- L'âge moyen des répondants était de 39 ans pour les femmes et 47 ans pour les hommes.

- Les cadres étaient les plus représentés (38%), suivis des élèves ingénieurs (25%) et des cadres supérieurs (14%).

- Les femmes qui représentent 25% des ingénieurs au niveau national ont vu leur taux de participation dans cette enquête monter à 27% pour les ingénieures diplômées et alors que les élèves ingénieures représentent 30% dans les écoles d'ingénieur elles ont représenté ici 38% du corpus pour la catégorie élève ingénieur.

- 80% des répondants travaillaient au moment de l'enquête dans le secteur privé, 11% dans la fonction publique et 9% dans le secteur associatif.

■ Perception globale du NR

Le numérique responsable est un thème pertinent et actuel parmi les ingénieurs, qu'ils soient diplômés ou en formation.

Pour les ingénieurs diplômés :

- 54% ont déjà pris des mesures concernant le numérique responsable, principalement en raison de la politique de l'entreprise (66%), suivie par la recherche d'économies d'énergie (55%) et le positionnement personnel (33%).

- 18% ont dû répondre à des exigences de numérique responsable dans des appels d'offres.

Concernant les élèves ingénieurs :

- 72% sont conscients du numérique responsable, dont 42% en ont tenu compte dans leur formation. Les occasions où ils y ont été exposés varient: lycée (24%), études supérieures (87%) et stages, principalement en entreprise (34%).

- La plupart (82%) considèrent le numérique responsable comme essentiel pour leur future carrière.



▪ Positionnement par rapport aux six axes d'Écolog et souhaits respectifs

On observe une maîtrise inégale des 6 axes identifiés par Ecolog. En effet, les ingénieurs sont familiers avec les trois premiers axes (environnement et climat, coûts environnementaux du numérique, éthique du numérique), mais moins avec les trois derniers (conception, communication en faveur d'un NR et économie du numérique).

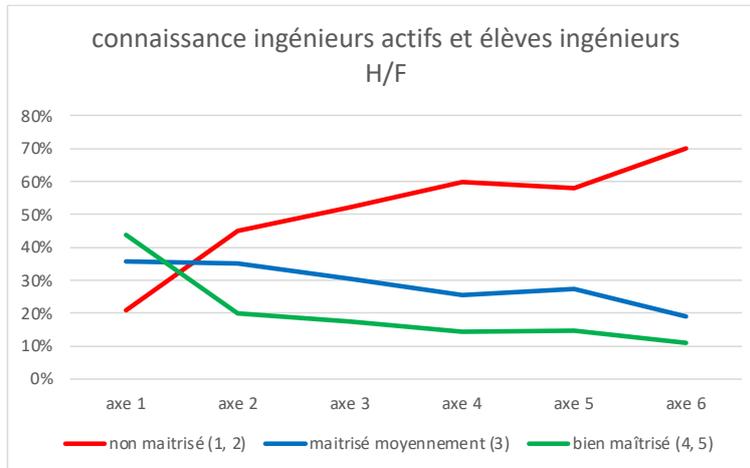


Figure 2 Courbe de connaissance des axes en autoévaluation, 44% de la population totale (ingénieurs actifs et élèves ingénieurs H/F) maîtrise très bien la problématique de l'axe 1 environnement et climat, 36% admettent la maîtriser moyennement et 21% ne pas la maîtriser. Par contre, seulement 11% maîtrise bien la problématique de l'axe 6 économie du numérique et 70% ne la maîtrise pas.

Cela indique que les ingénieurs ont une compréhension du problème mais seront en peine pour piloter un changement durable. En effet, l'axe 6 est davantage un axe de veille qui permet d'envisager le futur. Il est donc stratégique. Sans la maîtrise de l'axe 5, l'accompagnement au changement sera difficile. L'axe 4 est toutefois moins problématique, car il concerne essentiellement les concepteurs qui eux le maîtrisent, mais il manquera de support de la part des autres ingénieurs qui se sentiront moins concernés. Notre enquête a également montré que seuls 15 ingénieurs sur l'ensemble des répondants ingénieurs diplômés se sentent compétents sur l'ensemble des 6 axes.

En termes de montée en compétences, les femmes expriment une plus grande volonté de renforcer leurs compétences que les hommes.

◆ Modalités souhaitées de formation

Notre enquête, qui permettait plusieurs réponses possibles, montre que la formation sur site est privilégiée par 59%, suivie de formations mixtes (39%) et à distance (32%). De plus, la validation des compétences ne semble pas une priorité, 49% verraient bien une attestation de suivi, tandis que 39% la jugent inutile. Seuls 6% souhaitent un diplôme. Toutefois, il est possible que la présentation du NR sous forme d'axes ait pu être perçue comme abstraite. Les réponses auraient peut-être été différentes si l'on avait demandé de se positionner par rapport aux 13+2 compétences, ce que nous n'avons pas fait car nous ne les avons pas encore définies au moment de l'enquête.

Les établissements d'enseignement supérieur

▪ Constitution du corpus

- **34 établissements d'enseignement supérieur et de recherche** ont été contactés (23 par l'INR et 17 par UNIT), représentant 94,735 étudiants (12% des formations supérieures scientifiques et techniques hors santé).
- **17 écoles d'ingénieurs** ont été interrogées (somme des effectifs 22% des étudiants en écoles d'ingénieurs).
- **8 IUT** ont participé (somme des effectifs 27% des étudiants en IUT).

- **6 universités spécialisées** en sciences et techniques hors santé ont été incluses (14% des étudiants en formations scientifiques et techniques universitaires).

- Perception globale du NR

Les établissements sont conscients de l'émergence de cette nouvelle thématique dans leurs enseignements. Ils observent néanmoins des freins à la mise en œuvre.

Ils pointent notamment l'absence de temps disponible pour implémenter de nouveaux contenus et les nombreuses réformes en cours. Le manque de la connaissance de la thématique et l'absence de spécialistes en interne, l'insuffisance des supports, le manque de recul pour concevoir des parcours compétences en lien avec l'expertise des établissements sont récurrents. Enfin, la lourdeur à faire évoluer les programmes, conjuguée à une demande spécifique relativement faible de la part des entreprises sont des éléments décourageants pour les plus impliqués.

La difficulté vient également de la capacité des établissements à organiser les formations. En effet, d'après les réponses aux questionnaires, les capacités perçues par les établissements qu'ils ont à produire du contenu et à prodiguer les enseignements laissent apparaître un décalage entre la volonté et le possible en l'état actuel des choses.

Néanmoins, la pression des élèves pour voir traiter cette problématique dans leurs formations (plus de 50% des établissements reconnaissent avoir des demandes de la part des élèves) constitue un stimulus important de mise en œuvre.

- La formation au NR actuellement dans les écoles d'ingénieurs

Nos questionnaires ne nous ont pas permis de connaître avec précisions les formations au NR délivrées dans les écoles d'ingénieurs. Aussi nous avons analysé les syllabus des 30 meilleures formations en informatique en France selon le classement 2023 du Figaro à partir de leurs données publiques accessible par le web. Sur 31 écoles étudiées, 8 (25%) ne fournissent pas d'informations claires sur le contenu de leurs formations¹⁰.

Parmi les 23 écoles qui affichent leur syllabus, 6 n'incluent pas de contenu identifiable lié au numérique responsable. Nous avons classé les écoles en fonction du nombre d'ECTS qu'elles consacrent à cette thématique. Trois écoles se distinguent : INSA de Lyon, l'Université de Technologie de Troyes, et l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, avec plus de 1.000 heures de formation et 40 ECTS ou plus.

Il apparaît ainsi que l'offre de formation sur le NR dans les écoles d'ingénieurs est assez déséquilibrée. En reprenant le tableau indiquant la proportion des compétences adressées, on constate que seulement 3 compétences totalisent 60% des enseignements et que les 10 autres seulement 40%.

n°	Écoles d'ingénieurs	proportion des CA
1	Le numérique responsable comme approche systémique	31%
4	Mettre en place des tableaux de bord et indicateurs NR	20%
6	Développer en mode Conception Responsable de Services Numériques	10%
2	Connaître et planifier l'application du cadre législatif	9%
13	Adapter les services numériques aux contraintes énergétiques	8%
12	Lier RSE et NR	7%
10	Allonger le cycle de vie produits numériques	5%
5	Mettre en place une politique de données NR	4%
11	Gérer les DEEE	4%
7	Développer en mode low-tech	2%
9	Développer une politique d'achats NR	1%
8	Mettre en place une démarche d'accessibilité web, inclusive et éthique	0
3	Utiliser les logiciels libres	0

¹⁰ Il semble que ce soit un indicateur pertinent d'approche du NR par les écoles : les écoles les plus engagées dans la formation au NR étant aussi celles qui sont le plus clair sur les cours qu'elles dispensent.

Figure 3 Tableau de couverture des compétences par les écoles d'ingénieurs réalisée à partir du tableau complet en annexe. Il permet d'estimer la prédominance des compétences traitées par l'ensemble des modules de formation des écoles d'ingénieur retenues.

Formation professionnelle actuelle au NR

- Constitution du corpus

Nous avons répertorié 50 formations de 23 organismes (2 académiques, 3 associations et 18 organismes de formation), nous avons exclu de notre enquête les agrégateurs comme les CCI qui font appel généralement à ces organismes pour dispenser leurs formations.

- Davantage de compétences adressées que dans les écoles d'ingénieurs

La répartition des compétences adressées est meilleure que dans les écoles d'ingénieurs. Là encore, en se basant sur les réponses de notre enquête, la formation à l'utilisation des logiciels libres est délaissée par les acteurs spécialisés du NR. Le développement en mode low-tech est aussi oublié¹¹.

n°	Formation continue dédiée au NR	proportion des CA
6	Développer en mode Conception Responsable de Services Numériques	24%
1	Le numérique responsable comme approche systémique	19%
8	Mettre en place une démarche d'accessibilité web, inclusive et éthique	17%
5	Mettre en place une politique de données NR	16%
10	Allonger le cycle de vie produits numériques	15%
13	Adapter les services numériques aux contraintes énergétiques	15%
11	Gérer les DEEE	11%
4	Mettre en place des tableaux de bord et indicateurs NR	10%
12	Lier RSE et NR	9%
9	Développer une politique d'achats NR	7%
2	Connaître et planifier l'application du cadre législatif	5%
3	Utiliser les logiciels libres	1%
7	Développer en mode low-tech	0

Figure 4 Tableau de couverture des compétences adressées par la formation continue. Il permet d'estimer la prédominance des compétences traitées par l'ensemble des modules identifiés.

Toutefois, la durée des formations réduit l'impact de celles-ci. En effet, les formations répertoriées ont une moyenne d'un jour et demi et vont de quelques heures à 5 jours. Malgré ce temps court, elles ont, d'après leur description, à part certaines et notamment celles qui ciblent l'accessibilité, de très fortes ambitions en termes d'adressage de compétences¹². Dans ces conditions, nous supposons que, pour la plupart, il s'agit d'actions de prise de conscience et/ou de sensibilisation.

Plus de 100.000 personnes à former

Pour les collectivités territoriales, les secteurs du numérique et des télécoms nous avons identifié et estimé le nombre de métiers impactés ainsi que le volume qu'ils représentent.

¹¹ Toutefois, une recherche par mots clés « mode low-tech » sur internet fait apparaître quelques formations, notamment chez Goodwill management qui n'est pas mentionné dans les résultats des questionnaires. Les formations sur cette thématique existent donc, mais restent confidentielles et semblent portées par des low-tech lab avec le soutien de l'ADEME.

¹² Cf. tableau détaillé en annexes du rapport principal.

Nous avons, pour chacun des métiers identifiés¹³, intégré les référentiels actuels de compétences¹⁴ au sein du référentiel des 13 compétences cibles du numérique responsable (Source UNIT) en excluant les compétences transverses de gestion de projet et de conduite de changement.

Il en ressort que 40 métiers issus des trois secteurs cibles ont été étudiés et mis en correspondance avec les 13 compétences transverses NR.

Pour chacun des métiers ont été précisés les correspondances en termes de compétences, les niveaux de formation initiale et les volumes d'emploi.

Il en ressort notamment que 50% des compétences NR vont impacter plus de 60 % des métiers.

◆ Présentation des secteurs : les collectivités territoriales

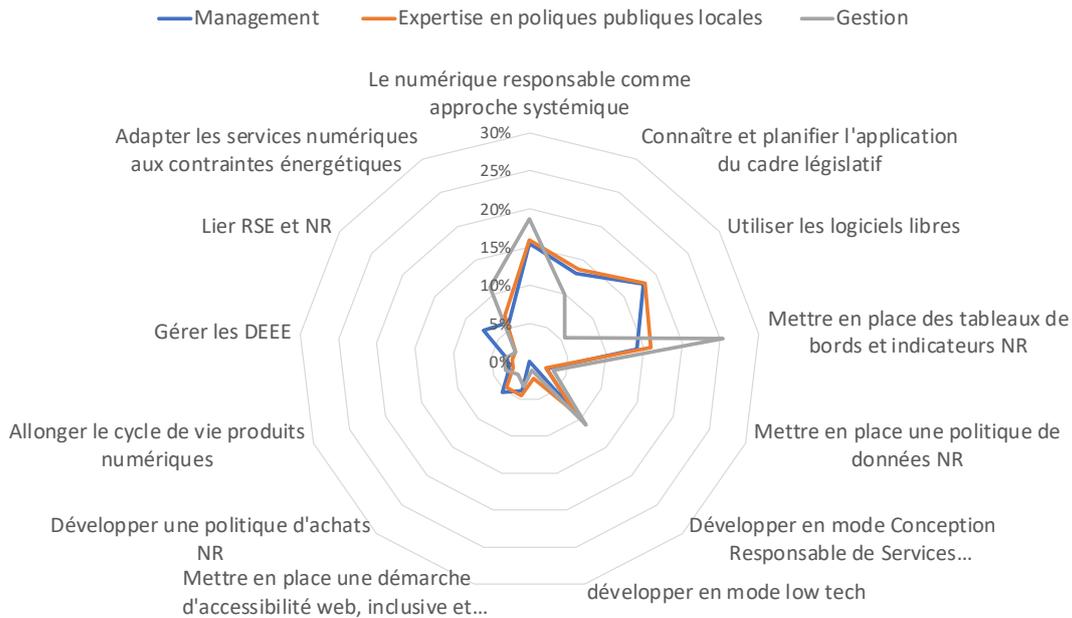


Figure 5 Graphique en radar concernant le besoin, pour chacun des groupes de métiers des collectivités territoriales, des 13 compétences NR identifiées dans le cadre du diagnostic.

Nous estimons le nombre de personnes à former à plus de 20.000.

¹³ L'ensemble de l'analyse d'identification des métiers et des compétences liées au numérique responsable dans les secteurs du numérique, des télécoms et des collectivités territoriales est présenté en annexe du rapport complet.

¹⁴ Observatoire des Telecoms – Note d'analyse – Engagements environnementaux et métiers télécoms - Déc 2022 – page 4

◆ Présentation des secteurs : les secteurs numériques et télécoms

- Pilotage de projet
- Développement et test de la solution
- Support commercial et marketing
- Architecture et conception de la solution
- Mise en production et exploitation de la solution

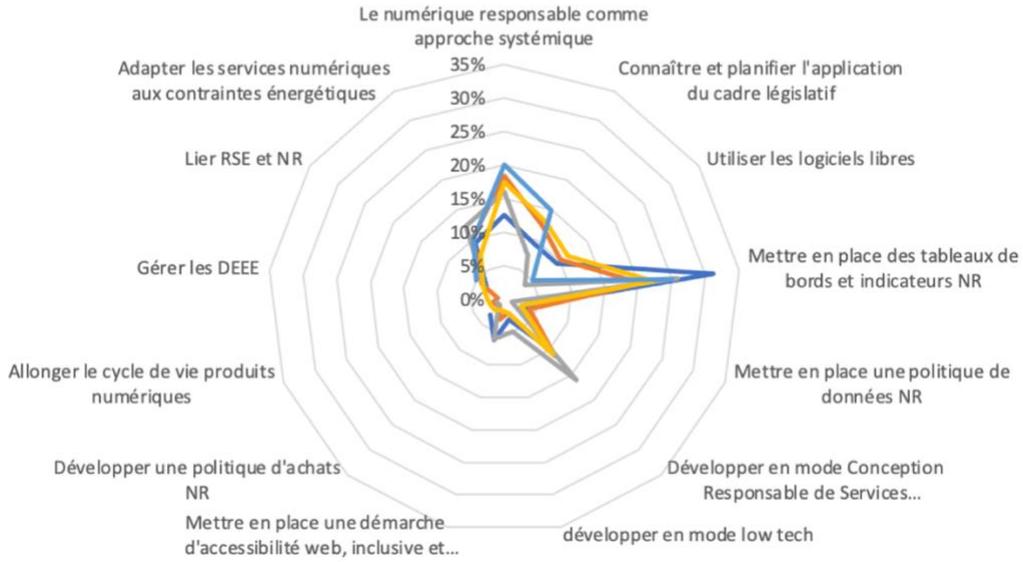


Figure 6 Graphique en radar concernant le besoin, pour chacun des groupes de métiers des secteurs du numérique et des télécoms des 13 compétences NR identifiées dans le cadre du diagnostic.

Nous estimons le nombre de personnes à former à plus de 160.000.

Ces graphiques, en radar, montrent en fait le besoin d’un métier dédié au NR dont le but serait de veiller à l’harmonie et à l’équilibre de ces graphiques en radar.

◆ Couverture de la montée en compétences par les écoles d’ingénieurs et des organismes de formation en rapport des publics retenus

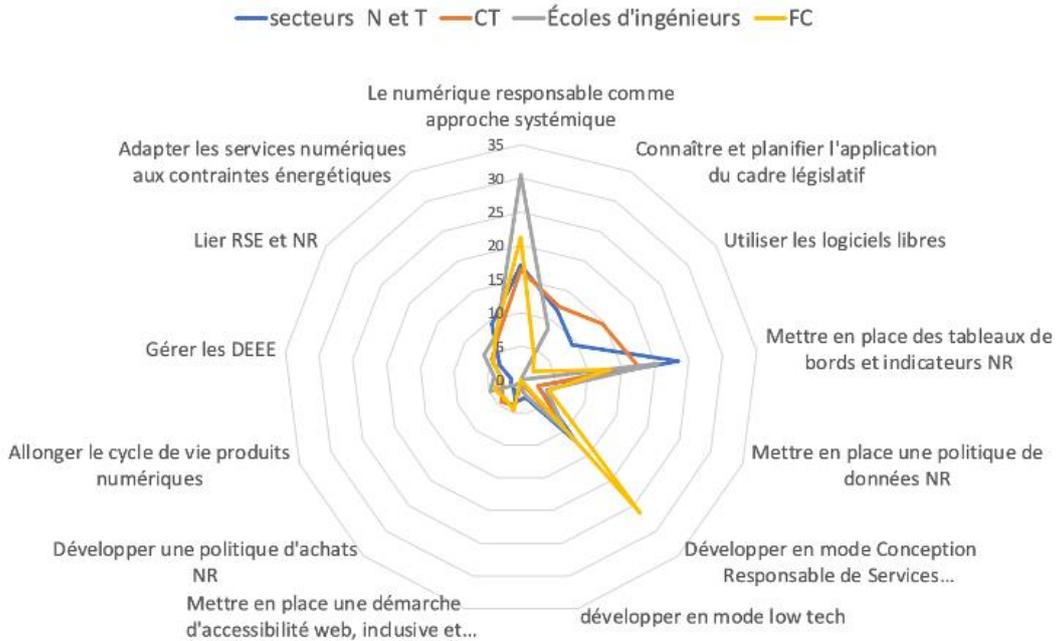


Figure 7 Graphique en radar croisant la formation dans les écoles d’ingénieur et les organismes de formation continue repérés dans le cadre du diagnostic et les besoins en compétences NR pour chacun des groupes de métiers des secteurs du numérique, des télécoms.

On notera que :

- Il est important de relier le volume de formation des écoles d'ingénieurs (moins de 500 élèves ingénieurs diplômés par an par les 3 écoles les plus en avance sur le domaine) et des organismes de formation spécialisés (5 jours maximum par session) en regard du nombre de professionnels des secteurs du numérique, des télécoms et des collectivités territoriales à faire monter en compétences
- Il apparaît que de nombreux aspects du NR sont privilégiés et d'autres négligés.
- Une réflexion est nécessaire pour organiser une montée en compétences sur le NR permettant afin de parvenir à une couverture équilibrée du NR à l'horizon 2030.

Volume des publics à former dès la formation initiale

Nous estimons que la formation au NR doit commencer dès le collège en formation initiale. Le volume dépasse rapidement le million d'élèves pour plusieurs compétences transverses relatives au NR.

La projection minimale correspond :

- Pour les écoles d'ingénieur, à la spécialité numérique et science de l'informatique ;
- Pour le second degré aux filières aux filières STD2I, STT/STMG, et aux options numérique et sciences informatiques, sciences de l'ingénieur, biologie, écologie, création et innovation technologiques, management et gestion ;
- Pour les CAP, Bac Pro et Brevets Métiers d'Art, aux spécialités Technologies industrielles fondamentales, Technologie de commandes des transformations industrielles, Spécialités pluritechnologiques des transformations, Transformations chimiques et apparentées, énergie, génie climatique, spécialités pluritechnologiques, génie civil, construction, bois, Spécialités pluritechnologiques des matériaux souples, Spécialités pluri technologiques en mécanique-électricité, Mécanique aéronautique et spatiale, Spécialités plurivalentes des services à la collectivité, Sécurité des biens et des personnes, police, surveillance ;
- Pour les collèges, à l'ensemble des classes de 3^e.

La projection maximale correspond à l'ensemble des effectifs.

Positionnement des entreprises

Nous avons contacté 119 entreprises de divers secteurs et tailles, toutes impliquées d'une manière ou d'une autre dans le numérique responsable. Des entretiens de plus de 45 minutes ont été menés avec 46 d'entre elles, incluant des organisations comme l'OPCO Atlas et NUMEUM.

Les entretiens visaient à comprendre la perception des entreprises vis-à-vis du NR et des besoins en formation et compétences dans ce domaine.

Tous les interlocuteurs ont jugé inéluctable la transition vers le NR, bien que les méthodes et le rythme de cette transition soient des questions ouvertes. Selon certains interlocuteurs, les normes ISO sont plus influentes que les lois non contraignantes pour pousser les entreprises à adopter des pratiques responsables. Beaucoup soulignent un manque de moyens dédiés pour effectuer cette transition. Ce manque est considéré comme un obstacle majeur. Il y a un consensus sur le besoin d'harmoniser et de structurer la formation en NR, y compris en proposant des certifications. Une attention particulière doit être portée aux PME et TPE qui requièrent un accompagnement spécifique. La majorité est encline à partager leurs expériences et données pour l'intérêt général.

En définitive, nos entretiens ont révélé un fort consensus sur la nécessité d'une transition vers le numérique responsable, mais pointent également des défis tels que le manque de moyens et la nécessité d'une formation structurée dans ce domaine.

Préconisations

Le diagnostic propose deux principales stratégies pour le développement des compétences en numérique responsable (NR). La première approche est plus individualisée et progressive, tandis que la seconde est organisationnelle et structurelle, nécessitant un engagement fort de la direction.

L'approche "rampante"

Cette stratégie implique une formation spécialisée sur des compétences en NR comme l'écoconception et le développement en low-tech. Ces compétences sont basées sur trois principes : utilité, accessibilité et durabilité. Cette méthode est bénéfique pour les individus cherchant à se spécialiser ainsi que pour les collectivités territoriales. L'approche est progressive et axée sur le comportement individuel. Elle a aussi le potentiel de réduire la fracture numérique, en particulier parmi les seniors et les moins fortunés. Cette stratégie est toutefois difficile à quantifier et pourrait être considérée comme une niche.

L'approche de l'accompagnement au changement et de la transformation systémique

Cette stratégie nécessite un "Référént NR" qui pilote le changement à long terme au sein de l'organisation. Ce référent travaille de manière transverse dans l'entreprise, et est soutenu par la direction. Son rôle est d'engager tous les acteurs de l'organisation dans le changement en mettant en avant les avantages du NR, tant sur le plan interne (logiciels, postes de travail, etc.) que sur le plan externe (services numériques, écoconception web, etc.). Cette approche est plus structurelle et systémique, visant à une transformation en profondeur.

Le rôle du "Référént NR" est identifié comme un nouveau métier d'avenir. Les grandes entreprises et les collectivités territoriales sont de plus en plus susceptibles de créer un poste de ce type d'ici 2030-2040.

On peut en fait considérer que le référent NR est un des nouveaux métiers de niveau cadre supérieur, entièrement lié au NR. Le Cigref, association des grandes entreprises et administrations publiques françaises¹⁵, recense dans sa nomenclature des métiers du SI 2022 le responsable Green IT¹⁶. Il apparaît pour l'instant essentiellement dans les organisations de plus de 2.000 salariés, mais il est tout à fait possible d'estimer que d'ici 2030 – 2040, la plupart des entreprises de taille intermédiaire et plus (environ 6.000 entreprises de ce type) et toutes les collectivités territoriales de plus de 50.000 habitants (un peu plus de 1.100 aujourd'hui) auront un poste ce type.

Intérêt pour un dispositif de formations

Cette stratégie du changement est celle qui sollicite le plus de personnes à former. Ainsi que nous venons de le voir, on peut estimer le besoin à moyen terme de 6.000 référents NR (niveau 7). Plus tous ceux qui devront monter en compétences sur l'une ou l'autre des 13 compétences comme on l'a vu dans les tableaux de formations initiale et continue.

Cependant, ainsi que le remarquent les écoles d'ingénieurs, il existe un manque de ressources patent pour développer de nouvelles formations au NR. Une production de masse et cohérente au niveau du territoire est nécessaire afin de pouvoir servir le plus grand nombre est à envisager.

Dès lors, nous recommandons la mise en place d'un ou de plusieurs clusters chargés de coordonner le développement d'une offre de formation globale à la hauteur de l'enjeu.

Selon nous cette approche permet de :

- Favoriser le partage et l'émulation sur la thématique afin d'approfondir l'objet de formation ;

¹⁵ Le Cigref se donne pour mission de développer la capacité de ses membres à intégrer et maîtriser le numérique.

¹⁶ Cf. fiche en annexe

- Harmoniser l'offre de la formation et la rendre lisible pour l'ensemble des bénéficiaires ;
- Mutualiser la production de l'offre de formation ;
- Hybrider l'offre de formation afin de jouer sur le présentiel et le distanciel et séduire davantage de publics ;
- Garantir une excellence académique sur la thématique ;
- Développer des formations à 360° de la conception à leurs évaluations certificatives en formation initiale et continue en passant par la formation et la reconnaissance des formateurs ;
- Augmenter le champ des domaines de la thématique traités ;
- Diminuer la redondance d'offres quasi identiques alors que le contexte du marché ne le justifie pas ;
- Permettre à chaque acteur du cluster de rester focalisé sur son cœur de métier et donner le meilleur de lui-même.

Table des illustrations

Figure 1 Tableau récapitulatif des 13 principales compétences transverses relatives au numérique responsable	7
Figure 2 Courbe de connaissance des axes en autoévaluation, 44% de la population totale (ingénieurs actifs et élèves ingénieurs H/F) maîtrise très bien la problématique de l'axe 1 environnement et climat, 36% admettent la maîtrise moyennement et 21% ne pas la maîtriser. Par contre, seulement 11% maîtrise bien la problématique de l'axe 6 économie du numérique et 70% ne la maîtrise pas.	10
Figure 3 Tableau de couverture des compétences par les écoles d'ingénieurs réalisée à partir du tableau complet en annexe. Il permet d'estimer la prédominance des compétences traitées par l'ensemble des modules de formation des écoles d'ingénieur retenues.	12
Figure 4 Tableau de couverture des compétences adressées par la formation continue. Il permet d'estimer la prédominance des compétences traitées par l'ensemble des modules identifiés.....	12
Figure 5 Graphique en radar concernant le besoin, pour chacun des groupes de métiers des collectivités territoriales, des 13 compétences NR identifiées dans le cadre du diagnostic.	13
Figure 6 Graphique en radar concernant le besoin, pour chacun des groupes de métiers des secteurs du numérique et des télécoms des 13 compétences NR identifiées dans le cadre du diagnostic.	14
Figure 7 Graphique en radar croisant la formation dans les écoles d'ingénieur et les organismes de formation continue repérés dans le cadre du diagnostic et les besoins en compétences NR pour chacun des groupes de métiers des secteurs du numérique, des télécoms.	14



GOVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Contacts

Supervision scientifique sur les aspects NR

Vincent COURBOULAY, collègue enseignement supérieur de l'Institut du Numérique responsable

Rédaction Fondation UNIT :

Didier BOUVARD, ingénierie de projet pédagogie 4.0

Vincent BEILLEVAIRE, Délégué Général

Centre info pour l'analyse des métiers

Maryline GESBERT, Responsable du département Observatoire

Nicolas BIZEUL, consultant en ingénierie et politiques formation

Consultant technique

Marie BASTIDE, consultante numérique responsable