



Financé par
l'Union européenne



République Tunisienne
Ministère de l'Emploi et de la Formation Professionnelle



Organisation
internationale
du Travail

► Cartographie des besoins en compétences des pays européens dans le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication

Enjeux stratégiques pour la Formation, l'Emploi et la Mobilité professionnelle en TUNISIE



Financé par
l'Union européenne



République Tunisienne
Ministère de l'Emploi et de la Formation Professionnelle



Organisation
internationale
du Travail

► Cartographie des besoins en compétences des pays européens dans le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication

Enjeux stratégiques pour la Formation, l'Emploi et la Mobilité professionnelle en Tunisie



Cet ouvrage est soumis à une licence Creative Commons Attribution 4.0 International. Voir: creativecommons.org/licenses/by/4.0. L'utilisateur est autorisé à réutiliser et à partager (copier et redistribuer) l'ouvrage original ou à l'adapter (le remanier, le transformer ou s'en servir pour créer un nouveau produit) conformément aux termes de ladite licence. L'utilisateur doit clairement indiquer que l'OIT est la source de l'ouvrage et faire état de toute modification apportée au contenu original. L'utilisation de l'emblème, du nom et du logo de l'OIT n'est pas autorisée dans le cadre de traductions, d'adaptations ou d'autres œuvres dérivées.

Citation – L'utilisateur doit faire état de toute modification apportée à cet ouvrage. L'ouvrage doit être cité comme suit: OIT, *Cartographie des besoins en compétences des pays européens dans le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication : Enjeux stratégiques pour la Formation, l'Emploi et la mobilité professionnelle en Tunisie*, Genève: Bureau international du Travail, 2026. © OIT.

Traductions – Si cet ouvrage fait l'objet d'une traduction, celle-ci doit comporter, outre la mention de la source de l'ouvrage original, la clause de non-responsabilité suivante: *Ceci est une traduction d'un ouvrage de l'Organisation internationale du Travail (OIT) protégé par le droit d'auteur. Cette traduction n'a pas été élaborée, révisée ou approuvée par l'OIT et ne doit pas être considérée comme une traduction officielle de cette dernière. L'OIT décline toute responsabilité quant au contenu ou à l'exactitude de cette traduction, qui n'engage que la responsabilité de son ou ses auteurs.*

Adaptations – Si cet ouvrage fait l'objet d'une adaptation, celle-ci doit comporter, outre la mention de la source de l'ouvrage original, la clause de non-responsabilité suivante: *Ceci est une adaptation d'un ouvrage de l'Organisation internationale du Travail (OIT) protégé par le droit d'auteur. Cette adaptation n'a pas été élaborée, révisée ou approuvée par l'OIT et ne doit pas être considérée comme une adaptation officielle de cette dernière. L'OIT décline toute responsabilité quant au contenu ou à l'exactitude de cette adaptation, qui n'engage que la responsabilité de son ou ses auteurs.*

Œuvres de tiers – La licence Creative Commons ne s'applique pas aux œuvres incluses dans cette publication qui ne relèvent pas du droit d'auteur de l'OIT. Lorsqu'une œuvre est attribuée à un tiers, l'utilisateur de l'œuvre est seul responsable d'obtenir les autorisations nécessaires auprès du détenteur des droits et sera tenu pour seul responsable en cas de violation alléguée.

Tout différend auquel la présente licence pourra donner lieu et qui ne pourra pas être résolu à l'amiable sera soumis à l'arbitrage conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI). Les parties seront liées par toute sentence arbitrale rendue en tant que règlement définitif du différend.

Toute question concernant les droits et licences doit être envoyée à rights@ilo.org. Des informations concernant les publications et les produits numériques de l'OIT peuvent être consultées sur www.ilo.org/publns.

ISBN: 9789220436851 (imprimé); 9789220436868 (pdf Web)

DOI: <https://doi.org/10.54394/00034484>

Les désignations utilisées dans les publications et bases de données de l'OIT, qui sont conformes à la pratique de l'Organisation des Nations Unies, et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'OIT aucune prise de position quant au statut juridique de tout pays, zone ou territoire, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières ou limites. Voir: www.ilo.org/deni-de-responsabilite.

Les opinions et vues exprimées dans la présente publication sont propres à son ou ses auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions, les vues ou la politique de l'OIT.

La mention ou la non-mention de telle ou telle entreprise ou de tel ou tel produit ou procédé commercial n'implique de la part de l'OIT aucune appréciation favorable ou défavorable.

► Table des Matières

1. Résumé Exécutif	10
Acronymes	13
Chapitre 2 : Introduction	19
2.1 Contexte, Enjeux et Problématique de l'Étude : Cadre Institutionnel et Enjeux Stratégiques de la Transformation Numérique	20
2.2 Problématique de l'Alignement des Compétences Tunisie-Europe	20
2.3 Objectifs, Périmètre et Cadre Méthodologique	21
2.3.1 Objectif Général et Cibles Spécifiques	21
2.3.2 Délimitation du Périmètre d'Analyse	21
2.3.3 Synthèse du Cadre Méthodologique Intégré	22
Chapitre 3 : Le secteur TIC en Europe	23
3.1 Le nouveau cadre de gouvernance numérique de l'union européenne : architecture, mise en œuvre et enjeux stratégiques	24
3.2 L'architecture normative : une régulation systémique du marché unique numérique	24
3.2.1 La régulation des plateformes et des marchés : Digital Services Act (DSA) et Digital Markets Act (DMA)	24
3.2.2 La sécurisation des infrastructures critiques : la directive NIS2	25
3.2.3 La gouvernance des technologies émergentes : AI Act et identité numérique (eIDAS 2.0)	26
3.3 Architectures institutionnelles comparées des États membres	27
3.4 Défis de transposition et asymétries de capacité	29
3.5 Les enjeux stratégiques : de la régulation à la politique de puissance numérique	30
3.5.1 L'autonomie stratégique par la politique industrielle : Chips Act et calcul haute performance	30
3.5.2 Le déficit de compétences, frein à l'ambition réglementaire	30
3.5.3 La projection normative et la gouvernance de la Décennie numérique	31
Conclusion	33
Chapitre 4 : Le cadre géoéconomique et l'emploi du secteur TIC en Europe	34
4.1 Performance macroéconomique et positionnement mondial	35
4.2 Architecture des politiques industrielles et des investissements.	35
4.3 Infrastructures critiques et connectivité	36
4.5 Dynamiques quantitatives de l'emploi TIC : croissance, structure et disparités territoriales	39
4.6 Cadres réglementaires pour l'attractivité des talents internationaux.	41
4.7 Tensions structurelles et dynamiques nationales sur les marchés européennes des compétences TIC : analyse comparative France, Allemagne, Italie, Belgique et Luxembourg	44
4.7.1 France : tensions structurelles et déséquilibres territoriaux du marché des compétences numériques	44
4.7.2 Allemagne : tensions structurelles sur le marché des compétences numériques dans une puissance industrielle en transformation.	47
4.7.3 Italie : dynamique de rattrapage numérique et défis structurels	51
4.7.4 Belgique : concentration institutionnelle, pénuries structurelles et adoption numérique différenciée.	55

4.8 Convergence européenne des besoins en compétences TIC : articulation des classifications internationales et des référentiels de qualification	62
4.8.1 Déterminants structurels de la convergence professionnelle en Europe.	62
4.8.2 Architecture classificatoire ISCO-08 et positionnement des métiers prioritaires.	63
4.8.3 Famille 251 : développeurs et analystes de logiciels et d'applications	63
4.8.4 Famille 252 : spécialistes des bases de données et des réseaux	63
4.8.5 Famille 133 : gestionnaires de services des technologies de l'information et des communications	64
4.8.6 Famille 35 : techniciens des technologies de l'information et des communications	64
4.8.7 Répartition des familles professionnelles par pays et spécialisations nationales.	64
4.8.8 Architecture des compétences numériques dans le référentiel ESCO	65
4.8.9 Socle commun de compétences transversales	65
4.8.10 Spécialisation fonctionnelle et positionnement dans la chaîne de valeur numérique	66
4.9 Articulation avec le cadre européen des certifications (EQF)	66
4.9.1 Niveau EQF 5 : techniciens spécialisés.	66
4.9.2 Niveaux EQF 6 et 7 : profils stratégiques et d'expertise	67
4.9.3 Niveau EQF 8 : profils scientifiques et de recherche avancée.	67
4.10 Implications opérationnelles pour les politiques de formation et de compétences	67
4.10.1 Orientations stratégiques pour la famille 251 (Software/Data)	67
4.10.2 Orientations stratégiques pour la famille 252 (Réseaux/Systèmes/Cyber)	68
4.10.3 Orientations stratégiques pour les familles 133 (ICT service managers) et 35 (ICT technicians)	68
Conclusion	68
Chapitre 5 : L'écosystème des compétences numériques en Tunisie	70
5.1 Contexte macroéconomique et structurel	71
5.1.1 Positionnement économique du secteur numérique tunisien	71
5.1.2 Contribution à la richesse nationale : clarification méthodologique.	71
5.1.3 Dynamique d'investissement et modernisation des infrastructures	72
5.1.4 Intégration dans les chaînes de valeur internationales	72
5.2 Demande de compétences et structure du marché du travail	74
5.2.1 Anatomie du marché de l'emploi numérique	74
5.2.2 Dynamiques de l'emploi : quantification et tendances.	74
5.2.3 Structure de l'écosystème entrepreneurial	75
5.2.4 Profil sociodémographique de la main-d'œuvre	78
Chapitre 6 : Offre de formation et production de compétences	82
6.1 Enseignement supérieur public : pilier de la formation.	83
6.1.1 Formations de premier cycle (Licence).	83
6.1.2 Formations de deuxième cycle	85

6.1.3 Formation doctorale	91
6.1.4 Synthèse du secteur public : forces et limites	92
6.2 Enseignement supérieur privé : agilité et spécialisation	93
6.2.1 Licences nationales privées	93
6.2.2 Masters professionnels privés	94
6.2.3 Diplômes d'ingénieur privés	95
6.3 La formation professionnelle comme socle de maintenance et de support technique	96
6.3.1 Architecture et flux du dispositif : Une dominance étatique et sectorielle	97
6.3.2 Cartographie territoriale et enjeux de polarisation.	98
6.3.3 Analyse sociodémographique : Le paradoxe de l'exclusion féminine	101
6.3.4 Structure des diplômes et enjeux d'alignement EQF/ESCO	101
6.3.5 Diagnostic des limites systémiques et obstacles à la modernisation	103
6.3.6 Limites des données et axes d'amélioration	106
Chapitre 7 : Matrices de correspondance des référentiels et analyse des écarts de compétences TIC	109
7.1 Les référentiels européens : ESCO, ISCO-08 et EQF	110
7.1.1 Architecture et complémentarité des trois référentiels	110
7.1.2 ESCO : occupations, compétences et qualifications dans le domaine TIC.	110
7.1.3 ISCO-08 : familles professionnelles TIC	110
7.1.4 EQF : niveaux de qualification et articulation avec ESCO	111
7.2 Les référentiels tunisiens.	112
7.2.1 Le Référentiel Tunisien des Métiers et des Compétences (RTMC)	112
7.2.2 La Nomenclature d'Activités Tunisienne (NAT 2009)	113
7.2.3 Le référentiel sectoriel de l'UTICA : le REM/REC	113
7.3 ESCO, ISCO-08 et RTMC.	114
7.4 Matrice de correspondance entre les métiers TIC européens et l'offre de formation tunisienne : Cadre méthodologique de l'analyse	117
7.5 Lecture transversale : enseignements structurels de la heatmap	119
7.6 Analyse des écarts par famille de métiers.	119
7.6.1 Développeur logiciel / Web (Gap Université : 2,5 Gap FP : 4).	119
7.6.2 Ingénieur DevOps / Cloud (Gap Université : 4,5 Gap FP : 5)	119
7.6.3 Data Scientist / IA (Gap Université : 3 Gap FP : 5)	119
7.6.4 Data Engineer / Big Data (Gap Université : 3,5 Gap FP : 5)	120
7.6.5 Expert cybersécurité (Gap Université : 3,5 Gap FP : 4)	120
7.6.6 Architecte Cloud / Systèmes (Gap Université : 4 Gap FP : 5)	120
7.6.7 Chef de projet IT / Digital (Gap Université : 2,5 Gap FP : 5).	120
7.7 Analyse consolidée : trois configurations structurelles.	120
Chapitre 8 : Architecture du dispositif de veille	122
8.1 Transformation numérique et tensions structurelles sur les marchés européens	123

8.2 Enjeu d'alignement international des compétences et opportunité stratégique tunisienne . . .	123
8.3 Positionnement Tunisie-Europe : périmètre et logique d'analyse	123
8.4 Cadre conceptuel et fondements méthodologiques	124
8.4.1 Logique de skills anticipation et alignement aux référentiels internationaux	124
8.4.2 Hypothèses analytiques structurantes	124
8.4.3 Limites méthodologiques explicites.	124
8.5 Périmètre analytique: métiers et pays cibles.	125
8.6 Matrice de correspondance ESCO-RTMC	125
8.7 Construction des indicateurs d'alignement.	125
8.8 Indicateurs opérationnels: architecture quadripartite	125
8.9 Intégration systémique des deux familles d'indicateurs	126
8.10 Formalisation scientifique des indicateurs d'alignement	126
8.10.1 Taux de couverture des compétences (CR_0).	126
8.10.2 Indice d'écart pondéré par criticité (GI_0).	126
8.10.3 Indice de mobilité et de rétention (MR_0).	127
8.10.4 Indice global d'alignement (IGA_0).	127
8.10.5 Critères de validité des indicateurs.	127
8.11 Calcul du Potentiel Migratoire Composite (PMC)	127
8.11.1 Justification théorique et positionnement dans la littérature	127
8.11.2 Formalisation des quatre sous-indices.	128
8.11.3 Agrégation finale et interprétation	129
8.11.4 Analyse de sensibilité et validation	129
Chapitre 9 : Résultats analytiques : diagnostic de l'alignement Tunisie-Europe	131
9.1 Positionnement global : dualité structurelle du système tunisien	132
9.2 Pôles de compétitivité établie ($CR_0 \geq 85\%$)	133
9.3 Segments stratégiques en tension (CR_0 65-75 %)	133
9.4 Frontières technologiques: métiers émergents à faible alignement ($CR_0 < 65\%$)	134
9.5 Déficits structurels transversaux.	134
Chapitre 10 : Tableau de bord et mécanisme d'alerte.	137
10.1 Logique de pilotage par les indicateurs	138
10.2 Système d'alerte et actions correctives	138
10.3 Gouvernance des données et périodicité	139
10.4 Analyse comparative par pays européen	139
10.4.1 Profils de demande et accessibilité différenciée	139
10.4.2 France : marché de volume et proximité linguistique.	140
10.4.3 Allemagne : excellence technique et barrière linguistique.	142
10.4.4 Italie : fenêtre d'opportunité liée au PNRR	143
10.4.5 Belgique : écosystème d'innovation et logique de certification	146

10.4.6 Luxembourg : niche d'excellence hyperspécialisée	148
10.4.7 Hiérarchisation stratégique par PMC	150
10.4.8 Matrice de décision stratégique: couples pays-métiers prioritaires.	153
Chapitre 11 : Recommandations stratégiques et opérationnelles	154
11.1 Gouvernance : Institutionnalisation d'une intelligence stratégique pérenne et interinstitutionnelle	155
11.2 Réformes curriculaires: Alignement des contenus de formation sur les standards européens et les métiers émergents	155
11.3 Professionnalisation : Accélération de l'employabilité par les partenariats, la certification et l'alternance	156
11.4 Mobilité internationale: Gestion stratégique et sécurisée de la circulation des talents TIC . . .	156
11.5 Pilotage dynamique : Mise en place d'un cadre décisionnel fondé sur des seuils d'alerte et des indicateurs de performance	156
Conclusion générale	158
 Bibliographie	162
A. Sources institutionnelles européennes.	162
B. Organisations internationales	166
C. Données statistiques officielles	166
D. Sources nationales (gouvernements, ministères, agences nationales).	168
E. Centres de recherche, think tanks et institutions académiques	171
F. Littérature scientifique et rapports spécialisés	172
G. Plateformes et portails spécialisés	172
 Annexes	173
Annexe 1 : Note méthodologique	173
Dispositif d'extraction des données pour la veille stratégique du marché des compétences TIC. . .	173
1. Introduction, principes généraux et objectifs	173
2. Architecture générale du dispositif d'extraction	174
Annexe 2 : Glossaire des politiques numériques et des TIC en Europe	179
Annexe 3 : Développement détaillé FRANCE	186
Annexe 4 : Développement détaillé ALLEMAGNE	190
Annexe 5 : Développement détaillé ITALIE	197
Annexe 6 : Développement détaillé BELGIQUE.	200
Annexe 7 : Développement détaillé LUXEMBOURG	204
ANALYSE COMPARATIVE TRANSVERSALE ET ORIENTATIONS STRUCTURANTES	208

1. Résumé Exécutif

La transformation numérique constitue désormais le pivot structurant de la souveraineté économique et de la compétitivité industrielle de l'espace euro-méditerranéen. Pour l'Union européenne, l'atteinte des objectifs de la Décennie numérique — soit 20 millions de spécialistes TIC actifs à l'horizon 2030 — suppose une mobilisation sans précédent de capital humain qualifié à l'échelle du continent et au-delà de ses frontières immédiates. Dans ce contexte, l'étude conduite par l'Observatoire National de l'Emploi et des Qualifications (ONEQ), dans le cadre du programme THAMM Plus financé par l'Union européenne et mis en œuvre par l'Organisation internationale du Travail, apporte une contribution analytique de premier plan à la définition d'une politique de mobilité qualifiée structurée et mutuellement bénéfique entre la Tunisie et ses partenaires européens.

L'analyse repose sur un changement de paradigme fondamental : celui qui consiste à substituer à la lecture réductrice de la « fuite des cerveaux » une approche systémique de la circulation des compétences. Les asymétries structurelles identifiées entre l'offre de formation tunisienne et la demande de main-d'œuvre spécialisée des marchés européens ne sauraient être appréhendées comme une fatalité géoéconomique, mais comme un différentiel de positionnement susceptible d'être transformé, par une gouvernance appropriée, en levier de co-développement. L'objectif central de ce travail est précisément d'instrumentaliser cette lecture pour en faire un outil d'aide à la décision stratégique à disposition des autorités tunisiennes, des institutions européennes et des bailleurs multilatéraux.

Le contexte réglementaire européen constitue le déterminant de premier ordre de la nouvelle architecture de la demande de compétences TIC. Entre 2022 et 2024, l'Union européenne a opéré

une transition historique de l'autorégulation vers un cadre normatif ex ante contraignant dont les effets sur les marchés du travail numériques sont massifs et durables. Le Digital Services Act et le Digital Markets Act imposent aux très grandes plateformes numériques des obligations d'audit algorithmique récurrentes qui génèrent une demande structurelle de profils en conformité technique et éthique. La directive NIS2, en étendant les obligations de cybersécurité à dix-huit secteurs critiques et en instaurant un régime de notification à délai contraint, catalyse un besoin urgent de spécialistes en opérations de sécurité en temps réel et en gestion des risques cyber. L'AI Act introduit une logique de classification des risques qui mobilise des compétences hautement spécialisées en MLOps et en audit de systèmes d'intelligence artificielle à haut risque. Le règlement DORA, entré en vigueur en janvier 2025 pour le secteur financier, crée une pression de recrutement immédiate en experts de résilience opérationnelle numérique et de tests de pénétration. Enfin, le Chips Act et l'initiative EuroHPC — dont le supercalculateur JUPITER illustre l'ambition industrielle souveraine — déplacent une fraction croissante de la tension de recrutement vers le calcul haute performance et les architectures matérielles avancées.

La quantification du déséquilibre entre offre et demande confirme l'ampleur du défi. Avec 10,3 millions de spécialistes TIC recensés en 2024, l'Union européenne accuse un déficit structurel estimé à 9,7 millions de professionnels à l'horizon 2030. Ce déficit est aggravé par un déséquilibre démographique critique : 62,8 % des professionnels en activité ont plus de 35 ans, annonçant une vague de départs à la retraite dont l'impact sur les marchés du travail sera considérable dans la prochaine décennie. Le sous-investissement persistant dans les parcours féminins — avec un taux de représentation

des femmes plafonné à 19,5 % — représente par ailleurs une inefficience systémique que les mandants européens peinent à résorber. Dans ce contexte, le profil de parité de genre du secteur TIC tunisien — atteignant 50 % dans le développement logiciel — constitue un avantage comparatif réel, notamment au regard des critères ESG désormais intégrés aux politiques d'approvisionnement en compétences des grandes organisations européennes.

L'analyse différenciée des marchés nationaux cibles révèle une hétérogénéité structurelle qui appelle une stratégie de positionnement tunisien segmentée. La France, premier marché européen en volume avec 1,4 million de spécialistes, présente un retard significatif d'adoption du cloud (27 % contre 45 % pour la moyenne de l'Union) qui ouvre des perspectives de positionnement pour l'offre tunisienne en migration de systèmes et en architectures cloud-native, concentrées en Île-de-France. L'Allemagne, confrontée à 149 000 postes vacants dans le seul domaine TIC, est structurellement tirée par les impératifs de l'Industrie 4.0 et par les investissements en intelligence artificielle industrielle et cloud souverain portés par les grands opérateurs nationaux ; la mise en service du supercalculateur JUPITER crée en outre une niche de haute qualification en calcul haute performance. L'Italie, engagée dans une dynamique de rattrapage numérique financée à hauteur de 49,2 milliards d'euros par son Plan national pour la reprise et la résilience, souffre du taux le plus bas de l'Union en matière de diplômés TIC et présente une vulnérabilité systémique en cybersécurité qui ouvre des corridors de compétences spécifiques. La Belgique, en sa qualité de hub institutionnel européen concentrant les besoins de l'OTAN, de SWIFT et des institutions communautaires, affiche un taux de vacance en cybersécurité alarmant de 12,4 %. Le Luxembourg constitue un cas de positionnement atypique : unique marché où les spécialistes en réseaux et cybersécurité (ISCO 252) surpassent en volume les développeurs (ISCO 251), il exige une hyperspécialisation en résilience opérationnelle numérique imposée par la concentration exceptionnelle de centres de données de Tier IV et par les obligations de DORA.

L'offre de formation tunisienne présente des atouts académiques reconnus mais des vulnérabilités structurelles qui conditionnent sa capacité à

répondre aux exigences des marchés cibles. Le système d'enseignement supérieur public — porté par des établissements d'excellence comme l'ENSI, l'INSAT et Sup'Com — produit environ 3 200 ingénieurs TIC annuellement et développe une recherche doctorale de niveau international, notamment à travers le pôle de Sfax qui concentre un tiers de la production nationale de docteurs en informatique. En revanche, le secteur de la formation privée, plus agile mais moins diversifié, concentre 75 % de son offre sur le génie logiciel au détriment des infrastructures lourdes, des systèmes embarqués et des architectures industrielles nécessaires à l'Industrie 4.0. Sur le marché du travail national, un paradoxe préoccupant s'est accentué depuis 2019 : alors que l'emploi progresse dans les filiales de groupes étrangers, les revenus de ces entités stagnent ou reculent, suggérant un glissement vers des activités à plus faible valeur ajoutée. L'affaiblissement de pôles historiques tels qu'El Ghazala — qui a perdu mille emplois depuis 2021 — fragilise l'écosystème national et accentue les dynamiques d'expatriation non régulée, réduisant ainsi les bénéfices potentiels d'une mobilité circulaire organisée.

L'alignement stratégique entre l'offre tunisienne et la demande européenne requiert un cadre de pilotage fondé sur des indicateurs rigoureux et opérationnels. L'analyse mobilise trois instruments de mesure complémentaires : le taux de couverture curriculaire, dont le seuil critique d'interopérabilité est fixé à 65 % selon les standards ESCO ; l'indice d'écart compétentiel, dont un niveau supérieur à 0,6 signale un domaine de formation en état d'urgence — comme c'est actuellement le cas pour l'intelligence artificielle et le MLOps ; et le Potentiel Migratoire Composite, outil de hiérarchisation pondérant conjointement l'attractivité du marché cible, le déficit d'offre national, la faisabilité d'accès et la propension individuelle à la mobilité. L'application de cette matrice d'aide à la décision permet d'identifier des pôles de compétitivité tunisienne établie — notamment en réseaux et télécommunications, avec un taux d'alignement supérieur à 85 % — et des frontières technologiques critiques — en intelligence artificielle et en MLOps — qui requièrent un investissement curriculaire prioritaire et urgent.

Sur le fondement de ce diagnostic analytique, quatre axes de recommandation stratégique

s'imposent à l'agenda décisionnel des autorités et des partenaires. En premier lieu, l'institutionnalisation de l'ONEQ comme Centre d'Excellence pour l'intelligence de la mobilité qualifiée permettrait d'assurer un monitoring continu des tensions de marché et des seuils d'alerte du Potentiel Migratoire Composite, conférant à la Tunisie une capacité de veille et d'anticipation comparable aux standards des agences européennes de prospective des compétences. En deuxième lieu, l'alignement des cursus de formation sur le référentiel ESCO, conjugué à l'intégration de modules dédiés à la régulation européenne applicable — DORA, NIS2, AI Act — et à la mise en place de mécanismes de Matching Grants pour les certifications industrielles critiques (CISSP, AWS, Kubernetes), constitue le levier de transformation le plus direct de l'interopérabilité formation-emploi. En troisième lieu, la négociation d'accords bilatéraux de reconnaissance mutuelle des qualifications pour les niveaux EQF 6 et 7 — ciblant en priorité le marché de l'Industrie 4.0 allemande et la finance luxembourgeoise — permettrait de structurer des corridors de talents à forte valeur ajoutée dans un cadre juridique sécurisé. Enfin, le déploiement de mécanismes de mobilité circulaire — incluant des dispositifs de retour structuré et des programmes de mentorat à distance par la diaspora — est indispensable pour que la mobilité qualifiée produise un effet net positif sur le capital humain

national plutôt qu'une perte sèche de ressources formatées.

À l'horizon 2030, la Tunisie dispose des conditions nécessaires pour s'affirmer comme le hub de référence des compétences numériques en Méditerranée, à condition que la gouvernance publique de la mobilité soit hissée au niveau de l'ambition stratégique que cette position exige. En transformant son système de formation en un instrument d'interopérabilité avec les standards européens, en dotant ses institutions d'une capacité d'intelligence prospective sur les marchés du travail TIC, et en négociant des partenariats de compétences fondés sur la réciprocité et la valeur ajoutée partagée, la Tunisie peut simultanément assurer la valorisation de son capital humain, renforcer la résilience de son tissu économique intérieur et devenir un partenaire structurel indispensable de la souveraineté technologique européenne. Cette convergence d'intérêts constitue le fondement d'un partenariat euro-tunisien de nouvelle génération, pleinement ancré dans les priorités des bailleurs multilatéraux et des mandants politiques des deux rives de la Méditerranée.

► Acronymes

5G	Cinquième génération de réseaux mobiles – Technologie de communications électroniques à très haut débit et faible latence.
ACN	Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale (Agence nationale pour la cybersécurité, Italie) – Autorité nationale compétente en matière de cybersécurité.
AGCM	Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato (Autorité italienne de la concurrence et du marché) – Autorité indépendante chargée de l'application du droit de la concurrence.
AGCOM	Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (Autorité italienne pour les garanties dans les communications) – Autorité nationale de régulation des communications électroniques et de l'audiovisuel.
AgID	Agenzia per l'Italia Digitale (Agence pour l'Italie numérique) – Organisme public chargé de la transformation numérique de l'administration italienne.
AI / IA	Artificial Intelligence / Intelligence artificielle – Technologies fondées sur des systèmes capables d'exécuter des tâches requérant une intelligence humaine.
AI Act	Artificial Intelligence Act – Règlement de l'Union européenne établissant un cadre juridique harmonisé pour l'intelligence artificielle.
ALT-EDIC	Alliance for Language Technologies – European Digital Infrastructure Consortium – Consortium européen pour le déploiement d'infrastructures numériques dans le domaine des technologies linguistiques.
ANSSI	Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (France) – Autorité nationale en charge de la cybersécurité.
APD	Autorité de protection des données (Belgique) – Autorité nationale indépendante chargée de l'application du droit relatif à la protection des données.
ARCEP	Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (France) – Autorité nationale de régulation sectorielle.
BfDI	Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (Allemagne) – Autorité fédérale de protection des données et de la liberté d'information.
BNetzA	Bundesnetzagentur (Agence fédérale des réseaux, Allemagne) – Autorité de régulation des réseaux de télécommunications, d'énergie et de transport.
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Allemagne) – Autorité nationale compétente en matière de cybersécurité.
CCB	Centre pour la cybersécurité de Belgique – Autorité nationale compétente pour la cybersécurité et la directive NIS2.

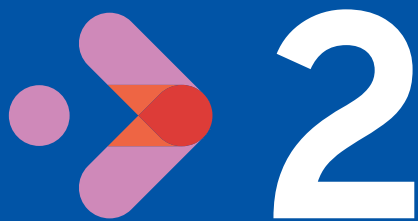
CEA-LIST	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives – Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies (France) – Institut de recherche en systèmes numériques.
Cedefop	Centre européen pour le développement de la formation professionnelle – Agence de l'Union européenne spécialisée dans les compétences et la formation.
CEF	Connecting Europe Facility (Mécanisme pour l'interconnexion en Europe) – Instrument financier de l'Union européenne pour les infrastructures transeuropéennes.
CEF Digital	Connecting Europe Facility – volet numérique – Programme de financement des infrastructures et services numériques transfrontaliers.
CELEX	Système de numérotation de la législation européenne – Identifiant unique des actes juridiques de l'Union européenne.
CEN	Comité européen de normalisation – Organisme européen de normalisation multisectorielle.
CENELEC	Comité européen de normalisation électrotechnique – Organisme européen de normalisation dans le domaine électrotechnique.
CEPS	Centre for European Policy Studies – Groupe de réflexion européen indépendant.
CNIL	Commission nationale de l'informatique et des libertés (France) – Autorité indépendante de protection des données personnelles.
CNRS	Centre national de la recherche scientifique (France) – Organisme public de recherche.
CVS	Corrigé des variations saisonnières – Méthode statistique d'ajustement des séries temporelles.
DESI	Digital Economy and Society Index – Indicateur composite de la Commission européenne mesurant la performance numérique des États membres.
Destatis	Statistisches Bundesamt – Office fédéral allemand de la statistique.
DG CONNECT	Direction générale des réseaux de communication, du contenu et des technologies – Service de la Commission européenne chargé des politiques numériques.
DigComp	Digital Competence Framework – Cadre européen de référence des compétences numériques.
DMA	Digital Markets Act – Règlement de l'Union européenne relatif aux marchés numériques.
DMAT	Digital Maturity Assessment Tool – Outil d'évaluation de la maturité numérique des entreprises.

DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification – Norme de transmission de données sur réseaux câblés.
DOI	Digital Object Identifier – Système normalisé d'identification des ressources numériques.
DSA	Digital Services Act – Règlement de l'Union européenne relatif aux services numériques.
DSC	Digital Services Coordinator – Autorité nationale compétente pour l'application du DSA.
DSE / FSE	Dossier de santé électronique / Fascicolo Sanitario Elettronico – Dispositif numérique de gestion des données de santé.
DST	Digital Speed Test – Outil d'évaluation des performances de connectivité.
EBSI	European Blockchain Services Infrastructure – Infrastructure européenne de services blockchain pour le secteur public.
EDIC	European Digital Infrastructure Consortium – Cadre juridique européen pour le déploiement d'infrastructures numériques stratégiques.
EDIH	European Digital Innovation Hub – Dispositif européen d'accompagnement à la transformation numérique des entreprises.
EDIW / EUDIW	EU Digital Identity Wallet – Portefeuille européen d'identité numérique.
EUDI	European Digital Identity – Cadre européen d'identité numérique interopérable.
eID	Electronic Identity – Dispositif d'identification électronique.
eIDAS	electronic Identification, Authentication and Trust Services – Règlement européen sur l'identification électronique et les services de confiance.
ENISA	Agence de l'Union européenne pour la cybersécurité – Agence chargée du renforcement de la cybersécurité dans l'Union.
ERP	Enterprise Resource Planning – Système intégré de gestion des ressources de l'entreprise.
ESN	Entreprise de services numériques – Prestataire de services informatiques.
ETI	Entreprise de taille intermédiaire – Catégorie d'entreprise définie par la taille et le chiffre d'affaires.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute – Organisme européen de normalisation des télécommunications.
EuroHPC JU	European High Performance Computing Joint Undertaking – Partenariat européen pour le calcul haute performance.

EuroQCI	European Quantum Communication Infrastructure – Initiative européenne pour une infrastructure de communication quantique sécurisée.
FTTB / FTTH / FTTP	Fiber to the Building / Home / Premises – Architectures de déploiement de la fibre optique.
GAIA-X	Initiative européenne pour un écosystème fédéré et sécurisé de données et de cloud.
GIP	Groupement d'intérêt public (France) – Structure juridique de coopération public-privé.
HPC	High Performance Computing – Calcul intensif à haute performance.
IaaS	Infrastructure as a Service – Modèle de fourniture de ressources informatiques à la demande.
IBPT	Institut belge des services postaux et des télécommunications – Autorité nationale de régulation.
ICT / TIC	Information and Communication Technologies – Technologies de l'information et de la communication.
IDE	Investissements directs étrangers – Investissements productifs réalisés à l'étranger.
IIoT	Industrial Internet of Things – Applications industrielles de l'internet des objets.
ILR	Institut luxembourgeois de régulation – Autorité nationale de régulation multisectorielle.
IMEC	Interuniversity Microelectronics Centre – Centre de recherche en nanoélectronique.
INRIA	Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (France).
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques (France).
IoT	Internet of Things – Réseau d'objets connectés.
IPCEI	Important Projects of Common European Interest – Projets stratégiques d'intérêt européen commun.
ISCO	International Standard Classification of Occupations – Classification internationale des professions.
ISTAT	Istituto Nazionale di Statistica – Institut national italien de statistique.
JRC	Joint Research Centre – Service scientifique interne de la Commission européenne.

JOUE	Journal officiel de l'Union européenne – Publication officielle des actes de l'Union.
KPI	Key Performance Indicator – Indicateur clé de performance.
ME/CT	Microelectronics and Communication Technologies – Domaine technologique stratégique.
MIE / CEF	Mécanisme pour l'interconnexion en Europe – Instrument financier de l'Union européenne.
NAF	Nomenclature d'activités française – Classification nationale des activités économiques.
NACE	Nomenclature statistique des activités économiques de l'Union européenne.
NGEU	Next Generation EU – Instrument exceptionnel de relance économique de l'Union européenne.
NIS2	Network and Information Security Directive 2 – Directive européenne relative à la cybersécurité.
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques.
OIT	Organisation internationale du Travail.
OTS	Once-Only Technical System – Système européen d'échange administratif transfrontalier.
PaaS	Platform as a Service – Plateforme cloud de développement applicatif.
PIB	Produit intérieur brut – Indicateur macroéconomique de richesse.
PME / PMI / TPE	Catégories d'entreprises définies par la taille.
PNRR / NRRP	Plan national pour la reprise et la résilience.
R&D	Recherche et développement.
RGPD	Règlement général sur la protection des données.
RRF / FRR	Recovery and Resilience Facility – Instrument financier central du plan NGEU.
SaaS	Software as a Service – Logiciel fourni en mode service.

SPID	Sistema Pubblico di Identità Digitale (Italie) – Système national d'identité numérique.
STATEC	Institut national de la statistique et des études économiques du Luxembourg.
Statbel	Office belge de statistique.
STEP	Strategic Technologies for Europe Platform – Initiative européenne de soutien aux technologies stratégiques.
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics – Domaines scientifiques et technologiques prioritaires.
TEN-T	Trans-European Transport Network – Réseau transeuropéen de transport.
TSI	Technical Support Instrument – Instrument d'appui technique de la Commission européenne.
UE	Union européenne.
VHCN	Very High Capacity Networks – Réseaux fixes à très haute capacité.
VIB	Vlaams Instituut voor Biotechnologie – Institut de recherche en biotechnologie.
VLOP	Very Large Online Platforms – Très grandes plateformes en ligne au sens du DSA.
VLOSE	Very Large Online Search Engines – Très grands moteurs de recherche en ligne au sens du DSA.
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung – Institut de recherche économique allemand.



Chapitre 2 : Introduction

CADRAGE STRATÉGIQUE ET MÉTHODOLOGIQUE



2.1 Contexte, Enjeux et Problématique de l'Étude : Cadre Institutionnel et Enjeux Stratégiques de la Transformation Numérique

La transformation numérique s'impose comme un déterminant majeur de la compétitivité et de la souveraineté économique des nations contemporaines. Pour l'Union européenne, elle constitue un levier stratégique pour la modernisation de son tissu productif. Toutefois, cette transition accélérée se heurte à un obstacle majeur : une tension structurelle sur les compétences, qui apparaît désormais comme le principal goulot d'étranglement de l'ambition numérique européenne. La présente étude se positionne précisément au carrefour de ce double enjeu, en analysant les dynamiques d'alignement entre l'offre de compétences en Tunisie et les besoins des marchés européens, dans un cadre de coopération euro-méditerranéenne visant à transformer les défis de la mobilité professionnelle en opportunités mutuelles.

Cette analyse s'inscrit dans le cadre du programme THAMM Plus – « *Pour une approche globale de la gouvernance des migrations et de la mobilité de main-d'œuvre en Afrique du Nord* ». Mis en œuvre par l'Organisation internationale du Travail (OIT) pour la période 2024–2027 et financé par l'Union européenne, ce programme vise à renforcer la gouvernance de la migration de main-d'œuvre et à consolider les capacités institutionnelles en matière de mobilité professionnelle. C'est dans ce contexte que l'*Observatoire National de l'Emploi et des Qualifications (ONEQ)*, en partenariat avec l'OIT, conduit cette étude, prolongeant ainsi les travaux de sa cellule nationale de veille et d'anticipation des métiers et des compétences, dont la mission est d'identifier les évolutions attendues des qualifications à l'échelle nationale et internationale.

En Europe, la transformation numérique est structurée par des dynamiques technologiques et réglementaires profondes. La diffusion massive du *cloud computing*, l'essor de l'intelligence artificielle, la généralisation des architectures distribuées et la montée des risques cyber redéfinissent les modes de production et les contenus des métiers dans tous les secteurs.

Cette transition est encadrée par un volontarisme politique notable, bien que ses résultats restent hétérogènes, comme en témoigne la stratégie « Décennie numérique » qui fixe des objectifs précis en matière d'infrastructures, de services et de compétences. L'ensemble de l'économie européenne devient ainsi progressivement dépendant de systèmes d'information complexes, interconnectés et critiques.

Ces dynamiques se matérialisent de manière distincte mais convergente dans les cinq pays européens ciblés par l'étude. L'Allemagne et la France sont engagées dans des processus de modernisation industrielle où le numérique joue un rôle transversal. L'Italie poursuit un mouvement de rattrapage, tandis que la Belgique et le Luxembourg concentrent des activités de services à très haute valeur ajoutée. Malgré ces trajectoires économiques différentes, ces pays partagent une tension commune et durable sur les compétences en technologies de l'information et de la communication (TIC), peinant à former en interne les profils nécessaires pour soutenir leur transformation.

L'écosystème numérique tunisien n'évolue pas en vase clos ; il est intrinsèquement contraint et façonné par la demande européenne, qui définit de facto le périmètre des opportunités pour ses professionnels. La demande de l'UE n'est pas une donnée abstraite ; elle se traduit par des offres d'emploi ciblées, des listes de professions en tension et des dispositifs de migration qualifiée. Comprendre cette demande, c'est donc analyser les incitations et les contraintes qui pèsent sur les choix en Tunisie, qu'il s'agisse des stratégies des entreprises locales, de la spécialisation des filières de formation ou des projets de mobilité des individus.

Ce contexte de tension, de demande non satisfaite et d'interdépendance croissante forme le cœur du désajustement que cette étude se propose d'analyser en profondeur.

2.2 Problématique de l'Alignement des Compétences Tunisie-Europe

La problématique centrale de l'étude réside dans le désajustement structurel entre, d'une part, l'offre de compétences TIC issues du

système de formation tunisien et, d'autre part, la demande forte et durable des marchés du travail européens. La Tunisie forme chaque année un nombre conséquent de diplômés qualifiés dans les domaines de l'informatique et de l'ingénierie, mais son marché national ne parvient pas toujours à leur offrir des trajectoires professionnelles à la hauteur de leurs aspirations. Simultanément, les économies européennes peinent à satisfaire leurs besoins en profils avancés par la seule mobilisation de leurs ressources internes.

Notre analyse postule que le paradigme de la « fuite des cerveaux » est analytiquement obsolète pour saisir la complexité des flux de compétences. Il convient de lui substituer un cadre d'analyse centré sur les asymétries structurelles : un décalage entre les compétences enseignées et les savoir-faire attendus par les employeurs ; un décalage entre la structure de l'emploi local et celle des segments les plus dynamiques du numérique européen ; et enfin, un décalage dans les mécanismes de reconnaissance des qualifications. L'enjeu n'est donc pas seulement de freiner les départs, mais de comprendre comment la Tunisie peut transformer son capital humain en un atout stratégique dans sa relation avec l'Europe.

Les flux de mobilité professionnelle qui en résultent ne sont pas le fruit de décisions purement individuelles. Ils sont fortement conditionnés par des facteurs structurels : l'architecture des filières de formation, la qualité de l'information sur les débouchés, l'existence de passerelles de qualification entre les systèmes tunisiens et européens, et les politiques de recrutement des entreprises. L'étude analyse ainsi la mobilité non comme une rupture, mais comme une étape potentielle dans un parcours intégré, allant de l'acquisition des compétences initiales aux dynamiques de circulation et de retour potentiel du capital humain.

Dans cette perspective, la question de recherche centrale qui guide cette étude peut être formulée ainsi : *Comment construire une articulation plus cohérente et stratégique entre les besoins européens, les capacités de formation tunisiennes, les aspirations des professionnels et les mécanismes de mobilité pour maximiser les bénéfices mutuels ?*

C'est pour répondre à cette interrogation que l'étude déploie un dispositif d'analyse rigoureux,

dont les objectifs et le périmètre sont définis ci-après.

2.3 Objectifs, Périmètre et Cadre Méthodologique

2.3.1 Objectif Général et Cibles Spécifiques

La formulation d'objectifs clairs et précis est une condition indispensable pour garantir la rigueur analytique d'une étude et le caractère opérationnel de ses recommandations. En délimitant précisément ce que l'analyse cherche à éclairer, il devient possible de construire un cadre méthodologique robuste et de s'assurer que les résultats produits répondent aux interrogations stratégiques qui ont motivé la recherche.

L'objectif général de cette étude *est d'analyser l'impact des besoins européens en métiers et compétences TIC sur l'écosystème de la formation, de l'emploi et de la mobilité en Tunisie*. Il s'agit de décrypter les mécanismes, souvent informels, par lesquels les trajectoires individuelles parviennent, ou échouent, à concilier l'offre et la demande. L'étude éclaire ainsi simultanément les logiques de la demande émanant des pays européens, les dynamiques de l'offre qui structurent le système tunisien et les mécanismes d'appariement qui se manifestent dans les parcours individuels, afin de formuler des recommandations stratégiques visant à renforcer la cohérence entre ces différentes dimensions.

Pour atteindre cet objectif global, l'étude se décline en plusieurs objectifs spécifiques qui structurent les différents chapitres du rapport. Ces objectifs portent notamment sur l'identification des compétences en tension, l'analyse de l'offre de formation, l'examen des trajectoires de mobilité et l'évaluation des cadres institutionnels.

La réalisation de ces objectifs nécessite une délimitation précise du champ d'investigation, tant sur le plan géographique que sectoriel et conceptuel.

2.3.2 Délimitation du Périmètre d'Analyse

La pertinence d'une analyse dépend de sa capacité à définir un périmètre d'étude rigoureux. Pour concilier la profondeur analytique avec

la faisabilité opérationnelle, ce travail s'appuie sur une délimitation précise de son périmètre géographique, sectoriel et conceptuel, couvrant ainsi l'ensemble de la chaîne allant des compétences à la mobilité.

Le périmètre géographique de l'étude est double. Il se concentre d'une part sur la Tunisie, en englobant son système de formation, son écosystème productif et ses institutions de l'emploi. D'autre part, il cible cinq pays européens : la France, l'Allemagne, l'Italie, la Belgique et le Luxembourg. Ce choix a été opéré sur la base de plusieurs critères combinés, notamment l'intensité de leur demande en compétences TIC, leur poids économique dans l'espace européen et les liens existants ou potentiels avec les professionnels tunisiens.

Le périmètre sectoriel retenu adopte une définition élargie et analytique des TIC, reconnaissant que le numérique irrigue aujourd'hui l'ensemble du tissu productif. L'analyse intègre ainsi trois ensembles imbriqués. Le cœur TIC, correspondant aux activités de programmation et de télécommunications (classifications CITI/NACE), concentre les compétences techniques avancées et structure l'essentiel de la demande européenne. Le deuxième ensemble, celui des TIC affiliées (édition multimédia, services audiovisuels), permet de représenter la diversité des débouchés où les compétences numériques sont stratégiques. Enfin, l'étude explore les zones frontières avec l'Industrie 4.0 (IoT, automatisation, systèmes embarqués), vitales pour une analyse prospective, notamment dans des contextes industriels comme l'Allemagne. Cette approche élargie est indispensable pour rendre compte de manière réaliste et prospective de la structuration des métiers et des compétences.

Ce périmètre conceptuel et géographique est exploré via une méthodologie intégrée, présentée ci-après.

2.3.3 Synthèse du Cadre Méthodologique Intégré

La validité des conclusions de cette étude repose sur une architecture méthodologique rigoureuse, qui articule des approches quantitatives et qualitatives pour opérer une triangulation systématique des données. Alignée sur les standards internationaux de l'OIT et de l'ONEQ,

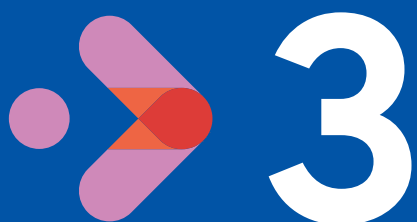
cette démarche intégrée et pluridisciplinaire garantit la robustesse de l'analyse et la pertinence des recommandations.

La méthodologie repose sur trois piliers complémentaires. Le premier est une analyse documentaire approfondie de sources stratégiques et statistiques. Le deuxième pilier consiste en l'exploitation de données secondaires, administratives et statistiques, issues d'organismes tunisiens et européens. Le troisième pilier est une collecte de données primaires via une approche mixte, combinant un large volet quantitatif et un volet qualitatif approfondi.

Le dispositif quantitatif a été conçu pour opérer une triangulation des perspectives. Cette triple perspective est méthodologiquement essentielle pour dépasser les biais inhérents à une source unique. Trois questionnaires distincts ont été administrés pour sonder : (1) les étudiants et apprenants TIC en Tunisie afin de confronter les aspirations de l'offre ; (2) les employeurs européens du secteur TIC pour identifier la réalité des exigences de la demande ; et (3) les professionnels tunisiens établis en Europe pour documenter l'expérience vécue des trajectoires.

Le volet qualitatif vient compléter et enrichir cette analyse. Quatre focus groups ont été organisés pour recueillir la parole des acteurs de terrain et comprendre les logiques institutionnelles, les pratiques informelles et les freins systémiques. Ces panels ont réuni des représentants des institutions de formation, des institutions de placement (publiques et privées), des experts et formateurs du secteur, ainsi que des entreprises tunisiennes des TIC. Ce choix des panels permet de couvrir l'intégralité de la chaîne de valeur des compétences : de leur production (formation) à leur mise en circulation (placement), en passant par leur absorption par le marché (entreprises) et leur analyse prospective (experts).

Cette architecture méthodologique robuste ne vise pas seulement à produire un diagnostic, mais à fournir des outils d'aide à la décision fondés sur des données probantes, capables d'éclairer les arbitrages stratégiques des décideurs tunisiens et européens. Elle constitue le socle sur lequel s'appuient les analyses approfondies développées dans les chapitres suivants.



Chapitre 3 : Le secteur TIC en Europe

FOCUS SUR LA FRANCE, L'ALLEMAGNE, L'ITALIE, LA BELGIQUE
ET LE LUXEMBOURG

3.1 Le nouveau cadre de gouvernance numérique de l'union européenne : architecture, mise en œuvre et enjeux stratégiques

La période législative 2022-2024 constitue un tournant stratégique pour l'approche de l'Union européenne en matière de gouvernance numérique. Cette séquence marque le passage d'une logique d'autorégulation, longtemps prévalente, à un cadre de régulation *ex ante* systémique et contraignant, visant à structurer le marché numérique unique tout en protégeant les droits fondamentaux. Ce nouveau paradigme s'articule autour de quatre instruments juridiques majeurs : le Digital Services Act (DSA), qui encadre la responsabilité des services en ligne ; le Digital Markets Act (DMA), qui vise à garantir la contestabilité des marchés dominés par les géants du numérique ; la directive NIS2, qui renforce les exigences de cybersécurité pour les infrastructures critiques ; et l'AI Act, premier cadre réglementaire mondial pour l'intelligence artificielle. Le présent chapitre se propose d'analyser l'architecture de ce dispositif complexe, ainsi que les modalités et les défis de sa mise en œuvre dans cinq États membres aux traditions institutionnelles variées : la France, l'Allemagne, l'Italie, la Belgique et le Luxembourg. L'analyse qui suit examine d'abord l'architecture normative de ce nouveau cadre avant d'en aborder les défis de mise en œuvre et les enjeux stratégiques.

3.2 L'architecture normative : une régulation systémique du marché unique numérique

3.2.1 La régulation des plateformes et des marchés : Digital Services Act (DSA) et Digital Markets Act (DMA)

La régulation des services et des marchés numériques constitue une pierre angulaire de la stratégie européenne. Face à la concentration du pouvoir économique et informationnel entre les mains d'un nombre restreint d'acteurs, l'Union européenne a développé deux instruments complémentaires, le DSA et le DMA, pour garantir un environnement en ligne à la fois sûr, transparent et équitablement contestable.

Le Digital Services Act (Règlement UE 2022/2065) instaure une architecture de responsabilité graduée, proportionnée à la taille et au rôle des opérateurs¹. Il distingue quatre catégories d'acteurs, des simples services intermédiaires aux plateformes en ligne. Des obligations renforcées sont imposées aux très grandes plateformes en ligne (VLOP) et aux très grands moteurs de recherche (VLOSE), définis comme ceux comptant plus de 45 millions d'utilisateurs actifs mensuels dans l'Union². Ces entités sont soumises à des évaluations annuelles des risques systémiques (désinformation, protection des droits fondamentaux, etc.) et à des audits indépendants. La supervision est assurée au niveau national par des coordinateurs des services numériques désignés par chaque État membre. En cas de non-respect, les sanctions peuvent atteindre jusqu'à 6 % du chiffre d'affaires mondial de l'entreprise³.

Le Digital Markets Act (Règlement UE 2022/1925) adopte quant à lui une approche *ex ante* ciblant spécifiquement les contrôleurs d'accès (*gatekeepers*)⁴, ces géants du numérique dont la position sur le marché est si solidement établie qu'elle devient un frein à la concurrence. Une entreprise est désignée *gatekeeper* si elle remplit

1 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Règlement (UE) 2022/2065 du Parlement européen et du Conseil du 19 octobre 2022 relatif à un marché unique des services numériques et modifiant la directive 2000/31/CE (règlement sur les services numériques)," Journal officiel de l'Union européenne L 277 (27 octobre 2022): 1-102, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022R2065> (consulté le 16 novembre 2025).

2 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Règlement (UE) 2022/2065 du Parlement européen et du Conseil du 19 octobre 2022 relatif à un marché unique des services numériques et modifiant la directive 2000/31/CE (règlement sur les services numériques)," Journal officiel de l'Union européenne L 277 (27 octobre 2022): 1-102, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022R2065> (consulté le 16 novembre 2025).

3 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Règlement (UE) 2022/2065 du Parlement européen et du Conseil du 19 octobre 2022 relatif à un marché unique des services numériques et modifiant la directive 2000/31/CE (règlement sur les services numériques)," Journal officiel de l'Union européenne L 277 (27 octobre 2022): 1-102, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022R2065> (consulté le 16 novembre 2025).

4 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Règlement (UE) 2022/1925 du Parlement européen et du Conseil du 14 septembre 2022 relatif aux marchés contestables et équitables dans le secteur numérique et modifiant les directives (UE) 2019/1937 et (UE) 2020/1828 (règlement sur les marchés numériques)," Journal officiel de l'Union européenne L 265 (12 octobre 2022): 1-66, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022R1925> (consulté le 16 novembre 2025).

trois critères quantitatifs cumulatifs : un chiffre d'affaires annuel dans l'Espace économique européen supérieur ou égal à 7,5 milliards d'euros (ou une capitalisation boursière d'au moins 75 milliards d'euros), la fourniture d'un service de plateforme essentiel dans au moins trois États membres, et le dépassement de seuils d'utilisateurs élevés (plus de 45 millions d'utilisateurs finaux actifs par mois et 10 000 utilisateurs professionnels par an)⁵. Le DMA leur impose une série d'obligations et d'interdictions directes, articulées autour de principes de non-discrimination (interdiction de favoriser ses propres services), d'interopérabilité (obligation d'assurer la compatibilité des services de messagerie) et de transparence (publication des paramètres de classement)⁶. Les sanctions sont particulièrement dissuasives, pouvant atteindre 10 % du chiffre d'affaires mondial annuel, complétées par des astreintes périodiques pouvant aller jusqu'à 5 % du chiffre d'affaires moyen journalier⁷. En cas de violation systématique, la Commission peut imposer des mesures correctives structurelles, y compris la cession d'activités⁸.

Toutefois, la régulation des services et des marchés numériques ne peut être efficace sans une sécurisation robuste des infrastructures critiques qui en constituent le socle opérationnel.

3.2.2 La sécurisation des infrastructures critiques : la directive NIS2

Positionnée comme une réponse à l'intensification et à la sophistication des menaces cybernétiques, la directive NIS2 (Directive UE 2022/2555) constitue une pièce maîtresse de la stratégie de résilience numérique de l'Union européenne⁹. Elle remplace et renforce considérablement la première directive NIS de 2016, jugée insuffisante face à l'évolution du paysage des risques.

Les apports structurants de NIS2 sont multiples, à commencer par un champ d'application

considérablement élargi. La directive couvre désormais dix-huit secteurs d'activité, répartis en deux catégories :

- Secteurs hautement critiques : énergie, transports, services bancaires, infrastructures des marchés financiers, santé, eau potable, infrastructures numériques, administrations publiques et espace¹⁰.
- *Secteurs critiques* : services postaux et de messagerie, gestion des déchets, fabrication et distribution de produits chimiques, industrie manufacturière, fournisseurs de services numériques et organisations de recherche¹¹.

La directive impose aux entités concernées trois grandes catégories d'obligations, dont le non-respect peut entraîner des sanctions administratives significatives :

1. *Gestion des risques de cybersécurité* : Les entités doivent mettre en place des mesures techniques, opérationnelles et organisationnelles appropriées et proportionnées pour gérer les risques. Celles-ci doivent couvrir l'ensemble du cycle de vie des systèmes, y compris, de manière cruciale, la sécurité de la chaîne d'approvisionnement¹².
2. *Notification des incidents* : Un régime de notification strict est instauré. Tout incident de sécurité ayant un impact significatif doit faire l'objet d'une notification initiale à l'autorité compétente dans un délai de 24 heures, suivie d'une notification détaillée sous 72 heures et d'un rapport final dans un délai d'un mois¹³.
3. *Supervision* : Les autorités nationales de cybersécurité se voient dotées de pouvoirs de supervision et d'enquête étendus, incluant des inspections sur site et des audits de sécurité¹⁴.

La sécurisation des infrastructures physiques et numériques est ainsi complétée par un cadre réglementaire prospectif, conçu pour encadrer les

5 Règlement (UE) 2022/1925, article 3.

6 Règlement (UE) 2022/1925, article 5,6.

7 Règlement (UE) 2022/1925, article 30.

8 Règlement (UE) 2022/1925, article 18.

9 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Directive (UE) 2022/2555 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2022 concernant des mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de cybersécurité dans l'ensemble de l'Union, modifiant le règlement (UE) n° 910/2014 et la directive (UE) 2018/1972 et abrogeant la directive (UE) 2016/1148 (directive SRI 2)," Journal officiel de l'Union européenne L 333 (27 décembre 2022): 80-152, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022L2555> (consulté le 16 novembre 2025).

10 Directive (UE) 2022/2555, annexe I.

11 Directive (UE) 2022/2555, annexe II.

12 Directive (UE) 2022/2555, article 21.

13 Directive (UE) 2022/2555, article 23.

14 Directive (UE) 2022/2555, article 32-34.

technologies émergentes telles que l'intelligence artificielle et l'identité numérique.

3.2.3 La gouvernance des technologies émergentes : AI Act et identité numérique (eIDAS 2.0)

Avec le Règlement sur l'IA (AI Act) et la révision du cadre eIDAS, l'Union européenne se positionne en pionnière dans la gouvernance des technologies de rupture. Ces initiatives visent à encadrer les risques potentiels tout en promouvant un modèle numérique européen fondé sur la confiance, la souveraineté et le respect des droits fondamentaux, se distinguant ainsi des approches américaine et chinoise.

Le Règlement sur l'IA (AI Act) : Le Règlement (UE) 2024/1689 adopte une approche innovante fondée sur une classification quadripartite des systèmes d'IA en fonction de leur niveau de risque¹⁵.

Risque inacceptable : Certaines pratiques sont purement et simplement interdites, car jugées contraires aux valeurs européennes. C'est le cas des systèmes de notation sociale mis en place par des autorités publiques ou des techniques manipulatoires subliminales¹⁶.

Haut risque : Les systèmes d'IA utilisés dans des domaines critiques sont soumis à des obligations strictes avant leur mise sur le marché. Ces domaines incluent l'emploi, l'accès aux services essentiels (publics et privés), les activités des forces de l'ordre ou la gestion des migrations. Les exigences portent notamment sur la mise en place d'un système de gestion des risques, la garantie de la qualité des données d'entraînement pour éviter les biais, et l'obligation d'une surveillance humaine effective¹⁷.

Risque limité : Pour certains systèmes, comme les *chatbots*, des obligations de transparence s'appliquent afin que les utilisateurs sachent qu'ils interagissent avec une machine.

Risque minimal : La grande majorité des applications d'IA (jeux vidéo, filtres anti-spam, etc.) ne sont soumises à aucune obligation spécifique. Le calendrier d'application s'échelonne progressivement : les interdictions des pratiques à risque inacceptable sont en vigueur depuis le 2 février 2025 ; les dispositions relatives aux modèles d'IA à usage général s'appliqueront à partir du 2 août 2025 ; les obligations concernant les systèmes à haut risque entreront en vigueur le 2 août 2026 ; et la conformité intégrale sera requise au 2 août 2027, avec un délai étendu au 2 août 2030 pour certains systèmes déjà intégrés dans d'autres produits¹⁸.

L'identité numérique européenne (eIDAS 2.0) : Le Règlement (UE) 2024/1183 institue le portefeuille d'identité numérique européen (EUDI Wallet)¹⁹, une application mobile qui permettra à chaque citoyen de stocker et de partager des documents d'identité et des attestations officielles (permis de conduire, diplômes, etc.) de manière sécurisée et sous son contrôle exclusif. Ses principes structurants sont l'interopérabilité transfrontalière, la décentralisation (les données restent sur l'appareil de l'utilisateur), le contrôle par l'utilisateur sur les informations partagées, et l'harmonisation des standards techniques. L'enjeu est majeur en termes de souveraineté numérique, car il vise à offrir une alternative publique et fiable aux solutions d'identification proposées par les géants technologiques non européens. Les États membres ont jusqu'à fin 2026 pour fournir ces portefeuilles à leurs citoyens.

La mise en place de cette architecture normative complexe, qui touche à la fois aux plateformes, aux infrastructures et aux technologies émergentes, pose des défis considérables aux administrations nationales chargées de sa mise en œuvre.

15 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Règlement (UE) 2024/1689 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 établissant des règles harmonisées concernant l'intelligence artificielle et modifiant les règlements (CE) n° 300/2008, (UE) n° 167/2013, (UE) n° 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 et (UE) 2019/2144 et les directives 2014/90/UE, (UE) 2016/797 et (UE) 2020/1828 (règlement sur l'intelligence artificielle)," Journal officiel de l'Union européenne L 1689 (12 juillet 2024): 1-144, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32024R1689> (consulté le 16 novembre 2025).

16 Règlement (UE) 2024/1689, article 5.

17 Règlement (UE) 2024/1689, article 5-19.

18 Règlement (UE) 2024/1689, article 113.

19 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, « Règlement (UE) 2024/1183 du Parlement européen et du Conseil du 11 avril 2024 modifiant le règlement (UE) n° 910/2014 en ce qui concerne l'établissement du cadre européen relatif à une identité numérique », Journal officiel de l'Union européenne L 1183 (30 avril 2024), C.E.L.E.X. : 32024R1183, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32024R1183>

3.3 Architectures institutionnelles comparées des États membres

L'application du nouveau cadre réglementaire européen sur le terrain révèle l'hétérogénéité des traditions administratives et des architectures institutionnelles propres à chaque État membre. Si les objectifs sont communs, les modèles de supervision adoptés pour les mettre en œuvre diffèrent sensiblement, illustrant une Europe de la régulation «à plusieurs vitesses» institutionnelles.

France : Modèle de spécialisation sectorielle.

La France s'appuie sur un réseau d'autorités administratives indépendantes spécialisées. L'Arcom a été désignée coordinateur pour le DSA, en collaboration avec la CNIL et la DGCCRF²⁰. L'ANSSI est l'autorité compétente pour NIS2²¹. Pour l'AI Act, la CNIL supervise les systèmes impliquant des données personnelles, tandis que la DGCCRF coordonne la surveillance du marché²². L'Autorité de la concurrence est chargée du DMA²³. Ce modèle favorise une expertise sectorielle pointue mais impose un besoin de coordination inter-agences particulièrement rigoureux pour garantir une application cohérente du cadre européen.

• **Allemagne : Modèle de fédéralisme coopératif.**

Le système allemand reflète sa structure fédérale. La supervision est partagée entre des agences fédérales et les Länder. L'Agence fédérale des réseaux (BNetzA) est le coordinateur DSA²⁴, l'Office fédéral pour la sécurité des technologies de l'information (BSI) gère NIS2²⁵, et l'Office fédéral des cartels (Bundeskartellamt) applique le DMA²⁶. La

surveillance de l'AI Act est coordonnée entre le BSI et le Commissaire fédéral à la protection des données²⁷. Cette architecture nécessite des mécanismes de coordination verticale rigoureux entre les autorités fédérales et les Länder pour assurer une application homogène de la réglementation.

• **Italie : Modèle de centralisation administrative.**

L'Italie a opté pour une approche centralisée. L'AGCOM (Autorité pour les garanties dans les communications) est le coordinateur DSA²⁸. Pour NIS2, l'Agence pour l'Italie numérique (AgID) coordonne la transposition pour l'administration publique²⁹, tandis que l'Agence nationale pour la cybersécurité (ACN) supervise les secteurs économiques³⁰. L'Autorité de la concurrence (AGCM) est chargée du DMA³¹. Ce modèle vise à renforcer les capacités techniques de l'État au niveau central, mais il peut créer des goulots d'étranglement si les agences manquent de ressources pour gérer l'ensemble des secteurs.

• **Belgique : Modèle de fédéralisme complexe.**

La structure institutionnelle belge est la plus complexe. L'IBPT est le coordinateur DSA au niveau fédéral³², mais les régulateurs des médias des Communautés française (CSA) et flamande (VRM) sont également compétents. Le Centre pour la Cybersécurité Belgique (CCB) assure la mise en œuvre de NIS2³³. Cette structure, reflet de l'organisation constitutionnelle du pays, garantit le respect des compétences de chaque entité mais impose une charge de coordination

20 France, Loi n° 2024-449 du 21 mai 2024 visant à sécuriser et à réguler l'espace numérique, Journal officiel de la République française (22 mai 2024), <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049568681> (consulté le 16 novembre 2025).

21 Directive (UE) 2022/2555, article 8

22 France, Loi n° 2024-449 du 21 mai 2024 visant à sécuriser et à réguler l'espace numérique, Journal officiel de la République française (22 mai 2024), <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049568681> (consulté le 16 novembre 2025).

23 Règlement (UE) 2022/1925, article 38

24 Bundesnetzagentur, "L'Agence fédérale des réseaux (Bundesnetzagentur) devient l'autorité centrale de surveillance des plateformes pour l'Allemagne," communiqué de presse (14 mai 2024), https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/EN/2024/20240514_DSC.html (consulté le 16 novembre 2025).

25 Directive (UE) 2022/2555, article 8

26 Règlement (UE) 2022/1925, article 38

27 Allemagne, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, "Intelligence artificielle," https://www.bsi.bund.de/EN/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Kuenstliche-Intelligenz/kuenstliche-intelligenz_node.html (consulté le 16 novembre 2025).

28 Italie, Decreto-Legge 15 settembre 2023, n. 123, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 216 (15 septembre 2023), <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2023/09/15/23G00135/sg>, article 6 (consulté le 16 novembre 2025).

29 Directive (UE) 2022/2555, article 8.

30 Italie, Decreto-Legge 14 giugno 2021, n. 82 convertito con modificazioni dalla Legge 4 agosto 2021, n. 109, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 186 (5 août 2021), <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/08/05/21G00103/sg> (consulté le 16 novembre 2025).

31 Règlement (UE) 2022/1925, article 38

32 Belgique, Service public fédéral Économie, "Digital Services Act (DSA) : le règlement sur les services numériques," <https://economie.fgov.be/fr/themes/line/economie-des-plateformes-en/digital-services-act-dsa-le> (consulté le 16 novembre 2025).

33 Centre pour la Cybersécurité Belgique, Rapport d'activités 2023 (Bruxelles, 2024), https://ccb.belgium.be/sites/default/files/2024-10/CCB%20REPORT%202023_FR.pdf (consulté le 16 novembre 2025).

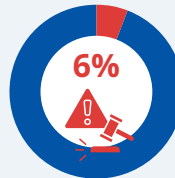
► Le Cadre Réglementaire Numérique de l'UE : Une Vue d'Ensemble

L'Union européenne a mis en place une architecture normative complète pour réguler son espace numérique. Cette stratégie vise à encadrer les grandes plateformes, à sécuriser les infrastructures critiques et à gouverner les technologies émergentes pour garantir un environnement fondé sur la confiance, la concurrence et le respect des droits fondamentaux.

Encadrer les Marchés et Infrastructures d'Aujourd'hui



Digital Services Act (DSA) : Pour un environnement en ligne plus sûr. Instaure une responsabilité graduée des plateformes pour lutter contre les contenus illicites.

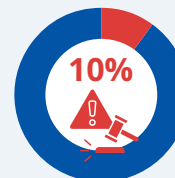


Sanctions jusqu'à 6% du chiffre d'affaires mondial.

Pour les très grandes plateformes (+45 millions d'utilisateurs) ne gérant pas les risques systémiques.



Digital Markets Act (DMA) : Pour des marchés plus équitables. Cible les "contrôleurs d'accès" (gatekeepers) pour interdire les pratiques anticoncurrentielles.



Sanctions jusqu'à 10% du chiffre d'affaires mondial.

En cas de non-respect des obligations (interopérabilité, non-discrimination, etc.).



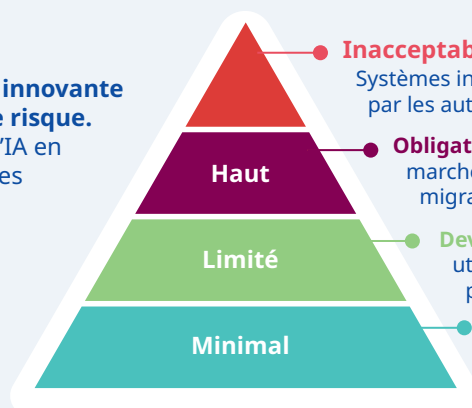
Directive NIS2 : Renforcer la cybersécurité européenne. Étend les obligations de sécurité à 18 secteurs critiques et impose une notification des incidents en 24h.



Bâtir la Confiance et la Souveraineté de Demain



AI Act : Une approche innovante basée sur le niveau de risque. Classifie les systèmes d'IA en **quatre niveaux** avec des règles distinctes.



Inacceptable

Systèmes interdits (ex : notation sociale par les autorités publiques).

Haut

Obligations strictes avant mise sur le marché (ex. IA dans l'emploi, le migration).

Limité

Devoir de transparence (ex. les utilisateurs doivent savoir qu'ils parlent à un chatbot).

Minimal

Aucune obligation spécifique (ex. jeux vidéo, filtres antispam).



eIDAS 2.0 : Le portefeuille d'identité numérique européen (EUDI). Permet aux citoyens de contrôler et partager leurs documents officiels de manière sécurisée.

particulièrement lourde pour présenter une position unifiée.

- **Luxembourg : Modèle d'intégration institutionnelle.** Le Luxembourg se caractérise par une forte concentration des compétences. L'Institut Luxembourgeois de Régulation (ILR) assume les fonctions de coordinateur DSA et d'autorité compétente pour NIS2³⁴. La CNPD (Commission nationale pour la protection des données) supervise l'AI Act³⁵, et la CSSF (Commission de Surveillance du Secteur Financier) intervient pour les aspects financiers³⁶. Ce modèle intégré, dicté par la taille de l'administration, favorise une vision transversale et optimise l'usage de ressources spécialisées rares, mais peut créer des goulots d'étranglement en cas de surcharge réglementaire simultanée.

Ces choix institutionnels divergents se traduisent par des performances de transposition et de mise en œuvre inégales à travers l'Union.

3.4 Défis de transposition et asymétries de capacité

Les États membres rencontrent des difficultés structurelles pour transposer et mettre en œuvre les nouvelles réglementations numériques, en particulier lorsque celles-ci sont techniquement complexes et exigent une coordination interministérielle poussée. Les retards observés ne sont pas anecdotiques mais révèlent des asymétries de capacité administrative et d'expertise au sein de l'Union.

La directive NIS2 constitue un cas d'étude

34 Institut luxembourgeois de régulation, "Directive NIS 2," <https://www.ilr.lu/secteurs-activites/niss/nis-2/> (consulté le 16 novembre 2025).

35 Luxembourg, Commission nationale pour la protection des données, "Intelligence artificielle," <https://cnpd.public.lu/fr/dossiers-thematiques/intelligence-artificielle.html> (consulté le 16 novembre 2025)

36 Luxembourg, Commission de surveillance du secteur financier, "Règlement sur la résilience opérationnelle numérique (DORA)," <https://www.cssf.lu/fr/2024/03/reglement-sur-la-resilience-operationnelle-numerique-dora> (consulté le 16 novembre 2025)

37 European Cyber Security Organisation (ECSO), "Suivi de la transposition de la directive NIS2" (14 février 2025), <https://ecs-org.eu/activities/nis2-directive-transposition-tracker/> (consulté le 16 novembre 2025).

38 Commission européenne, "La Commission invite 23 États membres à transposer intégralement la directive NIS2," Façonner l'avenir numérique de l'Europe (28 novembre 2024), <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-calls-23-member-states-fully-transpose-nis2-directive> (consulté le 16 novembre 2025)

39 Commission européenne, "La Commission invite 19 États membres à transposer intégralement la directive NIS2," Façonner l'avenir numérique de l'Europe (7 mai 2025), <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-calls-19-member-states-fully-transpose-nis2-directive> (consulté le 16 novembre 2025).

40 BSI, "Mise en œuvre de NIS-2 : le Bundestag allemand adopte la loi sur la cybersécurité," 13 novembre 2025, https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Pressemitteilungen/Presse2025/251113_NIS-2-Umsetzungsgesetz.html (consulté le 16 novembre 2025).

41 Règlement (UE) 2024/1689, article 70

particulièrement éclairant. Sa transposition était attendue pour le 17 octobre 2024. À cette date, seuls quatre États membres, dont la Belgique, étaient en conformité³⁷. Face à ce retard généralisé, la Commission européenne a dû réagir fermement :

- Le 28 novembre 2024, elle a ouvert des procédures d'infraction contre 23 États membres³⁸.
- En janvier 2025, elle a franchi une étape supplémentaire en adressant des avis motivés à 19 d'entre eux³⁹.

Le cas de l'Allemagne est symptomatique des difficultés rencontrées : après de longs débats techniques et institutionnels, la loi de transposition n'a finalement été adoptée qu'en novembre 2025, soit plus d'un an après l'échéance⁴⁰. Plusieurs facteurs expliquent ces retards systémiques : la complexité technique de la directive, qui couvre 18 secteurs distincts avec des exigences spécifiques ; la nécessité d'une coordination interministérielle approfondie (économie, intérieur, santé, transports, etc.) ; et un déficit d'expertise spécialisée en cybersécurité au sein des administrations nationales.

Des retards similaires, bien que moins médiatisés, ont été observés pour la désignation des autorités compétentes pour l'AI Act, dont l'échéance était fixée au 2 août 2025⁴¹. Ces défis de mise en œuvre s'inscrivent dans un contexte d'enjeux stratégiques plus larges pour l'Union, qui cherche à affirmer sa puissance au-delà de la seule régulation.

3.5 Les enjeux stratégiques : de la régulation à la politique de puissance numérique

3.5.1 L'autonomie stratégique par la politique industrielle : Chips Act et calcul haute performance

Consciente que la puissance réglementaire doit s'appuyer sur une base industrielle et technologique solide, l'Union européenne a complété son arsenal normatif par des politiques industrielles interventionnistes. Celles-ci visent à renforcer sa souveraineté dans des secteurs critiques en sécurisant à la fois les infrastructures de calcul (calcul haute performance) et les composants matériels sous-jacents (semi-conducteurs), deux piliers de l'autonomie stratégique numérique.

Deux initiatives sont emblématiques de cette approche complémentaire :

- *Le calcul haute performance (EuroHPC)* : L'entreprise commune EuroHPC, dotée d'un budget de 7 milliards d'euros, a pour objectif de doter l'Europe de capacités de supercalcul de classe mondiale⁴². L'exemple le plus spectaculaire est le supercalculateur JUPITER, premier système *exascale* européen. Localisé au centre de recherche de Jülich en Allemagne, il représente un investissement de 500 millions d'euros⁴³. Son architecture combine des technologies de pointe : son module Booster est équipé de processeurs graphiques NVIDIA GH200 et d'interconnexions NVIDIA Quantum-2 InfiniBand, tandis que son module Cluster universel intégrera les futurs processeurs européens Rhea développés par SiPearl dans le cadre de l'European Processor Initiative⁴⁴.

- *Les semi-conducteurs (Chips Act)* : En parfaite complémentarité avec l'ambition de maîtriser les infrastructures de calcul, le Règlement (UE) 2023/1781, ou «Chips Act», est la réponse européenne à la pénurie mondiale de puces électroniques⁴⁵. L'objectif est de doubler la part de marché de l'UE dans la production mondiale pour atteindre 20 % d'ici 2030, en mobilisant plus de 43 milliards d'euros d'investissements⁴⁶. La stratégie repose sur trois piliers :

1. L'initiative « Puces pour l'Europe » pour soutenir la recherche et le développement.
2. Un cadre pour attirer les investissements dans de nouvelles installations de fabrication.
3. Un mécanisme de surveillance et de réponse aux crises pour anticiper les pénuries.

La réussite de ces ambitions industrielles et réglementaires est cependant conditionnée par un facteur de plus en plus critique : la disponibilité des compétences humaines nécessaires pour les mettre en œuvre.

3.5.2 Le déficit de compétences, frein à l'ambition réglementaire

L'efficacité du nouveau cadre réglementaire numérique européen et le succès de sa politique industrielle sont directement liés à la disponibilité de compétences spécialisées. Or, l'Union fait face à un déficit structurel de talents qui pourrait freiner ses ambitions et limiter la portée de ses réformes.

La complexité des nouvelles réglementations (AI Act, NIS2, eIDAS 2.0) a engendré une demande croissante pour des profils professionnels hybrides, capables de combiner une expertise technique pointue avec une maîtrise approfondie des cadres

42 Conseil de l'Union européenne, "Règlement (UE) 2018/1488 du Conseil du 28 septembre 2018 portant création de l'entreprise commune pour le calcul à haute performance européen," Journal officiel de l'Union européenne L 252 (8 octobre 2018): 1-10, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32018R1488> (consulté le 16 novembre 2025)

43 EuroHPC Joint Undertaking, "Le contrat d'acquisition de JUPITER, le premier supercalculateur exascale européen, est signé," communiqué de presse, 3 octobre 2023, https://www.eurohpc-ju.europa.eu/procurement-contract-jupiter-first-european-exast-cale-supercomputer-signed-2023-10-03_en (consulté le 16 novembre 2025).

44 Forschungszentrum Jülich, "Aperçu technique de JUPITER," documentation technique, 2024, <https://www.fz-juelich.de/en/jsc/jupiter/tech> (consulté le 16 novembre 2025)

45 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Règlement (UE) 2023/1781 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 établissant un cadre de mesures visant à renforcer l'écosystème européen des semi-conducteurs," Journal officiel de l'Union européenne L 229 (18 septembre 2023): 1-60, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32023R1781> (consulté le 16 novembre 2025)

46 Commission européenne, "Le budget de l'UE renforce le leadership technologique de l'Europe : la loi européenne sur les puces," EU Budget Explained, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/motion/focus/eu-budget-bolsters-europes-technological-leadership-european-chips-act_en (consulté le 16 novembre 2025).

juridiques. Des domaines critiques émergent, tels que l'analyse d'impact des systèmes d'IA, l'audit de conformité algorithmique, l'architecture d'identité décentralisée ou la cybersécurité avancée. Ces compétences sont rares et très recherchées sur le marché du travail.

Ce besoin qualitatif s'ajoute à un déficit quantitatif structurel. Le programme de la Décennie numérique s'est fixé l'objectif ambitieux d'atteindre 20 millions de spécialistes des technologies de l'information et de la communication (TIC) employés dans l'Union d'ici 2030. L'écart à combler reste immense et constitue l'un des principaux goulots d'étranglement de la transformation numérique européenne.

Les implications de cette pénurie sont multiples. Pour les entreprises, elle se traduit par des difficultés de recrutement qui retardent les projets d'innovation et compliquent la mise en conformité avec les nouvelles règles. Pour le secteur public, elle affaiblit la capacité des autorités de supervision à exercer un contrôle efficace, faute d'experts qualifiés pour évaluer des systèmes technologiques complexes.

Cet enjeu de compétences s'inscrit dans une architecture de gouvernance plus large, qui articule

les objectifs internes de l'Union et sa volonté de projeter son modèle sur la scène internationale.

3.5.3 La projection normative et la gouvernance de la Décennie numérique

- L'Union européenne s'efforce d'articuler sa gouvernance numérique interne, structurée autour d'objectifs ambitieux, avec une stratégie d'influence normative visant à promouvoir son modèle réglementaire sur la scène internationale.
- **La gouvernance interne et ses limites** Le programme d'action « Trajectoire pour la décennie numérique » (Décision UE 2022/2481) a établi un mécanisme de coopération et de suivi pour atteindre des cibles quantifiées à l'horizon 2030⁴⁷, organisées autour de quatre axes : les compétences, les infrastructures, la transformation des entreprises et la numérisation des services publics⁴⁸. Cependant, le rapport de suivi de septembre 2024 a révélé un écart significatif entre les ambitions affichées et les engagements réels des États membres. Les investissements cumulés restent insuffisants, et seuls 52% des mesures nationales proposées sont jugées pleinement alignées sur les cibles

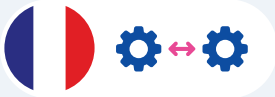
47 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, "Décision (UE) 2022/2481 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2022 établissant le programme d'action Trajectoire pour la décennie numérique à l'horizon 2030," Journal officiel de l'Union européenne L 323 (19 décembre 2022): 4-26, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022D2481> (consulté le 16 novembre 2025).

48 Commission européenne, "Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions : Boussole numérique 2030 : l'Europe balisant la décennie numérique," COM(2021) 118 final, 9 mars 2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52021DC0118> (consulté le 16 novembre 2025).

► Régulation Numérique de l'UE: L'Harmonisation à l'épreuve des Réalités Nationales

Comparer visuellement les différents modèles institutionnels choisis par les États membres de l'UE pour appliquer les nouvelles régimentations numériques, et souligner les défis et retards communs qui en résultent.

Architectures Nationales : 5 Modèles de Supervision



FRANCE :
Spécialisation Sectorielle
Des agences expertes (Arcom, CNIL) supervisent leur secteur, exigeant une forte coordination.



ALLEMAGNE :
Fédéralisme Coopératif
La supervision est partagée entre les agences fédérales (BNetzA) et les Länder.



ITALIE :
Centralisation Administrative
Des agences centrales (AGCOM, ACN) pilotent la régulation, risquant des goulets d'étranglement.



LUXEMBOURG :
Intégration Institutionnelle
Un seul institut (ILR) gère plusieurs règlements pour optimiser les ressources.



BELGIQUE :
Fédéralisme Complexe
Une coordination lourde est nécessaire entre les régulateurs fédéraux et communautaires.

Défis de Mise en Œuvre : Le Cas de la Directive NIS2



Retard de Transposition Généralisé :
Seuls 4 États membres étaient en conformité à l'échéance du 17 octobre 2024.



Réponse Ferme de la Commission Européenne :
Ouverture de procédures d'infraction contre 23 États membres en novembre 2024.

Causes des Retards Systémiques

- Complexité technique
- Besoin de coordination interministérielle
- Déficit d'experts en cybersécurité

européennes⁴⁹. Cette situation met en lumière les limites des mécanismes de coordination volontaire, qui ne sont pas assortis de pouvoirs de sanction contraignants, laissant une marge d'appréciation importante aux États.

- **La projection normative et la sécurité économique** Parallèlement, l'UE déploie une stratégie de **sécurité économique**, formalisée dans une communication de juin 2023, pour protéger ses actifs technologiques critiques (semi-conducteurs, IA, quantique) face aux risques géopolitiques⁵⁰. Cette stratégie se décline à travers une diplomatie numérique active, dont les instruments sont variés :
 - » *Influence sur les normes mondiales*, comme en témoigne l'impact de l'approche européenne sur la Déclaration de l'OCDE sur un avenir numérique de confiance⁵¹.
 - » Plateformes de coordination, à l'image du Conseil Commerce et Technologie UE-États-Unis (CCT), qui vise à harmoniser les approches réglementaires et technologiques⁵².
 - » *Partenariats numériques bilatéraux* avec des pays clés (Japon, Corée du Sud, Inde, etc.).
 - » *L'initiative Global Gateway*, qui vise à financer des infrastructures numériques dans les pays en développement, proposant une alternative au modèle chinois de la «Belt and Road Initiative» fondée sur des standards démocratiques et durables⁵³.

Cette double ambition, interne et externe, vise à positionner l'Europe comme une puissance numérique souveraine et influente.

Conclusion

La période 2022-2024 a marqué une transformation fondamentale de la gouvernance numérique européenne. L'Union est passée d'une approche réactive à un cadre réglementaire ex ante, systémique et intégré. L'adoption coordonnée du DSA, du DMA, de la directive NIS2 et de l'AI Act a permis de construire une architecture normative cohérente, visant à la fois à maîtriser les risques des technologies numériques et à façonner un marché unique plus juste, plus sûr et plus innovant.

Cependant, la mise en œuvre de ce cadre ambitieux se heurte à des défis de taille. L'hétérogénéité des capacités institutionnelles nationales, mise en évidence par les retards de transposition de la directive NIS2, révèle des asymétries profondes au sein de l'Union. Plus encore, le déficit structurel de compétences spécialisées, à la fois techniques et juridiques, constitue un goulot d'étranglement majeur qui menace l'efficacité même de la régulation, tant pour les entreprises que pour les autorités de supervision.

Enfin, cette architecture normative ne peut être comprise isolément. Elle s'inscrit dans une ambition stratégique plus large de l'Union européenne de devenir une véritable puissance numérique. En articulant la régulation avec des politiques industrielles interventionnistes (Chips Act, EuroHPC) et une diplomatie numérique active, l'Europe cherche non seulement à renforcer sa souveraineté technologique, mais aussi à projeter son modèle réglementaire fondé sur les droits et les valeurs démocratiques dans un contexte de compétition géopolitique et technologique accrue.

49 Commission européenne, "Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions : Rapport 2024 sur l'état de la décennie numérique," COM(2024) 420 final, 17 septembre 2024, p. 8-12, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/report-state-digital-decade-2024> (consulté le 16 novembre 2025).

50 Commission européenne et Haut Représentant de l'Union pour les affaires étrangères et la politique de sécurité, "Communication conjointe au Parlement européen, au Conseil européen et au Conseil : Une stratégie européenne de sécurité économique," JOIN(2023) 20 final, 20 juin 2023, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:52023JC0020> (consulté le 16 novembre 2025).

51 Commission européenne, "Déclaration européenne sur les droits et principes numériques pour la décennie numérique," 2023/C 23/01, Journal officiel de l'Union européenne C 23 (23 janvier 2023): 1-7, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32023C0123\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32023C0123(01)) (consulté le 16 novembre 2025) ; Organisation de coopération et de développement économiques, "Declaration on a Trusted, Sustainable and Inclusive Digital Future," adoptée le 11 décembre 2024, <https://www.oecd.org/digital/ministerial/declaration-2024> (consulté le 16 novembre 2025).

52 Commission européenne, "EU-US Trade and Technology Council Inaugural Joint Statement," communiqué de presse, 29 septembre 2021, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_21_4951 (consulté le 16 novembre 2025).

53 Commission européenne, "«Global Gateway»: jusqu'à 300 milliards d'euros pour la stratégie de l'Union européenne visant à développer des liens durables dans le monde," communiqué de presse, 1 décembre 2021, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_6433 (consulté le 16 novembre 2025).



Chapitre 4 : Le cadre géoéconomique et l'emploi du secteur TIC en Europe

Le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC) s'est imposé comme un pilier fondamental de la souveraineté économique et de l'autonomie stratégique de l'Union européenne. Dans un contexte de rivalités technologiques accrues et de reconfiguration des chaînes de valeur mondiales, la maîtrise des capacités numériques conditionne directement la compétitivité et la résilience du continent. Cette section a pour objectif d'analyser les dynamiques structurelles de ce secteur en Europe. Elle examinera successivement sa contribution macroéconomique et son positionnement mondial, l'architecture des politiques industrielles et des investissements mis en œuvre pour soutenir sa transformation, ainsi que l'état de ses infrastructures critiques et de sa connectivité. Cette analyse du cadre géoéconomique permettra de comprendre les forces et les faiblesses qui structurent aujourd'hui le marché unique numérique.

4.1 Performance macroéconomique et positionnement mondial

Le secteur des TIC constitue un moteur de croissance essentiel pour l'économie européenne. En 2016, il représentait déjà 5,8 % de la valeur ajoutée brute de l'Union européenne, avec une nette prédominance des services numériques (5,1 %)⁵⁴. Cette dynamique s'est accélérée, affichant un taux de croissance annuel moyen de 6,3 % entre 2013 et 2023, soit un rythme trois fois supérieur à celui de l'économie globale⁵⁵. En 2023, la croissance a même atteint 7,6 %. L'impact du secteur dépasse sa contribution directe, générant des externalités positives à travers l'ensemble du tissu productif⁵⁶. La réalisation des objectifs de la Décennie numérique 2030 pourrait ainsi engendrer des

gains économiques supplémentaires estimés à 1,8 % du PIB de l'Union⁵⁷.

Cependant, cette performance doit être mise en perspective avec un paysage concurrentiel mondial où l'Europe peine à s'imposer. L'asymétrie concurrentielle reste une faiblesse structurelle : en 2024, seules trois entreprises européennes figuraient parmi les cinquante premières entreprises technologiques mondiales par capitalisation boursière⁵⁸. Cette situation reflète des divergences systémiques dans les modèles de financement de l'innovation, où l'écosystème européen de capital-risque reste moins mature que son homologue américain.

En interne, cette faiblesse est corrélée à un rythme d'adoption des technologies numériques par les entreprises européennes, notamment les PME, qui progresse de manière insuffisante. En 2023, seulement 39 % des entreprises de l'UE utilisaient des services de *cloud computing* sophistiqués ou intermédiaires, bien loin de l'objectif de 75 % fixé pour 2030⁵⁹. L'utilisation de l'intelligence artificielle demeurait embryonnaire, et si 73 % des PME européennes avaient atteint un niveau basique d'intensité numérique⁶⁰, l'effort requis pour atteindre les cibles de la Décennie numérique reste considérable. Cette faible pénétration technologique au sein du tissu productif contribue directement à la difficulté de l'Europe à faire émerger des champions capables de rivaliser à l'échelle mondiale.

4.2 Architecture des politiques industrielles et des investissements

Pour structurer sa transformation numérique, l'Union européenne a déployé un ensemble

54 Eurostat. L'économie et la société à l'ère du numérique, INSEE, 2019. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4238617?sommaire=4238635> (consulté le 17 novembre 2025).

55 OCDE. Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2024 (Volume 1). Paris, Éditions OCDE, 2024. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/05/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-1_d30a04c9/a1689dc5-en.pdf (consulté le 17 novembre 2025).

56 OCDE. La croissance de l'économie numérique surpasse la croissance globale dans les pays de l'OCDE, Communiqué de presse, 14 mai 2024. <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/growth-of-digital-economy-outperforms-overall-growth-across-oecd.html> (consulté le 17 novembre 2025).

57 Commission européenne. Train de mesures 2025 sur l'état d'avancement de la décennie numérique. Bruxelles, 2025. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/policies/2025-state-digital-decade-package> (consulté le 17 novembre 2025).

58 Commission européenne. Rapport sur l'état de la décennie numérique 2024. Bruxelles, 2024. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/report-state-digital-decade-2024> (consulté le 17 novembre 2025).

59 Eurostat. Vers les objectifs de la Décennie numérique en Europe, op. cit.

60 Eurostat. Vers les objectifs de la Décennie numérique en Europe, op. cit.

d'instruments de financement et de politiques industrielles ambitieux. Le cadre financier pluriannuel 2021-2027 a mobilisé 207 milliards d'euros pour la transition numérique, dont 177,5 milliards contribuent directement aux objectifs de la Décennie numérique⁶¹.

Au cœur de ce dispositif se trouve la Facilité pour la reprise et la résilience (FRR), un instrument exceptionnel doté d'une enveloppe totale de 650 milliards d'euros, dont environ 150 milliards d'euros (23 %) sont spécifiquement alloués au numérique dans les plans nationaux⁶². Ce mécanisme lie le décaissement des fonds à la mise en œuvre de réformes structurelles et à l'atteinte d'objectifs quantifiables.

D'autres programmes ciblés complètent cette architecture :

- Le programme DIGITAL Europe, doté de 7,9 milliards d'euros, finance des projets dans des domaines stratégiques comme le calcul haute performance, l'IA, la cybersécurité et les compétences numériques avancées⁶³.
- Horizon Europe, le programme-cadre pour la recherche et l'innovation (95,5 milliards d'euros), consacre environ 33,4 milliards d'euros au numérique⁶⁴.
- Le programme InvestEU vise à mobiliser plus de 372 milliards d'euros d'investissements combinés, notamment via sa fenêtre «Recherche, innovation et numérisation»⁶⁵.

Le règlement européen sur les semi-conducteurs (*Chips Act*) incarne cette nouvelle politique industrielle plus interventionniste⁶⁶, conçue en réponse directe aux vulnérabilités des chaînes d'approvisionnement exposées durant la pandémie de COVID-19 et aux tensions géopolitiques croissantes. Adopté en 2023, il vise à doubler la part de marché européenne dans la production mondiale pour atteindre 20 % d'ici 2030. Début 2025, il avait déjà catalysé plus de 80 milliards d'euros d'investissements⁶⁷. Cette stratégie s'appuie également sur des instruments comme les Projets importants d'intérêt européen commun (PIIEC) et la nouvelle Plateforme pour les technologies stratégiques en Europe (STEP) pour coordonner les investissements dans des chaînes de valeur critiques.

4.3 Infrastructures critiques et connectivité

Le déploiement d'infrastructures numériques paneuropéennes robustes et sécurisées est une condition sine qua non de la souveraineté numérique. L'instrument principal de financement dans ce domaine est la Facilité pour l'interconnexion en Europe (CEF Digital), dotée d'environ 2 milliards d'euros pour la période 2021-2027⁶⁸. Ces fonds ciblent la connectivité à très haute capacité, les réseaux de calcul et les plateformes d'interopérabilité transfrontalière.

L'Europe a réalisé des investissements significatifs

61 Centre commun de recherche (JRC), Commission européenne, "L'UE consacre 207 milliards d'euros aux objectifs de la Décennie numérique," 16 juin 2025, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/eu-channels-eu207-bills-digital-decade-targets-and-objectives-2025-06-16_en (consulté le 15 novembre 2025)

62 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2021/241 du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2021 établissant la Facilité pour la reprise et la résilience, Journal officiel de l'Union européenne, L 57, 18 février 2021, 17-75, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32021R0241> (consulté le 15 novembre 2025)

63 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2021/694 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2021 établissant le programme "Europe numérique", Journal officiel de l'Union européenne, L 166, 11 mai 2021, 1-34, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32021R0694> (consulté le 15 novembre 2025).

64 Commission européenne, Horizon Europe – Recherche et innovation, https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en (consulté le 15 novembre 2025)

65 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2021/523 du Parlement européen et du Conseil du 24 mars 2021 établissant le programme InvestEU, Journal officiel de l'Union européenne, L 107, 26 mars 2021, 30-89, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32021R0523> (consulté le 15 novembre 2025).

66 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2023/1781 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 établissant un cadre de mesures pour renforcer l'écosystème européen des semi-conducteurs (*Chips Act*), Journal officiel de l'Union européenne, L 229, 18 septembre 2023, 1-53, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1781/oj> (consulté le 15 novembre 2025)

67 Commission européenne, Loi européenne sur les puces, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-chips-act> (consulté le 15 novembre 2025).

68 Commission européenne, « La Commission va investir 865 millions d'euros au titre du mécanisme pour l'interconnexion en Europe (MIE) afin de soutenir des réseaux de connectivité numérique rapides et sécurisés », 9 octobre 2024, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-invest-eu865-million-under-connecting-europe-facility-cef-support-fast-and-secure-digital-2024-10-09> (consulté le 17 novembre 2025)

dans des infrastructures de calcul de classe mondiale. Des supercalculateurs comme LUMI (Finlande), Leonardo (Italie), MareNostrum 5 (Espagne) et JUPITER (Allemagne), premier système exascale européen, positionnent l'UE parmi les leaders mondiaux du calcul haute performance. Parallèlement, des projets de câbles sous-marins cofinancés par la CEF Digital visent à sécuriser les flux de données intercontinentaux et à réduire les vulnérabilités géographiques.

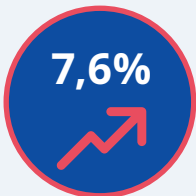
Malgré ces avancées, le déploiement territorial des réseaux reste inégal et accuse des retards importants. En 2023, la couverture en fibre optique (FTTP) n'atteignait qu'environ 64,5 % des foyers dans l'UE, tandis que la couverture géographique en 5G ne s'étendait qu'à 51 % du territoire⁶⁹. Ces fractures numériques, particulièrement marquées dans les zones rurales, freinent la diffusion des innovations et la pleine participation de tous les citoyens et entreprises à l'économie numérique. La réussite du cadre géoéconomique et industriel européen dépendra donc non seulement de l'innovation de pointe, mais aussi de sa capacité à assurer une connectivité universelle, un enjeu dont les répercussions structurent directement les dynamiques du marché du travail.

69 Parlement européen, « Plan d'action 5G », <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/theme-a-europe-fit-for-the-digital-age/file-5g-action-plan> (consulté le 17 novembre 2025).

► L'Europe Numérique : Ambitions et Défis à l'Horizon 2030

Le secteur des TIC est le pilier de la souveraineté économique de l'UE. Malgré une croissance exceptionnelle, l'Europe doit combler des lacunes en compétitivité, adoption technologique et couverture territoriale.

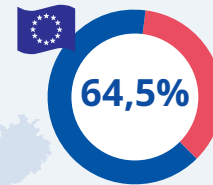
Dynamique Économique et Retards Structurels



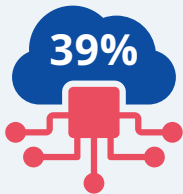
de croissance en 2023.

Ce rythme de croissance est **trois fois supérieur** à celui de l'économie globale européenne.

Connectivité sur le territoire européen (2023)

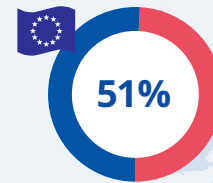


des foyers couverts en fibre optique (FTTP)



des entreprises utilisent le Cloud

Faible adoption du Cloud par les PME, loin de l'objectif de 75%.



du territoire couvert en 5G



Un déficit de géants technologiques

Seules 3 entreprises européennes figurent parmi les 50 leaders mondiaux par capitalisation boursière.

Investissements et Souveraineté Technologique



150 milliards d'euros pour le numérique

Ce financement représente 23% de l'enveloppe totale de la Facilité pour la reprise.



Le "Chips Act" européen

Vise à doubler la part de marché mondiale de production à 20% d'ici 2030.



Leadership en calcul haute performance

Déploiement de supercalculateurs de classe mondiale, dont JUPITER, premier système exascale européen.



4.4 L'emploi spécialisé TIC dans l'Union européenne : dynamiques quantitatives, inadéquation des compétences et cadres réglementaires d'attractivité internationale

La transformation numérique de l'Union européenne repose sur l'interaction de trois composantes : les infrastructures technologiques, les stratégies industrielles sectorielles et le capital humain qualifié. Ce dernier détermine la capacité d'innovation, la compétitivité internationale et l'autonomie stratégique dans les domaines technologiques critiques⁷⁰. L'inadéquation quantitative ou qualitative des compétences numériques avancées compromet l'efficacité des investissements technologiques et limite leur impact socio-économique. Cette section analyse le marché du travail des technologies de l'information et de la communication selon trois dimensions : la structure démographique et l'évolution de l'emploi spécialisé, les déséquilibres entre offre et demande de compétences, et les cadres réglementaires d'attractivité des professionnels qualifiés.

4.5 Dynamiques quantitatives de l'emploi TIC : croissance, structure et disparités territoriales

L'emploi spécialisé dans les technologies de l'information et de la communication connaît en Europe une expansion qui contraste avec l'évolution globale du marché du travail. En 2024, l'Union européenne comptabilise 10,3 millions de

spécialistes TIC, représentant 5,0 % de l'emploi total⁷¹. Entre 2014 et 2024, cette catégorie professionnelle enregistre une croissance de 62,2 %, contre 10,6 % pour l'emploi total⁷². Le rythme d'expansion des métiers numériques s'avère ainsi six fois supérieur à celui de l'ensemble des secteurs, confirmant leur rôle dans la recomposition du tissu productif européen. Cette dynamique s'inscrit dans une tendance de long terme caractérisée par un taux de croissance annuel moyen de 5,0 % pour les spécialistes TIC contre 1,0 % pour l'emploi total⁷³.

Cette expansion dissimule des disparités géographiques entre États membres. Les spécialistes TIC représentent 8,6 % de l'emploi total en Suède, 8,0 % au Luxembourg et 7,8 % en Finlande⁷⁴. À l'inverse, la Grèce (2,5 %) et la Roumanie (2,8 %) affichent des densités nettement inférieures à la moyenne européenne⁷⁵. Ces écarts reflètent des différences structurelles dans la composition sectorielle des économies nationales, les stratégies d'investissement en recherche et développement, ainsi que les politiques éducatives. L'Italie demeure en deçà de la moyenne européenne avec 4,0 % de spécialistes TIC⁷⁶, révélant un déficit structurel dans le développement de son écosystème numérique.

La structure démographique de l'emploi TIC soulève des enjeux de durabilité sectorielle. Les femmes constituent 19,5 % des spécialistes TIC de l'Union européenne en 2024, proportion ayant progressé marginalement au cours de la décennie précédente⁷⁷. Cette sous-représentation limite le vivier de talents et pose des questions d'équité professionnelle et de diversité cognitive. La structure par âge révèle une population relativement mature : 62,8 % des spécialistes

70 Commission européenne, Digital Economy and Society Index (DESI) 2024, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>, publié le 15 mars 2024, consulté le 15 janvier 2026.

71 Eurostat, ICT specialists in employment, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPT/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

72 Eurostat, ICT specialists in employment, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPT/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

73 Eurostat, ICT specialists in employment, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPT/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

74 Eurostat, ICT specialists in employment by country, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPT/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

75 Eurostat, ICT specialists in employment by country, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPT/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

76 Eurostat, ICT specialists in employment - Italy, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPT/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

77 Eurostat, ICT specialists by gender, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPTS/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

sont âgés de 35 ans ou plus⁷⁸, soulevant des interrogations quant au renouvellement générationnel dans un secteur caractérisé par une évolution technologique rapide. Le niveau éducatif demeure élevé : 67,4 % des spécialistes détiennent un diplôme de l'enseignement supérieur⁷⁹, témoignant de la complexité croissante des compétences requises.

Ces dynamiques doivent être évaluées au regard des objectifs de la Décennie numérique, qui vise 20 millions de spécialistes TIC d'ici 2030⁸⁰. Avec 10,3 millions de professionnels en 2024, l'écart à combler s'élève à 9,7 millions, illustrant l'ampleur du défi pour les systèmes éducatifs, les politiques de formation continue et les stratégies d'attractivité internationale. Cette analyse quantitative établit le contexte nécessaire à l'examen des tensions qualitatives caractérisant le marché du travail numérique européen.

Inadéquation des compétences et tensions structurelles du marché du travail

La croissance de l'emploi TIC s'accompagne d'un déséquilibre structurel entre offre et demande de compétences. En 2023, 57,5 % des entreprises européennes ayant cherché à recruter des spécialistes TIC rencontrent des difficultés pour pourvoir leurs postes⁸¹. Cette tension varie selon la localisation géographique : elle dépasse 65 % en Allemagne, en République tchèque et à Malte, tandis qu'elle demeure plus contenue en Espagne, en Pologne et en Bulgarie⁸². Les grandes entreprises sont particulièrement affectées : 68 % d'entre elles rencontrent des obstacles au recrutement en 2023, contre 59,2 % pour les entreprises de taille moyenne et 53,4 % pour les petites entreprises⁸³.

L'analyse des obstacles révèle que les difficultés ne sont pas uniquement quantitatives mais également qualitatives. Les enquêtes Eurostat identifient plusieurs causes principales : un manque de candidatures adéquates affecte 43,2 % des entreprises concernées, une inadéquation entre compétences acquises et compétences requises touche 41,7 % d'entre elles, un déficit d'expérience professionnelle pertinente concerne 40,9 %, et des attentes salariales jugées excessives représentent un obstacle pour 41,9 %⁸⁴. Ces contraintes s'intensifient avec la taille de l'entreprise et la complexité technique des postes, suggérant que les grandes structures peinent davantage à identifier des profils correspondant exactement à leurs besoins spécialisés.

Les projections du Cedefop confirment que ces tensions ne sont pas conjoncturelles. Les prévisions de compétences pour l'horizon 2035 identifient le secteur de l'information et de la communication parmi ceux connaissant la croissance d'emploi la plus forte⁸⁵. L'expansion résultera de la création nette de postes liée au développement des activités numériques et de la nécessité de remplacer les professionnels quittant le marché du travail, notamment pour départ à la retraite⁸⁶. Cette dynamique de remplacement accentue la pression sur le vivier de talents. Les professionnels et techniciens TIC figurent ainsi parmi les catégories pour lesquelles la demande future connaîtra la croissance la plus marquée à l'échelle européenne⁸⁷.

Cette tension constitue un frein structurel à la réalisation des ambitions européennes en matière de transformation numérique et de souveraineté technologique. Elle justifie le déploiement de politiques visant à augmenter l'offre de

78 Eurostat, ICT specialists by age, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPS/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

79 Eurostat, ICT specialists by level of education, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPS/default/table, mis à jour le 10 janvier 2024, consulté le 15 janvier 2026.

80 Commission européenne, Europe's Digital Decade: digital targets for 2030, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en, publié le 9 mars 2021, consulté le 15 janvier 2026.

81 Eurostat, Enterprises that had hard-to-fill vacancies for jobs requiring ICT specialist skills, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKE_ITSPN2/default/table, mis à jour le 12 décembre 2023, consulté le 15 janvier 2026.

82 Eurostat, Enterprises that had hard-to-fill vacancies for jobs requiring ICT specialist skills by country, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKE_ITSPN2/default/table, mis à jour le 12 décembre 2023, consulté le 15 janvier 2026.

83 Eurostat, Enterprises that had hard-to-fill vacancies for jobs requiring ICT specialist skills by size class, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKE_ITSPN2/default/table, mis à jour le 12 décembre 2023, consulté le 15 janvier 2026.

84 Eurostat, Reasons for hard-to-fill vacancies for jobs requiring ICT specialist skills, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKE_ITSPN2/default/table, mis à jour le 12 décembre 2023, consulté le 15 janvier 2026.

85 Cedefop (Centre européen pour le développement de la formation professionnelle), Skills forecast: trends and challenges to 2035, <https://www.cedefop.europa.eu/en/tools/skills-forecast>, publié en juin 2023, consulté le 15 janvier 2026.

86 Cedefop, Skills forecast: trends and challenges to 2035, <https://www.cedefop.europa.eu/en/tools/skills-forecast>, publié en juin 2023, consulté le 15 janvier 2026.

87 Cedefop, Skills forecast: occupational outlook, <https://www.cedefop.europa.eu/en/tools/skills-forecast/occupational-outlook>, publié en juin 2023, consulté le 15 janvier 2026.

compétences par la formation initiale et continue, mais aussi à attirer des professionnels qualifiés formés hors de l'Union. Cette double stratégie nécessite des instruments réglementaires adaptés, examinés dans la section suivante.

4.6 Cadres réglementaires pour l'attractivité des talents internationaux

Face aux pénuries structurelles, l'Union européenne et ses États membres ont déployé des cadres réglementaires facilitant l'immigration de professionnels hautement qualifiés. Au niveau européen, la directive 2021/1883 du Parlement européen et du Conseil, adoptée le 20 octobre 2021, modernise le régime de la carte bleue européenne⁸⁸. Cette réforme harmonise les conditions d'admission des travailleurs hautement qualifiés en abaissant les seuils salariaux requis, en élargissant les catégories professionnelles éligibles et en renforçant les droits des titulaires : facilitation de la mobilité intra-européenne, amélioration des conditions de regroupement familial et simplification des procédures de renouvellement. La transposition devait être achevée au 18 novembre 2023⁸⁹.

La reconnaissance des qualifications professionnelles constitue un enjeu transversal pour l'intégration des professionnels formés hors de l'Union européenne. Les réseaux ENIC-NARIC facilitent cette reconnaissance en évaluant l'équivalence des diplômes obtenus dans des systèmes éducatifs différents. Des dispositifs nationaux spécialisés accompagnent

ces démarches : le réseau ENIC-NARIC France pour la reconnaissance académique, le portail Anerkennung in Deutschland en Allemagne qui centralise l'information sur la reconnaissance professionnelle⁹⁰, ou le CIMEA (Centro di Informazione sulla Mobilità e le Equivalenze Accademiche) en Italie. Ces mécanismes constituent une étape décisive permettant aux professionnels étrangers d'exercer dans des conditions comparables à celles des diplômés européens.

Plusieurs États membres ont mis en place des dispositifs migratoires ciblés. La France a institué le régime du passeport talent, offrant un titre de séjour pluriannuel renouvelable aux professionnels qualifiés, entrepreneurs et investisseurs⁹¹. Le programme French Tech Visa, créé en 2017, cible l'écosystème technologique en proposant une procédure simplifiée pour les salariés, fondateurs et investisseurs du secteur numérique, avec un titre de séjour pouvant atteindre quatre ans⁹². L'Allemagne a adopté en 2023 une loi de modernisation de l'immigration de main-d'œuvre qualifiée, entrée en vigueur progressivement entre novembre 2023 et juin 2024⁹³. Cette réforme simplifie les voies d'accès au marché du travail allemand en abaissant les seuils salariaux pour la carte bleue européenne, en permettant l'exercice d'emplois qualifiés sans correspondance stricte avec la formation initiale et en introduisant une carte des opportunités (Chancenkarte) basée sur un système de points⁹⁴.

L'Italie gère l'immigration économique principalement à travers le Decreto Flussi, qui définit des quotas d'entrée par secteur d'activité et nationalité⁹⁵. Pour la période 2026-2028, l'Italie

88 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Directive (UE) 2021/1883 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2021 relative aux conditions d'entrée et de séjour des ressortissants de pays tiers aux fins d'un emploi hautement qualifié, Journal officiel de l'Union européenne L 382, 28 octobre 2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32021L1883>, consulté le 15 janvier 2026.

89 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Directive (UE) 2021/1883, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32021L1883>, consulté le 15 janvier 2026.

90 Bundesministerium für Bildung und Forschung, Anerkennung in Deutschland, <https://www.anerkennung-in-deutschland.de/html/en/index.php>, mis à jour le 5 septembre 2024, consulté le 15 janvier 2026.

91 Ministère de l'Intérieur et des Outre-mer (France), Le passeport talent, <https://www.immigration.interieur.gouv.fr/Immigration/L-immigration-professionnelle/Le-passeport-talent>, mis à jour le 12 octobre 2024, consulté le 15 janvier 2026.

92 La French Tech, French Tech Visa, <https://lafrenchtech.com/en/how-france-helps-startups/french-tech-visa/>, mis à jour le 20 juin 2024, consulté le 15 janvier 2026.

93 Bundesministerium des Innern und für Heimat, Gesetz zur Weiterentwicklung der Fachkräfteeinwanderung, <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/gesetzgebungsverfahren/DE/Downloads/kabinettsfassung/fachkraefteeinwanderungsgesetz.pdf>, publié le 29 mars 2023, consulté le 15 janvier 2026.

94 Make it in Germany, Skilled Immigration Act, <https://www.make-it-in-germany.com/en/visa-residence/skilled-immigration-act>, mis à jour le 15 novembre 2023, consulté le 15 janvier 2026.

95 Ministero dell'Interno (Italie), Decreto Flussi, <https://www.interno.gov.it/it/temi/immigrazione-e-asilo/modalita-dingresso/decreto-flussi>, mis à jour le 20 septembre 2024, consulté le 15 janvier 2026.

a établi un cadre triennal prévoyant l'attribution de 497 550 permis de travail sur trois ans, soit environ 164 850 permis annuels, répartis entre emplois saisonniers, non saisonniers et travailleurs indépendants⁹⁶. Ce système repose sur une procédure de demande numérique centralisée avec des dates de soumission spécifiques («click day») pour différentes catégories professionnelles⁹⁷. La Belgique dispose d'un système de permis unique combinant autorisation de séjour et de travail, avec des procédures accélérées pour certaines catégories de professionnels qualifiés. Le Luxembourg a établi un régime spécifique pour les salariés hautement qualifiés.

Ces instruments témoignent d'une prise de conscience, au niveau européen comme national, de la nécessité de participer à la compétition mondiale pour les talents numériques. Leur efficacité dépendra de la capacité des administrations à traiter rapidement les demandes, de l'attractivité globale des territoires (conditions de travail, perspectives de carrière, qualité de vie) et de la cohérence entre politiques d'immigration et stratégies de formation domestique. Une analyse au niveau des métiers spécifiques s'avère indispensable pour cibler ces politiques et identifier les profils les plus critiques pour la compétitivité économique européenne.

96 Ministero dell'Interno (Italie), Programmazione triennale 2026-2028, <https://www.interno.gov.it/temi/immigrazione-e-asilo/modalita-dingresso/programmazione-triennale-flussi-ingresso>, publié le 10 novembre 2025, consulté le 15 janvier 2026.

97 Ministero dell'Interno (Italie), Decreto Flussi - modalità di presentazione, <https://www.interno.gov.it/temi/immigrazione-e-asilo/modalita-dingresso/decreto-flussi>, mis à jour le 20 septembre 2024, consulté le 15 janvier 2026.

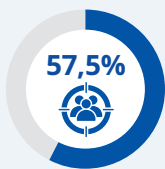
► L'Emploi Numérique en Europe : Le Défi des Compétences d'ici 2030

ÉTAT DES LIEUX ET TENSIONS DU MARCHÉ

Entre 2014 et 2024, l'emploi TIC a progressé six fois plus vite que l'emploi total.



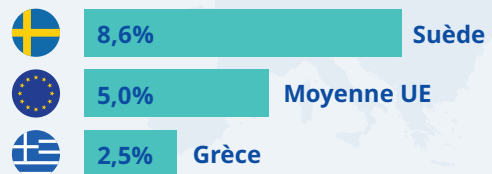
Un manque de diversité et un vieillissement marqué.



des entreprises peinent à recruter

Le manque de candidatures adéquates et l'inadéquation des compétences freinent le recrutement.

Disparités territoriales (% emploi TIC total)



AMBITIONS 2030 ET LEVIERS D'ATTRACTIVITÉ



Un écart de talents à combler

Pour atteindre l'objectif de 20 millions de spécialistes en 2030, l'UE doit doubler ses effectifs actuels.



Modernisation des cadres réglementaires

Réforme de la Carte Bleue européenne et création de dispositifs nationaux comme le French Tech Visa.



La reconnaissance des diplômes étrangers

Utilisation des réseaux ENIC-NARIC pour faciliter l'intégration des experts formés hors de l'Union.

4.7 Tensions structurelles et dynamiques nationales sur les marches européennes des compétences TIC : analyse comparative France, Allemagne, Italie, Belgique et Luxembourg

4.7.1 France : tensions structurelles et déséquilibres territoriaux du marché des compétences numériques

Le positionnement de la France dans l'économie numérique européenne révèle une configuration paradoxale qui interroge la cohérence des politiques publiques en matière de transformation numérique. Deuxième économie du continent avec 1,4 million de spécialistes TIC, représentant 13,6 % de l'effectif européen total, le pays occupe néanmoins une position médiane dans l'architecture européenne des ressources numériques. Cette situation contraste avec son poids économique et soulève des questions structurelles quant aux mécanismes d'allocation des compétences stratégiques.

4.7.1.1 Positionnement européen et structuration du marché du travail numérique

Le marché français des compétences numériques occupe une position médiane dans l'architecture européenne des ressources TIC. Les données d'Eurostat pour 2023 établissent la part des spécialistes TIC dans l'emploi total français à 4,7 %, niveau légèrement inférieur à la moyenne de l'Union européenne qui s'établit à 4,8 %⁹⁸. Cette position relative se maintient en 2024, la moyenne européenne progressant à 5,0 % tandis que la France demeure dans le groupe médian des vingt-sept États membres⁹⁹. L'écart observé entre le poids économique du pays – deuxième économie

du continent – et sa capacité de mobilisation des compétences numériques avancées soulève des interrogations structurelles quant aux mécanismes de formation et d'allocation des ressources humaines qualifiées.

En termes absolus, le marché français comptabilise 1,4 million de spécialistes TIC en 2024, représentant 13,6 % de l'effectif européen total. Cette masse critique confère à la France le deuxième rang continental, après l'Allemagne¹⁰⁰. La structuration hiérarchisée de la demande révèle une prédominance des métiers du développement logiciel et web, catégorie professionnelle la plus recherchée par les employeurs. Cette configuration s'explique par l'accélération de la transformation numérique des organisations publiques et privées, qui nécessitent des capacités internes renforcées pour moderniser leurs systèmes d'information historiques et développer de nouveaux services numériques. Cette dynamique d'internalisation des compétences de développement s'inscrit dans une logique de souveraineté numérique observée également dans d'autres États membres confrontés à des enjeux similaires¹⁰¹.

4.7.1.2 Tensions de recrutement et inadéquation entre offre et demande de compétences

L'analyse des tensions de recrutement révèle une géographie des besoins critiques distincte de la distribution volumétrique de la demande. En 2024, 8 % des entreprises françaises de dix salariés ou plus ont recruté ou tenté de recruter du personnel spécialisé dans les TIC¹⁰². Parmi les entreprises confrontées à ces difficultés, 86 % évoquent un manque de candidatures, 77 % mentionnent des attentes salariales trop élevées et 63 % signalent un manque d'expérience des candidats¹⁰³. Ces données quantifient les déséquilibres structurels entre offre et demande sur le marché du travail numérique français.

Le profil d'expert en cybersécurité présente les

98 Eurostat, Digital Economy and Society Statistics - Comprehensive Database (Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2023), <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/database>. consulté le 15 janvier 2026.

99 Eurostat, Digital Economy and Society Statistics - Comprehensive Database (Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2024), <https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/database>. consulté le 15 janvier 2026

100 Ibid.

101 Commission européenne, Digital Decade Policy Programme 2030 (Bruxelles : Direction générale des réseaux de communication, du contenu et des technologies, 2024), <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-decade-policy-programme-2030>. Consulté le 15 janvier 2026.

102 Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), « Recrutements dans les métiers du numérique », in Économie et société à l'ère du numérique (Paris : Insee, 2024), <https://www.insee.fr/fr/statistiques/8616805?sommaire=8616883>. Consulté le 15 janvier 2026.

103 Ibid.

tensions les plus significatives, témoignant d'un décalage persistant entre l'intensification des risques cyber et la disponibilité de professionnels qualifiés. Cette situation résulte de la convergence de plusieurs facteurs structurels. La complexité croissante des menaces cyber, documentée par l'Agence de l'Union européenne pour la cybersécurité (ENISA), exige des compétences techniques spécialisées et actualisées en continu¹⁰⁴. Parallèlement, la transposition progressive de la directive européenne NIS2 (Network and Information Security Directive 2) dans le droit national impose aux opérateurs de services essentiels et aux entités importantes de nouveaux impératifs de gouvernance de la sécurité des systèmes d'information¹⁰⁵. Cette extension réglementaire élargit considérablement le périmètre des organisations soumises à des obligations renforcées de cybersécurité, amplifiant la demande de compétences spécialisées dans un contexte de vivier de candidats structurellement limité. L'inadéquation entre besoins réglementaires et disponibilité des ressources humaines qualifiées constitue un enjeu majeur de politique publique.

4.7.1.3 Retard d'adoption technologique et implications sur la demande de compétences

Le marché français présente un retard notable dans l'adoption des technologies numériques avancées. Les données d'Eurostat pour 2023 établissent à 27 % la proportion d'entreprises françaises employant au moins dix salariés utilisant des services de cloud computing, niveau inférieur de plus de 18 points à la moyenne européenne de 45,2 %¹⁰⁶. Cette situation positionne la France parmi les États membres présentant les taux d'adoption les plus faibles, aux côtés de la Bulgarie et de la Roumanie, tandis que les pays nordiques affichent des taux supérieurs à 70 %. Ce décalage témoigne d'une dynamique d'adoption nettement

plus lente que celle observée dans des économies européennes comparables.

L'adoption de l'intelligence artificielle demeure également limitée. En 2024, 10 % des entreprises françaises de dix salariés ou plus déclaraient utiliser au moins une technologie d'IA, en progression par rapport aux 6 % enregistrés en 2023¹⁰⁷. Ce taux demeure inférieur à la moyenne européenne de 13,5 % observée en 2024¹⁰⁸. L'écart s'accroît pour les grandes entreprises, où seulement un tiers des structures françaises de 250 salariés ou plus utilisent l'IA, contre une moyenne supérieure à 40 % pour l'ensemble de l'Union européenne¹⁰⁹. Ce retard d'adoption contraste avec les tensions substantielles observées sur le marché du travail TIC et suggère un potentiel d'accélération de la demande de compétences avancées dans l'hypothèse d'un rattrapage technologique des entreprises françaises par rapport aux moyennes européennes. L'analyse de cette configuration paradoxale nécessite une compréhension approfondie des freins organisationnels et économiques à l'adoption technologique.

4.7.1.4 Dynamiques prospectives et métiers émergents

Sur le plan prospectif, les métiers de data scientist et d'ingénieur en intelligence artificielle présentent la dynamique de croissance anticipée la plus forte. Cette évolution confirme l'accélération de l'adoption des technologies d'apprentissage automatique dans l'économie française et s'inscrit dans le cadre des priorités définies par la stratégie nationale pour l'intelligence artificielle et les orientations européennes en matière de transformation numérique¹¹⁰. Les professions liées aux architectures cloud et aux pratiques DevOps constituent un second ensemble stratégique, caractérisé simultanément par une demande volumétrique élevée, des tensions de recrutement

104 Agence de l'Union européenne pour la cybersécurité (ENISA), ENISA Threat Landscape 2024 (Héraklion : ENISA, septembre 2024), <https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2024>. consulté le 15 janvier 2026.

105 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, « Directive (UE) 2022/2555 du Parlement européen et du Conseil du 14 décembre 2022 concernant des mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de cybersécurité dans l'ensemble de l'Union », Journal officiel de l'Union européenne L 333/80 (27 décembre 2022), <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2555/oj>. consulté le 15 janvier 2026.

106 Eurostat, « Cloud Computing - Statistics on the Use by Enterprises », Statistics Explained (décembre 2023), https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises. Consulté le 15 janvier 2026.

107 Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), « Les technologies de l'information et de la communication dans les entreprises en 2024 », Insee Première n° 2061 (juillet 2025), <https://www.insee.fr/fr/statistiques/8604126>. Consulté le 15 janvier 2026.

108 Eurostat, « Usage of AI Technologies Increasing in EU Enterprises », Eurostat News Articles (23 janvier 2025), <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250123-3>. consulté le 15 janvier 2026.

109 Eurostat, « Use of Artificial Intelligence in Enterprises », Statistics Explained (2024), https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises. consulté le 15 janvier 2026.

110 Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, « La stratégie nationale pour l'intelligence artificielle » (Paris : Direction générale des entreprises, 2024), <https://www.economie.gouv.fr/strategie-nationale-intelligence-artificielle>. consulté le 15 janvier 2026.

significatives et un potentiel de croissance soutenu.

Cette configuration témoigne de la généralisation des architectures informatiques cloud-native et de l'adoption des méthodologies d'intégration et de déploiement continus, conformément aux tendances observées à l'échelle européenne dans le cadre du Digital Economy and Society Index (DESI)¹¹¹. La transition vers ces paradigmes architecturaux et organisationnels nécessite l'acquisition de compétences techniques spécifiques et l'adoption de cultures professionnelles renouvelées, centrées sur l'automatisation, la collaboration interfonctionnelle et l'amélioration continue des processus de développement logiciels. Ces évolutions structurelles transforment progressivement les modalités d'organisation du travail numérique dans les entreprises françaises.

4.7.1.5 Concentration géographique et déséquilibres territoriaux

L'analyse spatiale de la demande révèle une concentration géographique prononcée des besoins en compétences numériques. Selon France Travail, l'Île-de-France concentre près de la moitié des intentions d'embauche dans le secteur des TIC¹¹². Cette polarisation spatiale accentue les déséquilibres territoriaux et limite la diffusion des compétences numériques sur l'ensemble du territoire national. Elle crée des marchés locaux segmentés caractérisés par des niveaux de tension différenciés selon les régions, avec des conséquences notables sur l'attractivité économique des territoires périphériques et sur les stratégies de localisation des entreprises du secteur numérique. La question de la territorialisation des politiques publiques de formation et d'emploi dans le secteur TIC constitue un enjeu majeur d'aménagement du territoire.

4.7.1.6 Stratégies publiques et dispositifs d'accélération technologique

Les pouvoirs publics ont mis en place plusieurs

dispositifs stratégiques visant à réduire le retard d'adoption technologique et à renforcer la souveraineté numérique nationale. Le plan France 2030 consacre des investissements substantiels aux technologies numériques, notamment dans les domaines du cloud souverain, de la cybersécurité et de l'intelligence artificielle¹¹³. La stratégie d'accélération pour la cybersécurité, lancée en février 2021 et dotée de plus d'un milliard d'euros, vise à faire émerger des champions français du secteur et à doubler le nombre de personnes formées aux métiers de la cybersécurité d'ici 2025, passant de 37 000 en 2019 à 75 000 en 2025¹¹⁴.

Parallèlement, la stratégie nationale pour l'intelligence artificielle, lancée en 2018 et renforcée dans le cadre de France 2030, mobilise près de 2,5 milliards d'euros pour positionner la France parmi les leaders mondiaux de cette technologie¹¹⁵. Ces dispositifs visent collectivement à accélérer le développement de capacités nationales dans les technologies stratégiques et à combler progressivement les écarts observés avec les moyennes européennes. Leur efficacité réelle nécessite une évaluation longitudinale rigoureuse, prenant en compte les délais de maturation des investissements en recherche et développement ainsi que les cycles de formation des compétences avancées.

Le cas français illustre une configuration paradoxale associant une masse critique importante de professionnels TIC, un retard d'adoption technologique, des tensions de recrutement substantielles sur les profils spécialisés et une concentration géographique marquée de l'activité numérique. Cette configuration soulève des interrogations sur l'efficacité des mécanismes de formation, l'adéquation entre offre et demande de compétences et les conditions structurelles d'une diffusion territoriale plus équilibrée des capacités numériques, enjeux qui se posent également, selon des modalités différentes, dans d'autres États membres de l'Union européenne.

111 Commission européenne, Digital Economy and Society Index (DESI) 2024 – France (Bruxelles : Direction générale des réseaux de communication, du contenu et des technologies, 2024), <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi-france>. consulté le 15 janvier 2026.

112 France Travail, Portrait sectoriel national « Filière numérique » (Malakoff : France Travail, novembre 2024), <https://www.francetravail.org/accueil/actualites/infographies/2025/les-metiers-du-numerique-tour-d'horizon-des-enjeux-et-des-opportunites.html>. consulté le 15 janvier 2026.

113 Secrétariat général pour l'investissement, Plan France 2030 (Paris : Services du Premier ministre, 2024), <https://www.gouvernement.fr/france-2030>. consulté le 15 janvier 2026.

114 Direction générale des Entreprises, « France 2030 : stratégie d'accélération cybersécurité » (Paris : Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, 2024), <https://www.entreprises.gouv.fr/priorites-et-actions/autonomie-strategique/soutenir-l'innovation-dans-les-secteurs-strategiques-16>. consulté le 15 janvier 2026.

115 Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, « La stratégie nationale pour l'intelligence artificielle » (Paris : Direction générale des entreprises, 2024), <https://www.economie.gouv.fr/strategie-nationale-intelligence-artificielle>. consulté le 15 janvier 2026.

Le Paradoxe du Numérique Français : Masse Critique vs Retards Structurels

ÉTAT DES LIEUX : DES TENSIONS ET UN RETARD D'ADOPTION

Un retard d'adoption technologique marqué



86% de pénurie de candidatures

Le manque de profils qualifiés est le premier frein au recrutement numérique en France



27% des entreprises françaises utilisent le Cloud
(45,2% en moyenne dans l'UE)



10% des entreprises françaises utilisent l'Intelligence Artificielle
(13,5% en moyenne dans l'UE)

Une concentration géographique extrême



50% des intentions d'embauche TIC concentrées en Île-de-France

Part des spécialistes TIC dans l'emploi

4,7% France

4,8% Moyenne UE

RÉPONSES STRATÉGIQUES ET MÉTIERS D'AVENIR

Plan France 2030 : Investissements Massifs



2,5 Mds €
pour l'IA



1,0 Md €
pour la cybersécurité



Objectif 75 000 experts cyber en 2025

La stratégie nationale vise à doubler le nombre de personnes formées depuis 2019



Data et DevOps : Les nouveaux piliers

Les Data Scientists et ingénieurs Cloud-native dominent les perspectives de croissance.

4.7.2 Allemagne : tensions structurelles sur le marché des compétences numériques dans une puissance industrielle en transformation

4.7.2.1 Configuration du marché et ampleur de la pénurie

L'Allemagne occupe une position dominante sur le marché européen de l'emploi TIC, concentrant 2,3 millions de spécialistes en 2024, soit 22,1 %

de l'effectif total des spécialistes TIC de l'Union européenne¹¹⁶. Cette concentration s'inscrit dans un écosystème productif structuré par l'initiative Industrie 4.0, lancée en 2011 sous l'impulsion conjointe du ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche et du ministère fédéral de l'Économie et de l'Action climatique¹¹⁷. Cette stratégie vise la numérisation intégrale des processus manufacturiers et bénéficie d'un dispositif institutionnel consolidé, notamment la plateforme *Plattform Industrie 4.0*, réseau de coordination établi en 2013 regroupant plus de 300 entreprises,

¹¹⁶ Eurostat, ICT specialists in employment – Statistics Explained, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?n=title=ICT_specialists_in_employment (consulté le 14 janvier 2026).

¹¹⁷ European Commission, Germany - Industry 4.0, European Monitor of Industrial Ecosystems, <https://monitor-industrial-ecosystems.ec.europa.eu/reports/other-reports/germany-industry-40> (consulté le 14 janvier 2026)

associations et instituts de recherche¹¹⁸. L'initiative constitue le cadre structurant de la transformation digitale de l'appareil productif allemand, caractérisé par son intensité technologique élevée et son orientation vers les secteurs manufacturiers avancés.

Cette masse critique de compétences coexiste avec des tensions structurelles persistantes affectant l'ensemble des profils stratégiques. L'association professionnelle Bitkom recense 149 000 postes vacants dans le secteur informatique en 2023, soit une augmentation de 12 000 postes par rapport à l'année précédente¹¹⁹. Les données d'Eurostat pour 2023 établissent que 72,4 % des entreprises allemandes ayant recruté ou tenté de recruter des spécialistes TIC ont rencontré des difficultés pour pourvoir leurs postes, proportion significativement supérieure à la moyenne européenne de 57,5 %¹²⁰. Bitkom qualifie cette pénurie de systémique, soulignant qu'elle transcende les cycles économiques et s'inscrit dans une dynamique de croissance continue depuis 2009, uniquement interrompue durant la pandémie de COVID-19 en 2020-2021¹²¹. Les projections prospectives publiées en avril 2024 estiment à 663 000 le nombre de spécialistes TIC manquants à l'horizon 2040 en l'absence de mesures correctives structurelles¹²². Cette trajectoire souligne la dimension systémique du déséquilibre entre l'offre et la demande, exacerbée par les évolutions démographiques et l'accélération de la digitalisation.

4.7.2.2 Déterminants structurels et dynamiques sectorielles

La transformation numérique accélérée des

secteurs manufacturiers traditionnels génère une demande particulièrement élevée en compétences techniques spécialisées. Les secteurs de l'automobile, de la chimie et de la logistique, piliers du modèle économique allemand, requièrent une intégration croissante de technologies numériques avancées conformément aux objectifs de l'initiative Industrie 4.0¹²³. Cette dynamique positionne l'Allemagne parmi les marchés européens connaissant les tensions les plus prononcées entre offre et demande de compétences numériques. Actuellement, 85 % des entreprises signalent une pénurie de spécialistes en TIC, tandis que 79 % anticipent une aggravation de cette situation¹²⁴. Ces tensions revêtent des implications majeures pour la compétitivité industrielle à moyen terme, dans un contexte où la capacité d'intégration technologique conditionne directement la performance des chaînes de valeur.

Selon le *Digital Economy and Society Index* de la Commission européenne publié en 2022, l'Allemagne fait partie des États membres ayant consacré plus de 30 % de leur allocation de la Facilité pour la reprise et la résilience à la transformation numérique, aux côtés de l'Autriche, du Luxembourg, de l'Irlande et de la Lituanie, dépassant ainsi le seuil obligatoire de 20 %¹²⁵. Cette allocation substantielle, sur un total européen de 127 milliards d'euros dédiés aux réformes et investissements numériques, témoigne de l'importance stratégique accordée par l'Allemagne à la digitalisation industrielle. L'ampleur des ressources mobilisées reflète la reconnaissance institutionnelle du caractère structurant de la transformation numérique pour le maintien de la

118 Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (Germany), Plattform Industrie 4.0, <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Home/home.html> (consulté le 14 janvier 2026) ; Germany Trade & Invest, Industrie 4.0, <https://www.gtai.de/en/invest/industries/industrial-production/industrie-4-0> (consulté le 14 janvier 2026)

119 Bitkom e.V., Rekord-Fachkräftemangel: In Deutschland sind 149.000 IT-Jobs unbesetzt, avril 2024, <https://bitkom-akademie.de/news/rekord-fachkraeftemangel-deutschland-sind-149000-it-jobs-unbesetzt> (consulté le 14 janvier 2026)

120 Eurostat, ICT specialists - statistics on hard-to-fill vacancies in enterprises – Statistics Explained, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT_specialists_-_statistics_on_hard-to-fill_vacancies_in_enterprises (consulté le 14 janvier 2026)

121 E3-Magazin, "Record Shortage of Skilled Workers: 149,000 IT Jobs Are Vacant in Germany," 15 avril 2024, <https://e3mag.com/en/record-shortage-of-skilled-workers-in-germany-149000-it-jobs-are-unfilled/> (consulté le 14 janvier 2026)

122 Silicon Saxony, "Bitkom: Shortage of IT specialists threatens to worsen dramatically," 23 avril 2024, <https://silicon-saxony.de/en/bitkom-shortage-of-it-specialists-threatens-to-worsen-dramatically/> (consulté le 14 janvier 2026) ; Xinhua, "Germany's IT specialist shortage to quadruple by 2040: Bitkom," 12 avril 2024, <https://english.news.cn/20240412/530f0a2b13a14f44bc7953afe9f425feb/c.html> (consulté le 14 janvier 2026).

123 Ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie (BMWE), Industrie 4.0, <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Dossier/industrie-40.html> (consulté le 14 janvier 2026).

124 Silicon Saxony, "Bitkom: Germany Still Lacks More Than 100,000 IT Specialists," 12 août 2025, <https://silicon-saxony.de/en/bitkom-germany-still-lacks-more-than-100000-it-specialists/> (consulté le 14 janvier 2026).

125 Commission européenne, The Digital Economy and Society Index (DESI), <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (consulté le 14 janvier 2026).

compétitivité du tissu productif allemand dans un environnement économique globalisé.

4.7.2.3 Cybersécurité : tensions critiques dans un contexte de menaces accrues

La cybersécurité représente le domaine connaissant les tensions les plus critiques sur le marché allemand des compétences numériques. Les projections de l'institut économique allemand publiées en 2025 établissent que la pénurie de professionnels en cybersécurité devrait atteindre 106 000 postes d'ici 2026, dans un contexte européen marqué par un déficit global estimé à 300 000 spécialistes¹²⁶. Cette situation s'inscrit dans un environnement de menaces cyber en forte expansion, caractérisé par une attaque informatique toutes les 39 secondes et des dommages économiques atteignant 266,6 milliards d'euros en 2024, en hausse de 29 % par rapport aux 205,9 milliards d'euros enregistrés en 2023¹²⁷. L'ampleur de ces pertes économiques souligne la vulnérabilité croissante de l'écosystème industriel allemand face aux risques cyber et l'urgence du renforcement des capacités de protection.

La sensibilité accrue des infrastructures industrielles aux cyberattaques, particulièrement dans les secteurs stratégiques de l'automobile, de la chimie et de la logistique, explique l'intensité des tensions sur le marché du travail. Le rapport 2024 de l'OCDE sur les compétences en cybersécurité en Europe, analysant les marchés français, allemand et polonais entre janvier 2018 et juin 2023, identifie une croissance soutenue de la demande dans les trois pays, avec une demande allemande particulièrement élevée pour des compétences en législation sur la sécurité des TIC et en stratégie de sécurité de l'information¹²⁸. Une étude menée par Strategy& révèle que neuf organisations

allemandes sur dix signalent une pénurie de spécialistes en 2025, contre deux tiers en 2023, avec 57 % des répondants identifiant la gestion des risques comme le domaine présentant les lacunes les plus importantes¹²⁹. Cette configuration critique place la cybersécurité au premier rang des priorités stratégiques pour la sécurisation de l'écosystème industriel numérique, d'autant que les exigences réglementaires se renforcent avec l'introduction progressive de la directive NIS2 en 2025.

4.7.2.4 Science des données et intelligence artificielle : croissance dynamique et investissements massifs

La science des données constitue le second domaine affichant une croissance dynamique sur le marché allemand des compétences numériques. Les projections de Market Research Future publiées en octobre 2025 établissent que le marché allemand des plateformes de science des données devrait croître de 7,16 milliards USD en 2024 à 50 milliards USD d'ici 2035, représentant un taux de croissance annuel composé de 19,33 %¹³⁰. Cette expansion reflète l'exploitation croissante des données industrielles pour optimiser les processus de production, anticiper les défaillances d'équipements et développer des modèles d'affaires basés sur l'analyse prédictive. La demande accrue pour ces compétences se traduit par des rémunérations attractives, les salaires moyens des data scientists en Allemagne étant estimés entre 70 000 et 85 000 euros annuels selon les données du marché publiées en 2025¹³¹. Ces niveaux de rémunération témoignent de la valorisation économique de ces profils et de l'intensité de la concurrence pour leur acquisition.

Face à cette configuration critique, les autorités allemandes ont engagé une stratégie offensive centrée sur l'intelligence artificielle, domaine

126 Source Group International, "A Forensic Analysis of the Cyber Skills Gap in Europe," <https://www.sourcegroupinternational.com/news/analysis-cyber-skills-gap-europe/> (consulté le 14 janvier 2026).

127 Bitkom e.V., Angriffe auf die deutsche Wirtschaft nehmen zu [Les attaques contre l'économie allemande augmentent], Presseinformation, 28 août 2024, <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Wirtschaftsschutz-2024> (consulté le 14 janvier 2026).

128 OCDE, Building a Skilled Cyber Security Workforce in Europe: Insights from France, Germany and Poland, OECD Skills Studies, OECD Publishing, Paris, février 2024, <https://doi.org/10.1787/3673cd60-en> et https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/02/building-a-skilled-cyber-security-workforce-in-europe_gabaf769/3673cd60-en.pdf (consulté le 14 janvier 2026).

129 Euronews, "German Companies Defenceless Against Cyberattacks, Study Shows," 14 novembre 2025, <https://www.euronews.com/2025/11/14/german-companies-defenceless-against-cyberattacks-study-shows> (consulté le 14 janvier 2026).

130 Market Research Future, Germany Data Science Platform Market Size, Share Report Forecast 2035, octobre 2025, <https://www.marketresearchfuture.com/reports/germany-data-science-platform-market-60065> (consulté le 14 janvier 2026).

131 upGrad, "Data Scientist in Germany 2025: Must-Know Salaries!" août 2025, <https://www.upgrad.com/study-abroad/articles/life-of-a-data-scientist-in-germany/> (consulté le 14 janvier 2026).

dans lequel le pays cherche à réduire l'écart avec les acteurs internationaux majeurs. Cette orientation stratégique s'est traduite par l'annonce d'investissements massifs des principaux fournisseurs d'infrastructures cloud au cours de la période 2024-2025. Microsoft a annoncé en février 2024 un investissement de 3,2 milliards d'euros sur deux ans visant à quadrupler sa capacité d'infrastructure d'IA et de cloud en Allemagne, développer des centres de données en Rhénanie-du-Nord-Westphalie et à Francfort, et lancer une initiative nationale pour former 1,2 million de personnes aux capacités d'IA d'ici fin 2025¹³². Google a annoncé en novembre 2025 un programme d'investissement de 5,5 milliards d'euros étalé jusqu'en 2029, incluant la construction d'un nouveau centre de données à Dietzenbach et des investissements supplémentaires dans le campus existant de Hanau, avec une contribution estimée au PIB allemand d'environ 1 milliard d'euros par an et le soutien de 9 000 emplois annuels¹³³. Oracle a annoncé en juillet 2025 qu'une partie de son plan d'investissement de 3 milliards USD en Europe serait consacrée à l'infrastructure d'IA dans la région de Francfort, en mettant l'accent sur l'expansion du cloud souverain pour les services publics, l'automobile, la santé et les secteurs de la recherche¹³⁴. Deutsche Telekom et NVIDIA ont lancé en 2025 l'Industrial AI Cloud, infrastructure souveraine équipée de 10 000 unités de traitement graphique destinée à soutenir les applications industrielles d'intelligence artificielle¹³⁵. Ces investissements visent simultanément à renforcer les capacités de calcul nécessaires au déploiement de l'intelligence artificielle à grande échelle et à attirer les talents spécialisés dans ce domaine technologique stratégique.

4.7.2.5 Positionnement structurel et implications stratégiques

Le marché allemand se distingue par une configuration unique combinant volume élevé de la demande, intensité des pénuries et fort potentiel de croissance dans les domaines numériques stratégiques. Cette situation reflète les besoins d'une économie fortement industrialisée en pleine transformation numérique, où l'intégration des technologies de l'Industrie 4.0 nécessite des compétences techniques avancées dans des domaines variés incluant la cybersécurité, la science des données, l'intelligence artificielle et l'automatisation. La convergence de tensions sectorielles spécifiques et de dynamiques technologiques émergentes positionne le marché allemand comme particulièrement tendu pour l'acquisition et la rétention de compétences numériques. Cette configuration revêt des implications structurelles majeures pour la compétitivité du tissu industriel à l'horizon 2030, dans un contexte où la capacité à mobiliser et développer des compétences numériques avancées conditionne directement la performance économique. L'analyse comparative de ces tensions structurelles avec celles observées dans d'autres économies industrielles européennes permet d'éclairer les déterminants différenciés de la pénurie de compétences numériques et d'identifier les leviers d'action les plus pertinents pour les politiques publiques.

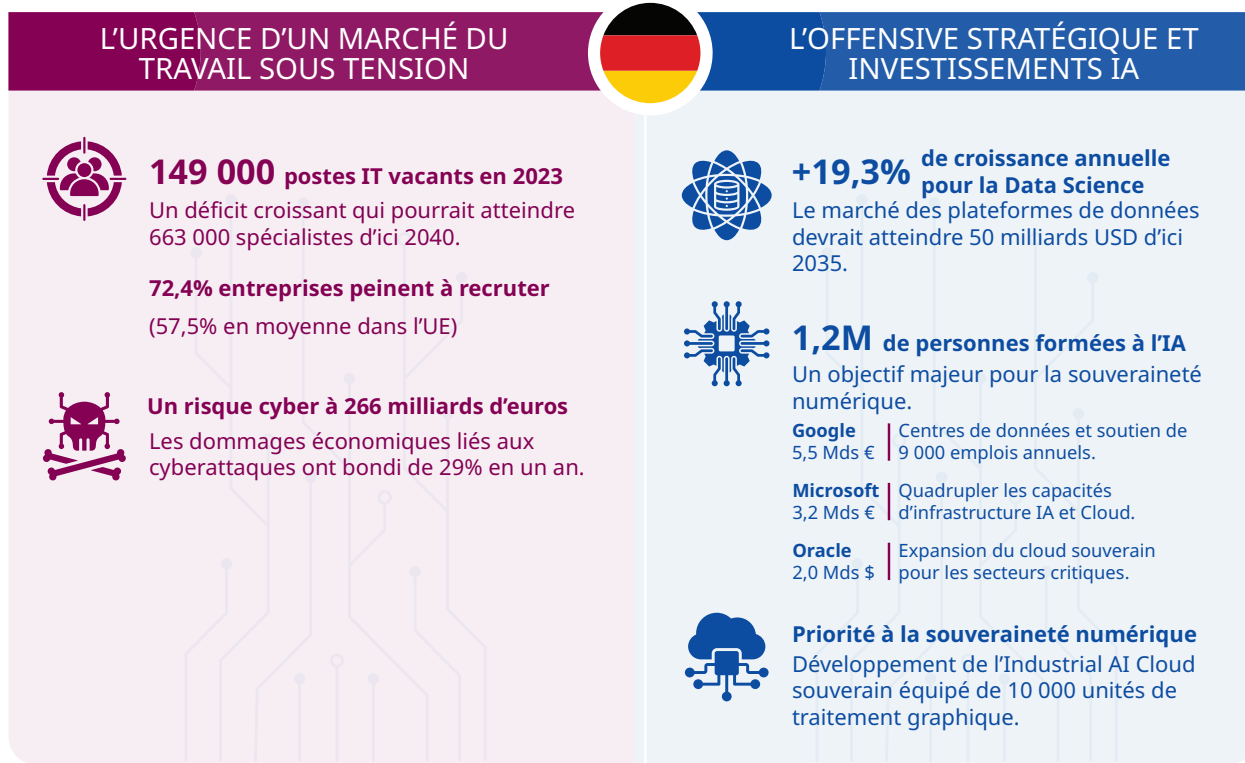
132 Microsoft, German ingenuity meets the power of AI to shape the future of industries, Microsoft Cloud Blog, 7 novembre 2024, <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-cloud/blog/2024/11/07/german-ingenuity-meets-the-power-of-ai-to-shape-the-future-of-industries/> (consulté le 14 janvier 2026) ; Data Center Dynamics, "Microsoft to invest €3.2bn in doubling AI infrastructure and cloud capacity in Germany," 16 février 2024, <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/microsoft-to-invest-32bn-in-doubling-ai-infrastructure-and-cloud-capacity-in-germany/> (consulté le 14 janvier 2026).

133 Google Cloud, Google Announces €5.5 Billion Investment in Germany, including AI Infrastructure, through 2029, Google Cloud Press Corner, 11 novembre 2025, <https://www.googlecloudpresscorner.com/2025-11-11-Google-Announces-EUR5-5-Billion-Investment-in-Germany-including-AI-Infrastructure-through-2029> (consulté le 14 janvier 2026) ; Euronews, "Google bets €5.5 billion on Germany's AI future," 12 novembre 2025, <https://www.euronews.com/business/2025/11/12/google-bets-55-billion-on-germanys-ai-future> (consulté le 14 janvier 2026).

134 Market Research Future, Germany Big Data Analytics Market Size, Share Report Forecast 2035, <https://www.marketresearchfuture.com/reports/germany-big-data-analytics-market-65686> (consulté le 14 janvier 2026).

135 Deutsche Telekom, "For a sovereign Germany: Deutsche Telekom launches Industrial AI Cloud with NVIDIA," 2025, <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/launch-industrial-ai-cloud-with-nvidia-1098706> (consulté le 14 janvier 2026) ; Introl, "Germany's industrial AI transformation confronts infrastructure gaps," décembre 2025, <https://introl.com/blog/germany-ai-infrastructure-industrial-powerhouse-2025> (consulté le 14 janvier 2026).

► L'Allemagne Numérique : Entre Ambition Industrielle et Pénurie de Talents



4.7.3 Italie : dynamique de rattrapage numérique et défis structurels

4.7.3.1 Capital humain numérique et déficits de formation initiale

La trajectoire de transformation numérique de l'Italie s'est accélérée depuis 2021 sous l'impulsion des investissements publics issus du plan national de relance et de résilience. Cette dynamique révèle néanmoins des lacunes structurelles persistantes en matière de capital humain numérique, mesurables à travers les principaux indicateurs européens de compétences digitales. Le rapport Digital Decade 2024 de la Commission européenne établit que 45,8 % de la population italienne possède des compétences numériques de base, soit un écart de près de dix points par rapport à la moyenne de l'Union européenne, fixée à 55,6 %¹³⁶. Cette faiblesse systémique affecte particulièrement la formation initiale des spécialistes en technologies de l'information et de

la communication, dont la production demeure nettement insuffisante au regard des besoins économiques identifiés. La proportion de diplômés en TIC représente seulement 1,5 % des diplômés italiens en 2022, plaçant le pays au dernier rang des États membres, tandis que l'Estonie atteint 9,6 % pour cette même catégorie¹³⁷. Cette déficience critique dans la production de professionnels qualifiés contraste avec les ambitions de modernisation technologique du gouvernement italien et génère des tensions croissantes sur le marché du travail. Les données statistiques publiées par Eurostat en juin 2025 confirment l'ampleur des difficultés de recrutement : 57,5 % des entreprises européennes ayant cherché à recruter des spécialistes TIC en 2023 ont rencontré des obstacles significatifs dans la satisfaction de leurs besoins¹³⁸.

L'inadéquation entre offre et demande de compétences numériques se matérialise dans un taux d'emploi de spécialistes TIC de 4 % en 2024,

¹³⁶ Commission européenne, Italy 2024 Digital Decade Country Report, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/italy-2024-digital-decade-country-report> (consulté le 14 janvier 2026).

¹³⁷ Oleksandr Tishchenko et al., « Analysis of Digital Skills and Infrastructure in EU Countries Based on DESI 2024 Data », Future Internet, vol. 17, n° 6 (mai 2025), <https://www.mdpi.com/1999-5903/17/6/228> (consulté le 14 janvier 2026).

¹³⁸ Eurostat, « ICT specialists - statistics on hard-to-fill vacancies in enterprises », https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT_specialists_-_statistics_on_hard-to-fill_vacancies_in_enterprises (consulté le 14 janvier 2026).

inférieur de 0,8 point à la moyenne européenne établie à 4,8 %¹³⁹. Cette situation reflète simultanément l'insuffisance de la production académique de profils spécialisés et les difficultés du système de formation professionnelle à accompagner efficacement les transitions de carrière vers les métiers numériques. L'écart observé entre la demande exprimée par les entreprises et la disponibilité de professionnels qualifiés constitue un facteur limitant pour la réalisation des objectifs de transformation digitale inscrits dans la stratégie nationale. Cette tension structurelle interroge la capacité du système éducatif italien à adapter suffisamment rapidement ses programmes et ses capacités de formation aux évolutions technologiques et aux besoins sectoriels émergents, particulièrement dans un contexte où la vitesse d'obsolescence des compétences numériques s'accélère.

4.7.3.2 Structure sectorielle de la demande et dynamique de croissance

L'analyse de la demande sectorielle en compétences numériques révèle une concentration significative sur les profils de développement logiciel, reflétant les priorités de modernisation des systèmes d'information existants et de développement d'applications numériques. Les projections du Centre européen pour le développement de la formation professionnelle pour la période 2023-2030 identifient la programmation informatique et les services d'information parmi les sous-secteurs présentant une croissance annuelle supérieure à 0,7 % en Italie¹⁴⁰. Cette dynamique s'inscrit dans la transformation plus large des services aux entreprises, secteur dans lequel l'emploi devrait progresser grâce notamment aux activités de recherche et développement, de programmation informatique, de services d'information ainsi qu'aux activités d'architecture et d'ingénierie. La prédominance des besoins en développement logiciel témoigne de l'effort de rattrapage technologique engagé par les entreprises italiennes, confrontées à la nécessité de moderniser leurs infrastructures numériques héritées tout en développant de

nouvelles capacités digitales pour maintenir leur compétitivité sur les marchés européens et internationaux.

Les tendances émergentes révèlent une croissance particulièrement dynamique de la demande en data scientists et en spécialistes de l'intelligence artificielle, catégories professionnelles dont les effectifs demeurent actuellement limités. Le marché italien de l'intelligence artificielle devrait atteindre 4,65 milliards de dollars en 2025, avec un taux de croissance annuel composé de 35,08 % jusqu'en 2031¹⁴¹. Cette expansion reflète une prise de conscience accélérée des opportunités offertes par l'exploitation analytique des données dans les secteurs traditionnels de l'économie italienne, caractérisés par une forte intensité de savoir-faire artisanal et industriel. La transformation numérique des industries de la mode, du design, de l'agroalimentaire et du tourisme génère des besoins croissants en compétences analytiques avancées et en maîtrise des technologies d'intelligence artificielle, nécessitant des profils combinant expertise technique et compréhension sectorielle approfondie. Cette évolution suggère une transition progressive vers des modèles économiques davantage fondés sur l'exploitation de la donnée et l'automatisation intelligente des processus, requérant une recomposition substantielle des compétences disponibles sur le marché du travail italien.

4.7.3.3 Adoption technologique et retards structurels

L'écosystème numérique italien demeure confronté à des retards significatifs dans l'adoption des technologies avancées par rapport aux performances moyennes observées dans l'Union européenne. Le rapport Digital Decade Country Report établit que seuls 5 % des entreprises italiennes déclaraient utiliser l'intelligence artificielle en 2023, contre une moyenne européenne de 8 %¹⁴². Cette proportion a progressé pour atteindre 8,2 % en 2024¹⁴³, témoignant d'une accélération récente mais insuffisante pour combler l'écart avec la nouvelle

139 Digital Skills and Jobs Platform, « Italy: a snapshot of digital skills », <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/latest/briefs/italy-snapshot-digital-skills> (consulté le 14 janvier 2026).

140 Centre européen pour le développement de la formation professionnelle (CEDEFOP), 2025 Skills Forecast Italy, https://www.cedefop.europa.eu/files/skills_forecast_-_italy_2025.pdf (consulté le 14 janvier 2026).

141 Statista, Artificial Intelligence - Italy Market Forecast, <https://www.statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/italy> (consulté le 14 janvier 2026).

142 Commission européenne, Italy 2024 Digital Decade Country Report, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/italy-2024-digital-decade-country-report> (consulté le 14 janvier 2026).

143 Commission européenne, Italy 2025 Digital Decade Country Report, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/italy-2025-digital-decade-country-report> (consulté le 14 janvier 2026).

moyenne de l'Union, établie à 13,5 % pour la même période¹⁴⁴. Cette trajectoire illustre les difficultés persistantes du tissu économique italien à intégrer les innovations technologiques au rythme de ses partenaires européens, particulièrement dans un contexte où les grandes entreprises affichent des taux d'adoption supérieurs à ceux des petites et moyennes entreprises. L'écart d'adoption technologique reflète simultanément des contraintes financières, des déficits de compétences internes et des difficultés organisationnelles qui limitent la capacité d'absorption des innovations par le tissu productif italien, caractérisé par une prédominance de structures de taille réduite.

Au-delà des indicateurs moyens, l'écosystème italien est structuré par une fracture territoriale profonde qui oppose les régions septentrionales, caractérisées par une industrialisation et une digitalisation plus avancées, aux régions méridionales du Mezzogiorno qui demeurent significativement en retrait sur ces dimensions. Cette fragmentation géographique accentue les déséquilibres dans la répartition des compétences numériques et limite la diffusion homogène des capacités d'innovation technologique sur l'ensemble du territoire national. Les disparités régionales en matière d'infrastructures numériques, de niveau éducatif et d'attractivité économique contribuent à perpétuer une géographie inégale de l'innovation, dans laquelle les pôles urbains du Nord concentrent l'essentiel des activités à forte intensité technologique tandis que les territoires méridionaux peinent à développer des écosystèmes numériques dynamiques. Cette polarisation territoriale constitue un obstacle majeur à la réalisation d'une transformation digitale inclusive et interroge l'efficacité des politiques nationales de cohésion dans la réduction des écarts de développement entre régions.

4.7.3.4 Cybersécurité : tension critique et vulnérabilité systémique

L'expert en cybersécurité représente le profil affichant la tension la plus critique sur le marché

du travail italien des compétences numériques. Le marché national de la cybersécurité fait face à une pénurie estimée à plus de 10 000 professionnels qualifiés, avec une croissance projetée de 25 % de la demande en 2024¹⁴⁵. Cette situation revêt un caractère particulièrement préoccupant dans un contexte où l'Italie a enregistré 357 incidents de cybersécurité de haute gravité en 2024, représentant 10 % des cyberattaques mondiales selon les données de l'association italienne pour la sécurité informatique CLUSIT¹⁴⁶. L'intensification des menaces cyber s'accompagne d'une sophistication croissante des modes opératoires utilisés par les acteurs malveillants, rendant indispensable la mobilisation de compétences techniques avancées pour assurer la détection, la prévention et la réponse aux incidents de sécurité. La pénurie de professionnels qualifiés dans ce domaine constitue une vulnérabilité systémique pour l'ensemble de l'écosystème numérique italien, limitant la capacité des organisations publiques et privées à sécuriser efficacement leurs actifs informationnels dans un environnement de menaces en constante évolution.

L'analyse sectorielle révèle que le secteur gouvernemental, militaire et policier absorbe 38 % des incidents de cybersécurité, avec une croissance de plus de 600 % par rapport à l'année précédente, suivi des secteurs du transport et de la logistique qui représentent 17 % des incidents¹⁴⁷. Cette concentration sectorielle des attaques illustre la vulnérabilité critique des infrastructures essentielles et des services publics numériques, exacerbant l'urgence du renforcement des compétences en sécurité informatique dans un contexte d'accélération de la transformation digitale. La multiplication des incidents affectant les administrations publiques et les opérateurs d'infrastructures critiques souligne les déficiences actuelles en matière de sécurisation des systèmes d'information et de résilience organisationnelle face aux cybermenaces. Cette situation interroge la capacité du secteur public italien à assurer la protection des données sensibles et la continuité des services essentiels dans un environnement où la dépendance aux technologies numériques

144 Ibid.

145 Nucamp Coding Bootcamp, Italy Cybersecurity Job Market: Trends and Growth Areas for 2025, 20 février 2025, <https://www.nucamp.co/blog/coding-bootcamp-italy-ita-italy-cybersecurity-job-market-trends-and-growth-areas-for-2025> (consulté le 14 janvier 2026).

146 Atlas Protect, « Italy's Cybersecurity Crisis: Navigating a Surge in Cyberattacks in 2025 », 6 mai 2025, <https://atlasprotect.substack.com/p/italys-cybersecurity-crisis-navigating> (consulté le 14 janvier 2026).

147 Il Sole 24 ORE, « Cyber Attacks Are Multiplying and Italy Has Its Excellence: But It Must Equip Itself With the Skills for a Widespread Culture in the Company », décembre 2025, <https://en.ilsole24ore.com/art/cyber-attacks-multiply-and-italy-has-its-excellence-but-must-equip-itself-with-skills-a-widespread-company-culture-AIDQPAS> (consulté le 14 janvier 2026).

s'accroît continuellement, nécessitant une révision substantielle des stratégies de recrutement et de formation en cybersécurité.

4.7.3.5 Mobilisation des fonds européens et architecture d'intervention publique

La mobilisation des fonds du plan de relance européen Next Generation EU amplifie significativement l'urgence de la problématique sécuritaire et de modernisation technologique en Italie. Le plan national de relance et de résilience italien mobilise 194,4 milliards d'euros en subventions et prêts européens¹⁴⁸, dont 191,5 milliards d'euros de financement de l'Union européenne, représentant 26,1 % de la Facilité pour la reprise et la résilience¹⁴⁹. La Mission 1 consacrée à la digitalisation, l'innovation, la compétitivité et la culture mobilise 49,2 milliards d'euros¹⁵⁰, soit 25,6 % des fonds disponibles, dépassant ainsi l'exigence minimale européenne de 20 %¹⁵¹. Cette concentration d'investissements dans la transformation numérique de l'administration publique, la modernisation des infrastructures de connectivité et la digitalisation des entreprises nécessite impérativement des compétences renforcées en sécurité informatique pour garantir la résilience et la conformité des systèmes déployés. L'ampleur des ressources mobilisées témoigne de la volonté institutionnelle de rattraper les retards accumulés en matière de transformation digitale, tout en créant des opportunités substantielles pour le développement de l'écosystème numérique national.

Le gouvernement italien a adopté le plan *Transizione 5.0*, financé à hauteur de 6,3 milliards d'euros dans le cadre du programme *RepowerEU* pour la période 2024-2025¹⁵², reposant sur un mécanisme de crédits d'impôt destinés à stimuler les investissements des entreprises dans les technologies numériques et dans la transition écologique. Le plan vise à réaliser des

économies d'énergie de 0,4 million de tonnes équivalent pétrole sur la période 2024-2026¹⁵³. Cette architecture d'intervention témoigne de la volonté institutionnelle de traiter conjointement les enjeux de modernisation technologique et de transition environnementale comme leviers interdépendants de la compétitivité économique nationale. L'articulation entre objectifs numériques et objectifs écologiques reflète l'intégration progressive des priorités européennes dans les politiques industrielles italiennes, créant des synergies potentielles entre décarbonation et digitalisation des processus productifs. Cette approche intégrée nécessite toutefois le développement de compétences transversales combinant expertise numérique et connaissances en matière d'efficacité énergétique et de durabilité environnementale.

L'échelle sans précédent de cette transformation digitale, combinée à la faiblesse actuelle du capital humain en cybersécurité et aux déficits structurels de formation initiale des spécialistes numériques, génère un déséquilibre systémique entre l'ampleur des investissements technologiques et les capacités de sécurisation et d'exploitation des infrastructures numériques déployées. Cette tension structurelle, accentuée par la fracture territoriale entre régions septentrionales et méridionales, constitue un défi majeur pour la réussite de la stratégie de rattrapage numérique italienne. Le risque d'un découplage entre l'ambition des investissements publics et la disponibilité des compétences nécessaires à leur mise en œuvre interroge la soutenabilité à moyen terme de l'accélération de la transformation digitale dans un contexte de pénurie critique de professionnels qualifiés, nécessitant une révision substantielle des stratégies de formation et d'attractivité des métiers numériques.

148 Council of the European Union, « Recovery and resilience fund: Council greenlights Italy's amended recovery and resilience plan », <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/11/18/recovery-and-resilience-fund-council-greenlights-italy-s-amended-recovery-and-resilience-plan/> (consulté le 14 janvier 2026).

149 Parlement européen, Italy's National Recovery and Resilience Plan: Latest State of Play, [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2021\)698847](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2021)698847) (consulté le 14 janvier 2026).

150 Ministero dell'Economia e delle Finanze, The National Recovery and Resilience Plan (NRRP), <https://www.mef.gov.it/en/focus/The-National-Recovery-and-Resilience-Plan-NRRP/> (consulté le 14 janvier 2026).

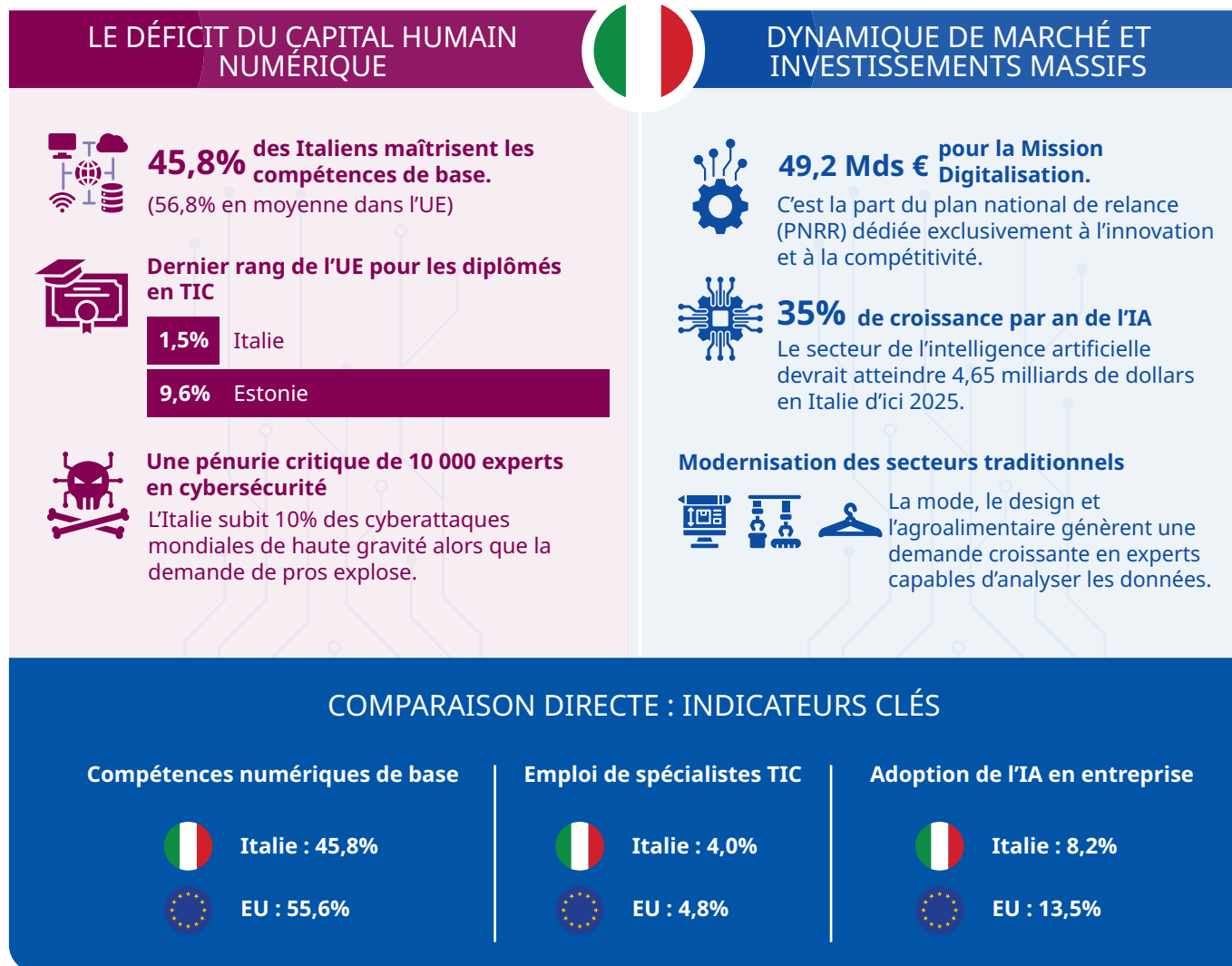
151 Commission européenne, Italy's Recovery and Resilience Plan, https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-recovery/recovery-and-resilience-facility/country-pages/italys-recovery-and-resilience-plan_en (consulté le 14 janvier 2026).

152 Gouvernement italien, Transition 5.0, <https://www.italiadomani.gov.it/content/sogei-ng/it/en/Interventi/investimenti/transizione-5-0.html> (consulté le 14 janvier 2026).

153 Ibid.

► L'Italie Numérique : Le Grand Écart entre Ambition et Compétences

Mettre en lumière le décalage critique entre les investissements massifs du plan de relance et les faiblesses structurelles du capital humain numérique en Italie.



4.7.4 Belgique : concentration institutionnelle, pénuries structurelles et adoption numérique différenciée

4.7.4.1 Caractérisation générale du marché belge des compétences TIC

Le marché belge des compétences en technologies de l'information et de la communication se distingue par une tension structurelle particulièrement prononcée, plaçant le pays au sixième rang européen en matière

de pénurie de main-d'œuvre qualifiée¹⁵⁴. Cette situation résulte d'un écosystème institutionnel singulier, caractérisé par une concentration d'organisations supranationales sans équivalent en Europe et par une intensité numérique élevée du tissu productif national. Les données du Digital Decade Report 2025 indiquent que les spécialistes TIC représentent 5,7 % de l'emploi total en Belgique, soit un taux supérieur à la moyenne européenne établie à 5 %¹⁵⁵. Cette surreprésentation témoigne d'une intégration avancée des compétences

¹⁵⁴ Edstellar, Top 10 In-Demand Skills in Belgium for 2026, <https://www.edstellar.com/blog/skills-in-demand-in-belgium> (consulté le 14 janvier 2026).

¹⁵⁵ Commission européenne, Belgium | Digital Skills and Jobs Platform, <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/european-interactive-map/belgium> (consulté le 14 janvier 2026).

numériques dans l'économie nationale, bien que cette diffusion demeure inégalement répartie selon la taille des entreprises et les régions. L'analyse de ce marché nécessite une approche multidimensionnelle tenant compte des facteurs institutionnels, sectoriels et territoriaux qui façonnent la demande de compétences TIC.

4.7.4.2 Déterminants institutionnels et sectoriels de la demande

La région de Bruxelles-Capitale accueille les institutions principales de l'Union européenne, notamment la Commission européenne, le Conseil de l'Union européenne, le Conseil européen et le siège secondaire du Parlement européen. En 2013, cette présence institutionnelle génère approximativement 250 millions d'euros, correspondant à 8,3 % du produit intérieur brut régional, et soutenait 121 000 emplois, soit 16,7 % de l'emploi régional¹⁵⁶. À cette concentration institutionnelle s'ajoutent le siège de l'Organisation du traité de l'Atlantique Nord, de multiples organisations internationales et un secteur financier développé, engendrant une demande structurelle en profils TIC hautement qualifiés. La structure économique belge combine des secteurs à forte intensité numérique tels que les services financiers, la logistique et les services aux institutions internationales, ainsi qu'une industrie manufacturière engagée dans une transformation digitale. Cette diversification favorise une diffusion transversale des usages numériques au-delà du périmètre strict du secteur des technologies de l'information et de la communication.

Les données d'Eurostat révèlent qu'en 2020, 30 % des entreprises belges employaient des spécialistes TIC en interne, positionnant la Belgique parmi les États membres européens affichant le taux de pénétration le plus élevé, aux côtés de l'Irlande et devançant le Danemark, la Hongrie et Malte¹⁵⁷. Cette moyenne nationale masque néanmoins des disparités significatives selon la taille des entreprises. Les grandes entreprises

belges emploient des spécialistes TIC dans une proportion de 89,5 %, soit un taux nettement supérieur à la moyenne européenne de 78 % pour cette catégorie¹⁵⁸. Ces données confirment la concentration des ressources techniques qualifiées dans les structures de grande taille et suggèrent des capacités d'absorption différenciées selon les catégories d'entreprises, avec des implications pour les politiques de soutien aux petites et moyennes entreprises.

4.7.4.3 Profils en tension: cartographie de la demande et intensité des pénuries

L'analyse sectorielle identifie le développeur logiciel comme le profil le plus recherché en volume absolu. Les pénuries concernent principalement les compétences en Java, .NET et Python, avec plus de 16 000 offres d'emploi publiées au cours de l'année écoulée¹⁵⁹. Cette demande s'explique par les besoins de transformation numérique des secteurs financier, pharmaceutique et logistique. La croissance la plus dynamique concerne les data scientists, avec une augmentation de la demande estimée à 28 % en 2024¹⁶⁰. Cette évolution est portée par les exigences accrues en analyse prédictive, gestion des risques et conformité réglementaire dans un contexte de digitalisation accélérée. Les profils de data scientists sont particulièrement sollicités par les institutions financières et les entreprises internationales implantées en Belgique, qui développent des capacités analytiques avancées pour répondre aux défis concurrentiels et réglementaires.

L'expert en cybersécurité présente le taux de pénurie le plus critique du marché belge. En 2024, le secteur de la cybersécurité comptait 9 750 postes à temps plein, dont 1 170 demeuraient vacants, soit un taux de vacance de 12,4 %, plus du double du taux observé pour l'ensemble du secteur TIC établi à 5,4 %¹⁶¹. À l'échelle de l'économie nationale, environ 4 000 spécialistes en cybersécurité sont immédiatement requis, avec une projection de pénurie dépassant 10 000 professionnels à

156 Brussels and the European Union, Wikipédia, dernière modification le 10 octobre 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Brussels_and_the_European_Union (consulté le 14 janvier 2026).

157 Eurostat, 19% of EU Enterprises Employ ICT Specialists, communiqué de presse, 9 février 2022, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20220209-2> (consulté le 14 janvier 2026).

158 Center for City Development Policy, Trends in the European Labour Market: ICT Specialists, 2024, <https://www.cdp.center/post/trends-in-the-european-labour-market-ict-specialists> (consulté le 14 janvier 2026).

159 Edstellar, Top 10 In-Demand Skills in Belgium for 2026, <https://www.edstellar.com/blog/skills-in-demand-in-belgium> (consulté le 14 janvier 2026).

160 Nucamp, Most in Demand Tech Job in Belgium in 2024, <https://www.nucamp.co/blog/coding-bootcamp-belgium-bel-most-in-demand-tech-job-in-belgium-in-2024> (consulté le 14 janvier 2026).

161 Agoria, Belgian Cyber Sector Set to Double in Size within Five Years – 4,000 Experts Needed, 3 octobre 2025, <https://www.agoria.be/en/services/expertise/digitalisation/cybersecurity/belgian-cyber-sector-set-to-double-in-size-within-five-years-4000-experts-needed> (consulté le 14 janvier 2026).

l'horizon 2024¹⁶². Cette tension résulte de plusieurs facteurs structurels, notamment la présence d'institutions financières systémiques soumises à des obligations réglementaires strictes¹⁶³, d'infrastructures de paiement critiques telles que le siège de la Society for Worldwide Interbank Financial Telecommunications, et d'organisations européennes imposant des standards de sécurité élevés. L'entrée en vigueur de la directive NIS2 en octobre 2024, obligeant 2 410 entités essentielles et importantes à mettre en œuvre des contrôles de gestion des risques structurés et à signaler les incidents dans un délai de 24 heures¹⁶⁴, accentue cette demande et transforme la cybersécurité en compétence stratégique transversale.

4.7.4.4 Institutionnalisation administrative des tensions du marché du travail

Les pénuries de compétences numériques se heurtent à des contraintes d'offre particulièrement prononcées pour les profils hautement spécialisés dans les domaines du cloud computing, de la science des données et de la cybersécurité. Les services publics régionaux de l'emploi en Belgique publient annuellement des listes de métiers en pénurie, désignés en néerlandais sous le terme de knelpuntberoepen. Le VDAB en Flandre, Actiris dans la Région de Bruxelles-Capitale et le Forem en Wallonie recensent ces métiers, parmi lesquels les professions TIC figurent de manière récurrente¹⁶⁵. En 2025, la Flandre recensait 251 métiers en pénurie, dont une proportion significative dans le secteur des TIC¹⁶⁶. Cette catégorisation administrative traduit la persistance de déséquilibres quantitatifs et qualitatifs entre l'offre et la demande de travail dans ces spécialités. Elle constitue un instrument d'orientation des politiques de formation professionnelle et d'immigration de main-d'œuvre qualifiée au niveau régional, bien que son efficacité dépende de la capacité des acteurs institutionnels

à coordonner leurs interventions dans un contexte fédéral complexe.

4.7.4.5 Positionnement comparatif et perspectives structurelles

Les données de l'Organisation de coopération et de développement économiques confirment que la Belgique enregistre un niveau de tension 40 % supérieur dans les emplois TIC par rapport aux emplois moyens, comparativement à une tension supérieure de 117 % à l'échelle de l'OCDE. Cette intensité est particulièrement marquée dans la région de Bruxelles-Capitale¹⁶⁷. La convergence de facteurs institutionnels, réglementaires et économiques positionne le marché belge parmi les plus compétitifs et les plus tendus d'Europe pour les profils TIC stratégiques. Les projections du Centre européen pour le développement de la formation professionnelle à l'horizon 2035 anticipent une croissance soutenue de la demande pour les professionnels et techniciens TIC à l'échelle européenne, en raison des transitions numérique et écologique¹⁶⁸. Ces prévisions suggèrent que les tensions actuelles sont appelées à se maintenir, voire à s'intensifier, en l'absence d'ajustements significatifs de l'offre de formation et de politiques actives d'attraction des compétences.

La configuration belge, caractérisée par une demande institutionnelle structurelle, une concentration sectorielle spécifique et une intensité réglementaire croissante, appelle une analyse comparative approfondie avec les autres marchés européens confrontés à des dynamiques de pénurie différenciées. Cette comparaison permettra d'identifier les spécificités nationales et les facteurs communs qui façonnent les tensions sur les marchés européens des compétences TIC.

162 VRT NWS, Big Shortage of Cybersecurity Experts in Belgium, 3 octobre 2025, <https://www.vrt.be/vrtnws/en/2025/10/03/big-shortage-of-cybersecurity-experts-in-belgium/> (consulté le 14 janvier 2026).

163 The Federal Newswire, Belgium, 11 juillet 2019, <https://thefederalnewswire.com/stories/630955175-belgium> (consulté le 14 janvier 2026).

164 Mordor Intelligence, Belgium Cybersecurity Market Size, Growth, Outlook 2025–2030, juillet 2025, <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/belgium-cybersecurity-market> (consulté le 14 janvier 2026).

165 Commission européenne, Direction générale Migration et affaires intérieures, Belgium: Labour Shortages and Employment of Foreign Nationals, 18 décembre 2023, https://home-affairs.ec.europa.eu/news/belgium-labour-shortages-and-employment-for-foreign-nationals-2023-12-18_en (consulté le 14 janvier 2026).

166 VRT News, More and More Professions on Occupation Shortage List, 29 janvier 2024, <https://www.vrt.be/vrtnws/en/2024/01/29/occupation-shortage-list-bottleneck-professions-brouns-flanders/> (consulté le 14 janvier 2026); VDAB, Knelpuntberoepenlijst, <https://www.vdab.be/trends-en-cijfers/knelpuntberoepenlijst> (consulté le 14 janvier 2026).

167 OCDE, Job Creation and Local Economic Development 2024 - Country Notes: Belgium, https://www.oecd.org/en/publications/job-creation-and-local-economic-development-2024-country-notes_ad2806c1-en/belgium_b238398a-en.html (consulté le 14 janvier 2026).

168 Cedefop, Cedefop Skills Forecast 2035: The Twin Transition and the Demographic Challenge Drive Demand for High-Level Skills, communiqué de presse, 13 mars 2025, <https://www.cedefop.europa.eu/en/news/cedefop-skills-forecast-2035-twin-transition-and-demographic-challenge-drive-demand-high-level> (consulté le 14 janvier 2026).

4.7.5 Luxembourg : spécialisation financière, concentration technologique et tensions structurelles sur le marché des compétences TIC

4.7.5.1 Configuration institutionnelle et positionnement européen

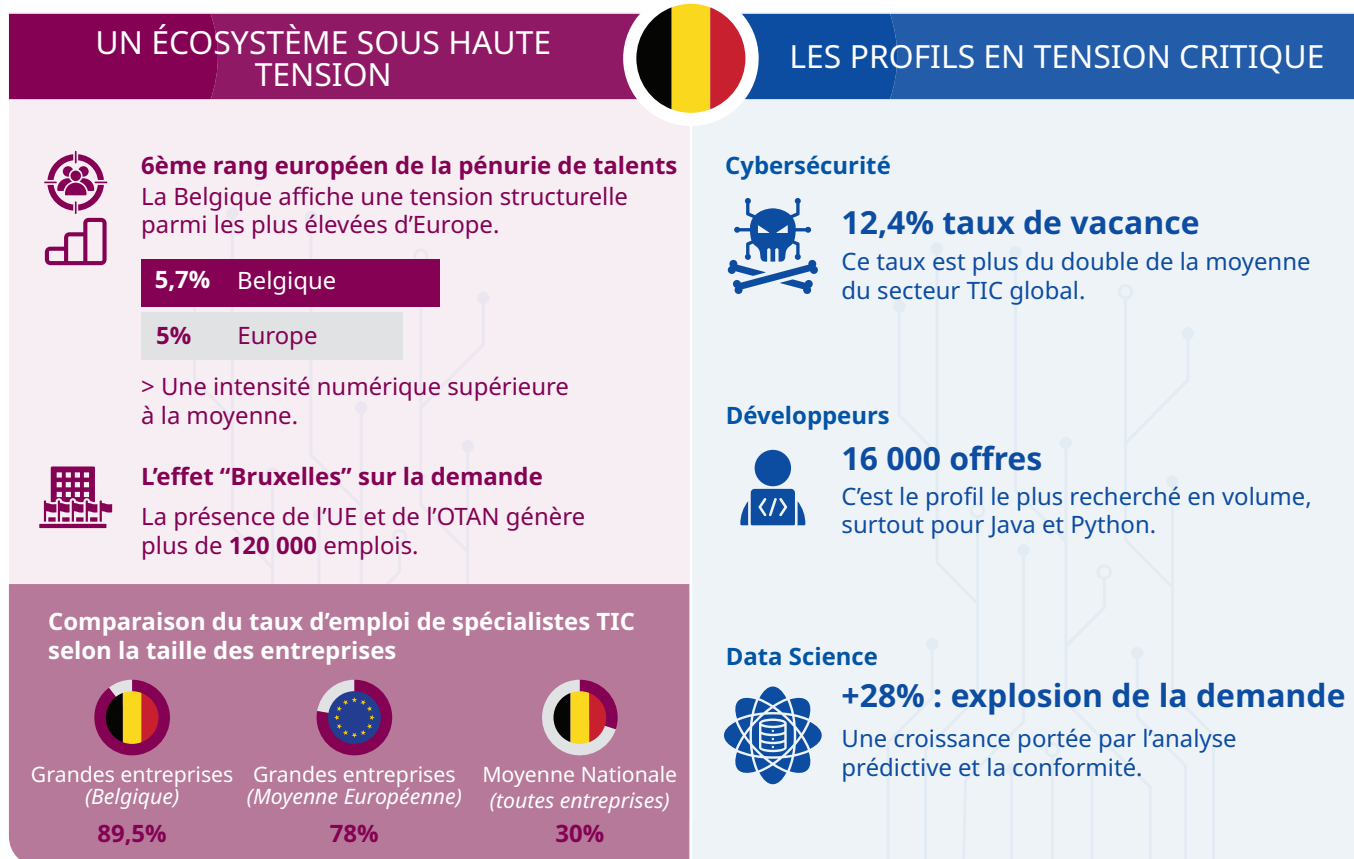
Le marché luxembourgeois du travail dans le secteur des technologies de l'information et de la communication se distingue par une configuration institutionnelle particulière, marquée par une densité exceptionnelle de compétences technologiques avancées et une spécialisation

sectorielle prononcée. En 2024, les spécialistes TIC représentent 8,0 % de l'emploi total, plaçant le Luxembourg au deuxième rang européen derrière la Suède (8,6 %), et significativement au-dessus de la moyenne de l'Union européenne de 5,0 %¹⁶⁹. Cette performance s'inscrit dans le cadre du programme Digital Decade de l'Union européenne, qui vise à porter la proportion de spécialistes TIC à 10 % de l'emploi total d'ici 2030¹⁷⁰. Le positionnement luxembourgeois témoigne d'une trajectoire de croissance soutenue : entre 2014 et 2024, le nombre de spécialistes TIC féminins a progressé à un rythme annuel moyen de 11,6 %,

169 Eurostat, "ICT Specialists in Employment - Statistics Explained," Eurostat Statistics Explained, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT_specialists_in_employment (consulté le 14 janvier 2026).

170 Gouvernement du Luxembourg, Digital Decade National Strategic Roadmap for Luxembourg 2.0, octobre 2024, <https://smc.gouvernement.lu/dam-assets/dossiers/digital-decade/20241129-digital-decade-national-strategic-roadmap-for-luxembourg.pdf> (consulté le 14 janvier 2026).

► Le Marché des Talents TIC en Belgique : Une Pénurie Structurelle



situant le pays au troisième rang européen après la Lituanie et Chypre (13,7 % chacun), et devant l'Estonie (11,4 %) ¹⁷¹.

Cette concentration élevée de professionnels TIC résulte directement de la structure sectorielle de l'économie luxembourgeoise, dominée par les services financiers. Ces derniers se caractérisent par une forte intensité en systèmes d'information et par des exigences réglementaires strictes en matière de cybersécurité et de résilience opérationnelle ¹⁷². La présence de sièges sociaux d'institutions financières multinationales et l'internalisation systématique des fonctions informatiques au sein des établissements bancaires constituent des facteurs structurels expliquant cette densité de compétences numériques. Le modèle luxembourgeois révèle ainsi une interdépendance étroite entre spécialisation économique et configuration du marché du travail TIC.

4.7.5.2 Infrastructure numérique critique et demande sectorielle spécialisée

La structure de la demande de compétences TIC reflète le positionnement stratégique du Luxembourg comme centre financier européen et infrastructure de données de premier plan. L'écosystème compte 23 centres de données de colocation et 88 fournisseurs de services cloud ¹⁷³, avec une concentration remarquable de centres certifiés Tier IV représentant 40 % de l'ensemble des centres Tier IV européens ¹⁷⁴. Cette infrastructure critique génère une demande soutenue pour des profils spécialisés en ingénierie cloud, en automatisation des déploiements et en garantie de disponibilité des services, compétences essentielles pour maintenir la continuité opérationnelle du secteur financier. Les projections de marché confirment cette orientation : le volume du marché des centres de données luxembourgeois devrait atteindre 525,7

millions USD en 2029, avec un taux de croissance annuel composé de 5,34 % sur la période 2024-2029 ¹⁷⁵.

Le positionnement géographique stratégique au cœur de l'Europe, associé à un environnement réglementaire favorable et à des infrastructures de connectivité performantes, renforce l'attractivité pour les investissements en infrastructure numérique. Cette concentration d'actifs technologiques critiques oriente structurellement la demande vers des profils hautement qualifiés dans les domaines de la cybersécurité, du cloud computing, de l'analyse de données et de l'intelligence artificielle. Ces compétences répondent aux exigences réglementaires particulièrement rigoureuses auxquelles est soumis le secteur financier luxembourgeois.

4.7.5.3 Cadre réglementaire renforcé et amplification des besoins en cybersécurité

Les exigences réglementaires imposées aux institutions financières luxembourgeoises exercent une pression structurelle sur le marché du travail TIC. La Commission de Surveillance du Secteur Financier (CSSF) a établi un cadre normatif rigoureux à travers plusieurs circulaires, notamment la Circulaire CSSF 20/750 sur la gestion des risques TIC et de sécurité, amendée par les Circulaires CSSF 22/828 et CSSF 25/881 ¹⁷⁶, ainsi que la Circulaire CSSF 24/847 sur le signalement des incidents liés aux TIC, applicable depuis avril 2024 ¹⁷⁷. L'entrée en vigueur du règlement européen DORA (Digital Operational Resilience Act) le 17 janvier 2025 impose des obligations harmonisées de résilience opérationnelle numérique à l'ensemble du secteur financier ¹⁷⁸, amplifiant les besoins en experts en cybersécurité et en gestion des risques TIC.

Le secteur bancaire luxembourgeois, confronté à une augmentation de 82 % des cyberattaques

171 Eurostat, "ICT Specialists in Employment - Statistics Explained," Eurostat Statistics Explained, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT_specialists_in_employment (consulté le 14 janvier 2026).

172 Commission européenne, Luxembourg 2024 Digital Decade Country Report, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factsheets/luxembourg-2024-digital-decade-country-report> (consulté le 14 janvier 2026).

173 Cloudscene, Luxembourg Data Center Market Overview, <https://cloudscene.com/market/data-centers-in-luxembourg/luxembourg> (consulté le 14 janvier 2026).

174 EBRC (European Business Reliance Centre), Tier IV Data Centers at the Heart of Europe, <https://www.ebrc.com/en/services/data-center> (consulté le 14 janvier 2026).

175 Statista, Data Center - Luxembourg | Market Forecast, <https://www.statista.com/outlook/tmo/data-center/luxembourg> (consulté le 14 janvier 2026).

176 Commission de Surveillance du Secteur Financier (CSSF), Circular CSSF 20/750 as Amended by Circulars CSSF 22/828 and CSSF 25/881, https://www.cssf.lu/wp-content/uploads/cssf20_750eng.pdf (consulté le 14 janvier 2026).

177 Morgan Lewis, "Luxembourg's Financial Services Regulator Enhances ICT Incident Reporting Framework," 14 mars 2024, <https://www.morganlewis.com/blogs/sourcingatmorganlewis/2024/03/luxembourgs-financial-services-regulator-enhances-ict-in-cident-reporting-framework> (consulté le 14 janvier 2026).

178 DLA Piper, "Publication of the Luxembourg DORA Law," <https://www.dlapiper.com/en/insights/publications/2024/07/publication-of-dora-law> (consulté le 14 janvier 2026).

au troisième trimestre 2024¹⁷⁹, mobilise des ressources considérables pour renforcer ses capacités de sécurité informatique. La conformité réglementaire cumulative, incluant le RGPD, DORA et les exigences spécifiques de la CSSF, requiert des compétences hautement spécialisées en évaluation des risques, sécurité des réseaux et gestion des incidents. Cette réalité réglementaire constitue un facteur structurel de différenciation de la demande luxembourgeoise par rapport aux autres marchés européens, expliquant la tension persistante sur les profils de cybersécurité.

4.7.5.4 Adoption de l'intelligence artificielle et transformation des besoins en science des données

La demande croissante pour les data scientists s'articule autour des besoins opérationnels du secteur financier en matière de gestion quantitative des risques, de lutte contre le blanchiment d'argent et de conformité réglementaire. Une étude thématique de la CSSF publiée en mai 2023 a recensé 158 cas d'usage de l'intelligence artificielle dans le secteur financier luxembourgeois, dont plus de la moitié en production, les domaines privilégiés étant la détection de fraudes et la lutte contre le blanchiment, l'automatisation des processus et la cybersécurité¹⁸⁰. Cette adoption croissante de technologies d'IA génère une demande structurelle pour des profils combinant expertise en science des données, compréhension des contraintes réglementaires et maîtrise des enjeux propres aux services financiers.

Cette transformation technologique modifie qualitativement la structure des compétences requises, orientant la demande vers des profils capables d'articuler connaissances techniques avancées, compréhension des processus métiers financiers et maîtrise des cadres réglementaires applicables. La spécificité du contexte luxembourgeois réside dans l'intensité de cette exigence de polyvalence, résultant de la complexité réglementaire du secteur financier et de l'internalisation des fonctions informatiques au sein des établissements. Cette configuration génère des tensions spécifiques sur le marché du travail, particulièrement marquées pour les profils combinant expertise technique et connaissance du domaine financier.

4.7.5.5 Déséquilibres structurels et tensions sur le marché du travail TIC

Le marché luxembourgeois se caractérise par une dimension absolue limitée et par une intensité concurrentielle élevée pour l'accès aux compétences numériques spécialisées. Les données de l'OCDE relatives aux tensions sur le marché du travail indiquent que le Luxembourg enregistre un taux de tension pour les emplois TIC supérieur de 102 % au taux de tension moyen observé pour l'ensemble des emplois, reflétant un déséquilibre structurel entre l'offre et la demande de compétences numériques¹⁸¹. Ce différentiel, légèrement inférieur à la moyenne de l'OCDE établie à 117 %, témoigne néanmoins de l'inadéquation persistante entre les effectifs formés localement et la demande endogène générée par le secteur financier et technologique.

Les tensions se manifestent également à travers les listes officielles de métiers en pénurie publiées annuellement par l'Agence pour le développement de l'emploi (ADEM), qui identifient régulièrement les professions TIC parmi les 22 secteurs confrontés à des difficultés de recrutement significatives en 2025¹⁸². La structure de la demande est fortement orientée vers des profils seniors et hautement qualifiés, cette orientation résultant de l'insuffisance des effectifs formés localement pour satisfaire les besoins d'un secteur financier technologiquement avancé et soumis à des contraintes réglementaires rigoureuses. L'enjeu stratégique pour le Luxembourg consiste à maintenir sa position de hub financier et technologique européen dans un contexte de compétition internationale accrue pour les talents numériques hautement qualifiés.

4.7.5.6 Réponse stratégique nationale et programmation budgétaire

Pour répondre à ces défis et aligner sa trajectoire nationale sur les objectifs européens de la Décennie numérique, le Luxembourg a élaboré une feuille de route stratégique nationale actualisée en octobre 2024¹⁸³. Ce document programmatique définit les politiques, mesures et actions à déployer à l'horizon 2030 dans quatre domaines prioritaires : les compétences numériques, les infrastructures digitales, la transformation numérique des entreprises et la

179 Chambers and Partners, Banking Regulation 2025 - Luxembourg, <https://practiceguides.chambers.com/practice-guides/banking-regulation-2025/luxembourg/trends-and-developments> (consulté le 14 janvier 2026).

180 Global Legal Insights, "Banking Laws and Regulations 2025 | Luxembourg," 11 mars 2025, <https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/banking-and-finance-laws-and-regulations/luxembourg/> (consulté le 14 janvier 2026).

181 OCDE, Job Creation and Local Economic Development 2024 - Country Notes: Luxembourg, https://www.oecd.org/en/publications/job-creation-and-local-economic-development-2024-country-notes_ad2806c1-en/luxembourg_2b5cfc3-en.html (consulté le 14 janvier 2026).

182 Agence pour le développement de l'emploi (ADEM), "New List of Occupations in High Shortage," <https://adem.public.lu/en/actualites/adem/2025/03/metiers-penurie.html> (consulté le 14 janvier 2026).

183 Gouvernement du Luxembourg, Département des médias, de la connectivité et des politiques numériques, Digital Decade National Strategic Roadmap for Luxembourg 2.0, octobre 2024, <https://smc.gouvernement.lu/dam-assets/dossiers/digital-decade/20241129-digital-decade-national-strategic-roadmap-for-luxembourg.pdf> (consulté le 14 janvier 2026).

digitalisation des services publics. La stratégie luxembourgeoise se compose de 98 mesures avec un budget total estimé à 515 millions d'euros, dont 488 millions provenant de budgets publics, représentant 0,57 % du PIB national en 2024¹⁸⁴.

Au-delà de l'enjeu quantitatif d'accroissement du nombre de spécialistes TIC, la stratégie nationale vise à réduire les disparités de compétences numériques observées entre différents groupes démographiques, particulièrement les personnes âgées et les populations présentant des niveaux d'éducation formelle plus faibles¹⁸⁵. Cette dimension inclusive constitue un défi persistant

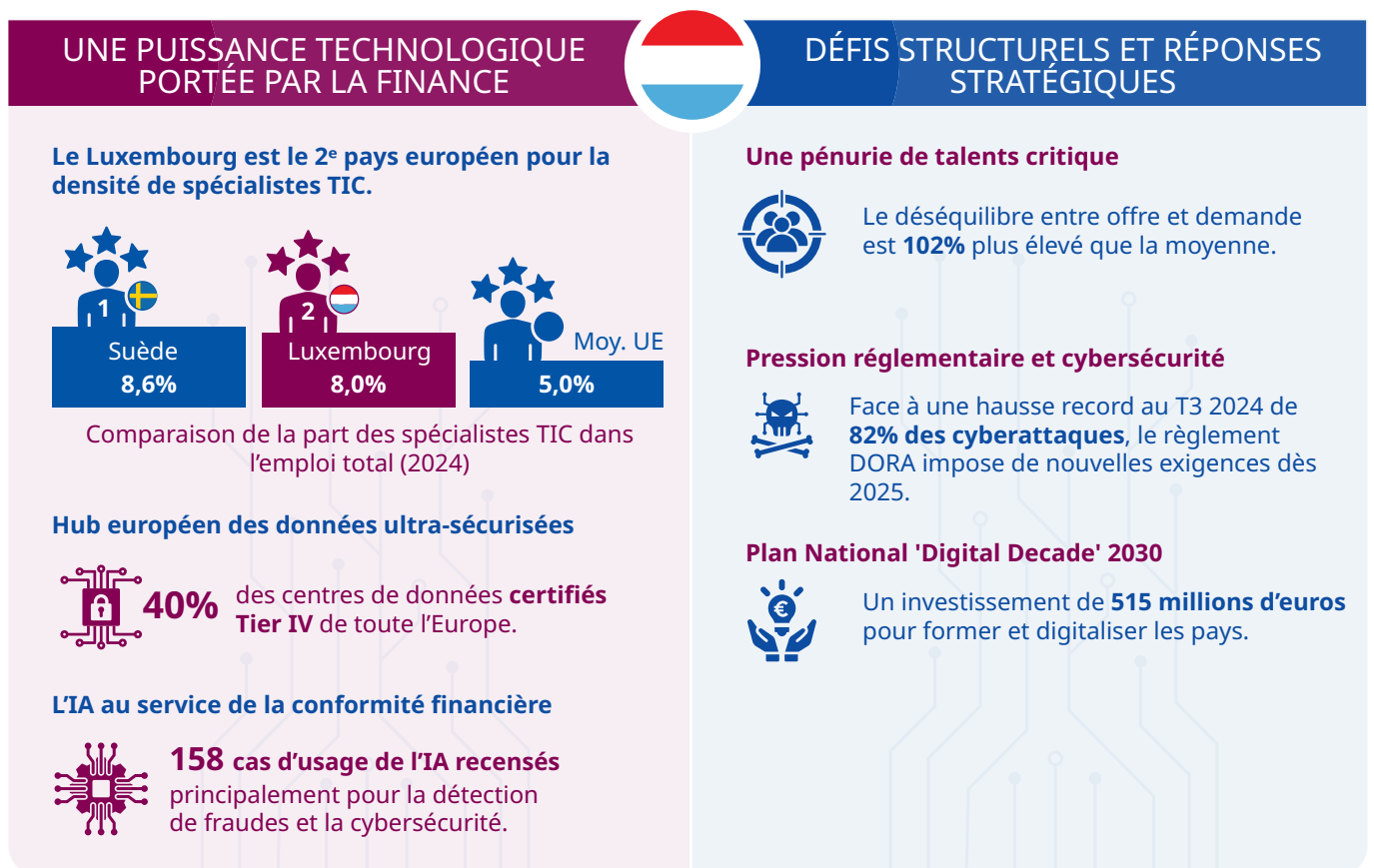
nécessitant des interventions ciblées pour élargir la base de compétences numériques au-delà des segments déjà fortement qualifiés de la population active. La capacité du Luxembourg à maintenir son avantage concurrentiel dans l'économie numérique européenne dépendra de sa faculté à résoudre simultanément les tensions quantitatives sur les profils hautement spécialisés et les disparités qualitatives affectant les compétences numériques de base au sein de populations spécifiques.

184 Commission européenne, Luxembourg 2025 Digital Decade Country Report, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factsheets/luxembourg-2025-digital-decade-country-report> (consulté le 14 janvier 2026).

185 Commission européenne, Luxembourg 2025 Digital Decade Country Report, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factsheets/luxembourg-2025-digital-decade-country-report> (consulté le 14 janvier 2026).

► Le Luxembourg : Un Hub de Compétences TIC entre Excellence et Tensions

Le Luxembourg occupe une position stratégique unique en Europe avec une concentration exceptionnelle de spécialistes TIC, portée par un secteur financier hautement réglementé. Cependant, cette spécialisation crée des tensions majeures sur le marché de l'emploi, nécessitant une réponse stratégique nationale massive d'ici 2030.



4.8 Convergence européenne des besoins en compétences TIC : articulation des classifications internationales et des référentiels de qualification

4.8.1 Déterminants structurels de la convergence professionnelle en Europe

L'analyse comparative des stratégies numériques de cinq États membres de l'Union européenne (France, Allemagne, Italie, Belgique et Luxembourg) révèle une convergence structurelle significative des besoins professionnels autour de quatre grandes familles métiers : développement logiciel et applications (Software), ingénierie et science des données (Data), infrastructure et informatique en nuage (Cloud), et cybersécurité (Cyber). Cette homogénéisation résulte de plusieurs facteurs structurels convergents qui transforment simultanément les économies européennes.

La généralisation de la transformation numérique dans l'ensemble des secteurs économiques génère des besoins similaires en matière de développement applicatif, d'exploitation des données et de sécurisation des systèmes informatiques. L'harmonisation progressive des classifications professionnelles européennes constitue un facteur déterminant de cette convergence. La classification ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations), développée par la Direction générale de l'emploi, des affaires sociales et de l'inclusion de la Commission européenne, fournit une taxonomie multilingue des compétences, qualifications et occupations pertinentes pour le marché du travail européen¹⁸⁶. ESCO s'appuie structurellement sur la classification internationale ISCO-08 (International

Standard Classification of Occupations) adoptée par l'Organisation internationale du Travail, assurant ainsi une cohérence méthodologique entre les niveaux européen et international¹⁸⁷.

Le cadre réglementaire européen, de plus en plus intégré depuis le début des années 2020, impose des standards communs qui structurent directement la demande en compétences spécialisées. La directive (UE) 2022/2555 relative aux mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de cybersécurité dans l'ensemble de l'Union (directive NIS2) est entrée en application le 18 octobre 2024, après l'expiration du délai de transposition accordé aux États membres¹⁸⁸. Cette directive impose aux entités essentielles et importantes des obligations renforcées en matière de gestion des risques de cybersécurité, de notification des incidents et de gouvernance des systèmes d'information. Le règlement (UE) 2022/2554 sur la résilience opérationnelle numérique du secteur financier (règlement DORA) est applicable depuis le 17 janvier 2025¹⁸⁹. Ce texte établit un cadre harmonisé de résilience opérationnelle numérique pour l'ensemble des entités financières de l'Union européenne, imposant des exigences strictes en matière de gestion des risques TIC, de tests de résilience et de supervision des prestataires tiers.

Le règlement (UE) 2016/679 relatif à la protection des données à caractère personnel (règlement général sur la protection des données, RGPD), en vigueur depuis mai 2018, continue de structurer profondément les pratiques de gestion des données personnelles dans l'ensemble des secteurs économiques¹⁹⁰. La pénurie de talents qualifiés, partagée à l'échelle de l'Union, pousse les États membres à adopter des stratégies convergentes en matière de formation professionnelle, de reconnaissance des qualifications et d'attraction de compétences internationales. Cette dynamique commune se

186 Commission européenne, Direction générale de l'emploi, des affaires sociales et de l'inclusion, European Classification of Skills/Competences, Qualifications and Occupations (ESCO), version 1.2.1 (Bruxelles : Commission européenne, 2025), <https://esco.ec.europa.eu>. (Consulté le 17 janvier 2026)

187 Organisation internationale du Travail, International Standard Classification of Occupations: ISCO-08, vol. 1, Structure, Group Definitions and Correspondence Tables (Genève : Bureau international du Travail, 2012), 1-420.

188 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Directive (UE) 2022/2555 du 14 décembre 2022 concernant des mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de cybersécurité dans l'ensemble de l'Union, modifiant le règlement (UE) n° 910/2014 et la directive (UE) 2018/1972 et abrogeant la directive (UE) 2016/1148 (directive NIS 2), Journal officiel de l'Union européenne, série L, n° 333 (27 décembre 2022) : 80-152, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2555/oj>. (Consulté le 17 janvier 2026).

189 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2022/2554 du 14 décembre 2022 sur la résilience opérationnelle numérique du secteur financier et modifiant les règlements (CE) n° 1060/2009, (UE) n° 648/2012, (UE) n° 600/2014, (UE) n° 909/2014 et (UE) 2016/1011 (règlement DORA), Journal officiel de l'Union européenne, série L, n° 333 (27 décembre 2022) : 1-79, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2554/oj>. (Consulté le 17 janvier 2026).

190 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2016/679 du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la directive 95/46/CE (règlement général sur la protection des données - RGPD), Journal officiel de l'Union européenne, série L, n° 119 (4 mai 2016) : 1-88, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>. (Consulté le 17 janvier 2026).

traduit par une priorisation similaire des mêmes familles professionnelles dans les politiques nationales de développement des compétences numériques.

4.8.2 Architecture classificatoire ISCO-08 et positionnement des métiers prioritaires

Les métiers identifiés comme prioritaires dans les cinq pays analysés se positionnent dans des familles professionnelles spécifiques de la classification ISCO-08, qui constitue l'ossature structurelle du pilier occupations de la taxonomie ESCO. ISCO-08 est une classification hiérarchique à quatre niveaux permettant de classer l'ensemble des emplois dans le monde en 436 groupes unitaires¹⁹¹. Ces groupes constituent le niveau le plus détaillé de la structure classificatoire et sont agrégés en 130 groupes mineurs (minor groups), 43 sous-groupes majeurs (sub-major groups) et 10 grands groupes (major groups), sur la base du niveau de compétence et de la spécialisation requise. Les groupes majeurs sont désignés par un code à un chiffre, les sous-groupes majeurs par un code à deux chiffres, les groupes mineurs par un code à trois chiffres, et les groupes unitaires par un code à quatre chiffres¹⁹².

Cette structure hiérarchique permet une granularité adaptée aux différents besoins statistiques et analytiques, depuis les synthèses macroéconomiques jusqu'aux analyses détaillées du marché du travail. La classification ISCO-08 définit quatre niveaux de compétence, chacun correspondant à un niveau de formation formelle, d'expérience professionnelle et de complexité des tâches spécifique¹⁹³. Dans ESCO, chaque occupation est mappée à exactement un code ISCO-08, permettant d'utiliser la structure hiérarchique d'ISCO-08 comme colonne vertébrale du pilier occupations¹⁹⁴. La version actuelle d'ESCO est la v1.2.1, mise à jour le 10 décembre 2025¹⁹⁵.

4.8.3 Famille 251 : développeurs et

analystes de logiciels et d'applications

La famille 251 (Software and applications developers and analysts / Développeurs et analystes de logiciels et d'applications) regroupe les professions centrées sur la conception, le développement et l'analyse de logiciels et d'applications¹⁹⁶. Elle inclut les développeurs de logiciels, les développeurs web, les data scientists, les data engineers et certains profils d'architectes cloud dont les missions portent prioritairement sur les applications plutôt que sur les infrastructures sous-jacentes. Cette famille correspond au niveau de compétence 4 d'ISCO-08, le plus élevé des quatre niveaux définis par la classification. Ce niveau implique des tâches complexes nécessitant généralement une formation de niveau universitaire équivalente aux niveaux 6, 7 ou 8 de la classification ISCED-2011 (International Standard Classification of Education), soit licence, master ou doctorat¹⁹⁷.

Les professionnels de cette catégorie sont chargés de rechercher, concevoir, développer, tester et maintenir des systèmes logiciels. Ils analysent les besoins des utilisateurs, conçoivent des architectures applicatives adaptées aux contextes métiers spécifiques, et assurent l'évolution continue des systèmes informatiques. L'évolution technologique rapide, marquée notamment par la généralisation du cloud computing, l'essor de l'intelligence artificielle et l'adoption généralisée des méthodologies agiles, a considérablement accru la complexité technique et la valeur stratégique de ces fonctions.

4.8.4 Famille 252 : spécialistes des bases de données et des réseaux

La famille 252 (Database and network professionals / Spécialistes des bases de données et des réseaux) englobe les métiers liés à la gestion des infrastructures informatiques, des réseaux, des systèmes, des bases de données et de la sécurité¹⁹⁸. Elle inclut les experts en cybersécurité,

191 Organisation internationale du Travail, International Standard Classification of Occupations: ISCO-08, vol. 1, 13-15.

192 Ibid., 11-12.

193 Ibid., 9-11.

194 Commission européenne, Direction générale de l'emploi, des affaires sociales et de l'inclusion, ESCO Handbook: European Skills, Competences, Qualifications and Occupations, 3^e éd. (Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2022), 27-29, <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/publications>. (Consulté le 17 janvier 2026).

195 Commission européenne, Direction générale de l'emploi, des affaires sociales et de l'inclusion, « ESCO v1.2.1 Release Notes », ESCO Portal, mis à jour le 10 décembre 2025, consulté le 17 janvier 2026, <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/whats-new>. (Consulté le 17 janvier 2026).

196 Organisation internationale du Travail, International Standard Classification of Occupations: ISCO-08, vol. 1, 165-168.

197 Ibid., 9-10 ; UNESCO Institute for Statistics, International Standard Classification of Education: ISCED 2011 (Montréal : UNESCO Institute for Statistics, 2012), 58-80, <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/international-standard-classification-of-education-isced-2011-en.pdf>. (Consulté le 17 janvier 2026).

198 Organisation internationale du Travail, International Standard Classification of Occupations: ISCO-08, vol. 1, 169-172.

les administrateurs de bases de données, les administrateurs systèmes et réseaux, ainsi qu'une partie des architectes cloud dont les missions portent prioritairement sur les infrastructures plutôt que sur les applications. Cette famille correspond également au niveau de compétence 4 d'ISCO-08 et regroupe les professionnels responsables de la conception, du développement, de l'administration et de la sécurisation des bases de données, des réseaux informatiques et des environnements systèmes.

Les évolutions technologiques récentes ont considérablement accru la complexité et la criticité de ces fonctions. La migration massive vers le cloud, la multiplication des cybermenaces et l'entrée en vigueur de nouvelles réglementations européennes imposent des exigences professionnelles sans précédent. La directive NIS2 impose aux entités essentielles et importantes des mesures strictes de gestion des risques de cybersécurité et des obligations de notification des incidents, avec des pouvoirs d'application renforcés pour les autorités nationales compétentes¹⁹⁹. Le règlement DORA établit depuis janvier 2025 des exigences uniformes concernant la sécurité des réseaux et des systèmes d'information soutenant les processus opérationnels des entités financières, incluant des obligations de tests de pénétration et de gestion des risques liés aux prestataires de services TIC tiers²⁰⁰.

4.8.5 Famille 133 : gestionnaires de services des technologies de l'information et des communications

La famille 133 (Information and communications technology service managers / Gestionnaires de services des technologies de l'information et des communications) correspond aux fonctions de management et de coordination de projets informatiques²⁰¹. Elle inclut les chefs de projet TIC, les responsables de services informatiques et les gestionnaires de programmes de transformation numérique. Le rôle de ces professionnels consiste à planifier, organiser, diriger et coordonner les activités de développement, de mise en œuvre et de maintenance des systèmes d'information. Cette famille relève du niveau de compétence 4, bien qu'elle soit classée dans le grand groupe 1 (Managers) d'ISCO-08, qui rassemble l'ensemble

des fonctions managériales indépendamment du secteur d'activité²⁰².

Ces professionnels assurent l'interface entre les équipes techniques et les directions métiers, garantissent le respect des délais, des budgets et de la qualité des livrables, et pilotent la transformation numérique au sein des organisations. Leur rôle s'est considérablement complexifié avec l'adoption généralisée des méthodologies agiles, des pratiques DevOps et de la gestion de portefeuilles de projets, ainsi qu'avec l'exigence croissante d'alignement stratégique entre les investissements technologiques et les objectifs métiers.

4.8.6 Famille 35 : techniciens des technologies de l'information et des communications

La famille 35 (Information and communications technicians / Techniciens des technologies de l'information et des communications) regroupe les techniciens spécialisés dans l'installation, la maintenance et le support des équipements et réseaux informatiques²⁰³. Cette catégorie, correspondant au niveau de compétence 3 d'ISCO-08, implique généralement une formation de niveau secondaire supérieur ou post-secondaire non-tertiaire, équivalant aux niveaux 3 ou 4 d'ISCED-2011. Elle inclut les techniciens réseaux, les techniciens support utilisateur et les techniciens maintenance qui assurent la maintenance opérationnelle quotidienne des infrastructures informatiques, diagnostiquent les pannes et garantissent la continuité de service.

Bien que ces profils soient positionnés à un niveau de qualification inférieur aux ingénieurs des familles 251 et 252, ils demeurent indispensables au bon fonctionnement opérationnel des organisations et à la disponibilité effective des services numériques. Leur rôle est particulièrement critique dans les contextes d'exploitation continue et de gestion des incidents en temps réel, où la réactivité et la capacité de diagnostic sont déterminantes.

4.8.7 Répartition des familles professionnelles par pays et spécialisations nationales

199 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Directive (UE) 2022/2555, articles 21-23 et 32-34.

200 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2022/2554, articles 6-16 et 24-27.

201 Organisation internationale du Travail, International Standard Classification of Occupations: ISCO-08, vol. 1, 97-99.

202 Ibid., 85-86.

203 Ibid., 223-227.

Le poids relatif de ces familles professionnelles varie selon les États membres analysés, reflétant les spécialisations économiques nationales et les priorités stratégiques de chaque écosystème numérique. En France, la famille 251 (software/data) domine la structure de la demande, suivie de la famille 252 (infrastructures/cybersécurité), reflétant l'équilibre entre les besoins massifs de développement applicatif et les enjeux croissants de sécurisation des systèmes, particulièrement dans les secteurs financier, pharmaceutique, de la défense et de l'administration publique.

En Allemagne, la prédominance de la famille 251 est renforcée par les besoins spécifiques de l'Industrie 4.0, stratégie nationale de transformation numérique du secteur manufacturier. Cette stratégie nécessite l'intégration massive de compétences avancées en développement logiciel embarqué, analyse de données industrielles, intelligence artificielle appliquée à la production et automatisation intelligente. Simultanément, la famille 252 connaît une tension particulièrement forte en raison de la criticité des infrastructures industrielles et des exigences élevées en matière de cybersécurité des systèmes de contrôle-commande (SCADA, ICS).

L'Italie présente une structure similaire à celle de la France, avec une montée en puissance progressive des métiers cyber et data. Cette évolution est cohérente avec la dynamique nationale de rattrapage numérique, portée notamment par le Plan national de relance et de résilience (PNRR) et les investissements substantiels dans la transformation numérique de l'administration publique et des petites et moyennes entreprises manufacturières. La Belgique se distingue par un poids presque équivalent des familles 251 et 252, reflétant les besoins combinés et diversifiés des secteurs financier, pharmaceutique et institutionnel européen, Bruxelles abritant de nombreuses institutions internationales et sièges européens de multinationales.

Le Luxembourg présente la particularité unique, parmi les cinq pays analysés, d'une dominance de la famille 252 (infrastructures/cybersécurité/cloud) sur la famille 251 (software/data). Cette configuration exceptionnelle résulte directement du positionnement stratégique du Luxembourg comme hub européen de services financiers, de centres de données et de prestataires de services cloud. Cette spécialisation génère des besoins massifs en professionnels capables de gérer des

infrastructures hautement sécurisées, d'assurer la conformité réglementaire stricte (DORA, NIS2, RGPD) et de maîtriser la gestion sophistiquée des risques TIC du secteur financier luxembourgeois.

4.8.8 Architecture des compétences numériques dans le référentiel ESCO

La nomenclature européenne des compétences, certifications, professions et formations (ESCO) constitue le cadre de référence pour l'analyse granulaire du contenu professionnel des métiers du numérique dans l'Union européenne²⁰⁴. Cette nomenclature opère une distinction méthodologique fondamentale entre compétences essentielles et compétences optionnelles. Les compétences essentielles définissent le socle indispensable à l'exercice de la profession, transférable entre contextes organisationnels et sectoriels. Les compétences optionnelles correspondent aux connaissances spécifiques liées à des technologies particulières, à des environnements industriels déterminés ou à des secteurs d'activité spécialisés.

Cette architecture binaire permet d'orienter avec précision les politiques de formation initiale et continue, en établissant un tronc commun de compétences transversales tout en préservant des espaces de spécialisation adaptés aux dynamiques sectorielles et technologiques. ESCO fournit une classification multilingue disponible en 28 langues, permettant aux demandeurs d'emploi et aux employeurs de mieux communiquer sur les compétences et les occupations à travers les frontières nationales et linguistiques²⁰⁵.

4.8.9 Socle commun de compétences transversales

Les huit métiers prioritaires identifiés dans le présent rapport partagent un ensemble de compétences transversales structurantes. Ces compétences communes comprennent la maîtrise avancée des environnements numériques et des outils collaboratifs, la capacité de travail en équipes pluridisciplinaires, l'aptitude à l'apprentissage continu face à l'obsolescence rapide des technologies, la compréhension des enjeux organisationnels et des logiques métiers, ainsi que la capacité de communication avec des interlocuteurs non techniques.

Ces compétences transversales constituent le socle d'employabilité et de mobilité professionnelle

²⁰⁴ Commission européenne, ESCO Handbook, 15-22.

²⁰⁵ Ibid., 11-13.

au sein du secteur des TIC. Elles permettent aux professionnels de s'adapter aux évolutions technologiques, de collaborer efficacement au sein de projets complexes et de contribuer à l'alignement entre stratégies numériques et objectifs organisationnels.

4.8.10 Spécialisation fonctionnelle et positionnement dans la chaîne de valeur numérique

Au-delà de ce socle commun, chaque métier occupe une position spécifique dans la chaîne de valeur numérique et mobilise des compétences techniques distinctes. Le développeur logiciel constitue le cœur opérationnel de la création de valeur numérique, en concevant, programmant et maintenant les applications qui automatisent les processus organisationnels et délivrent les services aux utilisateurs finaux. L'ingénieur DevOps et cloud assure la fiabilité, la disponibilité et la performance des infrastructures, en automatisant les processus de déploiement continu et en garantissant la continuité de service.

Le data scientist transforme les données brutes en modèles prédictifs et en insights actionnables pour la prise de décision stratégique, mobilisant des compétences avancées en statistiques, en apprentissage automatique et en visualisation de données. Le data engineer conçoit et maintient les architectures techniques permettant de collecter, stocker et traiter les données à grande échelle, en construisant les pipelines de données, les lacs de données et les systèmes distribués qui constituent l'infrastructure analytique des organisations.

L'expert en cybersécurité protège les systèmes d'information contre les menaces internes et externes, définit les politiques de sécurité et assure la conformité aux cadres réglementaires, notamment le règlement général sur la protection des données (RGPD) et la directive sur la sécurité des réseaux et des systèmes d'information (NIS2). L'architecte cloud conçoit l'architecture globale des infrastructures et des applications, en arbitrant entre performance, coûts, sécurité et évolutivité, et en définissant les standards techniques et les principes d'ingénierie.

Le chef de projet IT coordonne les équipes

pluridisciplinaires, pilote les déploiements technologiques et assure l'interface entre les directions métiers et les équipes techniques, en traduisant les besoins organisationnels en spécifications techniques et en garantissant le respect des délais, des budgets et des niveaux de qualité. Enfin, le technicien réseau garantit la maintenance opérationnelle quotidienne des infrastructures de communication, la résolution des incidents de premier niveau et le support aux utilisateurs, assurant ainsi la continuité opérationnelle des systèmes d'information.

4.9 Articulation avec le cadre européen des certifications (EQF)

La correspondance entre qualifications nationales et niveaux européens s'opère via le Cadre Européen des Certifications (European Qualifications Framework - EQF), dispositif institué en 2008 et révisé en 2017²⁰⁶. Ce cadre établit une échelle de huit niveaux de référence, définis non par la durée des études mais par les acquis d'apprentissage (learning outcomes), c'est-à-dire les connaissances, aptitudes et compétences acquises et démontrables à l'issue d'un processus d'apprentissage formel, non formel ou informel. Le mécanisme de référencement national permet à chaque État membre d'établir une correspondance transparente et vérifiable entre ses propres systèmes de qualification et les huit niveaux EQF, facilitant ainsi la reconnaissance mutuelle des diplômes, la mobilité professionnelle transfrontalière et la lisibilité des parcours de formation pour les employeurs européens.

4.9.1 Niveau EQF 5 : techniciens spécialisés

Le niveau EQF 5, correspondant à des formations professionnelles de niveau bac+2 ou équivalent (Brevets de Technicien Supérieur, Diplômes Universitaires de Technologie), constitue le seuil minimal pour les techniciens spécialisés²⁰⁷. Ces profils, classés dans la famille ISCO-08 niveau 35 (techniciens de niveau intermédiaire), doivent posséder des compétences pratiques avancées

²⁰⁶ Conseil de l'Union européenne, Recommandation du Conseil du 22 mai 2017 relative au cadre européen des certifications pour l'apprentissage tout au long de la vie et abrogeant la recommandation du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2008 établissant le cadre européen des certifications pour l'apprentissage tout au long de la vie, Journal officiel de l'Union européenne, série C, n° 189 (15 juin 2017) : 15-28, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32017H0615\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32017H0615(01)). (Consulté le 17 janvier 2026).

²⁰⁷ CEDEFOP (Centre européen pour le développement de la formation professionnelle), The European Qualifications Framework: Supporting Learning, Work and Cross-border Mobility, Briefing note (Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2018), 32-35, https://www.cedefop.europa.eu/files/9115_en.pdf. (Consulté le 17 janvier 2026).

en configuration, maintenance et dépannage des infrastructures, sans nécessairement disposer d'une formation universitaire longue. Le niveau EQF 5 implique des connaissances factuelles et théoriques spécialisées dans un domaine de travail ou d'étude, une gamme étendue de compétences cognitives et pratiques, et la capacité d'exercer la gestion et la supervision dans des contextes de travail ou d'étude où les changements sont imprévisibles.

4.9.2 Niveaux EQF 6 et 7 : profils stratégiques et d'expertise

Les niveaux EQF 6 et 7, correspondant respectivement à la licence (bachelor) et au master ou aux diplômes d'ingénieur, constituent le standard de qualification pour la majorité des profils stratégiques du secteur des TIC. Ces niveaux sont attendus pour les développeurs logiciels, les ingénieurs DevOps, les data engineers, les architectes cloud et les chefs de projet IT. Le niveau EQF 6 implique des connaissances avancées dans un domaine de travail ou d'étude, une compréhension critique des théories et principes, des compétences avancées démontrant la maîtrise et l'innovation, et la capacité de gérer des activités ou projets techniques ou professionnels complexes.

Le niveau EQF 7 requiert des connaissances hautement spécialisées, dont certaines sont à l'avant-garde de la connaissance dans un domaine, des compétences spécialisées en résolution de problèmes requises pour la recherche ou l'innovation, et la capacité de gérer et transformer des contextes de travail ou d'étude complexes et imprévisibles.

4.9.3 Niveau EQF 8 : profils scientifiques et de recherche avancée

Les niveaux EQF 7 et 8, correspondant au master spécialisé et au doctorat, sont attendus pour les métiers les plus scientifiques et les plus pointus. Le data scientist, dont l'activité repose sur des compétences avancées en statistiques, en mathématiques appliquées et en apprentissage automatique, requiert généralement un niveau EQF 7 minimum. Le niveau EQF 8, correspondant au doctorat, est particulièrement valorisé pour les fonctions de recherche en cybersécurité, en intelligence artificielle ou en sciences des données. Ce niveau implique des connaissances à la frontière la plus avancée d'un domaine de travail ou d'étude et à l'interface entre domaines, les compétences et techniques les plus avancées et spécialisées,

et la capacité de démontrer une autorité, une innovation, une autonomie et un engagement substantiels dans le développement de nouvelles idées ou processus.

Cette gradation des niveaux de qualification reflète la complexité et la diversité des métiers TIC, qui nécessitent simultanément des profils opérationnels rapidement employables (niveaux EQF 5-6) et des profils d'expertise de très haut niveau capables de faire face aux défis technologiques les plus avancés et de contribuer à l'innovation scientifique et technique (niveaux EQF 7-8).

4.10 Implications opérationnelles pour les politiques de formation et de compétences

L'analyse par familles professionnelles ISCO-08 et l'articulation avec les référentiels ESCO et EQF permettent d'identifier des implications concrètes et actionnables pour l'orientation des politiques publiques de formation et de développement des compétences numériques. Ces implications doivent s'articuler avec les cadres européens de reconnaissance des qualifications, notamment le cadre européen des certifications (CEC) et le système européen de crédit d'apprentissage pour l'enseignement et la formation professionnels (ECVET), afin de garantir la transférabilité et la reconnaissance mutuelle des compétences au sein de l'Union européenne.

4.10.1 Orientations stratégiques pour la famille 251 (Software/Data)

Pour la famille 251 (Software/Data), la demande du marché exige des compétences combinant la maîtrise de langages de programmation multiples et évolutifs (Python, Java, JavaScript, Go, Rust, entre autres), une compréhension approfondie des architectures cloud-native et microservices, et des capacités avancées en intelligence artificielle et apprentissage automatique. Les formations doivent s'orienter vers des approches modulaires et interdisciplinaires, intégrant dès l'origine les principes de sécurité applicative (secure by design, DevSecOps), de performance, de scalabilité et d'écoconception numérique (green coding).

Les parcours universitaires de niveau master (niveau 7 du cadre européen des certifications) et les formations professionnelles continues doivent favoriser la polyvalence technique, la

maîtrise des méthodologies agiles et DevOps, et la capacité d'adaptation permanente aux évolutions technologiques rapides. Les certifications professionnelles reconnues internationalement (AWS Certified Solutions Architect, Microsoft Azure certifications, Google Cloud certifications, certifications Kubernetes) jouent un rôle complémentaire important, bien qu'elles ne puissent se substituer aux diplômes formels pour l'accès aux postes de niveau expert.

4.10.2 Orientations stratégiques pour la famille 252 (Réseaux/Systèmes/Cyber)

Pour la famille 252 (Réseaux/Systèmes/Cyber), les besoins professionnels sont principalement tirés par l'impératif de sécurisation renforcée imposé par les nouvelles réglementations européennes et par la généralisation des architectures cloud hybrides et multi-cloud. Les certifications professionnelles reconnues internationalement constituent des compléments essentiels et parfois obligatoires aux formations académiques. Parmi les certifications les plus valorisées figurent CISSP (Certified Information Systems Security Professional), CISM (Certified Information Security Manager), CEH (Certified Ethical Hacker), OSCP (Offensive Security Certified Professional), ainsi que les certifications constructeurs spécialisées en sécurité cloud (AWS Security, Azure Security Engineer, Google Cloud Security).

La mise à jour continue des compétences face aux évolutions normatives et techniques constitue un enjeu central pour ces professions. Les professionnels doivent maîtriser les référentiels de sécurité majeurs, constamment actualisés : directive NIS2 et ses déclinaisons nationales spécifiques, norme ISO/IEC 27001 sur les systèmes de management de la sécurité de l'information, cadre NIST Cybersecurity Framework dans ses versions successives, cadre MITRE ATT&CK pour la compréhension des tactiques et techniques adverses. La formation continue doit également couvrir en profondeur les évolutions réglementaires sectorielles, notamment le règlement DORA pour le secteur financier, qui impose des exigences particulièrement strictes en matière de tests de résilience opérationnelle et de gestion des risques liés aux prestataires tiers²⁰⁸.

4.10.3 Orientations stratégiques pour les familles 133 (ICT service managers) et 35 (ICT technicians)

Pour les familles 133 (ICT service managers) et 35 (ICT technicians), ces fonctions de coordination stratégique et de support opérationnel restent absolument indispensables à l'efficacité organisationnelle et à la performance des organisations numériques. Pour la famille 133, l'accent doit être mis sur la maîtrise approfondie des méthodologies de gestion de projets agiles (Scrum, SAFe, Kanban), des pratiques DevOps, de la gestion de portefeuilles de projets (PPM) et de la gouvernance des systèmes d'information (frameworks COBIT, ITIL). Les formations de niveau master spécialisées en management des systèmes d'information et les MBA avec orientation technologique jouent un rôle central dans la préparation à ces fonctions de haut niveau.

Pour la famille 35, les formations techniques de niveau licence professionnelle, BTS (Brevet de Technicien Supérieur) ou certificats professionnels spécialisés doivent privilégier la pratique opérationnelle intensive, l'acquisition de compétences pluridisciplinaires couvrant réseaux, systèmes, sécurité et support utilisateur, et le développement de capacités d'autonomie et de résolution de problèmes en situation réelle. Les dispositifs d'alternance et d'apprentissage constituent des modalités particulièrement adaptées pour ces profils, permettant une insertion professionnelle rapide, efficace et une adéquation directe entre compétences acquises et besoins opérationnels des employeurs.

Conclusion

Cette analyse granulaire révèle que les compétences recherchées sur le marché européen des TIC ne se limitent pas à la simple maîtrise d'outils technologiques, mais reposent sur une capacité systémique à comprendre, concevoir, sécuriser et faire évoluer des environnements technologiques complexes et évolutifs. La convergence européenne autour d'un socle commun de métiers prioritaires, articulée avec les référentiels ESCO, ISCO-08 et EQF, offre un cadre solide pour concevoir des politiques de formation harmonisées et faciliter la mobilité professionnelle au sein de l'Union européenne.

L'alignement des systèmes de formation européens sur ces niveaux de référence facilite la transparence des qualifications, la mobilité professionnelle et l'adéquation entre offre de formation et besoins du marché du travail numérique européen. Toutefois, cette convergence ne doit pas masquer les spécialisations nationales, qui reflètent les

208 Parlement européen et Conseil de l'Union européenne, Règlement (UE) 2022/2554, articles 24-27.

structures économiques, les priorités stratégiques et les héritages institutionnels propres à chaque État membre. La confrontation de ces besoins professionnels avec les réalités des écosystèmes nationaux de formation et d'emploi constitue

l'étape suivante de cette analyse, permettant d'identifier les leviers d'action les plus pertinents pour réduire les pénuries structurelles de compétences TIC en Europe.

► L'HORIZON NUMÉRIQUE EUROPÉEN : CONVERGENCE DES MÉTIERS ET COMPÉTENCES TIC

L'Europe connaît une convergence structurelle des métiers du numérique portée par la transformation digitale et un cadre réglementaire strict (RGPD, NIS2, DORA). Pour pallier la pénurie de talents, l'UE s'appuie sur des référentiels communs permettant de standardiser les compétences et les qualifications entre les États membres.

LES 4 FAMILLES DE MÉTIERS PRIORITAIRES



LES EXPERTS DE HAUT NIVEAU

Regroupe les développeurs, data scientists et experts en cybersécurité (Niveaux EQF 6 à 8).



LE PILOTAGE STRATÉGIQUE

Gestionnaires de services TIC assurant l'interface vitale entre technique et objectifs métiers.



LE SUPPORT OPÉRATIONNEL

Techniciens indispensables à la maintenance quotidienne et à la continuité de service (Niveau EQF 5).



CADRES DE QUALIFICATION ET RÉGULATIONS



LE CADRE EUROPÉEN DES CERTIFICATIONS (EQF)

Une échelle de 1 à 8 basée sur les acquis d'apprentissage pour favoriser la mobilité.

Niveau EQF

Diplôme/ Qualification

Métiers Type

Niveau 5

Bac +2
(8TS/DUT)

Techniciens réseaux, Support utilisateur

Niveau 6-7

Licence / Master /
Ingénieur

Développeurs,
Architectes Cloud,
Chefs de projet IT

Niveau 8

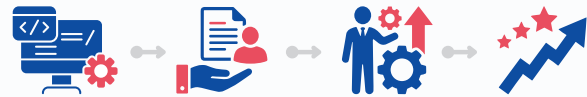
Doctorat

Chercheurs en IA,
Experts en cryptographie



L'IMPACT DES DIRECTIVES NIS2 ET DORA

Nouvelles obligations strictes renforçant la demande en experts Cyber et résilience opérationnelle.



LE SOCLE COMMUN TRANSVERSAL

Au-delà de la technique, l'agilité et l'apprentissage continu sont les piliers de l'employabilité.



Chapitre 5 : L'écosystème des compétences numériques en Tunisie

DIAGNOSTIC DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE

L'analyse de l'écosystème des compétences numériques en Tunisie nécessite une approche systémique qui articule trois dimensions structurantes : le poids macroéconomique du secteur, la dynamique du marché du travail et l'architecture de l'offre de formation. Cette perspective globale permet d'identifier les capacités productives actuelles, d'évaluer l'adéquation entre les profils formés et les besoins exprimés par les entreprises, et de caractériser les tensions qui traversent le système. L'objectif est de produire un diagnostic factuel et rigoureux, fondé sur les données institutionnelles les plus récentes, afin d'éclairer les orientations stratégiques en matière de développement des compétences. Ce chapitre mobilise les statistiques de la comptabilité nationale, les données du Registre National des Entreprises, les enquêtes emploi de l'Institut National de la Statistique ainsi que les bases du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique. L'analyse s'inscrit dans les cadres conceptuels développés par les institutions européennes (CEDEFOP, Eurostat, ENISA) et les organismes internationaux (OCDE, Banque mondiale) pour garantir la comparabilité internationale des résultats.

5.1 Contexte macroéconomique et structurel

5.1.1 Positionnement économique du secteur numérique tunisien

Le secteur des technologies de l'information et de la communication constitue un pilier en consolidation de l'économie tunisienne, dont il convient d'évaluer la contribution effective à la création de richesse nationale. Cette section analyse la place du secteur TIC dans l'appareil productif à travers trois dimensions complémentaires : sa contribution au produit intérieur brut, son effort d'investissement et son ancrage dans les échanges internationaux. L'analyse s'appuie sur les données de la comptabilité nationale, les statistiques du commerce extérieur et les rapports d'organismes internationaux. L'objectif est de caractériser avec précision le poids économique du secteur, d'en identifier les dynamiques structurelles et d'en

évaluer le degré d'intégration dans les chaînes de valeur mondiales.

5.1.2 Contribution à la richesse nationale : clarification méthodologique

La contribution du secteur TIC à l'économie tunisienne fait l'objet d'estimations divergentes selon le périmètre retenu et les sources mobilisées. Les analyses institutionnelles produites par l'Agence de Promotion de l'Investissement Extérieur ou le Service des délégués commerciaux du Canada situent cette contribution autour de 11 % du PIB²⁰⁹. Cette évaluation élargie intègre les télécommunications, les services informatiques, l'externalisation des processus métiers et l'ensemble des activités numériques transversales. Elle reflète une vision extensive de l'écosystème numérique, incluant des segments d'activité dont le rattachement au secteur TIC stricto sensu peut être discuté. À l'inverse, les données de la comptabilité nationale, élaborées par l'Institut National de la Statistique selon les nomenclatures internationales, adoptent un périmètre plus restreint et une méthodologie normalisée qui garantit la comparabilité temporelle et internationale des indicateurs.

Selon l'Institut National de la Statistique, la valeur ajoutée du secteur TIC a connu une progression nominale soutenue, passant de 2,7 milliards de dinars en 2017 à 4,5 milliards en 2024. Cette croissance absolue, qui représente une augmentation de 63 % sur la période, témoigne de la vitalité du secteur et de sa capacité à générer de la richesse. Toutefois, sa contribution relative au PIB est demeurée stable, oscillant autour de 3 % entre 2017 et 2024. Cette stabilité indique que le secteur numérique croît au même rythme que l'ensemble de l'économie nationale, sans constituer encore un moteur d'accélération de la croissance. Le tableau suivant synthétise l'évolution de ces indicateurs sur la période récente et permet d'objectiver la contribution effective du secteur à la richesse nationale.

209 Agence de Promotion de l'Investissement Extérieur (FIPA-Tunisia), Digital Sector in Tunisia, FIPA-Tunisia, s.d., <https://investino.tunisia.tn/en/digital/> (consulté le 16 novembre 2025).

► **Tableau 5.1 : Contribution du secteur TIC au PIB (2017-2024)**

Indicateur	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Valeur ajoutée secteur TIC (M TND)	2 743,7	3 038,4	3 402,1	3 513,3	3 727,4	3 898,6	4 220,4	4 477,7
Produit Intérieur Brut (PIB) M TND)	97 425,4	104 654,9	114 684	112 237,8	125 056,7	135 512,2	139 935,7	152 021,1
Contribution secteur au PIB (%)	2,8	2,9	3,0	3,1	3,0	2,9	3,0	2,9

Source : Institut National de la Statistique.

5.1.3 Dynamique d’investissement et modernisation des infrastructures

La formation brute de capital fixe constitue un indicateur structurel de la capacité d’un secteur à renouveler son appareil productif et à moderniser ses infrastructures. Dans le cas du secteur TIC tunisien, l’investissement s’est maintenu à un niveau élevé et remarquablement stable sur la période 2017-2024, avec un flux annuel proche du milliard de dinars. Ce volume d’investissement représente de manière constante entre 4 % et 4,6 % de l’investissement global du pays, témoignant de la résilience du secteur face aux tensions macroéconomiques. L’analyse de la série temporelle révèle une légère contraction de la part relative de l’investissement TIC dans le total national, passant de 4,3 % en 2017 à 4,0 % en 2024. Cette évolution suggère que d’autres secteurs ont pu bénéficier d’un effort d’investissement relativement plus soutenu, sans pour autant remettre en cause la dynamique propre du secteur numérique.

La stabilité de l’investissement dans un contexte économique parfois tendu indique une confiance durable des acteurs économiques dans les perspectives du secteur. Elle traduit également la poursuite des efforts de modernisation des infrastructures de télécommunications, de déploiement des réseaux à haut débit et de mise à niveau des capacités de traitement et de stockage de données. Le tableau suivant détaille l’évolution de l’investissement sur la période et permet d’apprécier sa contribution à la formation de capital dans l’économie nationale.

En synthèse, le secteur numérique affiche une croissance nominale soutenue de sa valeur ajoutée et maintient un effort d’investissement constant. Toutefois, sa contribution relative à l’économie nationale demeure stable, dessinant le profil d’un secteur structurellement intégré mais dont le potentiel de transformation économique n’est pas encore pleinement réalisé. Cette configuration soulève la question de la montée en gamme du secteur et de sa capacité à évoluer vers des segments d’activité à plus forte valeur ajoutée.

5.1.4 Intégration dans les chaînes de valeur internationales

L’ancrage international du secteur TIC tunisien constitue un marqueur de sa maturité et de sa capacité à s’insérer dans les réseaux productifs mondiaux. Cette intégration se manifeste principalement à travers deux canaux : les exportations de biens et services numériques, et l’attraction d’investissements directs étrangers. Les exportations de services TIC, qui incluent le développement logiciel, le conseil et l’assistance technique, ont atteint 517 millions de dollars américains en 2024 selon les données de la Banque mondiale. Cette performance confirme une dynamique positive et témoigne de la reconnaissance internationale des compétences tunisiennes. Les statistiques nationales, qui agrègent biens et services selon la nomenclature des produits TIC, montrent que les exportations ont plus que doublé entre 2017 et 2023, passant de 960 millions à 2,15 milliards de dinars. Cette progression s’inscrit dans un mouvement général

► **Tableau 5.2 : Investissement dans le secteur TIC (en millions de TND)**

Indicateur	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Investissement secteur TIC	888,4	928,1	1 067,2	858,8	952,9	998,1	999,7	979,5
Invest. TIC / Invest. Globaux (%)	4,3	4,2	4,5	4,5	4,6	4,4	4,2	4,0

Source : Institut National de la Statistique.

de montée en puissance des exportations de services à forte intensité de connaissances.

Toutefois, la part des exportations TIC dans le total des exportations nationales demeure modeste, oscillant entre 1,8 % et 2,9 % selon les années. Cette contribution limitée reflète la prédominance d'autres secteurs exportateurs dans l'économie tunisienne, notamment les industries manufacturières traditionnelles et le tourisme. Par ailleurs, la balance commerciale du secteur reste marquée par une forte dépendance aux importations d'équipements matériels, qui ont également connu une croissance soutenue sur la période. Le tableau suivant synthétise les flux commerciaux et permet d'apprécier l'évolution de la position du secteur TIC dans les échanges extérieurs du pays.

dans les services en Tunisie. L'Union européenne est à l'origine de 77 % des emplois créés par ces investissements, ce qui se traduit par une présence significative de filiales françaises, allemandes ou italiennes dans l'écosystème tunisien.

Une analyse approfondie de la performance de ces filiales révèle cependant un paradoxe post-2019 : alors que l'emploi dans ces structures a continué de progresser, leurs revenus ont connu une diminution. Cette divergence entre la croissance de l'emploi et la contraction des revenus suggère une possible réorientation des activités vers des segments à plus faible valeur ajoutée. Elle soulève également des interrogations sur la capacité du secteur à évoluer vers des fonctions plus stratégiques et à plus forte intensité de connaissance. Cette configuration appelle une

► Tableau 5.3 : Balance commerciale des biens et services TIC (2017-2023)

Indicateur	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Importations TIC (M TND)	938,1	1 091,6	1 308,9	1 068,8	1 186,5	1 435,5	1 693,8	979,5
Part dans les Importations (%)	1,7	1,7	1,9	1,9	1,7	1,6	1,9	4,0
Exportations TIC (M TND)	960,4	960,7	1 041,4	818,4	1 072,1	1 573,8	2 150,2	
Part dans les Exportations (%)	2,3	1,9	1,8	1,8	2,0	2,9	2,7	

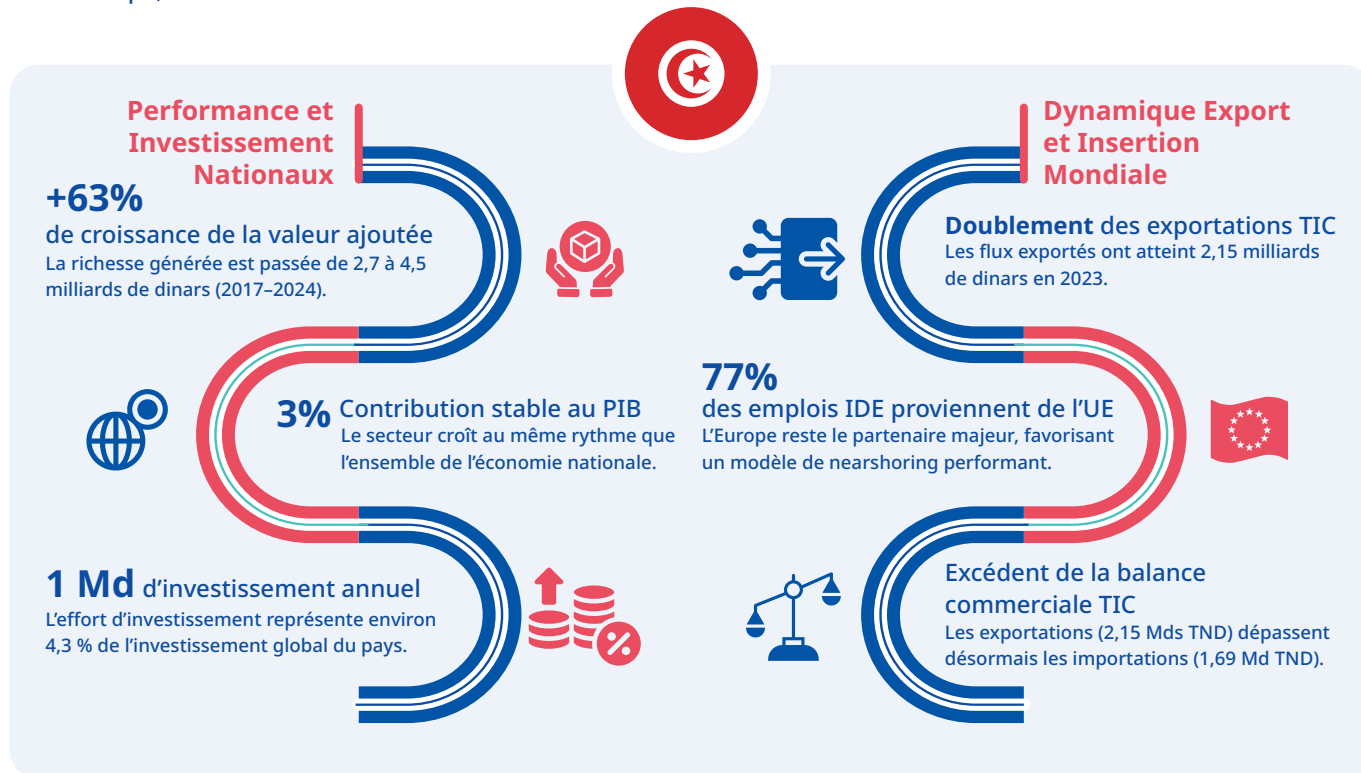
Source : INS (produits TIC), BCT (services TIC)

L'analyse géographique des exportations révèle une forte orientation vers les marchés européens, en particulier la France, l'Allemagne, la Belgique et le Luxembourg. Cette configuration s'inscrit dans un modèle de nearshoring fondé sur la proximité géographique, les compétences linguistiques de la main-d'œuvre tunisienne et la compétitivité relative des coûts de production. Cette spécialisation géographique présente des avantages en termes d'accès au marché et de visibilité internationale, mais elle induit également une sensibilité aux cycles économiques européens et aux évolutions du cadre réglementaire de l'Union européenne. L'attraction d'investissements directs étrangers constitue le second pilier de l'ancrage international du secteur. Selon une analyse de l'OCDE publiée en 2024, le secteur TIC figure parmi les principaux bénéficiaires d'IDE

analyse fine des positionnements sectoriels et des trajectoires de montée en gamme des entreprises implantées en Tunisie. La dynamique macroéconomique et l'ancrage international du secteur TIC reposent sur un tissu entrepreneurial et un marché du travail dont il convient maintenant d'analyser les caractéristiques spécifiques et les tensions structurelles.

► Le Secteur TIC en Tunisie : Performance et Rayonnement (2017–2024)

Le secteur des TIC est un pilier de l'économie tunisienne, affichant une croissance robuste en valeur absolue. Bien que sa part dans le PIB national reste stable, son intégration dans les chaînes de valeur mondiales, particulièrement vers l'Europe, s'intensifie.



5.2 Demande de compétences et structure du marché du travail

5.2.1 Anatomie du marché de l'emploi numérique

L'analyse de l'écosystème des compétences numériques nécessite une caractérisation précise de la structure du marché du travail et de la nature de la demande de compétences. Cette section vise à cartographier la composition de l'emploi numérique en Tunisie, à identifier les dynamiques de croissance et de contraction, et à évaluer les profils professionnels et les métiers en tension. L'objectif est de produire une vue d'ensemble factuelle de la demande de compétences, fondée sur les données du Registre National des Entreprises, les enquêtes emploi de l'Institut National de la Statistique et les analyses institutionnelles sectorielles. Cette approche permet d'identifier les segments porteurs, les

déséquilibres structurels et les besoins non satisfaits qui traversent le marché du travail numérique.

5.2.2 Dynamiques de l'emploi : quantification et tendances

L'emploi dans le secteur TIC a connu une progression soutenue entre 2018 et 2023, passant de 104 175 à près de 120 000 postes. Cette croissance a permis d'augmenter la part du secteur dans l'emploi national de 3,0 % à 3,4 %, confirmant son rôle de gisement d'opportunités professionnelles dans un contexte économique marqué par des tensions sur le marché du travail. L'analyse de la composition de cette croissance révèle cependant une forte asymétrie entre secteur privé et secteur public. La totalité de la progression nette de l'emploi est imputable au secteur privé, qui contraste fortement avec le déclin continu observé dans le secteur public. Cette divergence structurelle dessine les contours d'un marché dual, où la vitalité entrepreneuriale du

secteur privé compense la contraction de l'emploi public.

Le secteur privé a généré plus de 18 000 postes salariés supplémentaires sur la période, témoignant d'une dynamique économique robuste et d'une capacité d'absorption de la main-d'œuvre qualifiée. Cette croissance s'accompagne d'une consolidation de l'écosystème entrepreneurial, visible à travers la diminution du nombre de micro-entreprises individuelles. Cette évolution suggère un mouvement de structuration du tissu productif, où les micro-structures cèdent progressivement la place à des entreprises de taille plus importante, dotées d'une organisation formalisée. Parallèlement, le secteur public a perdu plus de 1 600 postes entre 2018 et 2023. Ce recul continu interroge la capacité des administrations et des établissements publics à attirer et retenir les compétences numériques dans un contexte de forte concurrence avec le secteur privé.

L'analyse de la série temporelle révèle également une contraction ponctuelle de l'emploi en 2020, attribuable aux effets de la crise sanitaire. Le secteur a cependant fait preuve de résilience, avec une reprise rapide dès 2021. Cette capacité d'adaptation témoigne de la robustesse de la demande pour les services numériques et de la flexibilité des modèles d'organisation du travail dans le secteur. En synthèse, la croissance de l'emploi dans le secteur TIC est une réalité, mais elle est entièrement portée par le secteur privé et s'accompagne d'une restructuration progressive de l'écosystème entrepreneurial.

5.2.3 Structure de l'écosystème entrepreneurial

L'écosystème entrepreneurial tunisien dans le domaine du numérique se caractérise par une dualité structurelle qu'il convient de distinguer pour une analyse rigoureuse. Le noyau dur

► Tableau 5.4 : Évolution de l'emploi dans le secteur TIC (2018–2023)

Catégorie	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Secteur Privé						
Salariés	75 601	83 615	81 960	89 110	92 110	93 728
Chefs d'entreprises (pers. physique)	10 797	11 095	11 141	11 178	10 363	10 013
Total Privé	86 398	94 710	93 101	100 288	102 473	103 741
Secteur Public						
Salariés	17 777	18 008	17 108	16 802	16 650	16 186
Total Emploi TIC	104 175	112 718	110 209	117 090	119 123	119 927
Contribution à l'emploi total (%)	3,0	3,2	3,2	3,4	3,4	3,4

Source : Institut National de la Statistique - Registre National des Entreprises (RNE)

technologique, composé de 1 800 à 2 200 entreprises spécialisées dans le développement logiciel, les services informatiques et l'ingénierie numérique, emploie environ 40 000 professionnels. Ce segment constitue le cœur productif du secteur et concentre les compétences techniques les plus avancées. L'écosystème élargi, qui intègre les activités de commerce d'équipements informatiques et d'externalisation des processus métiers, regroupe plus de 15 000 entités et porte le total des emplois à plus de 90 000. Cette distinction permet de réconcilier les estimations divergentes produites par différentes sources et d'analyser avec précision la dynamique du cœur productif du secteur.

Les pôles technologiques et cyberparcs, créés pour stimuler l'innovation et offrir un environnement favorable aux entreprises technologiques, traversent une phase de tension structurelle. Les données du

Ministère des technologies de la communication révèlent une tendance générale à la contraction du nombre d'entreprises et d'emplois entre 2019 et 2024, particulièrement marquée après 2021. Le pôle historique d'El Ghazala, fleuron de l'écosystème numérique tunisien, a connu un effondrement de l'emploi après 2021, perdant près de 1 000 postes en deux ans. Bien que l'année 2024 montre des signes de stabilisation, cette contraction brutale met en lumière la fragilité de ces écosystèmes face aux chocs économiques et aux évolutions du marché. Les pépinières d'entreprises, censées accompagner les jeunes structures dans leur phase de démarrage, connaissent également des difficultés, avec une diminution significative du nombre de structures hébergées et des emplois créés.

► Tableau 5.5 : Évolution des entreprises et de l'emploi dans les pôles technologiques (2019–2024)

Catégorie	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Entreprises Pôle El Ghazala	60	62	56	54	48	49
Emplois Pôle El Ghazala	2 405	2 387	2 676	1 700	1 677	1 710
Entreprises Pépinière El Ghazala	21	15	40	38	48	39
Emplois Pépinière El Ghazala	121	98	195	130	138	90
Entreprises Pôle Manouba	18	17	25	24	25	23
Emplois Pôle Manouba	187	160	214	230	237	199
Entreprises Pépinière Manouba	26	21	23	25	22	15
Emplois Pépinière Manouba	83	79	76	91	72	49
Entreprises Cyberparcs	169	176	151	131	149	158
Emplois Cyberparcs	666	629	581	449	488	561

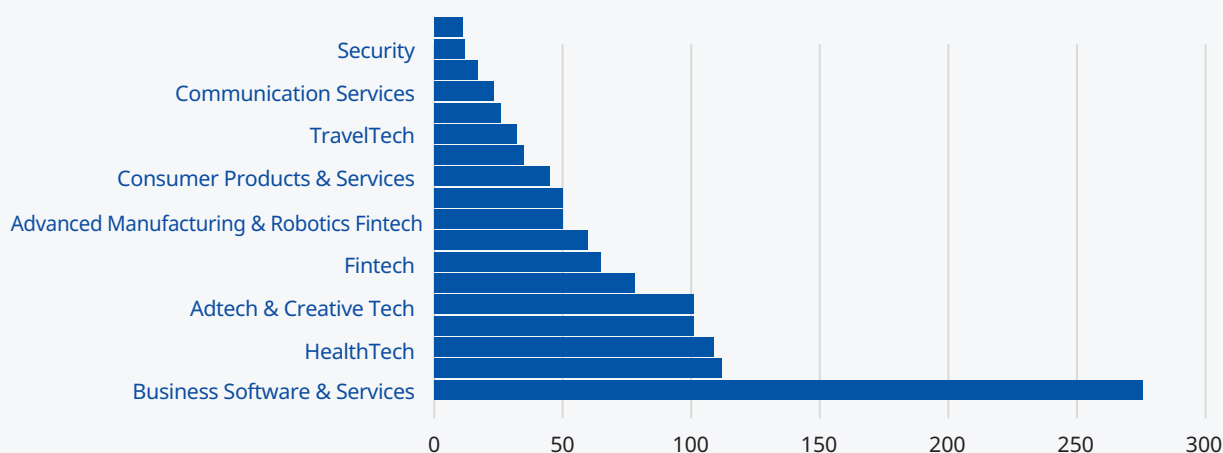
Source : Ministère des technologies de la communication, 2025

Le Startup Act, promulgué en 2018, a constitué un catalyseur important pour l'émergence d'un écosystème entrepreneurial dynamique. Ce dispositif législatif transversal, qui ne se limite pas au seul secteur TIC, a permis la labellisation de plus de 1 200 start-ups et offre un cadre incitatif en termes fiscaux, sociaux et d'accès au financement. L'analyse de la répartition sectorielle des start-ups labellisées révèle une forte concentration dans les solutions logicielles et les services aux entreprises, confirmant l'orientation B2B de l'écosystème tunisien. Les secteurs émergents comme l'EdTech, la HealthTech et l'AgriTech connaissent également une dynamique de croissance, témoignant de la capacité d'innovation de l'écosystème. Toutefois, la répartition par type de solution montre une domination écrasante des solutions immatérielles, qui représentent plus de 75 % du total, au

détriment des solutions physiques ou hybrides.

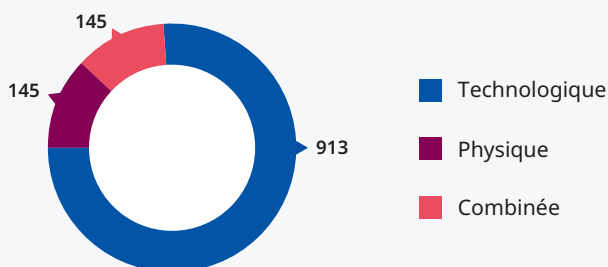
Si le Startup Act a indéniablement dynamisé l'écosystème entrepreneurial, il ne résout pas les freins structurels qui limitent la croissance des jeunes entreprises. La faible capitalisation des structures, les difficultés d'accès au financement de croissance et la concentration géographique de l'activité dans les régions côtières demeurent des obstacles majeurs. Ces contraintes appellent des réponses complémentaires en termes d'ingénierie financière, d'accompagnement stratégique et de politiques d'aménagement du territoire.

► Figure 5.1 Répartition sectorielle des start-ups labellisées (N=1 203)



Source: Startup Tunisia, 2024

► Figure 5.2 Répartition des start-ups par type de solution



Source: Startup Tunisia, 2024

5.2.4 Profil sociodémographique de la main-d'œuvre

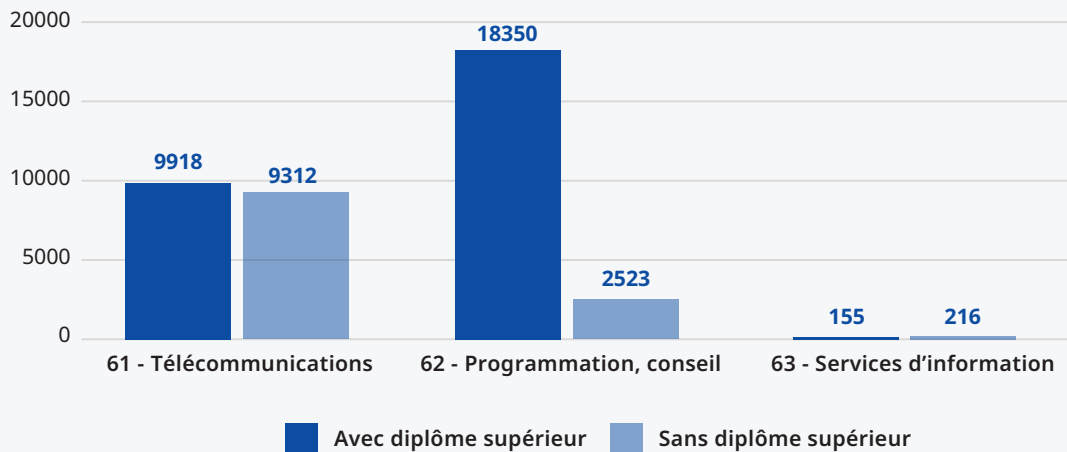
La main-d'œuvre du noyau TIC se distingue par un niveau de qualification exceptionnellement élevé, qui constitue un atout majeur de l'écosystème tunisien. Selon l'Enquête Nationale Population-Emploi réalisée au quatrième trimestre 2023, le segment de la programmation et du conseil informatique est presque exclusivement composé de diplômés de l'enseignement supérieur. Cette concentration de compétences avancées contraste avec le profil plus hétérogène du secteur des télécommunications, où coexistent des profils techniques de niveau intermédiaire et des profils hautement qualifiés. Cette structuration reflète la nature des activités déployées dans chaque segment : le développement logiciel et le conseil exigent une maîtrise de concepts abstraits et de méthodologies complexes, tandis que les télécommunications intègrent également des fonctions techniques et opérationnelles.

La parité de genre constitue une autre caractéristique notable du secteur, en particulier dans le segment du développement logiciel où

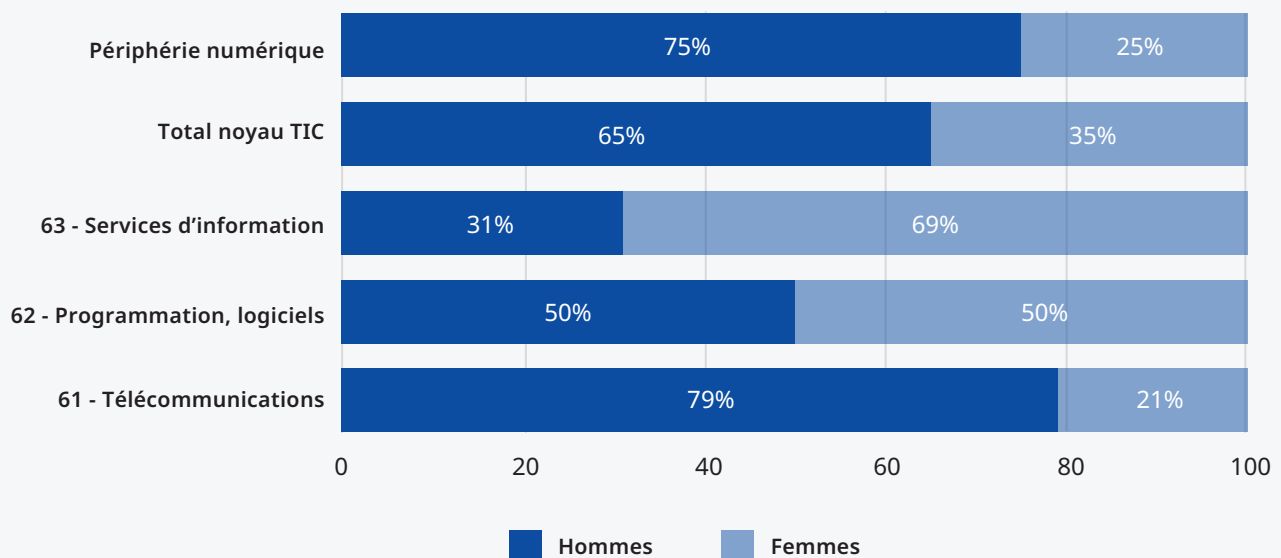
les femmes représentent environ la moitié des effectifs. Ce taux, bien supérieur aux moyennes observées dans les pays de l'OCDE, témoigne de l'accessibilité des formations techniques pour les femmes tunisiennes et de l'absence de barrières structurelles à leur intégration professionnelle dans le secteur. Ce résultat contraste fortement avec le profil majoritairement masculin du secteur des télécommunications, où les femmes ne représentent qu'une part minoritaire de la main-d'œuvre. Cette divergence reflète des différences dans les conditions de travail, les cultures organisationnelles et les représentations sociales associées à chaque segment d'activité. La parité observée dans le développement logiciel constitue un acquis qu'il convient de préserver et de consolider, notamment à travers les politiques de formation et les pratiques de recrutement des entreprises.

Les données montrent une quasi-totalité de diplômés du supérieur dans la programmation et le conseil informatique, contre un profil plus diversifié dans les télécommunications.

► Figure 5.3 Part des diplômés de l'enseignement supérieur dans le noyau TIC



Source: ENPE T4 2023

► **Figure 5.4 Part des femmes dans les activités TIC**

Source: ENPE T4 2023

Les données révèlent une parité dans le développement logiciel, contre une présence minoritaire dans les télécommunications.

La demande de compétences demeure structurellement forte et s'oriente vers des profils de plus en plus spécialisés. Une analyse de la Banque mondiale datant de 2018 recensait déjà 12 384 postes vacants pour des ingénieurs TIC et 6 261 pour des techniciens, témoignant d'un déséquilibre persistant entre offre et demande de compétences. Les données actuelles confirment cette tension, avec une concentration particulière

de la demande sur les métiers liés à la science des données, au développement logiciel et aux infrastructures cloud. Ces profils, qui combinent une expertise technique approfondie et une capacité d'adaptation rapide aux évolutions technologiques, sont au cœur des stratégies de transformation numérique des entreprises. Le tableau suivant synthétise l'intensité de la demande, le niveau de pénurie et les perspectives de croissance pour les huit métiers les plus critiques sur le marché tunisien.

► Tableau 5.6 : Classement des métiers TIC prioritaires en Tunisie

Métier	Volume d'offres (rang / indice)	Pénurie (rang / %)	Croissance 5 ans (rang / %)
Développeur logiciel / web	1 / 100	2 / 48%	2 / +33%
Ingénieur DevOps / Cloud	2 / 82	3 / 44%	1 / +40%
Data scientist / Analyste IA	3 / 70	1 / 52%	3 / +35%
Expert cybersécurité	4 / 60	4 / 38%	4 / +31%
Architecte Cloud / systèmes	5 / 55	5 / 36%	5 / +28%
Data engineer / Big Data	6 / 52	6 / 32%	6 / +27%
Chef de projet IT	7 / 50	7 / 24%	7 / +18%
Technicien réseaux	8 / 47	8 / 20%	8 / +12%

Source : L'indice de volume d'offres est indexé à 100 pour le métier le plus demandé

Cette forte demande pour des compétences spécialisées, couplée à des taux de pénurie élevés et à des perspectives de croissance soutenues, soulève la question de la capacité du système éducatif et de formation professionnelle à répondre de manière adéquate et réactive à ces besoins. L'analyse de l'offre de formation, qui

constitue l'objet de la partie suivante, permettra d'évaluer l'adéquation entre les profils formés et les besoins exprimés par le marché du travail.

► L'Anatomie du Marché de l'Emploi Numérique en Tunisie (2018-2024)

Dynamiques de Croissance et Écosystème

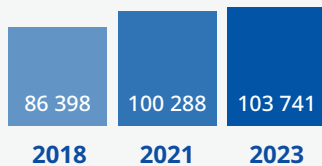


120 000 emplois TIC en 2023

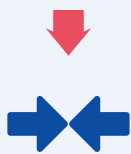
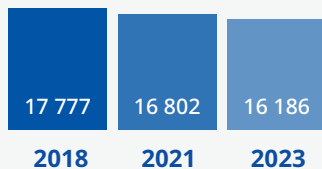
Le secteur est passé de 3,0% à 3,4% de l'emploi national total.

Évolution de l'emploi (2018-2023)

Secteur Privé (Total)



Secteur Public (Salariés)



Dualité Public-Privé marquée

La croissance est **100% privée**, compensant un déclin continu du secteur public.

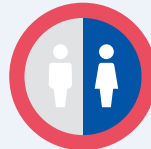


Un écosystème de Start-ups B2B

Plus de **1200 start-ups labellisées**, orientées à 75% vers des solutions immatérielles.

Profils et Métiers sous Tension

Parité et Qualification Exceptionnelles



50% de femmes en développement logiciel



Quasi **100% de diplômés** du supérieur

Concentration de la demande spécialisée

► **Data Scientist/ Analyste IA**



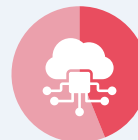
52% de pénurie
+35% de croissance à 5 ans

► **Développeur logiciel / Web**

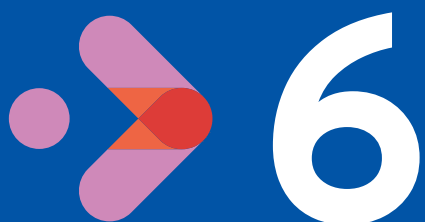


48% de pénurie
+33% de croissance à 5 ans

► **Ingénieur DevOps / Cloud**



44% de pénurie
+40% de croissance à 5 ans



Chapitre 6 : Offre de formation et production de compétences



Le système tunisien de formation aux compétences numériques repose sur une architecture institutionnelle complexe qui articule trois piliers complémentaires : l'enseignement supérieur public, l'enseignement supérieur privé et la formation professionnelle. Cette configuration tripartite reflète une stratégie de diversification de l'offre, visant à couvrir l'ensemble du spectre des qualifications, des techniciens aux docteurs en recherche avancée. Le secteur public assure la formation de masse et la production de recherche fondamentale, à travers un réseau dense d'universités, d'écoles d'ingénieurs et d'instituts supérieurs des études technologiques répartis sur l'ensemble du territoire national. Le secteur privé, en forte expansion depuis deux décennies, se positionne sur des créneaux de formation professionnalisante et déploie une offre réactive aux évolutions du marché. La formation professionnelle, pilotée par l'Agence Tunisienne de la Formation Professionnelle, forme les techniciens et spécialistes dont l'économie a besoin pour l'installation, la maintenance et le support des infrastructures numériques.

L'analyse de la capacité productive de ce système nécessite une évaluation quantitative et qualitative de chaque composante, afin d'identifier les forces, les limites et les complémentarités. Les données mobilisées proviennent du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique pour le secteur académique, et de l'Agence Tunisienne de la Formation Professionnelle pour le volet professionnel. L'objectif est de cartographier l'offre de formation dans ses différentes dimensions : volume de diplômés, répartition disciplinaire, concentration institutionnelle et distribution territoriale. Cette cartographie permettra d'évaluer la capacité globale du système à produire les profils requis par le marché et à répondre aux tensions identifiées dans la section précédente. Elle constituera également le fondement d'une analyse comparative entre secteur public et secteur privé, afin d'en identifier les positionnements stratégiques respectifs.

6.1 Enseignement supérieur public : pilier de la formation

Le secteur public d'enseignement supérieur demeure le principal fournisseur de diplômés

dans le domaine des technologies de l'information et de la communication en Tunisie. Ce rôle central s'explique par l'ampleur de son infrastructure, la diversité de son offre de formation et sa présence territoriale étendue. Les universités publiques, les écoles nationales d'ingénieurs et le réseau des Instituts Supérieurs des Études Technologiques forment chaque année plusieurs milliers de professionnels à travers un large éventail de spécialisations. Cette production massive de compétences s'étend du premier cycle universitaire jusqu'aux formations doctorales de recherche, couvrant ainsi l'ensemble des niveaux de qualification. L'analyse qui suit décline cette offre par niveau de formation, en identifiant pour chacun les volumes de diplômés, les domaines de spécialisation dominants, la répartition institutionnelle et la distribution géographique.

6.1.1 Formations de premier cycle (Licence)

L'offre de licences nationales en TIC se caractérise par une forte concentration sur les domaines de l'informatique et du génie logiciel, qui représentent environ 7 200 diplômés entre 2020 et 2024. Cette dominance reflète la demande structurelle du marché pour ces profils polyvalents, capables d'intervenir sur l'ensemble du cycle de développement logiciel. Le second bloc majeur est celui des réseaux et télécommunications, avec 3 000 diplômés sur la même période, répondant aux besoins d'ingénierie des infrastructures de communication. Les domaines émergents comme le multimédia, le web et l'Internet des objets contribuent de manière plus modeste mais croissante à la production globale de diplômés. La répartition institutionnelle de cette offre révèle une dualité structurante : les universités classiques assurent la majorité de la formation académique avec environ 7 000 diplômés, tandis que le réseau des Instituts Supérieurs des Études Technologiques se concentre sur les profils professionnalisants avec environ 3 500 diplômés, particulièrement recherchés par les entreprises pour leur opérationnalité immédiate.

► Tableau 6.1 : Licences nationales — Répartition par domaine

Catégorie principale	Sous-domaines / Spécialités dominantes	Nombre de parcours (≈)	Diplômés totaux (2020–2024)
Informatique et génie logiciel	Informatique, ingénierie logicielle, SI, data	≈ 55	≈ 7 200
Réseaux, télécoms et sécurité	Réseaux, ingénierie des réseaux, sécurité, télécoms	≈ 35	≈ 3 000
Multimédia et web	Multimédia, Web, technologies interactives	≈ 20	≈ 1 800
Systèmes embarqués / IoT	Mobiles, IoT (RIOT)	≈ 15	≈ 1 100
Informatique industrielle / électronique	Informatique industrielle, électronique	≈ 8	≈ 500
TIC transversales	TIC	≈ 10	≈ 600

Source : MESRS, 2025

► Tableau 6.2 : Licences nationales — Répartition institutionnelle

Type d'établissement	Part estimée	Diplômés estimés (2020–2024)	Profil dominant
Universités classiques	~60 %	~7 000	Académique de haut niveau
ISET (réseau)	~35 %	~3 500	Professionnalisant : réseaux, sécurité, dev
Université virtuelle	~1 %	~60	À distance, croissance lente
Écoles spécialisées	~4 %	~400	IoT, électronique, télécoms

Source : MESRS, 2025

L’analyse de la répartition géographique révèle une concentration marquée de l’offre de formation dans les régions côtières, en particulier le Grand Tunis et le Centre-Est. Cette polarisation territoriale traduit l’héritage historique du développement universitaire tunisien et la concentration des infrastructures éducatives dans les bassins d’emploi les plus dynamiques. Le Grand Tunis, qui regroupe les universités d’El Manar, de Manouba et de Carthage ainsi qu’un réseau dense d’ISET, concentre la part la plus importante de la formation en licences. Le Centre-Est, avec les pôles de Sousse, Monastir et Sfax, constitue le second bassin de formation, bénéficiant d’un tissu économique

numérique développé. Les régions intérieures et du Sud disposent d’une offre plus limitée, centrée sur des formations en informatique appliquée et réseaux, mais cette offre reste insuffisante pour répondre aux besoins locaux et limiter les flux migratoires vers les régions côtières.

► Tableau 6.3 : Licences nationales — Répartition régionale

Région	Universités / ISETs principaux	Domaines dominants
Grand Tunis	El Manar, Manouba, Borj Cédria, Rades	Informatique, multimédia, IoT, sécurité
Nord / Nord-Ouest	Bizerte, Jendouba, Béja	Informatique, génie logiciel, réseaux
Centre-Est	Sousse, Monastir, Sfax, Mahdia	Génie logiciel, IoT, télécoms
Centre-Ouest	Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid	Informatique appliquée, réseaux
Sud	Gabès, Médenine, Gafsa, Tozeur	Sécurité, multimédia, télécoms

Source : MESRS, 2025

Cette concentration géographique pose la question de l'équité territoriale dans l'accès à la formation supérieure et de sa contribution aux dynamiques de développement régional. Les régions intérieures, qui connaissent des taux de chômage plus élevés et un tissu économique moins diversifié, ne disposent pas d'une offre de formation suffisante pour créer des écosystèmes numériques locaux. Cette configuration renforce les déséquilibres territoriaux et alimente les migrations internes vers les régions côtières, privant les zones intérieures de leurs compétences. Elle appelle une réflexion stratégique sur le maillage territorial de l'offre de formation et sur les conditions d'émergence d'écosystèmes numériques dans les régions en développement.

6.1.2 Formations de deuxième cycle

Le niveau master constitue un échelon stratégique dans le système de formation, articulant deux trajectoires distinctes : les masters de recherche, orientés vers la production de connaissances nouvelles et la préparation aux études doctorales, et les masters professionnels, conçus pour répondre directement aux besoins du marché du travail. Cette dualité reflète la double mission de l'enseignement supérieur : contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques et former des professionnels hautement qualifiés pour le secteur productif. L'analyse de ces deux segments permet d'évaluer la capacité du

système à produire à la fois des chercheurs et des praticiens de haut niveau, et d'identifier les domaines de spécialisation privilégiés à ce niveau de qualification.

6.1.2.1 Masters de recherche

L'offre de masters de recherche se caractérise par une spécialisation disciplinaire marquée, reflétant les orientations des laboratoires de recherche et les expertises des équipes académiques. Les sciences informatiques et le génie logiciel dominent largement, avec environ 1 200 diplômés entre 2020 et 2024, confirmant la centralité de ces disciplines dans l'écosystème académique tunisien. Les domaines émergents de l'intelligence artificielle, du Big Data et des systèmes intelligents connaissent une croissance rapide, avec environ 550 diplômés sur la période, témoignant de la capacité du système à s'adapter aux évolutions technologiques. Les télécommunications et réseaux, domaine traditionnel de la recherche tunisienne, maintiennent une production soutenue avec environ 350 diplômés. Les secteurs plus spécialisés comme le multimédia, la robotique et les systèmes cyber-physiques contribuent de manière plus modeste mais stratégique à la diversification de l'offre.

▶ Tableau 6.4 : Masters de recherche — Regroupement par domaine

Domaine principal	Sous-domaines / spécialités	Nombre de parcours (≈)	Diplômés (2020–2024)
Sciences informatiques et génie logiciel	Informatique, génie logiciel, SI, modélisation, IA	≈ 45	≈ 1 200
IA, Big Data et systèmes intelligents	Data science, IA, systèmes intelligents, IoT, web intelligent	≈ 25	≈ 550
Télécommunications et réseaux	Systèmes de communication, réseaux, embarqué	≈ 15	≈ 350
Multimédia, robotique et cyber-physique	Multimédia, robotique, cybersystèmes, IHM	≈ 10	≈ 250
SI et ingénierie des organisations	Décisionnel, ingénierie d'entreprise	≈ 10	≈ 150

Source : MESRS, 2025

La répartition institutionnelle de la production de diplômés en masters de recherche révèle une forte concentration sur quelques pôles universitaires majeurs. L'université de Sfax s'impose comme le premier producteur national avec environ 350 diplômés sur la période, capitalisant sur un écosystème académique structuré autour de l'École Nationale d'Ingénieurs de Sfax et de l'École Nationale d'Électronique et des Télécommunications. L'université de Tunis El Manar occupe la deuxième position avec environ 330 diplômés, portée par des institutions d'excellence comme l'École Nationale d'Ingénieurs

de Tunis et l'Institut Supérieur d'Informatique. Ces deux pôles concentrent près de 30 % de la production nationale, bénéficiant d'une masse critique de chercheurs, de laboratoires reconnus et d'infrastructures de recherche consolidées. Les universités de Carthage, Sousse et Manouba complètent ce dispositif avec des contributions significatives dans des domaines spécialisés comme la robotique, l'Internet des objets et le web intelligent.

▶ Tableau 6.5 : Masters de recherche — Répartition institutionnelle

Université	Institutions principales	Domaines dominants	Diplômés estimés
Tunis El Manar	ENIT, ISI, FST	Télécoms, informatique, IoT	~330
Tunis	ENSIT, ISG	Systèmes d'information	~60
Manouba	ENSI, ISAMM, ESEN	Informatique, IA, web intelligent	~180
Carthage	Sup'Com, INSAT, ISITCom Maâther	Robotique, IoT, systèmes intelligents	~190
Sousse	ENISo, ISITCom	IA, données, embarqué	~170
Monastir	FST, ISIM	IA, raisonnement automatique	~70
Kairouan / Jendouba / Gafsa	ISI Kairouan, FST Gafsa	Informatique, systèmes portables	~80
Sfax	ENIS, ENET'Com, ISIM, FSEG	Informatique, data, santé numérique	~350
Gabès / Médenine	ISIM Gabès, FST Gabès	Multimédia, télécoms	~60

Source : MESRS, 2025

Cette concentration institutionnelle traduit les effets d'agglomération propres à la recherche académique : les pôles établis attirent les meilleurs étudiants, les financements de recherche et les partenariats internationaux, renforçant ainsi leur position dominante. Elle pose également la question de la capacité des universités régionales à développer des programmes de recherche compétitifs et à contribuer à la diversification géographique de la production de connaissances. Les universités du Centre-Ouest et du Sud, bien que présentes dans l'offre de masters de recherche, demeurent en retrait en termes de volumes et de visibilité scientifique. Cette asymétrie appelle des politiques volontaristes de soutien aux pôles émergents, à travers le renforcement des équipes académiques, la création de laboratoires et l'encouragement des collaborations inter-universitaires.

6.1.2.2 Masters professionnels

Les masters professionnels se distinguent par leur orientation explicite vers les besoins du marché du travail et leur capacité à produire des profils opérationnels immédiatement

employables. L'analyse de la répartition disciplinaire révèle une forte adéquation avec les métiers en tension identifiés précédemment. Le développement logiciel et l'ingénierie informatique dominant largement avec environ 1 800 diplômés entre 2020 et 2024, répondant à la demande structurelle des entreprises pour ces compétences. La cybersécurité, domaine stratégique et en forte croissance, représente environ 850 diplômés, témoignant de la prise de conscience de l'importance de la sécurisation des systèmes d'information. La science des données et l'intelligence artificielle appliquée, secteurs émergents à forte valeur ajoutée, contribuent pour environ 600 diplômés, confirmant la capacité du système à intégrer les nouvelles technologies dans son offre de formation.

► Tableau 6.6 : Masters professionnels — Regroupement par domaine

Domaine principal	Sous-domaines / spécialités	Nombre de parcours (≈)	Diplômés (2020–2024)
Informatique et génie logiciel	Développement logiciel, open source, SI	≈ 45	≈ 1 800
Cybersécurité et sécurité des systèmes	Sécurité, audit IT, cybersécurité industrielle	≈ 25	≈ 850
Data science et IA appliquée	Big data, IA, systèmes intelligents	≈ 20	≈ 600
Télécoms, réseaux et IoT	Réseaux, télécoms, IoT, cloud	≈ 25	≈ 750
Multimédia, design numérique et UX	Multimédia, UX/UI	≈ 10	≈ 250
Systèmes d'information et innovation	SI, innovation, transformation digitale	≈ 10	≈ 300

Source : MESRS, 2025

La répartition institutionnelle des masters professionnels présente une configuration plus diffuse que celle des masters de recherche, reflétant une volonté de répondre aux besoins locaux des entreprises et de favoriser l'insertion professionnelle des diplômés dans différents bassins d'emploi. Les universités de Tunis El Manar et de Sfax demeurent les principaux producteurs avec environ 400 diplômés chacune, capitalisant sur leurs liens établis avec les entreprises et leur réputation académique. L'université de Carthage, qui regroupe des institutions spécialisées comme Sup'Com et l'INSAT, contribue significativement avec environ 300 diplômés, particulièrement dans les domaines des télécommunications et de la cybersécurité. Le réseau des Instituts Supérieurs des Études Technologiques, traditionnellement orienté vers les formations de premier cycle, s'est progressivement positionné sur le segment des masters professionnels avec environ 350 diplômés, renforçant ainsi son offre de formation continue.

L'émergence de l'Université Virtuelle de Tunisie comme acteur significatif dans la formation professionnelle de niveau master mérite d'être soulignée. Avec environ 300 diplômés, cette institution démontre la pertinence des modalités de formation à distance pour répondre aux besoins de professionnels en activité souhaitant se spécialiser ou se reconvertir. Cette offre permet également d'atteindre des publics éloignés géographiquement des grands centres universitaires, contribuant ainsi à une certaine démocratisation de l'accès à la formation de haut niveau. L'alignement entre l'offre de

masters professionnels et les besoins du marché apparaît globalement satisfaisant, avec une couverture des principaux domaines en tension. Toutefois, la réactivité du système aux évolutions technologiques rapides demeure un défi, nécessitant des mécanismes de révision régulière des contenus pédagogiques et une veille active sur les compétences émergentes.

6.1.2.3 Formation d'ingénieurs

La formation d'ingénieurs constitue le fleuron du système public tunisien d'enseignement supérieur, représentant l'excellence académique et la réponse la plus qualifiée aux besoins du marché. Les écoles nationales d'ingénieurs, créées progressivement depuis l'indépendance, forment des profils polyvalents capables de concevoir, développer et piloter des projets complexes dans l'ensemble des domaines des technologies de l'information. L'analyse de la production de diplômés d'ingénieurs révèle une dominance écrasante du génie logiciel et de l'informatique, qui représentent environ 3 200 diplômés entre 2020 et 2024. Cette concentration reflète la demande structurelle du marché pour ces profils hautement qualifiés, capables de maîtriser l'ensemble du cycle de vie des logiciels et de s'adapter rapidement aux évolutions technologiques. Les télécommunications et réseaux constituent le second domaine majeur avec environ 1 600 diplômés, confirmant l'importance stratégique de ces spécialités dans l'économie numérique.

► Tableau 6.7 : Masters professionnels — Répartition institutionnelle

Université / Institution	Domaines dominants	Diplômés estimés (2020–2024)
Tunis El Manar	Sécurité, open source, télécoms	≈ 400
Tunis	Data & SI	≈ 70
Manouba	IA, big data, multimédia	≈ 200
Carthage	Télécoms, cybersécurité, IoT	≈ 300
Sousse	IoT, web, sécurité	≈ 230
Monastir	Data, SI	≈ 250
Kairouan	Informatique, réseaux, IoT	≈ 80
Jendouba	Multimédia, génie logiciel	≈ 120
Sfax	Data, cybersécurité, innovation	≈ 400
Gabès	Ingénierie logicielle, sécurité	≈ 150
Gafsa	Sécurité, IoT, embarqué	≈ 100
Université Virtuelle	IA, robotique, open source, cloud	≈ 300
ISSET (réseau national)	Cloud, mobile, sécurité	≈ 350

Source : MESRS, 2025

► Tableau 6.8 : Diplôme national d'ingénieur — Regroupement par spécialité

Catégorie principale	Sous-domaines / Spécialités	Nombre de parcours (≈)	Diplômés estimés (2020–2024)
Informatique et génie logiciel	Informatique, génie logiciel, SI, informatique industrielle	≈ 18	≈ 3 200
Télécommunications et réseaux	Télécoms, réseaux, communication, embarqué	≈ 14	≈ 1 600
Informatique industrielle et automatique	Systèmes automatisés, électronique appliquée	≈ 8	≈ 800
Multimédia et web	Multimédia, web	≈ 5	≈ 450
Systèmes décisionnels / data	Big data, systèmes décisionnels	≈ 3	≈ 300

Source : MESRS, 2025

La répartition institutionnelle de la formation d'ingénieurs révèle une concentration marquée sur trois grands pôles universitaires qui rassemblent plus de la moitié de la production nationale. L'université de Carthage occupe la première position avec environ 1 100 diplômés sur la période, portée par des institutions d'excellence comme l'École Supérieure des Communications de Tunis et l'Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie. L'université de Sfax suit avec environ 1 000 diplômés, capitalisant sur la réputation de l'École Nationale d'Ingénieurs de Sfax et de l'École Nationale d'Électronique et des

Télécommunications. L'université de Tunis El Manar complète ce trio avec environ 950 diplômés, grâce à l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis et l'École Nationale des Sciences de l'Informatique. Ces trois pôles bénéficient d'un rayonnement national et international, d'infrastructures de formation et de recherche consolidées, et de liens étroits avec le secteur productif. Les universités de Manouba et Sousse contribuent également de manière significative, avec respectivement 800 et 600 diplômés, renforçant l'offre de formation dans les régions du Grand Tunis et du Sahel.

► **Tableau 6.9 : Diplôme national d'ingénieur — Répartition institutionnelle**

Université	Domaines dominants	Diplômés estimés (2020–2024)
Tunis El Manar	Informatique, génie logiciel, IoT, télécoms	≈ 950
Manouba	Informatique, multimédia, big data	≈ 800
Carthage	Télécoms, infotronique, réseaux, génie logiciel	≈ 1 100
Sousse	Informatique appliquée, télécoms mobiles	≈ 600
Sfax	Informatique industrielle, réseaux, multimédia	≈ 1 000
Gabès	Télécoms et réseaux, embarqué	≈ 200

Source : MESRS, 2025

L'analyse de la distribution géographique confirme la forte polarisation de l'offre de formation d'ingénieurs sur les régions côtières. Le Grand Tunis concentre les écoles les plus prestigieuses et les flux d'étudiants les plus importants, bénéficiant de la proximité des entreprises, des centres de recherche et des infrastructures culturelles et scientifiques. Le Sahel et le Centre-Sud constituent les pôles secondaires, avec une offre substantielle

mais moins diversifiée. Les régions intérieures et du Sud disposent d'une présence limitée à travers l'École Nationale d'Ingénieurs de Gabès, qui forme environ 200 ingénieurs sur la période. Cette asymétrie territoriale renforce les dynamiques migratoires et limite les possibilités d'émergence d'écosystèmes numériques dans les zones en développement.

► **Tableau 6.10 : Diplôme national d'ingénieur — Répartition régionale**

Région	Écoles d'ingénieurs principales	Domaines dominants
Grand Tunis	ENIT, ENSI, INSAT, Sup'Com	Informatique, télécoms, IoT
Sahel (Sousse–Monastir–Mahdia)	ENISo, ISITCom	Informatique appliquée, mobiles
Centre-Sud (Sfax, Gabès)	ENIS, ENET'Com, ENIG	Génie logiciel, télécoms, électronique

Source : MESRS, 2025

Le positionnement des écoles d'excellence dans le paysage national et leur capacité à attirer les meilleurs étudiants constituent un atout majeur pour le système tunisien de formation. Ces institutions bénéficient d'une sélectivité élevée à l'entrée, d'équipes pédagogiques qualifiées et d'un accès privilégié aux ressources de recherche et aux partenariats internationaux. Leur réputation favorise l'employabilité de leurs diplômés, qui accèdent rapidement aux positions les plus qualifiées du marché national et sont également recherchés par les employeurs internationaux. Cette excellence doit cependant être mise en perspective avec les enjeux d'équité territoriale et de démocratisation de l'accès aux formations d'ingénieurs, qui demeurent fortement concentrées géographiquement et socialement.

6.1.3 Formation doctorale

La formation doctorale représente le sommet de la pyramide académique et constitue le vivier de

renouvellement du corps enseignant-chercheur et des cadres de recherche et développement dans les entreprises technologiques avancées. L'analyse de la production de docteurs en sciences et technologies de l'information révèle une concentration disciplinaire sur l'informatique et l'ingénierie des systèmes d'information, qui représentent environ 418 diplômés entre 2020 et 2024. Les télécommunications et systèmes de communication contribuent pour environ 51 diplômés, tandis que les systèmes d'information et de gestion représentent environ 101 diplômés. Cette répartition reflète les orientations historiques de la recherche tunisienne et les domaines dans lesquels les équipes académiques ont développé des expertises reconnues. La relative modestie des volumes produits témoigne de la sélectivité de ce niveau de formation et de la durée importante nécessaire pour mener à bien un travail doctoral.

► Tableau 6.11 : Doctorat — Regroupement par domaine

Domaine principal	Spécialités dominantes	Diplômés estimés (2020–2024)
Télécommunications et systèmes	Télécoms, systèmes de communication, TIC	≈ 51
Informatique / Sciences de l'information	Informatique, ingénierie des SI, technologies logicielles	≈ 418
Systèmes d'information & gestion	Systèmes d'information et de gestion, ingénierie des systèmes	≈ 101

Source : MESRS, 2025

La concentration institutionnelle de la production doctorale est encore plus marquée que pour les autres niveaux de formation. L'université de Sfax s'impose comme le pôle doctoral dominant avec 184 diplômés entre 2020 et 2024, soit près d'un tiers de la production nationale. Cette position reflète la puissance de son écosystème de recherche, structuré autour de laboratoires reconnus et d'équipes productives en termes de publications scientifiques. L'université de Tunis El Manar occupe la deuxième position avec 128 diplômés, capitalisant sur la tradition de recherche

de ses écoles d'ingénieurs et instituts. L'université de Sousse complète ce trio de tête avec 107 diplômés, confirmant son émergence comme pôle de recherche significatif. Ces trois universités concentrent près de 75 % de la production doctorale nationale, illustrant les effets d'agglomération de la recherche académique et la difficulté pour les pôles périphériques de développer des capacités de recherche compétitives.

► Tableau 6.12 : Doctorat — Répartition institutionnelle

Université	Domaine TIC dominant	Diplômés (2020–2024)
Tunis El Manar	Télécommunications, informatique	≈ 128
Manouba	Informatique, multimédia	≈ 52
Carthage	Systèmes d'information et gestion	≈ 13
Sousse	Informatique appliquée	≈ 107
Monastir	Informatique	≈ 1
Sfax	TIC, ingénierie des SI	≈ 184

Source : MESRS, 2025

Cette concentration soulève des interrogations sur la stratégie nationale de recherche et sur les mécanismes de répartition des moyens. Les pôles établis bénéficient d’un effet de réputation qui leur permet d’attirer les meilleurs étudiants et les financements compétitifs, renforçant ainsi leur position dominante. Les universités régionales, malgré leurs efforts, peinent à atteindre la masse critique nécessaire pour développer des écoles doctorales visibles. Cette asymétrie appelle une politique volontariste de soutien aux pôles émergents, à travers le renforcement des équipes, la création d’infrastructures de recherche et l’encouragement des collaborations nationales et internationales. L’analyse des pôles de recherche stratégiques révèle également des spécialisations disciplinaires qui structurent le paysage de la recherche tunisienne. Sfax s’est affirmé dans l’ingénierie des systèmes d’information et les applications de santé numérique, Tunis El Manar dans les télécommunications et l’informatique fondamentale, et Sousse dans l’informatique appliquée et les systèmes intelligents. Ces spécialisations constituent des atouts pour le rayonnement scientifique du pays, mais elles nécessitent d’être consolidées et diversifiées pour couvrir l’ensemble des domaines stratégiques de la recherche en TIC.

6.1.4 Synthèse du secteur public : forces et limites

Le secteur public d’enseignement supérieur constitue le pilier central du système tunisien de formation aux compétences numériques, assurant

la production massive de diplômés à tous les niveaux de qualification. Ses forces sont multiples et structurantes pour l’écosystème national. Il dispose d’une infrastructure étendue, répartie sur l’ensemble du territoire national, permettant une certaine démocratisation de l’accès à la formation supérieure. La qualité académique de ses institutions d’excellence, reconnue nationalement et internationalement, constitue un atout majeur pour l’attractivité des diplômés sur le marché du travail. La diversité de l’offre de formation, couvrant l’ensemble du spectre des spécialisations TIC et tous les niveaux de qualification, permet de répondre à des besoins variés. La capacité de recherche développée dans certains pôles universitaires contribue à l’avancement des connaissances et au rayonnement scientifique du pays. Enfin, le coût d’accès modéré à la formation publique favorise l’équité sociale et limite les barrières financières à l’éducation.

Toutefois, le secteur public fait face à des limites significatives qui affectent sa capacité à répondre pleinement aux besoins d’un marché en rapide évolution. La concentration géographique de l’offre de formation de qualité sur les régions côtières renforce les déséquilibres territoriaux et limite les opportunités pour les jeunes des régions intérieures. La rigidité des structures académiques et la lourdeur des procédures administratives ralentissent l’adaptation des contenus pédagogiques aux évolutions technologiques rapides. L’insuffisance des investissements dans les infrastructures et équipements, en particulier dans les universités régionales, limite la qualité de

la formation pratique. La difficulté à attirer et retenir les enseignants-chercheurs les plus qualifiés, en raison de rémunérations non compétitives avec le secteur privé, fragilise certaines formations. Enfin, la faiblesse des liens entre formation et entreprise dans certaines filières limite l'adéquation entre les profils formés et les besoins réels du marché. Ces limites appellent des réformes structurelles visant à renforcer l'agilité du système, à améliorer l'équité territoriale de l'offre et à consolider les mécanismes de dialogue entre monde académique et secteur productif.

6.2 Enseignement supérieur privé : agilité et spécialisation

Le secteur privé d'enseignement supérieur s'est développé progressivement depuis la fin des années 1990, en réponse à une demande croissante de formation et dans un contexte de libéralisation contrôlée de l'offre éducative. Ce secteur joue désormais un rôle significatif dans la production de compétences numériques, se positionnant comme un acteur complémentaire et réactif face au secteur public. Son offre se caractérise par une forte orientation vers les formations professionnalisantes, un alignement rapide sur les besoins du marché et une capacité à intégrer les certifications internationales dans les cursus. L'analyse

qui suit examine la contribution quantitative du secteur privé à la formation de diplômés en TIC, en identifiant ses domaines de spécialisation et son positionnement stratégique dans l'écosystème national.

6.2.1 Licences nationales privées

L'offre de licences nationales proposée par le secteur privé se concentre massivement sur les sciences informatiques et le génie logiciel, qui représentent environ 1 100 diplômés pour l'année 2023/2024. Cette spécialisation reflète une stratégie délibérée de positionnement sur le segment le plus porteur du marché, où la demande est structurellement forte et les perspectives d'emploi favorables. Les réseaux, télécommunications et systèmes embarqués constituent le second domaine de formation avec environ 150 diplômés, tandis que les domaines émergents de l'intelligence artificielle et de la data science commencent à occuper une place significative avec environ 90 diplômés. L'informatique de gestion et les systèmes d'information, orientés vers les besoins des entreprises, représentent environ 70 diplômés. Cette répartition témoigne d'une stratégie de spécialisation sectorielle assumée, privilégiant les formations à forte employabilité et délaissant les domaines plus académiques ou moins directement valorisables sur le marché du travail.

► Tableau 6.13 : Licences nationales privées — Répartition par domaine (2023/2024)

Domaine principal	Spécialités dominantes	Diplômés 2023/2024
Sciences informatiques et génie logiciel	Informatique, développement logiciel, systèmes d'information, ingénierie informatique	≈ 1 100
Réseaux, télécommunications et systèmes embarqués	Réseaux et télécoms, IoT, systèmes embarqués	≈ 150
Intelligence artificielle et data science	IA, big data, data analytics	≈ 90
Informatique de gestion et systèmes d'information	Informatique de gestion, e-business, décisionnel	≈ 70
Multimédia, web et sécurité informatique	Multimédia, cybersécurité, web et interfaces	≈ 40

Source : MESRS, 2025

L'analyse de cette spécialisation révèle une logique économique claire : le secteur privé privilégie les formations dont le retour sur investissement est le plus favorable, en termes de remplissage des formations, de coûts d'exploitation et d'attractivité pour les étudiants. Les sciences informatiques et le génie logiciel nécessitent des infrastructures relativement légères, reposent sur des équipements informatiques standards et bénéficient d'une demande soutenue d'étudiants attirés par les perspectives d'emploi. À l'inverse, les formations nécessitant des équipements spécialisés coûteux ou s'adressant à des marchés de niche sont moins développées dans le secteur privé. Cette stratégie de concentration permet d'optimiser les ressources et de garantir la viabilité économique des établissements, mais elle limite la diversité de l'offre et transfère au secteur public la responsabilité de former dans les domaines moins rentables mais stratégiquement importants.

6.2.2 Masters professionnels privés

L'offre de masters professionnels dans le secteur privé prolonge la logique de spécialisation observée au niveau licence, avec une orientation encore plus marquée vers les compétences directement valorisables sur le marché du travail. L'informatique et l'ingénierie logicielle dominent avec environ 350 diplômés pour l'année 2023/2024, confirmant le positionnement stratégique du secteur sur ce segment. Les réseaux, télécommunications et cybersécurité représentent environ 180 diplômés, répondant à la demande croissante pour ces profils spécialisés. La

data science et l'intelligence artificielle, domaines émergents à forte valeur ajoutée, contribuent pour environ 130 diplômés, témoignant de la réactivité du secteur privé aux évolutions technologiques. L'informatique de gestion et la transformation numérique, orientées vers l'accompagnement des entreprises dans leur digitalisation, représentent environ 90 diplômés. Cette répartition confirme la capacité du secteur privé à identifier rapidement les segments porteurs et à y déployer une offre adaptée.

L'orientation vers les compétences émergentes constitue un trait distinctif de l'offre privée de masters professionnels. Les établissements privés intègrent rapidement dans leurs cursus les technologies et méthodologies les plus récentes, bénéficiant d'une agilité organisationnelle que le secteur public peine parfois à atteindre. Cette réactivité se manifeste notamment dans le déploiement de formations en cloud computing, en DevOps, en intelligence artificielle appliquée ou en cybersécurité avancée, domaines dans lesquels l'évolution des standards et des outils est particulièrement rapide. Les partenariats avec des éditeurs de logiciels et des fournisseurs de technologies permettent également d'intégrer des certifications professionnelles reconnues internationalement, renforçant l'employabilité des diplômés. Cette capacité d'adaptation constitue un avantage compétitif majeur du secteur privé dans un marché du travail où l'obsolescence des compétences s'accélère.

► Tableau 6.14 : Masters professionnels privés — Répartition par domaine (2023/2024)

Domaine principal	Spécialités dominantes	Diplômés 2023/2024
Informatique et ingénierie logicielle	Génie logiciel, développement avancé, systèmes d'information	≈ 350
Réseaux, télécommunications et cybersécurité	Réseaux, IoT, cloud computing, cybersécurité	≈ 180
Data science et intelligence artificielle	Big data, IA appliquée, apprentissage automatique	≈ 130
Informatique de gestion et transformation numérique	Informatique de gestion, systèmes décisionnels, e-business	≈ 90
Multimédia, UX et web	Web design, multimédia, interface utilisateur	≈ 40

Source : MESRS, 2025

6.2.3 Diplômes d'ingénieur privés

La formation d'ingénieurs dans le secteur privé présente une concentration sectorielle encore plus marquée que dans les autres niveaux de formation. Le génie informatique et logiciel représente environ 1 950 diplômés pour l'année 2023/2024, soit près de 75 % de la production totale du secteur privé à ce niveau. Cette concentration massive traduit une stratégie de spécialisation assumée, visant à répondre au segment le plus important de la demande du marché. Les réseaux et télécommunications contribuent pour environ 350 diplômés, tandis que les domaines de l'intelligence artificielle, de la data et de la cybersécurité représentent environ 150 diplômés. L'informatique industrielle et les systèmes embarqués, qui nécessitent des investissements plus lourds en équipements, ne représentent qu'environ 100 diplômés, confirmant la logique d'optimisation économique qui guide le développement de l'offre privée.

L'analyse de cette concentration à 75 % sur le génie logiciel appelle plusieurs observations. D'une

part, elle témoigne de la rationalité économique des établissements privés, qui concentrent leurs ressources sur le segment où la demande est la plus forte et la plus stable. D'autre part, elle soulève la question de la diversité de l'offre de formation et du risque de surproduction dans certains domaines. Cette concentration peut conduire à une saturation progressive du marché pour les profils généralistes en génie logiciel, tandis que d'autres spécialités demeurent sous-dotées. Elle interroge également la capacité du système dans son ensemble à former les profils diversifiés nécessaires à un écosystème numérique équilibré, incluant des spécialistes en électronique, en systèmes embarqués, en robotique ou en infotronique. Ces domaines, moins développés dans le secteur privé en raison de leurs coûts d'investissement élevés, demeurent largement sous la responsabilité du secteur public.

► Tableau 6.15 : Masters professionnels privés — Répartition par domaine (2023/2024)

Domaine principal	Spécialités dominantes	Diplômés 2023/2024
Génie informatique et logiciel	Informatique, ingénierie logicielle, systèmes d'information	≈ 1 950
Réseaux et télécommunications	Télécoms, réseaux, systèmes embarqués, IoT	≈ 350
IA, Data & cybersécurité	Big Data, IA, sécurité, cloud	≈ 150
Informatique industrielle & embarquée	Informatique industrielle, électronique, automatique	≈ 100

Source : MESRS, 2025

6.2.4 Positionnement stratégique du secteur privé

Le secteur privé d'enseignement supérieur occupe une position stratégique dans l'écosystème tunisien de formation aux compétences numériques, caractérisée par une complémentarité assumée avec le secteur public. Cette complémentarité se manifeste à plusieurs niveaux. Le secteur privé absorbe une partie de la demande sociale de formation que le secteur public ne peut satisfaire en raison de contraintes capacitaires, contribuant ainsi à l'élargissement de l'accès à l'enseignement supérieur. Il se positionne sur des segments de formation professionnalisante à forte employabilité, répondant aux besoins immédiats du marché du travail. Il déploie une agilité organisationnelle et pédagogique qui lui permet d'intégrer rapidement les évolutions technologiques et les nouvelles compétences recherchées par les entreprises. Il développe des partenariats étroits avec le secteur productif, facilitant l'insertion professionnelle de ses diplômés et renforçant l'adéquation formation-emploi.

La réactivité et l'innovation pédagogique constituent des traits distinctifs du secteur privé. Les établissements privés adoptent fréquemment des méthodes pédagogiques actives, privilégiant les projets concrets, les études de cas et les travaux en équipe. Ils intègrent régulièrement des intervenants professionnels dans leurs équipes pédagogiques, enrichissant la formation par des retours d'expérience du terrain. Ils développent des programmes de certification professionnelle en partenariat avec des éditeurs de logiciels internationaux, permettant aux étudiants d'acquérir des compétences immédiatement valorisables. Cette agilité permet au secteur privé de répondre rapidement aux besoins émergents du marché, comme la montée en puissance de l'intelligence artificielle, du cloud computing ou de la cybersécurité. Toutefois, cette réactivité s'accompagne parfois d'une moindre profondeur académique et d'une orientation parfois excessive vers les besoins immédiats au détriment de la formation aux fondamentaux scientifiques.

La reconnaissance et l'employabilité des diplômés du secteur privé constituent des enjeux centraux pour la légitimité de ce segment. L'analyse du marché du travail révèle une acceptation croissante des diplômés privés par les employeurs, en particulier pour les profils opérationnels et les spécialités émergentes. Les établissements privés les plus réputés parviennent à placer

leurs diplômés dans des conditions comparables à celles du secteur public, témoignant de la qualité de leur formation. Toutefois, une certaine hétérogénéité persiste dans la reconnaissance des diplômes privés, certains établissements souffrant d'un déficit de réputation ou de qualité. Cette hétérogénéité appelle un renforcement des mécanismes d'assurance qualité et d'accréditation, afin de garantir un niveau minimum de compétences et de protéger les étudiants contre des formations de qualité insuffisante. Le dialogue entre secteur public et secteur privé, autour des référentiels de compétences et des standards pédagogiques, constitue un levier d'amélioration continue de la qualité globale du système de formation.

6.3 La formation professionnelle comme socle de maintenance et de support technique

La formation professionnelle (FP) en Tunisie doit être appréhendée non pas comme une alternative par défaut à l'enseignement supérieur, mais comme une composante fonctionnelle vitale de la chaîne de valeur numérique. Elle assure un rôle critique dans le déploiement, l'exploitation et la résilience des infrastructures physiques et logicielles, constituant ainsi le premier rempart contre la discontinuité des écosystèmes technologiques productifs.

Cette distinction fondamentale entre la logique de conception — incarnée par l'université — et la logique opérationnelle — portée par la FP — renvoie directement à la taxonomie internationale des métiers. Tandis que l'enseignement supérieur forme majoritairement des profils relevant de la famille ISCO-08 25 (Développeurs logiciels, analystes et programmeurs), la formation professionnelle génère les profils opérationnels de la famille ISCO-08 35, à savoir les techniciens en technologies de l'information et des communications. Ces derniers sont indispensables à la continuité de service des infrastructures : ils assurent l'installation, la configuration, la maintenance corrective et préventive des équipements réseaux, des systèmes embarqués et des automates industriels.

Ce positionnement « support et infrastructure » confère à la Tunisie un avantage comparatif incontestable dans les segments de la maintenance industrielle, du support technique de proximité et de l'exploitation des réseaux. Les donneurs

d'ordre européens, notamment dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique, des industries agro-alimentaires et de la logistique, trouvent en Tunisie un réservoir structuré de compétences opérationnelles réactives, relativement abondantes et économiquement compétitives.

Cependant, cette spécialisation massive dans les « couches basses » de la technologie — Hardware, Infrastructures physiques, Maintenance mécatronique — induit un risque stratégique majeur : le verrouillage technologique (technology lock-in). En restant confinée à un rôle de « réparateur » ou d'« opérateur » du numérique, la Tunisie se prive d'une trajectoire ascendante vers les services managés à haute valeur ajoutée, l'ingénierie de résilience numérique et la maintenance prédictive assistée par l'intelligence artificielle. Ce plafonnement fonctionnel conduit à une forme de dépendance technologique structurelle, dans laquelle le pays demeure exécutant des prescriptions technologiques conçues ailleurs, sans capacité d'influence sur les architectures et les standards.

La question stratégique qui s'impose est donc la suivante : comment transformer ce socle opérationnel robuste — construit patiemment depuis les années 2000 — en un levier de montée en gamme vers la sécurité opérationnelle, la résilience des systèmes cyber-physiques et l'interopérabilité avec les standards européens en vigueur (NIS2,

DORA, IEC 62443) ? L'enjeu n'est pas de remplacer la vocation technique de la FP, mais de l'enrichir par une couche de compétences transversales — gestion des risques, conformité réglementaire, maintenance prédictive, sécurité des systèmes industriels — qui correspond exactement aux besoins émergents des entreprises européennes engagées dans la transition vers l'Industrie 4.0.

6.3.1 Architecture et flux du dispositif : Une dominance étatique et sectorielle

Le dispositif de formation professionnelle TIC en Tunisie est piloté par l'Agence Tunisienne de la Formation Professionnelle (ATFP), organisme public placé sous la tutelle du ministère chargé de la formation professionnelle. Ce pilotage centralisé confère au système une cohérence nationale des référentiels de compétences et une capacité de mobilisation rapide à grande échelle — deux atouts qui ont permis la mise en place d'un réseau dense de centres couvrant l'ensemble des gouvernorats.

Pour la cohorte 2024, le volume global d'apprentis TIC s'élève à 4 700 individus, répartis selon une architecture institutionnelle tripolaire dont la configuration révèle des choix de gouvernance structurants.

► Tableau 6.16 : Répartition des apprentis par type de centre

Type de centre	Nombre d'apprentis	Part du total (%)
Centres Sectoriels de Formation	4 244	90,3 %
Centres de Formation et d'Apprentissage (CFA)	274	5,8 %
Centres de Formation et de Perfectionnement (CFPT)	182	3,9 %
Total	4 700	100 %

Source : ATFP, 2025

La domination écrasante des centres sectoriels (90,3 % des effectifs) s'explique par leur spécialisation historique dans les métiers techniques, leur capacité d'accueil supérieure et leur ancrage dans les bassins industriels. Ces centres disposent d'équipements pédagogiques orientés vers des métiers précis — automatisation industrielle, réseaux, électronique — et bénéficient de partenariats avec les grandes entreprises publiques et parapubliques de leurs secteurs de référence.

Cette configuration garantit l'homogénéité des référentiels nationaux et une capacité de déploiement rapide en cas de besoin sectoriel. Elle présente néanmoins des limites structurelles importantes. D'une part, la rigidité institutionnelle inhérente à tout quasi-monopole public ralentit la révision des curricula face aux ruptures technologiques accélérées. En comparaison, les systèmes de formation professionnelle duale en Allemagne ou en Autriche, soumis à une pression constante des partenaires industriels, actualisent leurs référentiels en cycles de 18 à 24 mois, contre 3 à 5 ans dans des systèmes fortement centralisés.

D'autre part, l'invisibilité statistique du secteur privé constitue une lacune analytique critique. En l'absence de données granulaires sur les effectifs et les diplômés des centres privés agréés, toute

démarche de Skills Anticipation — anticipation prospective des besoins en compétences — demeure incomplète. Cette cécité informationnelle prive les décideurs d'une vision holistique du marché de la compétence, rendant le pilotage national structurellement réactif plutôt que prospectif. Or, dans un secteur où l'horizon de pertinence d'une compétence s'est réduit à 18-24 mois, ce décalage entre signal de marché et ajustement curriculaire peut produire des cohortes de diplômés partiellement inadaptés aux besoins immédiats des employeurs.

6.3.2 Cartographie territoriale et enjeux de polarisation

La distribution géographique des 4 700 apprentis TIC révèle une fracture spatiale profonde qui reproduit, à l'échelle de la formation professionnelle, les asymétries de développement économique historiques entre le littoral et les régions intérieures du pays. Cette polarisation n'est pas un phénomène marginal : elle conditionne structurellement la distribution future du capital humain numérique sur l'ensemble du territoire national.

► Tableau 6.17 : Répartition des apprentis par région / Gouvernorat

Région / Gouvernorat	Effectifs d'apprentis	Part du total (%)
Grand Tunis (Tunis, Ben Arous, Manouba)	~2 414	~51,4 %
dont Tunis seul	1 614	34,3 %
Sahel — Sousse	883	18,8 %
Sfax	436	9,3 %
Autres régions	~967	~20,5 %
Total national	4 700	100 %

Source : ATFP, 2025

Le Grand Tunis constitue le pôle hégémonique de la formation professionnelle TIC, concentrant plus de 51 % des effectifs nationaux. La seule ville de Tunis forme 1 614 apprentis, soit 34,3 % du total — une proportion qui dépasse largement son poids démographique relatif (environ 13 % de la population nationale). Cette surconcentration résulte de la convergence de plusieurs facteurs structurels : la densité des entreprises clientes (centres d'appels, intégrateurs systèmes, industries électroniques), la présence d'infrastructures pédagogiques héritées de l'effort de modernisation des années 1990-2000, et l'attractivité migratoire de la capitale pour les jeunes des régions intérieures.

Le Sahel, avec Sousse comme chef-lieu, forme le second pôle structurant avec 883 apprentis (18,8 %). Ce positionnement reflète la dynamique industrielle du bassin sahélien — textile, câblage automobile, industries agroalimentaires — qui génère une demande soutenue en techniciens de maintenance et en profils de support technique. Sfax, troisième pôle avec 436 apprentis (9,3 %), constitue l'ancrage méridional du dispositif, adossé à son tissu de PME industrielles et à son port commercial.

Les régions intérieures et du Sud — Kasserine, Sidi Bouzid, Gafsa, Tataouine, Médenine — ne représentent collectivement qu'environ 20,5 % des effectifs, avec une densité de centres et de places fortement insuffisante au regard de leur poids démographique et de leurs taux de chômage structurellement plus élevés. Cette polarisation

agit comme une barrière à l'entrée pour les jeunes de ces régions : contraintes de migrer vers les centres urbains côtiers pour accéder à la formation, nombre d'entre eux y renoncent, faute de moyens de transport, d'hébergement ou de ressources financières.

Les conséquences économiques de cette désertification technologique sont multidimensionnelles. À court terme, elle prive les régions intérieures des compétences techniques nécessaires à l'entretien et à la modernisation de leur tissu productif local — agriculture mécanisée, extraction minière, industries légères. À moyen terme, elle constitue un frein structurel à la délocalisation des activités industrielles européennes hors des zones côtières saturées. En l'absence d'un vivier local de techniciens qualifiés, aucun investisseur — qu'il soit européen, asiatique ou domestique — ne peut raisonnablement envisager d'implanter une unité de production à forte composante technologique dans les régions intérieures sans s'exposer à des coûts de formation et de fidélisation prohibitifs.

Un rééquilibrage territorial volontariste de l'offre de formation professionnelle — combinant création de nouveaux centres dans les zones sous-dotées, développement de la formation à distance et de modules mobiles, et adaptation des cursus aux spécificités économiques locales — constitue ainsi une condition préalable à l'élargissement géographique de la base industrielle numérique du pays.

Analyse thématique : L'ancrage industriel face au déficit logiciel

La répartition thématique des 4 700 apprentis TIC dessine un profil de spécialisation fortement orienté vers le « Hardware-heavy » et les systèmes physiques, au détriment des filières logicielles pures. Cette configuration reflète un positionnement historique délibéré de la FP tunisienne dans les segments de la maintenance industrielle et du support d'infrastructure, en réponse aux besoins des zones franches d'exportation et des industries délocalisées.

► Tableau 6.18 : Répartition des apprentis par domaine TIC

Domaine TIC principal	Apprentis (N)	Part (%)	Exemples de spécialités
Automatisation et maintenance numérique	2 088	44,4 %	Mécatronique, robotique industrielle, maintenance automatisée, systèmes SCADA
Informatique, réseaux et télécoms	1 395	29,7 %	Infrastructure réseaux, support informatique, cybersécurité de base, télécoms
Électronique et systèmes embarqués	961	20,4 %	Électronique industrielle, microcontrôleurs, systèmes embarqués, IoT de base
Développement et programmation	256	5,4 %	Programmation web, développement d'applications, bases de données
Multimédia et design numérique	—	~0,1 %	Infographie, design interactif (marginal)
Total	4 700	100 %	—

Source : ATFP, 2025

Le premier bloc — Automatisation et maintenance numérique — concentre à lui seul 44,4 % des apprentis (2 088 individus). Cette prépondérance traduit le poids historique des industries manufacturières délocalisées en Tunisie, notamment le câblage automobile (groupe Leoni, Nexans, Draxlmaier), l'aéronautique (Safran, Zodiac Aerospace) et l'industrie électronique. La demande de ces entreprises en techniciens de maintenance des automates Siemens, Schneider, Fanuc et des lignes de production automatisées reste structurellement élevée.

Le second bloc — Informatique, réseaux et télécoms — rassemble 29,7 % des effectifs (1 395 apprentis). Ces formations couvrent un spectre large allant du support utilisateur de niveau 1-2 à l'exploitation de réseaux LAN/WAN, en passant par des modules introductifs à la cybersécurité. Ce segment est le plus directement concerné par les évolutions réglementaires européennes : la directive NIS2 (2022/2555) et le règlement DORA (2022/2554) créent une demande croissante en techniciens capables de documenter les procédures de sécurité, de réaliser des audits de conformité de premier niveau et d'administrer des solutions de surveillance réseau.

Le troisième bloc — Électronique et systèmes embarqués — représente 20,4 % des apprentis (961 individus). Ces formations constituent le pont technique entre le Hardware traditionnel et l'Internet des objets industriels (IIoT). Les profils en microcontrôleurs et systèmes embarqués sont directement mobilisables dans le déploiement de capteurs IoT, de systèmes de monitoring industriel et de passerelles de communication machine-à-machine — autant de composantes de l'Industrie 4.0.

Le décalage le plus préoccupant réside dans la marginalité du bloc Développement et programmation : 5,4 % seulement des apprentis (256 individus) suivent des formations orientées logiciel. Ce déficit est d'autant plus significatif que la « Décennie Numérique » de l'UE (objectifs 2030) place le Software, l'Intelligence Artificielle et le Cloud au cœur de sa stratégie de transformation. Les entreprises européennes qui sous-traitent des fonctions numériques recherchent de plus en plus des profils hybrides — techniciens capables d'intervenir sur les couches logicielles de bas niveau (firmware, scripts d'automatisation, API REST) — profils que la FP tunisienne ne produit qu'en très faible quantité. Cette lacune constitue un manque à gagner économique réel dans la compétition pour les mandats de nearshoring numérique.

6.3.3 Analyse sociodémographique :
Le paradoxe de l’exclusion féminine

La formation professionnelle TIC présente un déséquilibre de genre particulièrement marqué, qui contraste avec la situation observée dans d’autres composantes du système éducatif tunisien et qui constitue un enjeu stratégique à part entière, tant sur le plan du capital humain que sur le plan de la compétitivité internationale.

► Tableau 6.19 : Répartition des apprentis
et des diplômés par genre

Indicateur de genre	Apprentis (cohorte 2024)	Diplômés (2024)
Hommes	3 701 (78,7 %)	1 060 (72 %)
Femmes	999 (21,3 %)	420 (28 %)
Total	4 700 (100 %)	1 480 (100 %)

Source : AFTP, 2025

Avec 21,3 % d’apprenties seulement (999 sur 4 700), la formation professionnelle TIC souffre d’un déficit de mixité particulièrement sévère. Ce taux contraste violemment avec la quasi-parité observée dans les filières d’ingénierie logicielle et d’informatique au sein des universités tunisiennes — où les femmes représentent environ 50 % des effectifs dans certaines spécialités — et avec les ambitions de la politique nationale en matière d’égalité des chances dans l’accès à l’emploi numérique.

Plusieurs facteurs structurels concourent à cette exclusion partielle. D’une part, les représentations sociales associées aux métiers techniques industriels — maintenance mécatronique, câblage, robotique — continuent de les classer comme des professions masculines, dissuadant les jeunes filles et leurs familles de s’y orienter. D’autre part, les conditions de travail envisagées à l’issue de ces formations (travail en usine, interventions sur site, horaires décalés) sont perçues comme incompatibles avec les contraintes de mobilité et de conciliation vie professionnelle-vie familiale qui pèsent disproportionnellement sur les femmes dans le contexte socioculturel tunisien.

L’enjeu n’est pas seulement équitable : il est directement économique et stratégique. Les entreprises européennes opérant en Tunisie, et plus généralement les donneurs d’ordres internationaux soumis à des obligations croissantes de responsabilité sociale des entreprises (RSE) et aux critères ESG (Environnement, Social, Gouvernance), intègrent de plus en plus la parité de genre comme indicateur de performance dans leurs chaînes d’approvisionnement. Un taux de féminisation de 21 % dans la FP TIC constitue ainsi un risque de conformité réel pour les entreprises tunisiennes exportatrices, susceptible d’affecter leur attractivité auprès des partenaires et donneurs d’ordres européens.

Par ailleurs, l’exclusion des femmes de ces filières prive l’économie tunisienne d’un vivier de talents substantiel dans des domaines où les tensions de recrutement sont déjà significatives. Dans une logique de Skills Supply Chain, chaque cohorte de femmes non orientées vers les filières TIC représente un manque à gagner humain qui s’accumule d’année en année. Une politique ciblée de féminisation de la FP TIC — combinant révision des représentations dans les matériaux pédagogiques, mentoring par des femmes professionnelles, aménagement des conditions d’accueil et bourses d’incitation — représenterait un levier de croissance du capital humain à coût marginal relativement faible.

6.3.4 Structure des diplômés et
enjeux d’alignement EQF/ESCO

La cohorte des diplômés 2024 de la formation professionnelle TIC s’élève à environ 1 480 individus, soit un taux de diplômation de l’ordre de 31 % par rapport aux apprentis en cours (4 700). Cette proportion, qui intègre à la fois les flux en formation initiale et les parcours d’apprentissage de durée variable, mérite une analyse qualitative au regard des niveaux de qualification effectivement produits et de leur positionnement dans les référentiels internationaux.

► Tableau 6.20 : Indicateurs sur les diplômés de la formation professionnelle

Indicateur	Valeur absolue	Part (%)
Total diplômés TIC 2024	≈ 1 480	100 %
Hommes	1 060	72 %
Femmes	420	28 %
Niveau BTP (Brevet Technicien Professionnel)	970	65 %
Niveau BTS (Brevet Technicien Supérieur)	510	35 %

Source : AFTP, 2025

Domaine TIC	Diplômés (est.)	Part (%)	Spécialités représentatives
Automatisation et maintenance numérique	490	33 %	Mécatronique, automatisation industrielle, maintenance électrotechnique
Informatique, réseaux et télécoms	360	24 %	Informatique de gestion, exploitation de réseaux, télécommunications
Électronique et systèmes embarqués	310	21 %	Électronique industrielle, systèmes embarqués, microcontrôleurs
Développement et programmation	160	11 %	Développement d'applications, programmation embarquée, informatique appliquée
Connexe TIC / Industrie 4.0	120	8 %	Maintenance électromécanique, instrumentation, robotique industrielle
Multimédia et design numérique	40	3 %	Infographie, audiovisuel, design interactif
Total	1 480	100 %	—

Source : AFTP, 2025

La prédominance du BTP — Brevet de Technicien Professionnel — dans la structure des diplômes (65 %, soit 970 individus) reflète le positionnement traditionnel de la FP comme voie d'insertion rapide pour les profils techniques de niveau intermédiaire. Le BTP se situe au niveau 4 du Cadre Européen des Certifications (EQF/CEC), qui correspond à des compétences spécialisées nécessitant la capacité de résoudre des problèmes spécifiques dans un champ de travail ou d'étude, sans nécessairement maîtriser les fondements théoriques sous-jacents.

Cette concentration au niveau EQF 4 crée une tension structurelle avec les critères des cadres de mobilité professionnelle européens. La réforme de la Directive 2021/1883 relative à la Carte Bleue Européenne, bien qu'ayant assoupli les conditions d'admission pour certaines catégories de travailleurs qualifiés, maintient un seuil de qualification effectif qui favorise largement les niveaux EQF 6 (licence professionnelle, bachelor)

et au minimum EQF 5 pour les profils hautement spécialisés en pénurie. En pratique, 65 % des diplômés tunisiens de la FP — soit environ 963 individus en 2024 — se retrouvent dans une zone de quasi-invisibilité pour les corridors de mobilité légale qualifiée vers l'UE.

La montée progressive des BTS (35 %, soit 510 diplômés) représente un signal positif. Le BTS tunisien, aligné sur le niveau EQF 5, confère des compétences spécialisées avancées assortis d'une capacité de supervision et d'organisation. Ces profils sont mieux positionnés pour accéder aux programmes de mobilité européens, notamment dans le cadre de l'Espace Européen des Compétences et de la proposition de Directive sur la mobilité des travailleurs qualifiés des pays tiers.

Le défi de l'interopérabilité des certifications constitue l'autre dimension critique de cet enjeu. Sans mécanismes de co-financement (Matching

Grants) permettant aux diplômés et aux centres de formation d'accéder à des certifications industrielles internationalement reconnues — Cisco CCNA, AWS Cloud Practitioner, Microsoft Azure Administrator, CompTIA Security+, Kubernetes CKA — le diplôme d'État tunisien demeure peu lisible sur le marché international des compétences. L'infrastructure de la reconnaissance mutuelle des qualifications de l'UE (ESCO, EQF, Europass) est précisément conçue pour faciliter cette lisibilité, à condition que les diplômes nationaux s'y arriment explicitement.

6.3.5 Diagnostic des limites systémiques et obstacles à la modernisation

Au-delà des enjeux structurels déjà identifiés — polarisation territoriale, décalage thématique, plafond de qualification — le système de formation professionnelle TIC souffre de trois barrières critiques qui entravent sa capacité d'adaptation dynamique aux ruptures technologiques et aux évolutions du marché européen.

6.3.5.1 L'invisibilité du secteur privé : une lacune de pilotage

L'absence quasi totale de données statistiques fiables sur l'offre de formation professionnelle privée agréée constitue la première limite systémique majeure. Les centres privés — dont le nombre exact et la capacité d'accueil restent mal documentés — opèrent en dehors des flux de remontée statistique de l'ATFP, créant une zone grise analytique qui fausse l'évaluation de la capacité nationale réelle de formation en TIC. Cette invisibilité statistique empêche toute démarche sérieuse de Skills Anticipation : on ne peut anticiper les besoins futurs en compétences que si l'on dispose d'une vision complète de l'offre présente, publique comme privée.

Le développement d'un observatoire national de la formation professionnelle TIC — réunissant les données ATFP, les statistiques des centres privés agréés, les enquêtes d'insertion post-diplôme et les signaux de demande des employeurs — constituerait un instrument de pilotage stratégique de première nécessité. Des modèles similaires existent en Europe : le Système européen de suivi des diplômés (EGES), les observatoires régionaux de compétences en France, ou les Kompetenzatanten allemands offrent des référentiels méthodologiques transposables au contexte tunisien.

6.3.5.2 L'obsolescence des équipements : le fossé entre le centre et l'usine

La seconde barrière critique réside dans le vieillissement progressif des équipements pédagogiques des centres de formation. L'Industrie 4.0 requiert des techniciens capables d'intervenir sur des automates de nouvelle génération, des robots collaboratifs (cobots), des plateformes cloud industrielles (Azure IoT, AWS IoT Greengrass) et des systèmes de maintenance prédictive intégrant l'analyse de données. Or, le coût d'investissement pour équiper un centre en robots collaboratifs, en jumeaux numériques ou en plateformes cloud industrielles est considérable — de l'ordre de plusieurs centaines de milliers d'euros pour un atelier complet.

Ce fossé technologique entre les équipements disponibles dans les centres de formation et les machines effectivement déployées dans les usines intelligentes crée un décalage d'opérationnalité qui pénalise les diplômés lors de leur prise de poste. Des mécanismes de co-investissement public-privé — à l'image des consortiums formation-industrie en Allemagne ou des contrats de modernisation des équipements en Espagne — permettraient de maintenir l'adéquation technologique des centres, en impliquant directement les entreprises bénéficiaires dans le financement de l'outil pédagogique.

6.3.5.3 Le déficit de suivi de l'insertion : naviguer à vue

La troisième barrière concerne l'insuffisance des données longitudinales sur l'insertion professionnelle des diplômés de la FP. Sans données fiables sur les taux d'emploi à 6 mois et 18 mois post-diplôme, sur les métiers effectivement occupés, les niveaux de rémunération et les trajectoires de carrière, il est impossible d'évaluer rigoureusement l'adéquation formation-emploi et d'identifier les ajustements curriculaires prioritaires. Le pilotage du système repose ainsi sur des hypothèses plutôt que sur des preuves, conduisant à une réallocation sous-optimale des ressources pédagogiques.

Dans un secteur où la péremption des compétences intervient tous les 18 à 24 mois — rythme imposé par les cycles d'innovation technologique dans le Cloud, l'IA et la cybersécurité — ce déficit de feedback loop condamne le système à une réaction a posteriori plutôt qu'à une anticipation proactive. Sans mécanisme de veille curriculaire continue et de mise à jour régulière des référentiels, le risque est réel de produire des diplômés « nés obsolètes » au moment même de leur sortie du système.

MEMO – À l'attention des décideurs politiques et partenaires de coopération (OIT / UE / ATFP)

Le système de formation professionnelle TIC tunisien est à un point d'inflexion stratégique. S'il demeure un socle opérationnel robuste, il souffre de deux ruptures majeures et appelle des réformes ciblées et urgentes.

► Rupture 1 — Désalignement réglementaire et technique

Face aux exigences de cybersécurité et de résilience de l'UE (directive NIS2, règlement DORA, norme IEC 62443), la FP tunisienne reste trop ancrée dans la maintenance Hardware traditionnelle (famille ISCO 35). L'Europe demande désormais des profils capables de gérer la conformité réglementaire, d'évaluer les risques cyber-physiques et d'administrer des solutions de résilience opérationnelle — compétences quasi absentes des curricula actuels.

► Rupture 2 — Impasse de la mobilité qualifiée

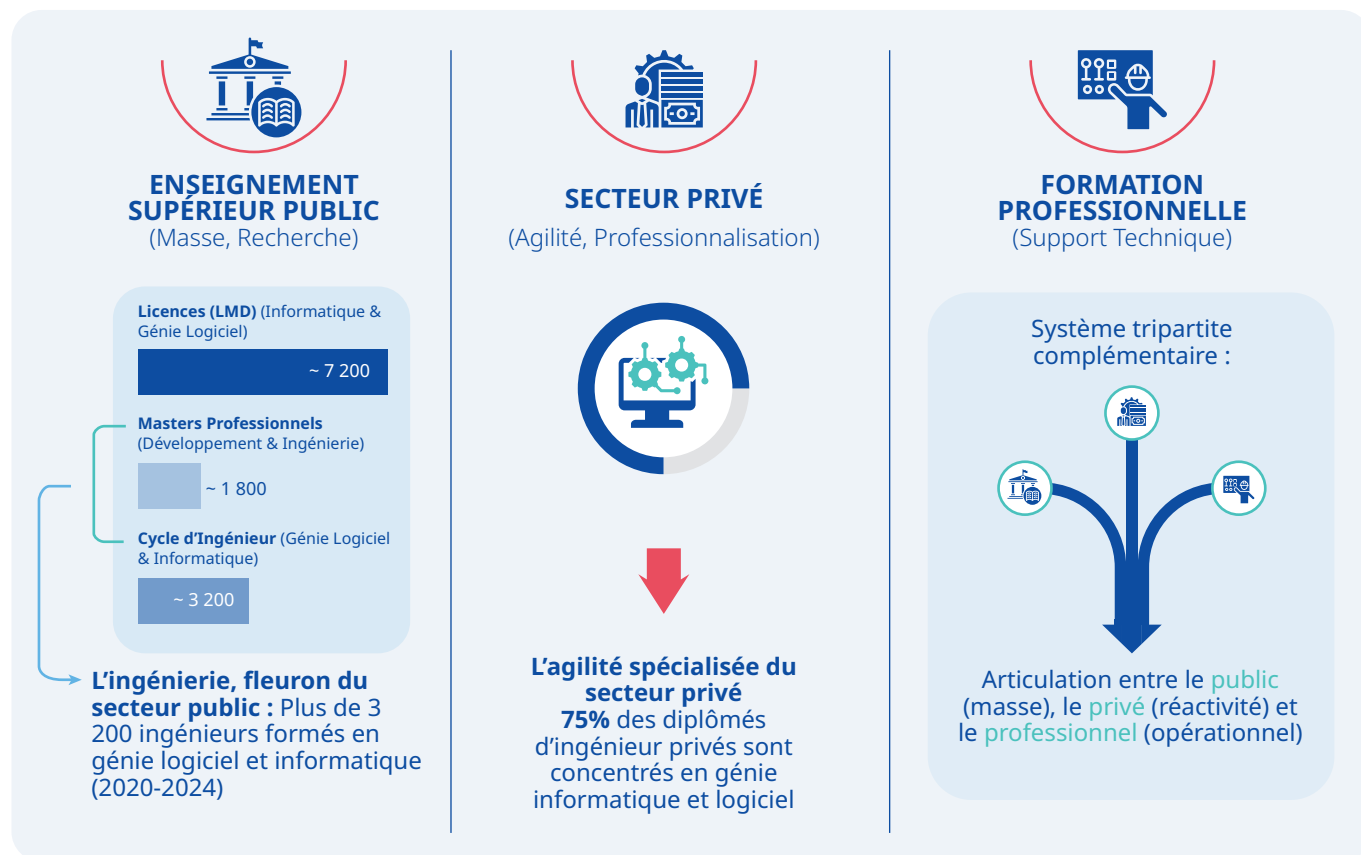
La dominance du niveau BTP (EQF 4 — 65 % des diplômés) restreint structurellement l'accès aux cadres de mobilité légale qualifiée vers l'UE. Le profil EQF 4 est devenu une « commodité » locale là où l'UE recherche des « actifs stratégiques » de niveau EQF 5-6, interopérables avec le référentiel ESCO et dotés de certifications industrielles reconnues.

► Recommandations stratégiques impératives

- **Pivot vers le Cyber-physique** : Faire évoluer les 44,4 % d'apprentis en automatisation vers la maintenance prédictive, la sécurité des systèmes industriels (OT Security) et les compétences SCADA/ICS alignées sur IEC 62443.
- **Certification internationale via Matching Grants** : Intégrer des certifications industrielles (Cisco CCNA, AWS, Microsoft Azure, CompTIA Security+, Kubernetes CKA) dans les parcours de formation, financées par des mécanismes de co-investissement public-privé, pour valider les compétences au-delà du diplôme d'État.
- **Observatoire national de la FP TIC** : Mettre en place un dispositif de suivi longitudinal des diplômés (insertion à 6 et 18 mois), d'intégration des données du secteur privé et de veille curriculaire continue, permettant un pilotage fondé sur les preuves.
- **Rééquilibrage territorial** : Déployer une stratégie ciblée de renforcement de l'offre dans les régions intérieures, via la création de centres satellites, le développement de la formation hybride et des partenariats avec les zones industrielles régionales.
- **Stratégie de féminisation** : Lancer un programme national de féminisation de la FP TIC (objectif 35 % d'apprenties à horizon 2028), combinant révision des représentations dans les matériaux pédagogiques, mentoring par des femmes techniciennes et ingénieures, et bourses d'incitation ciblées.
- **Positionnement « Hub de Confiance »** : Transformer la Tunisie en partenaire de souveraineté numérique pour l'Europe — capable d'assurer non seulement la maintenance physique des infrastructures, mais aussi les services numériques managés, la cybersécurité OT/IT et la continuité opérationnelle des chaînes de valeur industrielles européennes externalisées.

L'alignement dynamique sur les référentiels ESCO et EQF, le développement d'une culture de Skills Anticipation et le passage d'une logique de réparation à une logique de résilience numérique constituent les conditions sine qua non pour transformer ce réservoir opérationnel en un levier de croissance partagée entre les deux rives de la Méditerranée.

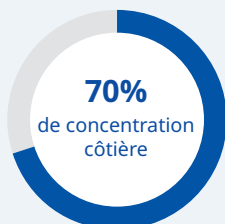
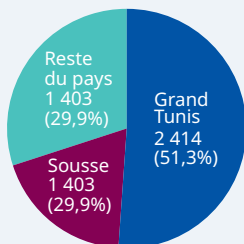
► L'Écosystème de la Formation Numérique en Tunisie : Architecture et Production de Compétences



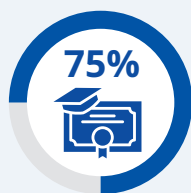
Défis de Spécialisation et Fracture Territoriale

Grand Tunis et le Sahel regroupe l'essentiel de l'offre de formation professionnelle.

► 4,700 apprentisés en 2024



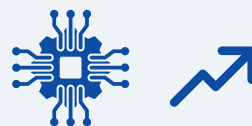
► Une recherche fortement centralisée



des doctorats TIC sont produits par seulement trois universités :

Tunis El Manar
Sousse
Sfax

► Émergence de l'IA et de la Data



Croissance rapide des masters spécialisés en IA dans le public comme dans le privé.

6.3.6 Limites des données et axes d'amélioration

L'analyse de la formation professionnelle en TIC se heurte à des limites importantes en termes de disponibilité et de granularité des données. Les statistiques actuellement disponibles ne permettent pas une ventilation fine par type de diplôme, empêchant de distinguer les effectifs en Brevet de Technicien Professionnel de ceux en Brevet de Technicien Supérieur. Cette agrégation limite la capacité à évaluer précisément la structure de l'offre et à identifier les niveaux de qualification effectivement produits. De même, l'absence de données sur la répartition par spécialité détaillée ne permet pas d'analyser l'adéquation fine entre les profils formés et les besoins du marché. Une information sur la nature des centres de formation, distinguant centres publics, centres sectoriels et centres privés agréés, serait également nécessaire pour comprendre la structuration de l'offre et les logiques de gouvernance du secteur.

Les besoins d'information complémentaire sont multiples pour permettre une évaluation rigoureuse de la contribution de la formation professionnelle à l'écosystème des compétences numériques. Une ventilation des effectifs par type de diplôme permettrait d'analyser la répartition entre techniciens et techniciens supérieurs et d'évaluer l'adéquation avec les besoins d'encadrement technique des entreprises. Une répartition par spécialité détaillée, distinguant développement, réseaux, maintenance, support utilisateur et cybersécurité, éclairerait les domaines de concentration de l'offre et les éventuels déficits. Des données sur les taux d'insertion professionnelle des diplômés de la formation professionnelle permettraient d'évaluer l'employabilité effective de ces profils et d'identifier les ajustements nécessaires dans les contenus de formation. Enfin, une analyse comparative de la qualité des infrastructures et des équipements pédagogiques entre centres permettrait d'identifier les disparités et de cibler les investissements prioritaires.

Ces limites informationnelles appellent un renforcement des systèmes de collecte et d'analyse de données sur la formation professionnelle. L'Agence Tunisienne de la Formation Professionnelle dispose d'une opportunité stratégique pour développer un observatoire de la formation professionnelle en TIC, produisant régulièrement des analyses sur les flux de diplômés, l'insertion professionnelle et l'adéquation formation-emploi. Un tel dispositif

constituerait un outil précieux de pilotage pour les décideurs et permettrait d'ajuster en continu l'offre de formation aux évolutions du marché. Il faciliterait également le dialogue entre formation professionnelle et enseignement supérieur, permettant de construire des parcours de formation cohérents et d'optimiser l'utilisation des ressources publiques consacrées à la formation aux compétences numériques.

CONCLUSION

L'écosystème tunisien des compétences numériques présente une configuration complexe, caractérisée par des dynamiques contrastées entre consolidation et fragilité. L'analyse macroéconomique révèle un secteur TIC en croissance nominale soutenue, dont la valeur ajoutée a progressé de 63 % entre 2017 et 2024, confirmant sa contribution à la modernisation de l'appareil productif national. Toutefois, sa part relative dans le PIB demeure stable autour de 3 %, indiquant que le secteur croît au même rythme que l'économie globale sans constituer encore un moteur d'accélération de la croissance. L'effort d'investissement constant, oscillant autour d'un milliard de dinars par an, témoigne de la résilience du secteur et de la poursuite de la modernisation des infrastructures numériques. L'ancrage international, visible à travers le doublement des exportations et l'attraction significative d'investissements directs étrangers européens, confirme la reconnaissance des compétences tunisiennes, bien que l'analyse révèle un paradoxe post-2019 avec une divergence entre croissance de l'emploi et contraction des revenus des filiales, suggérant une possible réorientation vers des activités à moindre valeur ajoutée.

Le marché du travail numérique se caractérise par une croissance soutenue de l'emploi, qui a progressé de 15 % entre 2018 et 2023 pour atteindre près de 120 000 postes. Cette dynamique positive masque cependant une asymétrie structurelle : la totalité de la croissance est imputable au secteur privé, qui a généré plus de 18 000 postes salariés, tandis que le secteur public a perdu plus de 1 600 emplois. L'écosystème entrepreneurial présente une dualité entre un noyau dur technologique de 1 800 à 2 200 entreprises employant 40 000 professionnels, et un écosystème élargi de plus de 15 000 entités. Les pôles technologiques traversent une phase de contraction marquée depuis 2021, le pôle d'El Ghazala ayant perdu près de 1 000 emplois, mettant en lumière la fragilité de ces écosystèmes. Le Startup Act a permis la labellisation de plus

de 1 200 start-ups, majoritairement dans les solutions logicielles, mais ne résout pas les freins structurels de capitalisation et de concentration géographique.

La main-d'œuvre du secteur se distingue par un niveau de qualification exceptionnellement élevé, avec une quasi-totalité de diplômés de l'enseignement supérieur dans le développement logiciel, et par une parité de genre remarquable où les femmes représentent environ la moitié des effectifs dans ce segment. L'analyse des métiers en tension révèle une demande structurellement forte concentrée sur des profils spécialisés : développeurs logiciel et web, ingénieurs DevOps et Cloud, data scientists, avec des taux de pénurie dépassant 50 % pour certains métiers et des perspectives de croissance de 30 à 40 % sur cinq ans. Cette forte demande soulève la question centrale de la capacité du système de formation à produire les profils requis en volume et en qualité suffisants.

L'analyse de l'offre de formation révèle un système tripartite articulant enseignement supérieur public, enseignement supérieur privé et formation professionnelle. Le secteur public demeure le pilier central, formant plusieurs milliers de diplômés annuellement à travers un large éventail de spécialisations. Au niveau licence, l'informatique et le génie logiciel dominent avec environ 7 200 diplômés entre 2020 et 2024, suivis des réseaux et télécommunications avec 3 000 diplômés. La répartition institutionnelle révèle une dualité entre universités classiques assurant la formation académique et réseau des ISET produisant des profils professionnalisants. Les masters de recherche se concentrent sur les sciences informatiques et l'intelligence artificielle, avec les universités de Sfax, Tunis El Manar et Sousse concentrant près de 60 % de la production. Les masters professionnels, fortement orientés vers le marché, privilégient le développement logiciel, la cybersécurité et la data science, avec une répartition institutionnelle plus diffuse incluant l'Université Virtuelle et le réseau des ISET.

La formation d'ingénieurs constitue le fleuron du système avec environ 6 350 diplômés sur la période, dominée par le génie logiciel et l'informatique. Les universités de Carthage, Sfax et Tunis El Manar concentrent plus de la moitié de cette production, confirmant leur position d'institutions d'excellence. La formation doctorale, stratégique pour le renouvellement du corps enseignant-chercheur, révèle une concentration encore plus marquée avec Sfax produisant

184 docteurs sur 570 au total, soit un tiers de la production nationale. L'analyse régionale de l'offre publique met en évidence une concentration massive sur les régions côtières, le Grand Tunis et le Centre-Est, limitant l'accès à la formation de qualité pour les jeunes des régions intérieures et renforçant les déséquilibres territoriaux.

Le secteur privé d'enseignement supérieur s'est affirmé comme un acteur complémentaire et réactif, concentrant son offre sur les formations professionnalisantes à forte employabilité. Pour l'année 2023/2024, il a produit environ 1 450 licences, 790 masters professionnels et 2 550 diplômes d'ingénieur, concentrés à 75 % sur le génie logiciel. Cette spécialisation massive reflète une stratégie délibérée de positionnement sur le segment le plus porteur du marché, privilégiant l'optimisation économique au détriment de la diversité de l'offre. Le secteur privé se distingue par son agilité pédagogique, son intégration rapide des évolutions technologiques et ses partenariats avec le secteur productif, renforçant l'employabilité de ses diplômés. Toutefois, une hétérogénéité persiste dans la reconnaissance de ses diplômes, appelant un renforcement des mécanismes d'assurance qualité.

La formation professionnelle, avec environ 4 700 apprentis en 2024, forme les techniciens et spécialistes nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure numérique. Elle présente cependant une concentration territoriale encore plus marquée que l'enseignement supérieur, avec plus de 70 % des effectifs dans le Grand Tunis et le Sahel. L'analyse de ce segment se heurte à des limites importantes en termes de disponibilité de données, empêchant une évaluation fine de la structure de l'offre et de l'adéquation formation-emploi. Ces limites appellent un renforcement des systèmes de collecte et d'analyse de données sur la formation professionnelle.

En synthèse, l'écosystème tunisien des compétences numériques dispose d'atouts significatifs : un système de formation structuré et diversifié, une main-d'œuvre hautement qualifiée et paritaire, une capacité de recherche concentrée dans quelques pôles d'excellence, et un secteur privé agile répondant rapidement aux besoins du marché. Il fait cependant face à des défis structurels majeurs. La concentration géographique de l'offre de formation et de l'emploi renforce les déséquilibres territoriaux et limite les opportunités pour les régions intérieures. L'inadéquation entre certains profils formés et les besoins du marché, visible à travers les taux

de pénurie élevés dans des métiers spécialisés, interroge la capacité d'ajustement du système. La fragilité des structures d'accompagnement entrepreneurial, manifestée par la contraction des pôles technologiques, menace la pérennité de l'écosystème d'innovation. La faiblesse des liens entre formation et entreprise dans certaines filières limite l'employabilité des diplômés et la pertinence des contenus pédagogiques.

Ces constats appellent des orientations stratégiques visant à consolider les acquis et à lever les contraintes. Le rééquilibrage territorial de l'offre de formation, à travers le renforcement des pôles universitaires régionaux et le développement de centres de formation professionnelle dans les zones sous-dotées, constitue un impératif d'équité et d'efficacité économique. Le renforcement de l'agilité du système de formation, par des mécanismes de révision régulière des contenus pédagogiques et une veille active sur les compétences émergentes, permettrait d'améliorer l'adéquation formation-emploi. La consolidation des liens entre monde académique et secteur productif, à travers le développement de formations en alternance, de projets collaboratifs et de stages qualifiants, favoriserait l'employabilité des diplômés et

la pertinence des formations. Le soutien aux écosystèmes d'innovation, par le renforcement des infrastructures d'accompagnement et l'amélioration de l'accès au financement, contribuerait à la pérennisation des dynamiques entrepreneuriales. Enfin, le développement de systèmes d'information performants sur la formation et l'emploi permettrait un pilotage éclairé des politiques publiques et une allocation optimale des ressources.

L'enjeu stratégique pour la Tunisie est de transformer cet écosystème de compétences en levier de montée en gamme du secteur numérique, favorisant la transition vers des activités à plus forte valeur ajoutée et consolidant la position du pays comme destination de choix pour les investissements technologiques internationaux. Cet objectif nécessite une action coordonnée des pouvoirs publics, des institutions de formation et du secteur productif, guidée par une vision stratégique de long terme et des mécanismes de dialogue et de pilotage consolidés.





Chapitre 7 : Matrices de correspondance des référentiels et analyse des écarts de compétences TIC

7.1 Les référentiels européens : ESCO, ISCO-08 et EQF

7.1.1 Architecture et complémentarité des trois référentiels

L'analyse comparative des métiers et compétences au sein de l'espace européen s'appuie sur trois référentiels structurellement complémentaires, dont l'articulation forme l'infrastructure sémantique et statistique des politiques de l'emploi et de la formation. Chacun de ces instruments remplit une fonction distincte, et c'est leur intégration systémique qui confère à l'architecture classificatoire européenne sa cohérence analytique.

ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations) est une taxonomie multilingue développée par la Commission européenne. Elle décrit et met en relation les occupations, les compétences et un sous-ensemble harmonisé de qualifications, assurant la fonction de langage commun entre les services publics de l'emploi, les systèmes éducatifs et les plateformes numériques dédiées à l'appariement emploi-formation ainsi qu'aux dispositifs d'upskilling et de reskilling.

ISCO-08 (International Standard Classification of Occupations, révision 2008), élaboré par l'Organisation internationale du Travail, structure l'ensemble des professions en 436 unités élémentaires, agrégées selon la similarité des tâches et le niveau de compétence requis. Il fournit l'ossature statistique sur laquelle s'aligne ESCO, garantissant la comparabilité internationale des données relatives à l'emploi. L'EQF (European Qualifications Framework), méta-cadre à huit niveaux fondé sur les acquis d'apprentissage, opère quant à lui comme un dispositif de traduction entre les cadres nationaux de certification, rendant comparables diplômes et certifications à l'échelle européenne.

La complémentarité fonctionnelle de ces trois instruments est déterminante : ISCO-08 fournit la structure classificatoire internationale, ESCO enrichit cette structure par une modélisation fine des occupations et compétences associées, et l'EQF établit l'échelle de niveau des qualifications. Cette intégration constitue le socle des outils européens de skills intelligence tels que Skills-OVATE (CEDEFOP), qui mobilise ESCO pour analyser la demande de compétences dans les offres d'emploi en ligne, tandis qu'Eurostat s'appuie sur ISCO pour le suivi statistique des spécialistes TIC — plus de 10 millions recensés dans l'Union européenne en

2024, dont environ 22 % en Allemagne.

L'articulation de ces trois référentiels constitue le cadre normatif de l'analyse développée dans ce chapitre, et fonde la démarche de mise en correspondance entre l'offre tunisienne et les exigences du marché européen.

7.1.2 ESCO : occupations, compétences et qualifications dans le domaine TIC

ESCO couvre près de 3 000 occupations alignées sur ISCO-08. Chaque occupation est décrite par un titre normalisé, une définition, des tâches indicatives et des liens explicites vers des compétences essentielles et optionnelles. Le pilier compétences recense environ 13 900 entrées, organisées en quatre catégories — compétences transversales, compétences spécifiques, connaissances et compétences linguistiques — permettant de modéliser avec précision le contenu réel du travail et de construire des cartographies sectorielles à des fins d'analyse stratégique.

ESCO référence également un sous-ensemble de qualifications notifiées par les États membres et reliées à l'EQF, facilitant la comparaison internationale et la mobilité professionnelle. Ses usages institutionnels typiques incluent l'appariement emploi-formation via EURES et Europass, l'analyse de la demande de compétences via Skills-OVATE, et la prospective des besoins via le Skills Forecast du CEDEFOP. Ces fonctions font d'ESCO l'instrument central de la skills intelligence européenne dans le domaine TIC.

7.1.3 ISCO-08 : familles professionnelles TIC

Pour le périmètre des technologies de l'information et de la communication, cinq ensembles de la classification ISCO-08 constituent le cadre de référence central. Le groupe 251 (Software and applications developers and analysts) couvre le développement logiciel, l'analyse et, via ESCO, les métiers de la donnée et de l'IA. Le groupe 252 (Database and network professionals) inclut les réseaux, les bases de données et la cybersécurité dans le référentiel ESCO. Le groupe 35, subdivisé en 351 et 352 (ICT technicians), regroupe les techniciens systèmes et réseaux. Le groupe 242 (Management and organisation analysts) est mobilisé pour la gestion de projet et la maîtrise d'ouvrage informatique. Le groupe 212 (Mathematicians, actuaries and statisticians), enfin, constitue le socle statistique des métiers de la data science et de l'IA avancée.

7.1.4 EQF : niveaux de qualification et articulation avec ESCO

L'EQF décrit huit niveaux de certification à partir des résultats d'apprentissage et sert d'outil de traduction entre les cadres nationaux de qualification. Son articulation avec ESCO est opérationnelle : les qualifications référencées dans la taxonomie sont reliées à un niveau EQF, permettant d'associer, pour une occupation donnée, les compétences visées et le niveau de qualification attendu dans différents contextes nationaux. À titre illustratif, les métiers d'ingénierie logicielle correspondent typiquement aux niveaux

EQF 6 à 7, tandis que les techniciens réseaux se situent aux niveaux EQF 5 à 6.

L'intégration systémique de ces trois référentiels constitue le cadre d'évaluation de l'offre de formation tunisienne au regard des exigences du marché européen, dont les deux sections suivantes précisent les instruments de contrepartie.

► Le Triptyque des Référentiels Européens : ESCO, ISCO-08 et EQF

L'architecture européenne de l'emploi repose sur trois instruments complémentaires : ESCO (compétences), ISCO-08 (statistiques) et l'EQF (niveaux de qualification). Ensemble, ils forment une infrastructure sémantique permettant l'appariement emploi-formation et la mobilité des travailleurs au sein de l'UE.

1

ESCO

Le langage commun des compétences

Taxonomie multilingue reliant **3 000 professions** et **13 900 compétences** pour faciliter l'appariement emploi-formation.

2

ISCO-08

L'ossature statistique internationale

Structure les professions en **436 unités** pour garantir la comparabilité internationale des données de l'emploi.

3

EQF

Le méta-cadre de certification

Dispositif de **traduction** à 8 niveaux rendant les diplômes nationaux comparables à l'échelle européenne.

Synergie et Applications Pratiques



Une intégration systémique pour la "Skills Intelligence"

ISCO fournit la structure, ESCO modélise les compétences fines et l'EQF établit l'échelle de niveau.



Un levier pour la mobilité internationale

Sert de socle aux outils comme Europass et EURES pour analyser la demande de compétences en ligne.

Application concrète au secteur TIC

Permet de définir qu'un ingénieur logiciel correspond aux groupes ISCO 231 et aux niveaux EQF 6-7.

Référentiel	Rôle Principal	Exemple d'Application TIC
ISCO-08	Classification statistique	Groupe 251 (Développeurs et analystes logiciels)
ESCO	Description des compétences	Programmation Python, Cloud, Méthodes Agiles
EQF	Niveau de qualification	Niveaux 5-6 pour les techniciens réseaux

7.2 Les référentiels tunisiens

7.2.1 Le Référentiel Tunisien des Métiers et des Compétences (RTMC)

7.2.1.1 Finalité et positionnement institutionnel

Le Référentiel Tunisien des Métiers et des Compétences (RTMC) constitue l'instrument national de classification et de description des professions en Tunisie. Élaboré par le Ministère de la Formation Professionnelle et de l'Emploi et opéré par l'Agence Nationale pour l'Emploi et le Travail Indépendant (ANETI), il propose une cartographie structurée des métiers du marché du travail, organisée par domaine d'activité et domaine professionnel. Sa conception fondée sur les compétences vise à dépasser les logiques centrées sur les seuls diplômes, afin de rapprocher la description des professions des réalités effectives du travail.

Le RTMC répond à quatre objectifs stratégiques complémentaires : moderniser les services publics de l'emploi dans leurs fonctions d'intermédiation ; unifier le langage professionnel entre les acteurs du marché du travail ; améliorer la lisibilité des métiers pour les employeurs et les demandeurs d'emploi ; et faciliter l'identification, la valorisation et la mise en correspondance des compétences à des fins de circulation de l'information professionnelle.

7.2.1.2 Architecture et codification

Le RTMC adopte une architecture hiérarchique à trois niveaux — domaine d'activité, domaine professionnel et métier — permettant une organisation cohérente des appellations professionnelles. Chaque fiche métier comprend : la mission principale, les activités et tâches constitutives, les compétences de base transversales, les compétences spécifiques techniques, les conditions d'accès et les modalités d'exercice. Cette structuration rapproche le RTMC des référentiels internationaux fondés sur les compétences, notamment ESCO et le ROME français, et facilite son intégration dans les systèmes d'information modernes de l'emploi.

7.2.1.3 La famille M18 : Systèmes d'information et de télécommunication

Dans le champ des technologies de l'information et de la communication, le RTMC organise les métiers autour du domaine professionnel M18 — Systèmes d'information et de télécommunication — qui regroupe dix appellations structurantes pour l'économie numérique tunisienne : M1801

(Administration de systèmes d'information) ; M1802 (Expertise et support en systèmes d'information) ; M1803 (Direction des systèmes d'information) ; M1804 (Études et développement de réseaux de télécommunications) ; M1805 (Études et développement informatique) ; M1806 (Conseil et maîtrise d'ouvrage en systèmes d'information) ; M1807 (Exploitation de systèmes de communication) ; M1808 (Information géographique) ; M1809 (Information météorologique) ; M1810 (Production et exploitation de systèmes d'information).

Cette nomenclature couvre les métiers techniques, d'ingénierie, d'administration, de pilotage et de support associés aux technologies numériques. Elle forme un ensemble cohérent, aligné sur les évolutions technologiques contemporaines et comparable aux familles professionnelles identifiées dans les classifications internationales.

7.2.1.4 Métiers connexes mobilisés dans les activités numériques

Certaines activités transversales, bien que rattachées à d'autres domaines du RTMC, interviennent structurellement dans les projets numériques. Deux familles sont particulièrement pertinentes dans ce contexte : M1403 (Études et perspectives socio-économiques), mobilisée pour les fonctions d'analyse, de traitement de données et de prospective sectorielle intégrées au fonctionnement des organisations TIC ; et M1501 (Gestion de projet), sollicitée pour le pilotage de projets informatiques et de transformation numérique. Ces professions occupent une place fonctionnelle centrale dans l'organisation des activités TIC et doivent être intégrées à toute analyse rigoureuse des compétences mobilisées dans ce secteur.

7.2.1.5 Alignement international

Dans le cadre des programmes de réforme et de coopération technique — en particulier le programme THAMM Plus de l'OIT — un travail de correspondance est engagé entre le RTMC et les référentiels internationaux, notamment ESCO pour les définitions et regroupements métiers fondés sur les compétences, et ISCO-08 pour la classification statistique des professions. Cet alignement poursuit quatre objectifs convergents : harmoniser les terminologies et descriptions professionnelles ; permettre la comparabilité internationale des compétences tunisiennes ; faciliter la mobilité professionnelle vers les pays européens ; et renforcer la capacité institutionnelle tunisienne à analyser les besoins de compétences

dans une perspective internationale.

La nature et le degré d'avancement de cet alignement constituent l'un des paramètres centraux de l'analyse comparative développée dans les sections suivantes.

7.2.2 La Nomenclature d'Activités Tunisienne (NAT 2009)

La Nomenclature d'Activités Tunisienne (NAT 2009) constitue la classification officielle des activités économiques en Tunisie. Homologuée comme norme tunisienne NT 120.01-1 (2009) et publiée par l'Institut National de la Statistique (INS), elle est alignée sur les standards internationaux NACE Rév. 2 (Union européenne) et CITI Rev. 4 (Nations Unies). Elle fournit le cadre de codification de l'activité principale exercée par chaque entreprise ou établissement et constitue le référentiel sectoriel de base pour l'analyse de la structure productive tunisienne, mobilisé notamment dans l'Enquête Nationale Population-Emploi (ENPE).

7.2.2.1 Architecture de la NAT 2009

La NAT est organisée selon une structure hiérarchique à quatre niveaux : la section (lettre), correspondant aux grands domaines économiques ; la division (deux chiffres), délimitant les sous-domaines sectoriels ; le groupe (trois chiffres), assurant une segmentation plus précise ; et la classe (quatre chiffres), constituant l'unité de codification utilisée dans l'analyse économique et statistique. Les activités relevant du numérique se situent principalement dans la section J — Information et communication, complétée par des activités périphériques issues d'autres sections selon les besoins analytiques.

7.2.2.2 Périmètre sectoriel TIC dans la NAT

Le périmètre retenu pour l'identification des activités économiques TIC s'articule autour de deux composantes. Le noyau dur comprend les divisions pleinement centrées sur les technologies numériques : la division 61 (Télécommunications : filaire, sans fil, par satellite ; classes 61.10, 61.20, 61.30, 61.90) ; la division 62 (Programmation, conseil et autres activités informatiques ; classes 62.01, 62.02, 62.03, 62.09) ; et la division 63 (Services d'information : traitement de données, hébergement, portails Internet ; classes 63.11, 63.12, 63.9x).

La périphérie numérique regroupe des activités connexes pour lesquelles le numérique constitue une ressource essentielle : les divisions 58-59

(Édition, audiovisuel et multimédia, notamment 58.21 — Édition de jeux électroniques et 58.29 — Édition de logiciels) ; la division 60 (Activités de radiodiffusion) ; et la division 95 (Réparation d'ordinateurs et d'équipements de communication ; classes 95.11 et 95.12). Ces activités exercent une fonction structurante dans l'écosystème numérique, notamment en matière de production de contenus, de diffusion et de maintenance technologique.

La délimitation précise de ce périmètre sectoriel conditionne la cohérence des matrices de correspondance présentées dans les sections suivantes.

7.2.3 Le référentiel sectoriel de l'UTICA : le REM/REC²¹⁰

En complément des référentiels institutionnels portés par les pouvoirs publics, le secteur privé s'est également doté d'un outil structurant à travers le Référentiel des Métiers et des Compétences du secteur des TIC (REM/REC), élaboré par la Fédération Nationale du Numérique – UTICA dans le cadre de l'initiative Digital Talent, en partenariat avec l'IFC (Groupe Banque mondiale). Ce référentiel vise à améliorer l'adéquation entre les compétences recherchées par les entreprises et l'offre de formation universitaire, en proposant une description opérationnelle des métiers du numérique fondée sur les exigences concrètes du marché.

Le REM/REC, développé initialement en 2016 puis mis à jour en 2019, repose sur une double structuration : un Référentiel des Métiers (REM) comprenant des fiches métiers détaillées (mission principale, activités, compétences techniques et transversales, diplômes, expérience, certifications), et un Référentiel des Compétences (REC) organisé par niveaux de maîtrise (de N1 à N5). Sa mise à jour s'est appuyée sur un benchmark international (e-CF, SFIA, APEC, CIGREF, etc.), l'analyse de plus de 2 300 offres d'emploi en Tunisie et une consultation directe d'entreprises du secteur, aboutissant à l'intégration de nouveaux métiers émergents (DevOps, Big Data, IA, Cloud, UX/UI, etc.).

Ainsi, alors que le RTMC constitue le référentiel national général des professions et que la NAT encadre la classification sectorielle des activités économiques, le référentiel de l'UTICA joue un rôle complémentaire, plus directement orienté vers la demande effective des entreprises TIC.

²¹⁰ <https://en.ichei.org/Uploads/Download/2021-10-13/61667cfbd9c78.pdf>
<https://uni-renov.rnu.tn/opendata-download/161>

Il représente un instrument d'interface entre le monde productif et le système de formation, particulièrement pertinent pour l'analyse des écarts de compétences et la structuration des parcours dans le secteur numérique.

7.3 ESCO, ISCO-08 et RTMC

La construction d'une correspondance rigoureuse entre les métiers TIC retenus et les référentiels de classification européens et tunisiens constitue le préalable méthodologique indispensable à toute analyse comparative. Cette mise en équivalence répond à une nécessité analytique fondamentale : les intitulés professionnels couramment utilisés par les entreprises ne coïncident pas systématiquement avec les catégories institutionnelles de description des professions. En Tunisie, le RTMC fournit des catégories opérationnelles orientées compétences, mobilisées principalement par l'ANETI ; à l'échelle internationale, ISCO-08 propose une classification statistique standardisée utilisée par l'Union européenne et l'OIT, tandis qu'ESCO décrit, pour chaque occupation, les activités, compétences, connaissances et niveaux de qualification associés.

La matrice ci-dessous établit, pour chaque métier TIC, la correspondance avec ces trois référentiels, en précisant les compétences clés et les qualifications typiquement requises. Elle remplit trois fonctions analytiques distinctes : harmoniser les terminologies mobilisées dans l'étude ; garantir la compatibilité des analyses avec les standards européens de skills intelligence ; et établir un pont méthodologique direct entre l'offre de formation tunisienne et les exigences du marché européen.

Cette matrice met également en évidence une réalité structurelle importante : les métiers matures — développement logiciel, administration systèmes et réseaux, support informatique — disposent de correspondances stables et largement documentées, tandis que les métiers émergents — DevOps, ingénierie cloud, data engineering, cybersécurité avancée, IA appliquée — demeurent regroupés dans des catégories ISCO génériques (ICT professionals n.e.c.), révélant le décalage persistant entre l'évolution rapide des technologies et la capacité d'actualisation des nomenclatures officielles.

Métier TIC	RTMC	ISCO-08	Occupation ESCO	Compétences clés (ESCO)	Qualifications typiques
Développeur logiciel / web	M1805 – Études et développement informatique	2512 – Software developers	Software developer	Programmation (Python, Java, C#, JS), développement front/back-end, tests, CI/CD, bases de données	Licence / Master informatique, génie logiciel ; certifications Java, AWS Developer, Azure Developer
Ingénieur Cloud / DevOps	M1802 – Expertise et support en systèmes d'information	2529 – ICT professionals n.e.c.	DevOps engineer	Solutions cloud (AWS/Azure/GCP), automatisation, conteneurs (Docker/K8s), pipelines CI/CD, infrastructure as code	Ingénieur / Master ; certifications AWS Architect, Azure DevOps, Kubernetes CKA/CKAD
Administrateur systèmes / réseaux	M1801 – Administration SI / M1804 – Réseaux télécoms	2522 – Systems administrators / 3513 – Network technicians	System administrator	Administration Windows/Linux, sécurité de base, réseaux LAN/WAN, virtualisation, supervision	Licence pro / Ingénieur réseaux ; certifications CCNA, CompTIA Network+, RHCSA

Métier TIC	RTMC	ISCO-08	Occupation ESCO	Compétences clés (ESCO)	Qualifications typiques
Expert cybersécurité	M1802 – Expertise et support en systèmes d'information	2529 – ICT professionals n.e.c.	ICT security technician	Sécurité systèmes/ réseaux, audits, cryptographie, gestion d'incidents, conformité	Master cybersécurité / informatique ; certifications CISSP, CEH, CISM, CompTIA Security+
Data analyst	M1403 – Études et prospectives socio-économiques	2120 – Mathematicians, actuaries and statisticians	Data analyst	Analyse statistique, SQL, Python/R, visualisation, préparation de données	Licence / Master Statistiques, Informatique ; décisionnelle ; certifications Google Data Analytics, Microsoft Data Analyst
Data scientist / IA	M1403 – Études et prospectives socio-économiques	2120 / 2529 selon l'approche	Data scientist	Machine learning, NLP, modélisation statistique, Python (Pandas/Scikit), big data	Master / PhD Data Science ; certifications TensorFlow, Microsoft AI Engineer
Chef de projet IT / Digital	M1402 – Conseil en organisation et management	1330 – ICT service managers	ICT project manager	Gestion Agile/ Scrum, planification, gestion des risques, communication technique	Master IT / management ; certifications PMP, PRINCE2, Scrum Master
Technicien support informatique	M1802 – Expertise et support en systèmes d'information	3512 – ICT user support technicians	ICT user support technician	Diagnostic de pannes, support utilisateurs, installation logiciels et matériel	BTS / DUT informatique ; certifications CompTIA A+, ITIL

Cette première matrice de correspondance constitue le socle terminologique et classificatoire à partir duquel est construite l'analyse de l'offre de formation tunisienne présentée dans la section suivante.

La matrice suivante cartographie les principales familles de métiers numériques telles que définies par les classifications européennes (ESCO) et les met en correspondance avec les formations existantes en Tunisie, dans les deux composantes du système : l'enseignement supérieur (MESRS) et la formation professionnelle (ATFP/ISET). L'objectif de cette étape n'est pas d'évaluer la qualité des compétences ou de quantifier les écarts, mais d'établir un cadre de référence cohérent permettant d'identifier quelles filières tunisiennes préparent — intégralement ou partiellement

— aux exigences des métiers les plus demandés en Europe.

Cette correspondance constitue la base méthodologique de l'analyse comparative qui suit, dans la mesure où elle permet de situer précisément, pour chaque famille de métiers, les points de convergence et de divergence entre les contenus de formation déployés en Tunisie et les profils de compétences attendus sur le marché européen.

Métier TIC (ESCO)	Formations universitaires (MESRS)	Compétences enseignées - Université	Filières FP (ATFP)	Compétences enseignées - FP	Qualifications typiques
1. Développeur logiciel / Web	Licences informatique fondamentale/ appliquée (~32) ; cycles ingénieurs GL (~18) ; masters pro dev logiciel / SI (~45)	Algorithmique, structures de données, POO, bases de données, développement web initial, introduction aux frameworks, ingénierie logicielle, UML	BTS Développement Web ; BTS Programmation ; BTS SI (ISET + centres TIC)	HTML/CSS/JS, PHP/SQL, applications CRUD, outils IDE, installation d'environnements	Licence / Master informatique, génie logiciel ; certifications Java, AWS Developer, Azure Developer
2. Ingénieur DevOps / Cloud	Licences appliquées réseaux / IoT / cloud ; cycles ingénieurs télécoms & réseaux ; masters cloud / DevOps / IoT	Linux avancé, administration réseaux, virtualisation, services réseaux, scripting de base, introduction aux systèmes distribués	BTS Réseaux ; BTS Systèmes ; BTS IoT / télécoms	Installation de serveurs, dépannage, configuration LAN/WAN, virtualisation basique	Ingénieur / Master ; certifications AWS Architect, Azure DevOps, Kubernetes CKA/CKAD
3. Data Scientist / Analyste IA	Licences informatique fondamentale ; masters IA / systèmes intelligents / Big Data (~65) ; cycles ingénieurs ENSI / INSAT / ENICarthage	Statistiques et probabilités, Python scientifique (Pandas/ Numpy), machine learning, data mining, fondements du deep learning, modélisation	Aucune filière FP structurée	—	Licence pro / Ingénieur réseaux ; certifications CCNA, CompTIA Network+, RHCSA
4. Data Engineer / Big Data	Masters SI / décisionnel ; masters data mining ; masters analytics / Big Data ; masters systèmes distribués	SQL avancé, data modeling, Python, ETL de base, introduction au big data	Aucune filière FP spécialisée	Bases réseaux et systèmes, quelques notions SQL	
5. Expert cybersécurité	Licences appliquées réseaux & sécurité ; cycles ingénieurs télécoms / sécurité ; masters cybersécurité / audit IT / SSI	Sécurité réseaux, cryptographie de base, protocoles sécurisés, audit SI, analyse de vulnérabilités	BTS Réseaux ; BTS Maintenance SI ; parcours sécurité centres télécoms	Administration systèmes sécurisés, configuration réseau sécurisée, gestion des accès de base	
6. Architecte Cloud / Systèmes	Cycles ingénieurs informatique / réseaux / télécoms ; masters cloud / systèmes distribués / IoT ; masters sécurité & infrastructures	Architectures systèmes, réseaux avancés, virtualisation, systèmes distribués, sécurité des infrastructures	BTS Réseaux ; BTS Systèmes ; BTS Cloud/IoT (selon centres)	Déploiement de systèmes, virtualisation locale, administration de serveurs on-premise	
7. Chef de projet IT / Digital	Masters pro SI ; masters transformation digitale ; masters innovation ; masters génie logiciel	Gestion de projet (cycle en V), analyse des besoins, élaboration de spécifications, initiation à l'agilité / SCRUM	Aucune filière FP équivalente (niveau managérial)	—	

8. Technicien réseaux & télécoms	Licences appliquées réseaux / sécurité / IoT / télécoms ; cycles ingénieurs télécoms ; masters réseaux avancés	TCP/IP, routage et commutation, services réseau, télécommunications, sécurité réseau basique	BTS Réseaux ; BTP Télécoms ; BTS Industrielle ; parcours centres télécoms	Câblage, installation et support, configuration réseau, dépannage terrain
---	--	--	---	---

La comparaison systématique des contenus de formation avec les exigences des référentiels européens permet d'identifier les configurations d'écart qui font l'objet de la section suivante.

7.4 Matrice de correspondance entre les métiers TIC européens et l'offre de formation tunisienne : Cadre méthodologique de l'analyse

La matrice ci-dessous synthétise les écarts entre les compétences requises par les principaux métiers TIC demandés sur le marché européen — tels que définis par les référentiels ESCO et ISCO-08 — et les compétences effectivement développées dans les deux composantes du système tunisien de formation : l'enseignement supérieur (universités et écoles d'ingénieurs) et la formation professionnelle (ATFP/ISET). Elle constitue l'instrument central d'évaluation du positionnement comparatif du vivier tunisien.

La construction de cette matrice repose sur un croisement systématique de quatre sources : les référentiels de compétences associés aux occupations ESCO ; le contenu réel des parcours tunisiens (licences, masters, ingénierie, BTS/BTP) ; les pratiques industrielles requises en Europe dans les domaines DevOps, cloud, IA appliquée, Big Data et cybersécurité opérationnelle ; et les retours des acteurs sectoriels. Sur cette base, un score d'écart a été attribué à chaque métier selon une échelle de 1 à 5, où 1 correspond à un très faible écart (compétences largement alignées) et 5 à un déficit maximal (compétences techniques absentes ou très insuffisantes). L'évaluation distingue systématiquement les deux composantes du système de formation afin de rendre compte de leurs positionnements spécifiques.

Métier TIC	Gap Université (/5)	Description du gap - Université	Gap FP (/5)	Description du gap - FP	Qualifications typiques
1. Développeur logiciel / Web	2,5	Socle solide (algorithmique, POO, BDD, Java/Python), mais exposition insuffisante aux frameworks modernes (React, Angular, Vue), aux pratiques DevOps, aux tests automatisés et à la CI/CD.	4	Maîtrise centrée sur HTML/CSS/PHP/SQL ; absence de frameworks modernes, CI/CD, Git avancé, testing et architectures web. Écart structurel.	Licence / Master informatique, génie logiciel ; certifications Java, AWS Developer, Azure Developer
2. Ingénieur DevOps / Cloud	4,5	Compétences de base en réseaux, Linux et virtualisation présentes, mais absence quasi totale de Docker/Kubernetes, pipelines CI/CD, Terraform et services cloud (AWS/Azure/GCP).	5	FP centrée sur réseau et maintenance ; aucune exposition aux technologies cloud, DevOps ou infrastructure as code. Déficit maximal.	Ingénieur / Master ; certifications AWS Architect, Azure DevOps, Kubernetes CKA/CKAD

Métier TIC	Gap Université (/5)	Description du gap - Université	Gap FP (/5)	Description du gap - FP	Qualifications typiques
3. Data Scientist / IA	3	Théorie solide (statistiques, ML, optimisation, Python), mais absence de pratique industrielle : MLOps, GPU computing, data engineering et outils de déploiement (TensorFlow, SageMaker, Spark ML).	5	La FP n'est pas positionnée sur les métiers IA/Data en raison des prérequis mathématiques requis. Écart total.	Licence pro / Ingénieur réseaux ; certifications CCNA, CompTIA Network+, RHCSA
4. Data Engineer / Big Data	3,5	Bonnes bases SQL/ETL/data modeling/Python, mais absence de Spark, Hadoop, Kafka et outils cloud data (Snowflake, Databricks).	5	Aucun parcours FP Big Data. Écart maximal.	
5. Expert cybersécurité	3,5	Fondamentaux solides (réseaux, protocoles, sécurité), mais lacunes en pentesting avancé, forensique numérique, SOC et outils SIEM/Kali/ Metasploit.	4	Couverture limitée aux configurations sécurisées ; absence de pratique offensive ou de fonctions SOC.	
6. Architecte Cloud / Systèmes	4	Bons acquis conceptuels (réseaux, systèmes), mais absence de formation sur le multi-cloud, FinOps, Terraform/Ansible et orchestration avancée.	5	FP orientée maintenance et installation ; aucune compétence de conception architecturale.	
7. Chef de projet IT / Digital	2,5	Base correcte en gestion classique (cycle en V), mais pratique agile insuffisante, absence de certifications (Scrum, PMP) et exposition trop limitée aux contextes professionnels réels.	5	La FP ne forme pas aux métiers de management. Écart total.	
8. Technicien réseaux & télécoms	1	Très bonne couverture (ISET/licences appliquées) : TCP/IP, routage, services réseau. Métier le mieux aligné du système.	3	Forte en câblage, dépannage et installation, mais insuffisante en SDN, virtualisation réseau et cloud networking.	

7.5 Lecture transversale : enseignements structurels de la heatmap

La heatmap révèle un système tunisien de formation techniquement solide mais verticalement déséquilibré : la couverture des fondamentaux informatiques est satisfaisante, mais un déficit marqué affecte les technologies récentes, les pratiques industrielles, l'automatisation et les environnements cloud natifs. Trois constats structurants se dégagent de cette analyse.

L'enseignement supérieur tunisien forme de nombreux diplômés à un bon niveau conceptuel — mathématiques, informatique, réseaux — avec une spécialisation notable en ingénierie logicielle, télécommunications et IA théorique. Cependant, l'exposition aux environnements industriels européens demeure insuffisante : DevOps, cloud public, MLOps, Big Data distribué et centres opérationnels de sécurité (SOC) sont peu ou pas représentés dans les curricula.

La formation professionnelle présente une expertise reconnue sur les métiers d'infrastructure classique — techniciens réseaux et télécoms, maintenance matérielle, câblage, systèmes on-premise — mais une absence quasi totale des technologies émergentes : cloud, automatisation, data engineering et cybersécurité offensive. Ce positionnement, pertinent pour les besoins du marché intérieur, s'avère insuffisant au regard des exigences du marché européen.

Les métiers émergents — Cloud/DevOps, Data engineering, cybersécurité avancée — concentrent les écarts les plus critiques, et constituent précisément les profils dont la demande européenne est la plus dynamique. Le défi du système tunisien n'est donc pas quantitatif — le volume de diplômés est conséquent — mais qualitatif : il porte sur la profondeur technologique et l'industrialisation des compétences.

Ces trois constats délimitent le périmètre stratégique des recommandations développées dans les chapitres suivants.

7.6 Analyse des écarts par famille de métiers

7.6.1 Développeur logiciel / Web (Gap Université : 2,5 | Gap FP : 4)

La Tunisie dispose d'un vivier important de développeurs dotés d'une solide base théorique, mais insuffisamment exposés aux frameworks modernes, aux pratiques DevOps et CI/CD, aux pipelines GitLab et aux architectures microservices. La FP reste technologiquement datée, centrée sur des outils peu représentés dans les offres d'emploi européennes. Le risque stratégique réside dans un positionnement cantonné au profil « junior à bonne base théorique », alors que le marché européen exige des profils opérationnels de niveau intermédiaire autonome.

7.6.2 Ingénieur DevOps / Cloud (Gap Université : 4,5 | Gap FP : 5)

Ce métier concentre le déficit le plus sévère de l'ensemble du système. Alors que les entreprises européennes exigent une maîtrise de Kubernetes, Docker, AWS/GCP/Azure, Terraform/Ansible et des outils d'observabilité (Prometheus, Grafana) et de CI/CD (GitHub Actions, GitLab CI), le système tunisien forme essentiellement des administrateurs système traditionnels. La FP reste ancrée dans la maintenance locale et ne dispose d'aucune exposition au cloud. Cet écart est structurel et constitue la priorité d'action la plus urgente.

7.6.3 Data Scientist / IA (Gap Université : 3 | Gap FP : 5)

L'enseignement supérieur offre d'excellents fondements mathématiques et algorithmiques ainsi qu'un enseignement solide du machine learning théorique, mais sans pratique industrielle : MLOps, GPU computing, pipelines de données et outils de déploiement (TensorFlow, SageMaker, Spark ML) sont absents des cursus. La FP n'est pas positionnée sur ce métier en raison des prérequis mathématiques élevés. Le vivier tunisien présente ainsi un profil adapté à la R&D, mais insuffisamment préparé pour la production industrielle.

7.6.4 Data Engineer / Big Data (Gap Université : 3,5 | Gap FP : 5)

Les bases SQL, ETL, data modeling et Python sont présentes à l'université, mais les technologies de traitement distribué — Spark, Hadoop, Kafka — et les plateformes cloud data (Snowflake, Databricks) sont absentes des curricula. La FP ne dispose d'aucun parcours dédié à ces métiers. Ce déficit expose le vivier tunisien à une marginalisation sur les métiers data de production, parmi les plus demandés en Europe.

7.6.5 Expert cybersécurité (Gap Université : 3,5 | Gap FP : 4)

Les fondamentaux théoriques sont bien établis, mais les compétences pratiques avancées — pentesting, forensique numérique, SOC, outils SIEM et frameworks offensifs (Kali, Metasploit) — restent peu développées. La FP couvre la sécurité opérationnelle de base mais pas la cybersécurité défensive ou offensive avancée. Le système forme des analystes de sécurité de premier niveau, mais peu d'experts, et la dimension security by design est quasi absente des cursus.

7.6.6 Architecte Cloud / Systèmes (Gap Université : 4 | Gap FP : 5)

Ce métier de niveau senior exige une maîtrise du multi-cloud, de FinOps, de l'orchestration avancée et de l'optimisation des infrastructures. Si l'université offre de bons acquis conceptuels, aucune industrialisation de ces savoirs n'est assurée. La FP est très éloignée de ces exigences. Ce profil, crucial pour les besoins européens, ne dispose pas d'un vivier tunisien suffisant.

7.6.7 Chef de projet IT / Digital (Gap Université : 2,5 | Gap FP : 5)

L'université transmet une base en gestion classique de projet, mais la pratique agile en contexte réel, les certifications reconnues (Scrum Master, PMP, PRINCE2) et l'exposition aux environnements professionnels sont insuffisantes. La FP n'est pas positionnée sur ce métier à dimension managériale, dont les exigences dépassent le périmètre de la formation professionnelle initiale.

7.6.8 Technicien réseaux & télécoms (Gap Université : 1 | Gap FP : 3)

Il s'agit du métier le mieux couvert par le système tunisien, aussi bien par les ISET que par l'ATFP. Le niveau pratique est élevé et l'employabilité internationale est avérée. Le seul déficit notable

concerne les technologies émergentes — SDN, virtualisation réseau, automatisation réseau — dont l'absence expose progressivement ce profil à un déclassement face à l'automatisation croissante des infrastructures en Europe.

7.7 Analyse consolidée : trois configurations structurelles

L'analyse consolidée de la heatmap fait apparaître trois configurations distinctes, structurées selon le degré de couverture du système tunisien et leur adéquation avec la demande européenne de compétences TIC.

Les métiers d'infrastructure classique — techniciens réseaux, administrateurs systèmes — sont bien couverts. Ils correspondent au cœur historique de compétences du système tunisien et présentent une employabilité internationale avérée, sous réserve d'une mise à niveau sur les technologies d'automatisation et de virtualisation avancée.

Les métiers du développement logiciel et de la gestion de projet présentent une couverture moyenne. Le socle conceptuel est présent mais insuffisamment modernisé et ancré dans les pratiques industrielles actuelles. Des interventions ciblées — intégration de stages en milieu industriel européen, certifications professionnelles, mise à jour des curricula — permettraient d'améliorer significativement l'alignement de ces profils.

Les métiers émergents — DevOps/Cloud, Data Engineering, Data Science appliquée, cybersécurité avancée — présentent les déficits les plus critiques. Ce sont précisément ces profils que le marché européen sollicite avec le plus d'intensité, et sur lesquels les deux composantes du système tunisien sont les moins alignées. Ce constat délimite le périmètre prioritaire des recommandations stratégiques développées dans les chapitres suivants.

La convergence de ces trois configurations confirme que le principal défi du système tunisien est qualitatif : il ne porte pas sur le volume de diplômés, mais sur la profondeur technologique, l'industrialisation des compétences et la capacité à former des profils opérationnels immédiatement mobilisables sur le marché européen.

► Compétences TIC : Aligner la Tunisie sur les Standards Européens

CONTEXTE

- Analyse des référentiels pour l'employabilité internationale des talents tunisiens.
- Solide base théorique mais écarts critiques sur les technologies émergentes (Cloud, DevOps).



L'ARCHITECTURE DES RÉFÉRENTIELS (Europe vs Tunisie)

Un langage commun pour la mobilité

L'articulation entre ESCO (Europe) et le RTMC (Tunisie) permet de traduire les compétences locales en standards internationaux.

Développeur logiciel

M1805 – Études et développement (RTMC)

M1802 – Expertise et support SI (RTMC)

Expert Cybersécurité

2512 – Software developers (ISCO-08)

2529 – ICT professionals n.e.c. (ISCO-08)

Complémentarité des outils européens

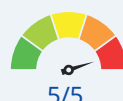
ISCO-08 : structure statistique

ESCO : compétences

EQF : niveaux de qualification

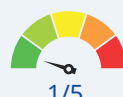
ANALYSE DES ÉCARTS (Heatmap des Compétences)

Écart maximal (5/5) en Cloud et DevOps



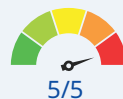
Absence quasi totale de maîtrise des outils industriels (Docker, Kubernetes, AWS/Azure) malgré des bases réseaux solides.

Le point fort : Technicien Réseaux



Le profil le mieux aligné, garantissant une employabilité immédiate.

Déficit d'industrialisation des compétences



Le système tunisien privilégie la théorie académique au détriment des pratiques industrielles (Agilité, CI/CD, MLOps).

Synthèse des écarts

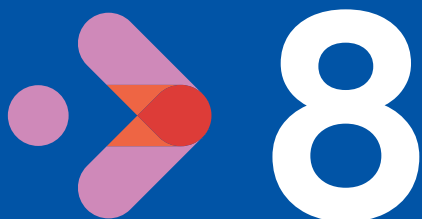
Domaine	Gap Université	Gap Formation Pro
► Réseaux & Télécoms	1/5	3/5
► Développeur Web	2,5/5	4/5
► Cloud & DevOps	4,5/5	5/5

Référentiels européens mobilisés



► ESCO
► ISCO-08
► EQF

Ces référentiels constituent le cadre européen de reconnaissance des compétences et des qualifications, facilitant la mobilité professionnelle internationale et l'alignement des formations tunisiennes sur les besoins du marché européen.



Chapitre 8 : Architecture du dispositif de veille²¹¹

²¹¹ L'annexe 1 articule en détail l'architecture du dispositif de veille stratégique

8.1 Transformation numérique et tensions structurelles sur les marchés européens

L'accélération de la transformation numérique engendre des déséquilibres structurels persistants sur les marchés européens du travail dans le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC). L'émergence simultanée de plusieurs vagues technologiques majeures — intelligence artificielle, architectures cloud natives, cybersécurité avancée, ingénierie des données à grande échelle — génère une demande en compétences dont le rythme d'expansion excède la capacité d'adaptation des systèmes nationaux de formation. Les projections du CEDEFOP et d'Eurostat documentent des pénuries structurelles affectant la majorité des États membres, particulièrement prononcées dans les domaines du cloud computing, de la data science et de la cybersécurité opérationnelle.

Cette tension fondamentale entre l'intensité de la demande et l'inadéquation de l'offre constitue un défi de souveraineté technologique pour l'Union européenne, qui peine à former localement des volumes suffisants de profils opérationnels dans des délais compatibles avec la dynamique d'innovation. Les taux de croissance de la demande pour certains métiers TIC atteignent des niveaux exceptionnels : l'ingénierie cloud affiche des progressions annuelles de 15 à 20 % sur les marchés français et belge, tandis que l'Allemagne enregistre des croissances de 32 à 42 % pour les métiers de la data science et du DevOps. Ces dynamiques créent des conditions structurellement favorables à l'intégration de compétences qualifiées d'origine internationale, dès lors que celles-ci satisfont aux exigences opérationnelles des recruteurs européens.

8.2 Enjeu d'alignement international des compétences et opportunité stratégique tunisienne

Pour la Tunisie, ces déséquilibres européens représentent une opportunité stratégique dont l'exploitation effective conditionne la valorisation internationale du capital humain qualifié national. Le système tunisien de formation en TIC produit annuellement un volume significatif de diplômés dont le positionnement sur les marchés européens demeure largement sous-

optimal, non en raison d'un déficit de formation théorique — les enquêtes employeurs et les analyses comparatives confirment la solidité du socle académique tunisien —, mais en raison d'un écart opérationnel entre la maîtrise conceptuelle et la capacité de déploiement en environnement industriel. Combler cet écart constitue l'enjeu central du présent dispositif.

L'alignement proactif de l'offre tunisienne de formation sur les besoins européens poursuit deux finalités complémentaires. D'une part, il vise à valoriser le capital humain qualifié en accroissant l'employabilité internationale effective des diplômés dans les métiers à fort potentiel. D'autre part, il contribue à consolider l'intégration économique euro-méditerranéenne en positionnant la Tunisie comme vivier de compétences numériques aligné sur les standards européens, créant ainsi les conditions d'une coopération bilatérale durable et mutuellement bénéfique en matière de mobilité qualifiée. Cette double finalité justifie la construction d'un dispositif de veille analytiquement rigoureux, institutionnellement ancré et opérationnellement actionnable.

8.3 Positionnement Tunisie-Europe : périmètre et logique d'analyse

Le présent dispositif articule deux ensembles géographiques distincts : cinq marchés européens cibles — France, Allemagne, Belgique, Italie et Luxembourg — et le système tunisien de formation en TIC, tel que structuré par le Répertoire Tunisien des Métiers et des Compétences (RTMC), les programmes de l'enseignement supérieur relevant du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS) et les formations professionnelles de l'Agence Tunisienne de la Formation Professionnelle (ATFP). La sélection de ces cinq marchés répond à des critères complémentaires : importance de la diaspora tunisienne qualifiée, intensité de la demande TIC documentée par les sources officielles, accessibilité institutionnelle et linguistique, et pertinence stratégique pour les politiques bilatérales de mobilité.

L'axe analytique central repose sur la comparaison systématique entre la demande européenne en compétences TIC, opérationnalisée via le référentiel ESCO, et l'offre tunisienne de

formation, caractérisée via le RTMC et les contenus de programmes. Cette lecture croisée permet de produire, pour chacun des cinq marchés et chacun des huit métiers prioritaires, un diagnostic différencié des forces, des lacunes et des opportunités du capital humain tunisien, fondant une intelligence stratégique comparative directement mobilisable pour orienter les politiques de formation, de certification et d'accompagnement à la mobilité.

8.4 Cadre conceptuel et fondements méthodologiques

8.4.1 Logique de skills anticipation et alignement aux référentiels internationaux

Le dispositif s'inscrit dans la logique des systèmes d'anticipation et d'appariement des compétences (Skills Anticipation and Matching Systems, SAMS) tels que promus par l'Organisation Internationale du Travail, qui préconisent une surveillance continue du marché du travail, l'élaboration d'indicateurs d'écart compétences-emploi et la construction de tableaux de bord pour soutenir la gouvernance des compétences. Il intègre également les principes du cadre Getting Skills Right de l'OCDE, centré sur l'évaluation et l'anticipation des besoins (skills assessment), l'identification des déséquilibres (mismatch indicators) et l'élaboration d'indicateurs composites à destination des décideurs. Le CEDEFOP contribue la méthodologie de skills intelligence, notamment les approches du Skills Panorama et les systèmes d'alerte précoce pour la détection des désalignements formation-marché.

Cette conformité aux standards internationaux remplit deux fonctions analytiques complémentaires. Elle garantit la comparabilité des résultats avec d'autres systèmes nationaux ayant fait l'objet d'analyses similaires, permettant un positionnement de la Tunisie dans un espace de référence européen éprouvé. Elle assure également la crédibilité institutionnelle du dispositif auprès des partenaires bilatéraux européens et des bailleurs internationaux, le cadre méthodologique étant reconnu et mobilisé par les institutions de référence du champ.

8.4.2 Hypothèses analytiques structurantes

Le dispositif repose sur quatre hypothèses

analytiques explicites qui en délimitent la portée et en conditionnent l'interprétation. Premièrement, il postule que les référentiels ESCO et RTMC constituent des bases de comparaison suffisamment robustes et actualisées pour fonder les indicateurs d'alignement, sous réserve d'une mise à jour annuelle garantissant leur pertinence face à l'évolution technologique. Deuxièmement, il suppose que les compétences identifiées comme critiques sur les marchés européens par les sources officielles (Eurostat, CEDEFOP, EURES) sont représentatives des besoins effectifs des employeurs, en l'absence d'enquêtes micro-économiques systématiques auprès des recruteurs. Troisièmement, il admet que le Potentiel Migratoire Composite, bien que construit à partir de données agrégées et de scores normalisés, constitue une approximation valide de la probabilité d'insertion internationale effective, sous condition de validation empirique périodique. Quatrièmement, il assume que la stabilité des pondérations retenues dans les formules composites est suffisante pour des analyses à court et moyen terme, tout en reconnaissant la nécessité d'une révision des poids en fonction des évolutions contextuelles.

8.4.3 Limites méthodologiques explicites

Quatre catégories de limites doivent être explicitement documentées pour assurer la transparence analytique du dispositif. En matière de données, l'accès à des informations micro-économiques détaillées sur les besoins individuels des employeurs demeure insuffisant ; les données sur les flux de mobilité effective des diplômés tunisiens restent incomplètes et partiellement déclaratives. Sur le plan du périmètre, la restriction au secteur TIC et à cinq marchés européens ne permet pas de généralisation à d'autres secteurs ou géographies, contrairement aux approches multi-sectorielles préconisées par l'OIT et l'OCDE. Concernant les projections, la composante prospective repose sur des projections linéaires et des indices synthétiques sans recours à des scénarios alternatifs intégrant les chocs technologiques ou réglementaires, ce qui limite la robustesse des anticipations à long terme. Enfin, la participation des parties prenantes — entreprises, syndicats, institutions de formation — dans la validation continue des indicateurs demeure insuffisante pour assurer une légitimité empirique pleine, bien que des enquêtes primaires et des focus groupes aient été intégrés à la démarche initiale.

8.5 Périmètre analytique: métiers et pays cibles

Le périmètre d'analyse est délibérément circonscrit afin de garantir la cohérence comparative et la profondeur analytique du dispositif. Huit métiers TIC ont été identifiés comme structurants de la demande européenne à partir des cinq marchés retenus : développeur logiciel/web, data scientist/analyste IA, administrateur systèmes et réseaux, expert en cybersécurité, chef de projet TIC, ingénieur DevOps/cloud, data engineer/big data et architecte cloud/systèmes. Cette sélection repose sur trois critères complémentaires : contribution structurante à l'économie numérique européenne documentée par Eurostat et le CEDEFOP, potentiel de croissance de la demande mesuré sur une période de cinq ans, et pertinence au regard du vivier de diplômés tunisiens en TIC. Ces huit métiers constituent le référentiel central du dispositif et sont analysés de manière homogène pour l'ensemble des cinq marchés cibles, permettant une comparaison internationale rigoureuse.

8.6 Matrice de correspondance ESCO-RTMC

La matrice de correspondance constitue l'infrastructure analytique fondamentale du dispositif. Elle met en regard, pour chacun des huit métiers, les compétences requises telles que définies par le référentiel ESCO — standard européen de classification des professions, compétences et qualifications — avec les compétences effectivement enseignées dans le système tunisien, documentées via le RTMC et les contenus de programmes du MESRS et de l'ATFP. Ce travail systématique de croisement permet d'identifier quatre catégories de compétences : les compétences maîtrisées satisfaisant aux exigences ESCO, les compétences absentes non enseignées dans le système tunisien, les compétences partiellement couvertes nécessitant un approfondissement, et les compétences émergentes dont l'importance croissante dans les référentiels européens n'est pas encore reflétée dans l'offre tunisienne.

La validité analytique du dispositif repose intégralement sur la robustesse de cette matrice, qui conditionne la précision des indicateurs d'alignement et la fiabilité des diagnostics stratégiques. Sa mise à jour annuelle constitue dès lors une exigence méthodologique non

négociable, garantissant que les analyses reflètent l'état effectif des compétences requises sur des marchés en évolution rapide plutôt que des référentiels obsolètes.

8.7 Construction des indicateurs d'alignement

Les indicateurs d'alignement structurel quantifient la correspondance entre les compétences acquises dans le système tunisien de formation et celles requises sur les marchés européens. Leur élaboration à partir de la matrice de correspondance suit une logique progressive : le Taux de Couverture (CR_0) mesure la proportion de compétences ESCO effectivement enseignées, l'Indice d'Écart (GI_0) pondère les lacunes par leur criticité stratégique, l'Indice de Mobilité et de Rétention (MR_0) évalue la dynamique effective de circulation des talents, et l'Indice Global d'Alignement (IGA_0) agrège ces trois dimensions en un score synthétique.

Ces indicateurs répondent à quatre critères de validité systématiquement vérifiés : la pertinence, définie comme le lien direct avec un enjeu de veille identifié ; la mesurabilité, fondée sur des données disponibles ou collectables dans des délais opérationnels ; la régularité de mise à jour, garantissant la fiabilité temporelle de l'information ; et l'actionnabilité, correspondant à la capacité à fonder des recommandations concrètes et réalisables par les décideurs institutionnels.

8.8 Indicateurs opérationnels: architecture quadripartite

Le dispositif opérationnel constitue le volet dynamique de la veille, inspiré des systèmes européens de labour market intelligence. Son architecture repose sur quatre axes complémentaires couvrant l'ensemble du cycle formation-emploi-mobilité. L'Axe 1 (Veille marché) surveille les dynamiques de la demande en compétences TIC sur les marchés européens cibles, mobilisant des indicateurs de croissance de la demande par métier, d'émergence technologique et de tension du marché. L'Axe 2 (Veille formation) évalue la capacité quantitative et qualitative du système tunisien à répondre aux besoins identifiés, en suivant la production de diplômés, les taux de couverture curriculaire et l'insertion professionnelle. L'Axe 3 (Veille écarts) articule les observations des axes 1 et 2 pour

produire un diagnostic structurel quantifiant les déficits et hiérarchisant les urgences pédagogiques. L'Axe 4 (Veille mobilité) suit la

circulation internationale des diplômés et leur insertion effective sur les marchés européens.

Axe de veille	Indicateurs mobilisés	Fonction stratégique	Sources de données
Axe 1 – Marché	GI ₀ , MR ₀	Calcul du gap demande-offre ; mesure de la mobilité externe	Eurostat, CEDEFOP Skills Panorama, LinkedIn Insights, Indeed Analytics
Axe 2 – Formation	CR ₀	Mesure du taux de couverture curriculaire par métier	MESRS, ATPF, données établissements (ENSI, ENIT, SUP'COM, ISET)
Axe 3 – Écarts	CR ₀ , GI ₀ , IGA ₀	Calcul de l'alignement global ; hiérarchisation des priorités	Croisement indicateurs structurels et opérationnels
Axe 4 – Mobilité	MR ₀ , IGA ₀	Mesure de la rétention ; ajustement des politiques de mobilité	ONM, enquêtes alumni, réseaux diaspora, EURES

8.9 Intégration systémique des deux familles d'indicateurs

L'articulation entre indicateurs d'alignement et indicateurs opérationnels constitue le pivot analytique du dispositif. Les premiers fournissent une vision statique des capacités structurelles du système de formation tunisien ; les seconds décrivent la dynamique des marchés européens, leurs tensions et leurs évolutions sectorielles. Leur croisement systématique génère quatre types de résultats analytiques : l'évaluation de l'adéquation réelle entre compétences disponibles et besoins exprimés, l'identification des écarts à combler par ordre de priorité stratégique, le repérage des niches de compétitivité où le positionnement tunisien est structurellement favorable, et la production d'analyses différenciées par métier et par pays permettant une hiérarchisation opérationnelle des interventions publiques.

8.10 Formalisation scientifique des indicateurs d'alignement

8.10.1 Taux de couverture des compétences (CR₀)

Le taux de couverture mesure la conformité

curriculaire en évaluant la proportion de compétences ESCO effectivement enseignées dans les cursus tunisiens pour un métier donné :

$$CR_0 = (N_{\text{competences_couvertes}} / N_{\text{competences_ESCO_totales}}) \times 100$$

Où $N_{\text{competences_couvertes}}$ désigne le nombre de compétences ESCO présentes dans les programmes tunisiens (MESRS et formation professionnelle ATPF), et $N_{\text{competences_ESCO_totales}}$ le nombre total de compétences requises selon le référentiel pour le métier considéré. Le CEDEFOP recommande un seuil minimal de 65 % pour considérer qu'un système national répond aux standards européens ; un score inférieur à 50 % indique une nécessité de révision curriculaire prioritaire. Cet indicateur fournit un signal actionnable pour piloter les réformes pédagogiques et orienter les décisions de coopération en matière de reconnaissance des diplômes.

8.10.2 Indice d'écart pondéré par criticité (GI₀)

L'indice d'écart dépasse le simple décompte en pondérant les compétences manquantes par leur criticité stratégique sur le marché, conformément aux méthodologies du CEDEFOP:

$$GI_0 = \frac{\sum(\text{criticité}_i \times \text{compétence_manquante}_i)}{\sum(\text{criticité}_i \times \text{compétence_totale}_i)}$$

Un GI_0 supérieur à 0,60 révèle un déficit structurel majeur nécessitant des investissements curriculaires urgents, tandis qu'un GI_0 inférieur à 0,30 indique une offre adéquate. Il permet d'identifier les métiers sous forte tension et de hiérarchiser les priorités d'intervention en se concentrant sur les lacunes les plus pénalisantes pour l'employabilité internationale. La pondération par criticité constitue l'apport analytique central par rapport à une mesure de couverture brute, en distinguant les compétences essentielles — dont l'absence est rédhibitoire pour l'embauche — des compétences complémentaires moins déterminantes.

8.10.3 Indice de mobilité et de rétention (MR_0)

L'indice de mobilité et de rétention mesure la dynamique effective de circulation des talents en estimant la part des diplômés demeurant en Tunisie :

$$MR_0 = 1 - (N_{\text{diplômés_résidant_à_l'étranger}} / N_{\text{total_diplômés}})$$

Un MR_0 inférieur à 0,40 signale une forte émigration pouvant indiquer un déficit d'attractivité du marché domestique ou une inadéquation entre les compétences produites et les besoins locaux ; un score supérieur à 0,70 indique une rétention importante. Cet indicateur évalue l'efficacité des politiques nationales de rétention des talents et l'attractivité relative du marché du travail tunisien, informant les politiques d'équilibrage entre ouverture à la mobilité internationale et préservation du capital humain stratégique national.

8.10.4 Indice global d'alignement (IGA_0)

L'indice global d'alignement agrège les trois métriques précédentes en un score synthétique évaluant la performance globale du système de formation pour un métier donné :

$$IGA_0 = (CR_0 \times w_1 + (1 - GI_0) \times w_2 + MR_0 \times w_3) / (w_1 + w_2 + w_3)$$

où w_1 , w_2 , w_3 sont des pondérations reflétant les priorités stratégiques nationales. Une configuration de référence est $w_1 = 0,40$, $w_2 = 0,35$, $w_3 = 0,25$, accordant la primauté à la couverture curriculaire tout en intégrant les dimensions

d'écart et de rétention. Le cadre Getting Skills Right de l'OCDE recommande un IGA_0 supérieur ou égal à 0,70 pour considérer qu'un système atteint un niveau d'alignement satisfaisant avec les standards européens. La flexibilité de l'indicateur permet d'adapter les pondérations aux priorités politiques contextuelles, tandis que sa nature composite en fait un outil de benchmarking international et de suivi temporel des performances.

8.10.5 Critères de validité des indicateurs

L'ensemble des indicateurs retenus satisfait quatre critères de validité systématiquement vérifiés. La pertinence est assurée par l'ancrage direct de chaque indicateur dans un enjeu de politique de formation ou de mobilité identifié. La mesurabilité repose sur des données effectivement disponibles ou collectables via les sources institutionnelles référencées (MESRS, ATPF, INS, Eurostat, CEDEFOP, EURES). La régularité de mise à jour est garantie par la définition de périodicités de collecte standardisées (annuelle pour les indicateurs de formation, trimestrielle à semestrielle pour les indicateurs de marché). L'actionnabilité est vérifiée par la capacité de chaque indicateur à fonder des recommandations concrètes et réalisables, incluant des seuils d'alerte déclenchant des actions prédéfinies.

8.11 Calcul du Potentiel Migratoire Composite (PMC)

8.11.1 Justification théorique et positionnement dans la littérature

Le Potentiel Migratoire Composite (PMC) constitue l'innovation méthodologique centrale du dispositif. Cet indice prédictif quantifie la probabilité de migration qualifiée d'un diplômé tunisien en TIC vers un marché européen donné, en agrégeant quatre dimensions structurantes influençant la mobilité professionnelle. Son positionnement dans la littérature des indicateurs de mobilité qualifiée se distingue de deux approches concurrentes. Le Migration Pressure Index (MPI) agrège des variables macroéconomiques pour quantifier les facteurs d'émigration (push-oriented), sans différenciation par niveau de qualification. Les Talent Attractiveness Indexes (TAI) développés par l'OCDE évaluent la capacité des pays de destination à attirer les talents (pull-oriented), mais négligent l'adéquation précise entre l'offre

de compétences disponible et les besoins sectoriels spécifiques.

Le PMC se distingue par une logique intégrée et bilatérale. Contrairement au MPI, il identifie des opportunités de mobilité qualifiée ciblée par métier. Contrairement aux TAI, il ne classe pas les pays selon leur attractivité générale mais permet une priorisation par métier et par pays partenaire, fondée sur l'alignement entre systèmes de formation, demande sectorielle et faisabilité institutionnelle. Cette double différenciation — par métier et par pays — constitue la valeur analytique ajoutée centrale du PMC pour l'orientation des politiques publiques.

8.11.2 Formalisation des quatre sous-indices²¹²

8.11.2.1 Dimension Pull : attractivité du marché de destination

Cette dimension mesure l'attrait objectif du marché étranger pour un métier donné, en combinant le volume d'offres disponibles (V), le taux de croissance de l'emploi (G) et le salaire médian relatif (S) :

$$\text{Pull} = w1 \times \text{norm}(V) + w2 \times \text{norm}(G) + w3 \times \text{norm}(S)$$

$$\text{Pull} = 0,50 \times \text{norm}(V) + 0,30 \times \text{norm}(G) + 0,20 \times \text{norm}(S)$$

Un score Pull supérieur à 0,70 signale un marché dynamique et attractif ; un score inférieur à 0,40 indique une demande limitée. La pondération privilégie le volume d'offres (0,50) comme indicateur principal de l'intensité de la demande, complété par le taux de croissance (0,30) comme signal prospectif et le niveau salarial (0,20) comme facteur d'attractivité économique.

8.11.2.2 Dimension Supply Gap : écart entre l'offre tunisienne et la demande européenne

Cette dimension capture la pression migratoire liée aux déséquilibres entre l'offre locale et la demande étrangère, en intégrant le taux de pénurie européen (P) et la taille du vivier de diplômés tunisiens (T) :

$$\text{Supply Gap} = w1 \times \text{norm}(P) + (1-w1) \times (1 - \text{norm}(T))$$

$$\text{Supply Gap} = 0,70 \times \text{norm}(P) + 0,30 \times (1 - \text{norm}(T))$$

Un score Supply Gap supérieur à 0,60 indique une forte tension justifiant la mobilité internationale. La pondération dominante accordée au taux de pénurie européen (0,70) reflète l'importance analytique des déséquilibres du marché de destination dans la dynamique migratoire. Le terme $(1 - \text{norm}(T))$ intègre l'effet push d'un vivier tunisien abondant : une forte offre locale réduit la pression à la mobilité.

8.11.2.3 Dimension Feasibility : accessibilité réglementaire, institutionnelle et opérationnelle

Cette dimension évalue l'accessibilité concrète du marché cible en termes de barrières administratives, linguistiques et de reconnaissance, en combinant la reconnaissance des diplômes (R), les barrières linguistiques (L), la facilité administrative (A) et le salaire net rapporté au coût de la vie (W) :

$$\text{Feasibility} = w1 \times R + w2 \times (1 - L) + w3 \times A + w4 \times \text{norm}(W)$$

$$\text{Feasibility} = 0,35 \times R + 0,25 \times (1 - L) + 0,20 \times A + 0,20 \times \text{norm}(W)$$

Un score Feasibility supérieur à 0,60 signale un marché accessible ; un score inférieur à 0,40 révèle des obstacles significatifs. La pondération dominante accordée à la reconnaissance des diplômes (0,35) reflète le rôle critique de la validation institutionnelle des qualifications comme condition préalable à l'insertion professionnelle. Le terme $(1 - L)$ transforme la proportion de postes exigeant la maîtrise de la langue locale en score d'accessibilité linguistique.

8.11.2.4 Dimension Propensity : propension individuelle et professionnelle à la mobilité

Cette dimension capture les facteurs personnels et sociaux favorisant ou freinant la mobilité, en combinant la présence de réseaux diaspora (D), l'intention de mobilité déclarée (I) et les contraintes personnelles (C) :

$$\text{Propensity} = w1 \times D + w2 \times \text{norm}(I) + w3 \times (1 - C)$$

$$\text{Propensity} = 0,50 \times D + 0,40 \times \text{norm}(I) + 0,10 \times (1 - C)$$

Un score Propensity supérieur à 0,60 indique une forte prédisposition à la mobilité. La pondération dominante accordée aux réseaux diaspora (0,50)

212 Les pondérations attribuées aux indicateurs et sous-indices découlent d'un processus de benchmarking et de consultation structurée. La détermination initiale des poids repose sur une approche inspirée de la méthode DELPHI (consultations d'experts par tours successifs pour dégager un consensus anonyme), complétée par l'utilisation de l'outil Mentimeter pour recueillir l'avis du comité technique. Ces choix sont ensuite confrontés à la réalité du secteur via une enquête de terrain (format court auprès des diplômés et employeurs). Enfin, une analyse de sensibilité (test de variations de + ou -20% sur les poids) est effectuée pour garantir la robustesse de l'indice, permettant d'ajuster les pondérations finales suite aux dernières consultations de validation.

reflète le rôle empiriquement documenté des réseaux professionnels préexistants comme facilitateurs de la migration qualifiée, réduisant les coûts de transaction informationnels et administratifs de la mobilité internationale.

8.11.3 Agrégation finale et interprétation

L'agrégation des quatre dimensions produit le score PMC final par combinaison pondérée additive :

$$PMC = w1 \times Pull + w2 \times Supply\ Gap + w3 \times Feasibility + w4 \times Propensity$$

$$PMC = 0,30 \times Pull + 0,25 \times Supply\ Gap + 0,25 \times Feasibility + 0,20 \times Propensity$$

Le choix de la formulation additive pondérée, par opposition à une agrégation multiplicative, repose sur trois justifications méthodologiques. La formulation additive préserve la lisibilité analytique en permettant d'identifier la contribution relative de chaque dimension au score composite. Elle évite l'effet de multiplication caractéristique de la formulation multiplicative, dans laquelle une dimension très faible réduirait drastiquement le PMC même si les trois autres dimensions sont très favorables. Elle facilite enfin les analyses de sensibilité en permettant de modifier individuellement les pondérations sans reconfiguration de la structure globale de l'indice.

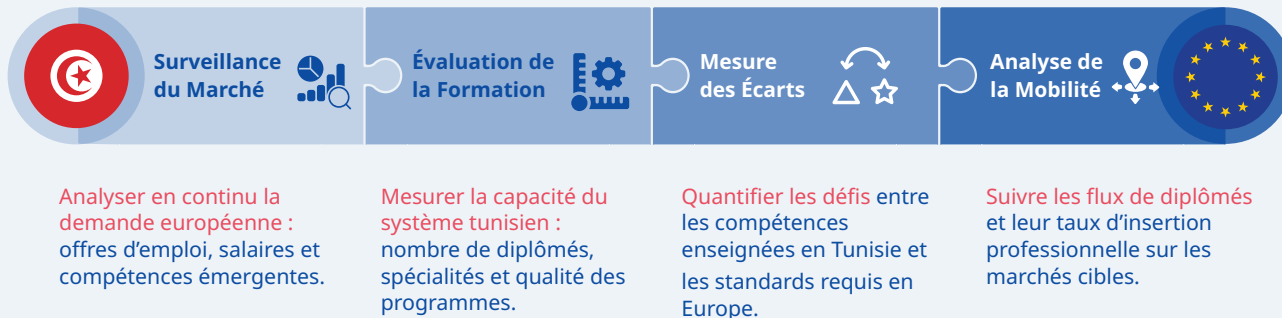
La grille d'interprétation distingue quatre niveaux de priorité stratégique : PMC – 0,70 — potentiel très élevé, priorité stratégique pour l'accompagnement à la mobilité ; PMC 0,50–0,69 — potentiel élevé, surveillance renforcée et actions ciblées ; PMC 0,30–0,49 — potentiel modéré, veille standard sans intervention prioritaire ; PMC < 0,30 — potentiel faible, priorité basse dans les politiques de mobilité.

8.11.4 Analyse de sensibilité et validation

La robustesse du PMC est vérifiée par une analyse de sensibilité testant les effets d'une variation de $\pm 20\%$ des pondérations de chaque sous-indice sur les classements finaux par métier et par pays. Cette procédure permet d'identifier les configurations stables — dans lesquelles le classement des métiers et pays prioritaires demeure inchangé sous différentes spécifications de pondérations — et les configurations sensibles nécessitant une vigilance accrue dans l'interprétation. La validation empirique des résultats peut être conduite par approche Delphi impliquant des experts du marché du travail européen et des responsables de formation tunisiens, ou par enquête terrain auprès d'employeurs européens et de diplômés tunisiens ayant effectué une mobilité internationale.

► Aligner les Compétences TIC Tunisiennes sur la Demande Européenne

Les 4 Axes de la VEILLE



Demande Européenne & Marché du Travail

Exemple : 5 marchés européens ciblés pour l'analyse : France, Allemagne, Italie, Belgique et Luxembourg.



LE DISPOSITIF : Un Pont entre Formation et Emploi

Une stratégie pour connecter les talents TIC tunisiens au marché européen.



Définition

Identifier les besoins, mesurer les écarts et orienter les formations pour 8 métiers clés.



Key Finding

Deux objectifs principaux pour une meilleure adéquation :
 ► Garantir l'alignement des formations
 ► Hiérarchiser les opportunités de mobilité professionnelle.

L'OUTIL CLÉ : Le Potentiel Migratoire Composite (PMC)



Un indice unique pour guider la prise de décision.

Le PMC évalue et classe la probabilité de réussite d'une migration qualifiée par métier et par pays.



Le score PMC agrège 4 dimensions essentielles :

Attractivité du marché

Proposition à migrer

Pénurie de talents

Faisabilité (accès/langue)



Chapitre 9 : Résultats analytiques : diagnostic de l'alignement Tunisie–Europe

9.1 Positionnement global : dualité structurelle du système tunisien

Le système tunisien de formation en TIC présente une dualité structurelle caractéristique : une base technique solide attestant de la qualité institutionnelle et de la capacité à transmettre des fondamentaux robustes, combinée à des disparités sectorielles critiques générant des

vulnérabilités pour l'employabilité internationale dans les métiers les plus dynamiques. Un taux de couverture global de 74,4 % dépasse le seuil minimal de 65 % recommandé par le CEDEFOP pour les systèmes nationaux, attestant une maîtrise satisfaisante des fondamentaux théoriques. Cette performance globale dissimule toutefois une hétérogénéité marquée entre domaines technologiques.

► Tableau 9.1: Indicateurs d'alignement par métier TIC stratégique

Métier TIC (ESCO)	CR ₀ (%)	GI ₀	Compétences critiques non couvertes
Technicien Réseaux & Télécoms	92 %	0,08	SDN/virtualisation réseau, automatisation réseau, Cloud networking
Chef de projet IT	85 %	0,15	Management agile avancé, certifications internationales, pilotage multi-projets
Développeur logiciel / Web	84 %	0,16	DevOps, CI/CD, UX/UI moderne, tests automatisés
Data Engineer / Big Data	71 %	0,29	Spark, Kafka, Data Lakes, ETL cloud, systèmes distribués
Ingénieur DevOps / Cloud	69 %	0,31	Kubernetes, Infrastructure-as-Code, pipelines CI/CD, sécurité Cloud
Expert Cybersécurité	69 %	0,31	Pentesting avancé, forensic, gouvernance SI, SOC operations
Architecte Cloud / Systèmes	69 %	0,31	Multi-cloud, automatisation (Terraform/Ansible), FinOps, Zero Trust
Data Scientist / Analyste IA	63 %	0,37	MLOps, data engineering, déploiement cloud GPU, NLP industriel

► Tableau 9.2 : Indicateurs globaux d'alignement

Indicateur global	Valeur	Interprétation stratégique
Taux de couverture global (CR global)	74,4 %	Socle technique solide, dépassant le seuil CEDEFOP de 65 % ; actualisation insuffisante vers les pratiques industrielles modernes
Indice global d'écart (GI global)	0,256	25 % des compétences clés restent à acquérir ; lacunes concentrées dans les métiers stratégiques émergents
Indice global d'alignement (IGA global)	0,7525	Performance satisfaisante selon le référentiel OCDE (seuil $\geq 0,70$) ; hétérogénéité sectorielle marquée
Compétences critiques à combler	54	Investissements structurants requis dans les filières IA/ Data, Cloud et Cybersécurité

9.2 Pôles de compétitivité établie ($CR_0 \geq 85\%$)

Le Technicien Réseaux & Télécoms (92 %), le Chef de projet IT (85 %) et le Développeur logiciel/Web (84 %) constituent les atouts compétitifs actuels du capital humain tunisien. Ces profils témoignent de la qualité historique de la formation de base et de sa capacité à transmettre des fondamentaux techniques solides. Le Technicien Réseaux affiche un taux de couverture exceptionnel de 92 % associé à un indice d'écart minimal de 0,08, positionnant la Tunisie au-dessus des standards européens moyens pour ce métier. Les lacunes identifiées se concentrent sur les technologies de virtualisation réseau (SDN), l'automatisation des configurations et le Cloud networking, domaines représentant les frontières d'évolution de l'infrastructure réseau, sans remettre en cause la solidité du positionnement global.

Pour le Chef de projet IT, l'alignement de 85 % coexiste avec un décalage entre pratiques enseignées et attentes européennes contemporaines : les écarts portent essentiellement sur le management agile avancé (Scrum, Kanban, SAgile), le pilotage simultané de portefeuilles complexes et la maîtrise des certifications internationales (PMP, Prince2, Scrum Master). Pour le Développeur logiciel/Web, les lacunes se concentrent sur

l'intégration des pratiques DevOps, la maîtrise des pipelines CI/CD, l'application des principes UX/UI modernes et la pratique systématique des tests automatisés. L'orientation stratégique pour cette catégorie consiste en une actualisation curriculaire progressive, centrée sur l'intégration des pratiques industrielles contemporaines sans remise en cause structurelle des fondamentaux.

9.3 Segments stratégiques en tension (CR_0 65–75 %)

Le Data Engineer/Big Data (71 %), l'Ingénieur DevOps/Cloud (69 %), l'Expert Cybersécurité (69 %) et l'Architecte Cloud/Systèmes (69 %) constituent le principal gisement de potentiel d'employabilité pour les talents tunisiens, ces métiers étant précisément ceux pour lesquels les projections CEDEFOP et Eurostat documentent les taux de croissance les plus élevés et les pénuries les plus criantes. L'alignement identique de 69 % pour trois métiers constitue un signal systémique significatif : il révèle l'existence d'un déficit transversal commun portant directement sur la maîtrise des technologies cloud avancées, l'automatisation des infrastructures via Infrastructure-as-Code (Kubernetes, Terraform, Ansible) et la sécurité opérationnelle (pentesting avancé, forensic, opérations SOC). Ce déficit résulte d'une divergence systémique entre des

infrastructures de formation conçues autour de systèmes on-premise et des architectures cloud natives dominant les environnements de production européens.

La résolution de ces écarts requiert des transformations substantielles. L'investissement dans des laboratoires Cloud nationaux mutualisés permettant la pratique supervisée sur AWS, Azure et Google Cloud Platform constitue la première priorité, suivi de la création d'un cyber range national sur le modèle de l'European Cybersecurity Challenge, et de l'accès facilité aux certifications internationales (AWS Certified Solutions Architect, Microsoft Azure Administrator, Certified Ethical Hacker, OSCP) comme standard de validation des compétences. La nature de ces investissements exige une coordination interministérielle et la mobilisation de partenariats public-privé structurés pour optimiser les coûts et garantir la maintenance continue des plateformes.

9.4 Frontières technologiques: métiers émergents à faible alignement ($CR_0 < 65\%$)

Le Data Scientist/Analyste IA, avec un alignement de 63 % et un indice d'écart de 0,37, représente un cas critique transcendant la simple question d'adéquation formation-emploi pour constituer un enjeu de positionnement stratégique et de souveraineté technologique. Le déficit observé est de nature systémique et se décompose en quatre dimensions critiques. Les compétences en MLOps (Machine Learning Operations), constituant le pont indispensable entre science des données expérimentale et industrialisation des modèles d'IA, sont insuffisamment maîtrisées, reflétant l'absence de projets de bout en bout dans les cursus. Les compétences

en data engineering fondamentales pour tout projet d'IA à l'échelle industrielle sont lacunaires, créant un défi pédagogique pour des cursus historiquement ancrés dans les mathématiques appliquées. Le déploiement sur infrastructures cloud GPU est très insuffisamment pratiqué en raison de l'inaccessibilité de ces infrastructures coûteuses. Le traitement du langage naturel à l'échelle industrielle, notamment les architectures Transformers et les modèles pré-entraînés, demeure largement inaccessible.

La réponse stratégique doit associer réformes curriculaires profondes et investissements infrastructurels massifs : création d'une infrastructure nationale de calcul GPU mutualisée comparable aux initiatives HPC européennes, refonte curriculaire privilégiant une approche par projets intégrés de bout en bout, programme de formation des formateurs via des détachements en entreprise, et création d'un écosystème de recherche appliquée en IA associant universités, centres de recherche et entreprises.

9.5 Déficits structurels transversaux

Les écarts documentés ne constituent pas des phénomènes isolés mais les manifestations symptomatiques de trois déficits systémiques profonds affectant transversalement l'ensemble du système de formation tunisien en TIC.

► Tableau 9.3 : Défis structurels transversaux du système de formation TIC

Déficit structurel	Manifestation	Impact sur l'employabilité	Facteurs explicatifs
Dissociation théorie-pratique	Maîtrise conceptuelle solide, expérience pratique limitée (CI/CD, MLOps, pentesting)	Capacité opérationnelle insuffisante en environnement industriel	Pédagogie magistrale dominante ; équipements limités en infrastructures cloud et outils professionnels
Divergence infrastructures classiques/cloud	Formation axée sur systèmes on-premise ; demande orientée cloud public (AWS, Azure, GCP)	Écart critique sur IaC, Kubernetes, architectures cloud natives	Coût élevé des licences cloud ; absence de partenariats avec fournisseurs de services cloud
Intégration limitée de la gouvernance	Faible couverture COBIT, ITIL, RGPD, ISO 27001/27005	Barrière à l'accès aux postes en cybersécurité, architecture d'entreprise, gestion de projet	Approche pédagogique centrée sur aspects techniques au détriment des dimensions organisationnelles

Ces trois déficits s'articulent et se renforcent mutuellement pour produire les écarts d'alignement documentés. Leur résolution exige une approche systémique dépassant les ajustements marginaux des contenus pour s'inscrire dans une transformation profonde du modèle pédagogique, des infrastructures d'apprentissage et des partenariats stratégiques.

► Compétences TIC en Tunisie : Le Défi de l'Alignement avec le Marché Européen

Cette analyse quantifie l'alignement des compétences TIC tunisiennes sur les standards européens (ESCO), révélant une base théorique solide mais des déficits importants en compétences pratiques modernes, notamment dans les domaines à forte croissance comme le **Cloud**, la **Cybersécurité** et l'**Intelligence Artificielle**.

3 NIVEAUX D'ALIGNEMENT :

PÔLES DE COMPÉTITIVITÉ ÉTABLIE (ALIGNEMENT ≥ 85 %)

- **Une base technique solide et reconnue**
Les métiers comme Technicien Réseaux (92 %) et Chef de Projet IT (85 %) sont des atouts.
- **Enjeu principal : la modernisation**
Intégrer les pratiques modernes (Agile, DevOps, CI/CD) pour maintenir la pertinence.

SEGMENTS STRATÉGIQUES EN TENSION (ALIGNEMENT 65-75 %)

- **Un déficit critique dans les métiers d'avenir**
Cloud, Cybersécurité et Data Engineering affichent un alignement insuffisant (autour de 69 %).
- **Un indice d'écart élevé : 0,31**
Révèle un manque de capacités pratiques sur les technologies cloud avancées (Kubernetes, IaC).

FRONTIÈRES TECHNOLOGIQUES (ALIGNEMENT < 65 %)

- **Retard stratégique en IA et Data Science**
Le métier de Data Scientist (63 %) affiche la performance la plus faible du système.
- **Des compétences industrielles absentes**
Lacunes majeures en MLOps, data engineering avancé et déploiement sur infrastructures GPU.



DIAGNOSTIC PAR MÉTIER :



Technicien Réseaux & Télécoms

Alignement : 92%

Compétences critiques non couvertes : SDN, automatisation réseau, Cloud networking.



Chef de projet IT

Alignement : 85%

Compétences critiques non couvertes : Management agile avancé, certifications, pilotage multi-projets.



Ingénieur DevOps / Cloud

Alignement : 69%

Compétences critiques non couvertes : Kubernetes, Infrastructure-as-Code, sécurité Cloud.



Data Scientist / Analyste IA

Alignement : 63%

Compétences critiques non couvertes : MLOps, data engineering, déploiement cloud GPU.

3 DÉFIS STRUCTURELS TRANSVERSAUX

DISSOCIATION THÉORIE-PRATIQUE

Maîtrise conceptuelle forte mais expérience pratique limitée sur les outils industriels.



DIVERGENCE INFRASTRUCTURES CLASSIQUES VS. CLOUD

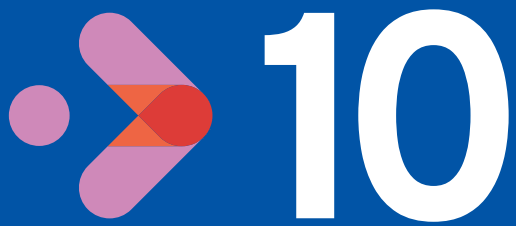
La formation reste axée sur les systèmes "on premise", déconnectée du marché orienté Cloud.



INTÉGRATION LIMITÉE DE LA GOUVERNANCE

Faible couverture des normes (ISO 27001) et réglementations (RGPD) européennes.





Chapitre 10 : Tableau de bord et mécanisme d'alerte

10.1 Logique de pilotage par les indicateurs

Le tableau de bord constitue l'outil central de pilotage du système de veille Tunisie-Europe. Il organise de manière synthétique et opérationnelle l'ensemble des indicateurs produits à travers les quatre axes du dispositif, en associant à chaque indicateur une périodicité de collecte, une source de données et un seuil d'alerte. La définition de périodicités différenciées répond à la logique de surveillance adaptée au rythme de changement de chaque phénomène observé : la demande de marché évolue rapidement et justifie un suivi trimestriel à semestriel, tandis que les données de formation et de mobilité évoluent plus lentement et peuvent

être collectées annuellement. Les seuils d'alerte fixent des valeurs critiques signalant un écart significatif par rapport aux objectifs de référence, permettant d'identifier sans délai les métiers ou domaines nécessitant des actions correctives.

10.2 Système d'alerte et actions correctives

Le tableau des seuils d'alerte ci-après synthétise les valeurs critiques déclenchant des actions correctives prédéfinies pour chacun des indicateurs clés du dispositif :

► Tableau 10.1 : Système d'alerte : seuils et actions correctives

Indicateur	Seuil d'alerte	Signification diagnostique	Action déclenchée
CR₀	< 50 %	Déficit critique de couverture curriculaire	Révision curriculaire d'urgence, mobilisation des ressources pédagogiques
GI₀	> 0,60	Pénurie structurelle de compétences	Augmentation ciblée des capacités de formation dans le métier concerné
MR₀	< 0,40	Fuite massive de talents TIC	Renforcement des mécanismes de rétention et des alternatives locales attractives
IGA₀	< 0,50	Désalignement majeur formation-marché	Plan d'action intégré interministériel avec réforme systémique
PMC	> 0,70	Opportunité stratégique de mobilité très élevée	Mobilisation prioritaire des res-sources de placement et d'accompagnement

10.3 Gouvernance des données et périodicité

L'efficacité opérationnelle du tableau de bord repose sur une gouvernance des données rigoureusement structurée. Une plateforme nationale intégrée (type Power BI, Metabase ou équivalent open source) interconnectée avec les principales bases de données nationales et internationales permet une visualisation en temps réel des dynamiques de compétences, de la demande européenne et des niveaux d'alignement formation-marché. La matrice Tunisie-Europe fait l'objet d'une mise à jour annuelle pour refléter l'évolution rapide des technologies numériques. Les indicateurs opérationnels et d'alignement sont recalculés à chaque cycle pour maintenir une lecture fiable des écarts et opportunités. Une gouvernance interinstitutionnelle permanente, via un partenariat formel entre le MESRS, le Ministère de la Technologie, l'ATFP et l'ONM, assure la coordination de la veille, la validation des indicateurs et l'orientation des réformes.

10.4 Analyse comparative par pays européen

10.4.1 Profils de demande et accessibilité différenciée

La standardisation technologique et la globalisation des pratiques industrielles induisent une convergence apparente des besoins en compétences numériques à l'échelle européenne. Cette homogénéisation de surface masque des différenciations nationales substantielles qui modulent l'accessibilité effective des marchés pour les talents tunisiens. Les configurations institutionnelles, les exigences linguistiques, les cadres réglementaires et les normes professionnelles demeurent fortement hétérogènes selon les contextes nationaux. Postuler l'uniformité du marché européen constitue une erreur analytique susceptible de conduire à une sous-estimation des barrières à l'entrée spécifiques et à un calibrage inadéquat des investissements en formation linguistique, en reconnaissance des qualifications et en accompagnement à la mobilité.

► Tableau 10.2 : Synthèse comparative des marchés européens

Pays	Profil du marché	PMC le plus élevé	Écart GAI critique	Barrière principale à l'entrée
France	Marché de volume et prescripteur de normes francophones	Développeur logiciel/Web (0,74)	Data Engineer (0,20)	Déficit en compétences pratiques industrielles (MLOps, CI/CD)
Allemagne	Exigence technique Industrie 4.0, valorisation de l'expérience opérationnelle	Développeur logiciel/Web (0,73)	Chef de Projet IT (0,21)	Barrière linguistique et dissociation théorie-pratique
Italie	Modernisation accélérée portée par le PNRR	Développeur logiciel/Web (0,74)	Data Engineer (0,43)	Pénurie locale aiguë abaissant temporairement les barrières
Belgique	Écosystème d'innovation sélectif, segmentation linguistique tripartite	Développeur logiciel (0,71)	Développeur logiciel/Web GAI (0,36)	Certifications professionnelles et multilinguisme requis

Pays	Profil du marché	PMC le plus élevé	Écart GAI critique	Barrière principale à l'entrée
Luxembourg	Niche hyperspécialisée FinTech/RegTech à hautes exigences réglementaires	Expert cybersécurité (0,59)	Data Scientist/Analyste IA (0,25)	Certifications CISSP/CISM, multilinguisme, conformité réglementaire financière

10.4.2 France : marché de volume et proximité linguistique

Le marché français constitue le principal débouché pour les talents tunisiens en TIC, bénéficiant de la proximité linguistique et d'une diaspora nombreuse et bien insérée. La demande est soutenue dans les métiers du développement logiciel (PMC 0,74), de la data science (PMC 0,72) et de la cybersécurité (PMC 0,73). Les écarts les plus critiques se situent dans les métiers de la

donnée (GAI 0,20 pour le Data Engineer, 0,25 pour le Data Scientist), illustrant un déficit majeur en MLOps et architectures distribuées. Le paradoxe entre des PMC très élevés et des alignements faibles pour ces métiers suggère que l'intensité de la demande absorbe des profils présentant des déficits importants, créant une fenêtre d'opportunité critique mais potentiellement temporaire justifiant une intervention curriculaire urgente.

► Tableau 10.3 : Tableau de bord stratégique intégré – France

Métier TIC	GAI	Tendance	Priorité	Compétences stratégiques non couvertes	Action prioritaire
Ingénieur DevOps/Cloud	0,49	+15%	Haute	Cloud public, IaC, sécurité Cloud, pipelines	Cloud public, IaC, sécurité
Data Scientist/Analyste IA	0,25	+20%	Haute	MLOps, Deep Learning GPU, NLP, cloud IA	MLOps, Deep Learning, data engineering
Expert Cybersécurité	0,39	+18%	Haute	Pentesting, SOC, forensic, gouvernance	Pentesting, SOC, forensic
Développeur Logiciel/Web	0,62	+6%	Moyenne	DevOps avancé, CI/CD, frameworks modernes, UX/UI	DevOps, CI/CD, frameworks
Architecte Cloud/Systèmes	0,30	+12%	Moyenne	Multi-cloud, automatisation, FinOps	Multi-cloud, automatisation
Data Engineer/Big Data	0,20	+10%	Moyenne	Spark/Kafka, Data Lakes, ETL, pipelines	Spark/Kafka, Data Lakes
Chef de Projet IT	0,27	+4%	Moyenne	Multi-projets, Scrum/PMP, agile	Certifications agiles
Technicien Réseaux/Télécoms	0,36	+2%	Faible	SDN, automatisation, Cloud réseau	SDN, automatisation

► Marché IT Français : Le Guide Stratégique pour les Talents Tunisiens

Le marché français est le principal débouché pour les talents IT tunisiens, grâce à la proximité linguistique. Cependant, le succès dépend de la maîtrise de méthodologies avancées (DevOps, MLOps), car une forte demande masque actuellement des déficits de compétences critiques mais temporaires.

LE PARADOXE DU MARCHÉ FRANÇAIS

Une opportunité de volume, une exigence de méthode

La France demande une industrialisation des pratiques, au-delà des compétences techniques de base.



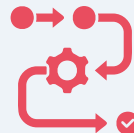
Le paradoxe du Data Scientist

Une très forte demande absorbe des profils avec des lacunes importantes, créant une opportunité unique.



La principale barrière : les standards méthodologiques

La maîtrise des approches agiles, DevOps et de la gouvernance des SI est essentielle.



FOCUS SUR LES MÉTIERS À HAUTE PRIORITÉ

Ingénieur DevOps / Cloud

Tendance de croissance:
+15%

Indice d'Alignement (GAI) :
0,49



Compétences stratégiques à acquérir :

- Cloud public
- IaC (Infrastructure as Code)
- Sécurité Cloud

Data Scientist / Analyste IA

Tendance de croissance:
+20%

Indice d'Alignement (GAI) :
0,35



Compétences stratégiques à acquérir :

- MLOps
- Deep Learning
- Data Engineering

Expert Cybersécurité

Tendance de croissance:
+18%

Indice d'Alignement (GAI) :
0,39

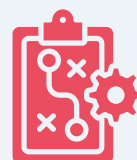


Compétences stratégiques à acquérir :

- Pentesting
- SOC
- Forensic

LES MÉTIERS DE LA DONNÉE ET DU CLOUD : UN POTENTIEL STRATÉGIQUE

► Les plus grandes opportunités se trouvent là où l'alignement des compétences est le plus faible.



UNE FORTÉ CROISSANCE CORRÉLÉE AUX DÉFICITS CRITIQUES

► Les rôles avec la plus forte croissance (+15 % à +20 %) sont ceux qui présentent les plus grands manques.



10.4.3 Allemagne : excellence technique et barrière linguistique

Le marché allemand, structuré par la stratégie Industrie 4.0, affiche des taux de croissance exceptionnels : +42 % pour le Data Scientist, +40 % pour le Data Engineer, +32 % pour l'Ingénieur DevOps/Cloud. Ces dynamiques génèrent les PMC les plus élevés de l'ensemble de la matrice (Expert Cybersécurité : 0,75 ; Développeur logiciel : 0,73 ; Data Scientist : 0,72). L'obstacle systémique majeur pour les talents tunisiens réside dans

la dissociation théorie-pratique — une maîtrise conceptuelle solide ne se traduisant pas en capacité opérationnelle immédiate — amplifiée par l'exigence linguistique. L'investissement dans la formation linguistique intensive constitue le prérequis pour débloquer un potentiel économique majeur ; les talents tunisiens capables de franchir la barrière linguistique accèdent à un marché offrant des conditions d'emploi parmi les meilleures d'Europe.

► Tableau 10.4 : Tableau de bord stratégique intégré – Allemagne

Métier TIC	GAI	Tendance	Priorité	Analyse stratégique des écarts	Action prioritaire
Data Scientist/ Analyste IA	0,45	+42%	Très élevée	Écart critique sur la mise en œuvre pratique (MLOps) et les technologies Big Data	Laboratoires pratiques, projets Big Data/IA appliqués, certifications
Data Engineer/Big Data	0,43	+40%	Très élevée	Lacunes importantes dans la manipulation de pipelines de données industriels	Intégration projets industriels, labs Big Data, pratique cloud
Ingénieur DevOps/ Cloud	0,41	+32%	Très élevée	Déficit majeur sur les compétences opérationnelles (CI/CD, orchestration)	Labs DevOps, cloud labs, certification AWS/Azure
Architecte Cloud/ Systèmes	0,40	+30%	Très élevée	Déficit d'expérience sur les architectures multi-cloud complexes	Formation architecture cloud, projets multi-cloud, certifications
Expert Cybersécurité	0,47	+35%	Élevée	Manque de spécialisation en sécurité offensive, conformité réglementaire	Labs sécurité, certifications avancées, RGPD, outils d'investigation
Développeur Logiciel/Web	0,38	+20%	Élevée	Retard sur l'adoption des méthodologies modernes (agilité, culture DevOps)	Projets full-stack, DevOps et agile appliqués
Chef de Projet IT	0,21	+16%	Élevée	Écart majeur sur les approches agiles, les outils collaboratifs et les certifications	Formations agile, outils numériques, certifications PMP/Prince2
Technicien Réseaux/ Télécoms	0,19	+12%	Faible	Mise à niveau nécessaire sur les technologies de virtualisation réseau	Maintien compétences et intégration cloud léger

Talents Tech Tunisiens : Conquérir le Marché Allemand de l'Industrie 4.0

LE DÉFI : LE FOSSÉ THÉORIE-PRATIQUE



LA SOLUTION : VERS L'EXCELLENCE OPÉRATIONNELLE

► Compétences Théoriques Tunisiennes



Le principal obstacle : La dissociation entre théorie et pratique.

La maîtrise conceptuelle ne se traduit pas en capacité opérationnelle immédiate en industrie.

► Indice d'Alignement et Croissance de la Demande



Data Scientist / Analyste IA

Indice d'Alignement (PMC) : 0,45

Croissance de la Demande :

+42 %



Ingénieur DevOps / Cloud

Indice d'Alignement (PMC) : 0,41

Croissance de la Demande :

+32%



Data Engineer / Big Data

Indice d'Alignement (PMC) : 0,43

Croissance de la Demande :

+49%

► Marché Allemand Industrie 4.0



Application Opérationnelle

Mettre l'accent sur l'application opérationnelle et les projets concrets. Des laboratoires pratiques, des projets industriels et des certifications sont nécessaires.



Prioriser les compétences en DevOps, Cloud et Big Data

Taux de croissance exceptionnels
(+32 % à +42 %).



Réforme des Coursus

Réformer les cursus pour intégrer l'expérience professionnelle. Intégrer des stages industriels prolongés et des certifications internationales aux diplômes.

Deux barrières systémiques limitent l'accès au marché :

La maîtrise de la langue allemande et le déficit d'expérience industrielle sont non négligeables.

10.4.4 Italie : fenêtre d'opportunité liée au PNRR

Le marché italien présente une configuration exceptionnelle générée par le Plan National de Relance et de Résilience, qui finance massivement la modernisation numérique. Cette dynamique crée une fenêtre d'opportunité pour les talents disposant de compétences immédiatement opérationnelles en Big Data, IA appliquée et cloud. La demande privilégie la capacité de déploiement rapide de solutions technologiques modernes plutôt que l'excellence industrielle

de long terme, inversant temporairement la hiérarchie des prérequis observée sur d'autres marchés. Les profils bénéficiant le plus de cette dynamique sont le Développeur logiciel/web (PMC 0,74), le Data Scientist (PMC 0,73) et l'Expert cybersécurité (PMC 0,72). Cette fenêtre d'opportunité requiert une réactivité stratégique élevée, sa durée dépendant de la vitesse de montée en compétence des ressources locales italiennes.

► Tableau 10.5 : Tableau de bord stratégique intégré – Italie

Métier TIC	GAI	Tendance	Priorité	Diagnostic de l'écart	Action prioritaire
Data Scientist/ Analyste IA	0,47	+38%	Très élevée	Écart majeur	IA appliquée, Big Data, MLOps, projets réels
Ingénieur DevOps/ Cloud	0,45	+28%	Très élevée	Écart élevé	Cloud, CI/CD, conteneurs
Data Engineer/Big Data	0,43	+34%	Très élevée	Écart sévère	Hadoop, Spark, Data Lakes, pipelines
Expert Cybersécurité	0,57	+30%	Très élevée	Alignement partiel	Pentesting, gouvernance SI, RGPD, labs
Développeur Logiciel/ Web	0,59	+18%	Élevée	Bon alignement	Moderniser frameworks, intégrer DevOps
Architecte Cloud/ Systèmes	0,47	+28%	Élevée	Gap structurel	Conception cloud hybride, AIOps
Chef de Projet IT	0,50	+14%	Moyenne	Alignement moyen	Agile, Scrum, pilotage numérique
Technicien Réseaux/ Télécoms	0,61	+9%	Moyenne	Meilleur alignement	SDN, virtualisation, cybersécurité

► Italie : Une Fenêtre d'Opportunité pour les Talents Tech Tunisiens

LE CONTEXTE : UNE DEMANDE EXCEPTIONNELLE



► Le Plan de Relance (PNRR)



L'Italie finance massivement sa transformation numérique, créant un appel d'air pour les talents.

► L'Efficacité Prime sur l'Expérience



La priorité est donnée au déploiement rapide de solutions (IA, Big Data, Cloud).

► Profils Prioritaires : Les Rôles les Plus Recherchés



Data Scientist / Analyste IA

Diagnostic de l'Écart : Écart majeur

Croissance de la Demande :

+38 %

Compétences Clés :
IA appliquée, Big Data, MLOps



Data Engineer / Big Data

Diagnostic de l'Écart : Écart sévère

Croissance de la Demande :

+34%

Compétences Clés :
Hadoop, Spark, Data Lakes, pipelines



Expert Cybersécurité

Diagnostic de l'Écart : Alignement partiel

Croissance de la Demande :

+30%

Compétences Clés :
Pentesting, gouvernance SI, RGPD



Ingénieur DevOps / Cloud

Diagnostic de l'Écart : Écart élevé

Croissance de la Demande :

+28%

Compétences Clés :
Cloud, CI/CD, conteneurs

Barrières à l'Entrée Réduites :

La forte demande et la pénurie locale facilitent l'accès au marché du travail italien.

10.4.5 Belgique : écosystème d'innovation et logique de certification

Le marché belge se caractérise par un écosystème d'innovation dynamique mais sélectif, où la compétence technique requiert une validation par des projets concrets et des certifications internationalement reconnues. La segmentation linguistique tripartite (français, néerlandais, anglais) crée des sous-marchés distincts avec des exigences différenciées. Les métiers stratégiques présentent un potentiel élevé mais strictement

conditionné par l'acquisition de certifications internationales (AWS, Azure, CISSP) et d'une expérience pratique avérée, ces prérequis agissant comme un filtre de sélection rigoureux. La spécificité belge réside dans la concentration géographique des opportunités (Bruxelles-Capitale, Flandre) et l'importance des réseaux professionnels pour l'insertion, nécessitant une approche proactive de développement de partenariats institutionnels et d'activation de la diaspora tunisienne établie.

► Tableau 10.6 : Tableau de bord stratégique intégré – Belgique

Métier TIC	GAI	Tendance	Priorité	Analyse stratégique de l'écart	Action prioritaire
Data Scientist/ Analyste IA	0,45	+41%	Très élevée	Écart structurel fort, compétences critiques émergentes insuffisantes	Renforcer la formation en IA appliquée, Big Data et projets pratiques
Ingénieur DevOps/ Cloud	0,46	+34%	Très élevée	Écart important, pratique avancée limitée sur les technologies cloud natives	Introduire des modules DevOps, cloud et des laboratoires pratiques (CI/CD)
Data Engineer/Big Data	0,45	+36%	Très élevée	Écart notable, compétences critiques en ingénierie de la donnée non maîtrisées	Développer la formation sur les pipelines Big Data (Spark/Hadoop) et les projets pratiques
Expert Cybersécurité	0,50	+34%	Très élevée	Écart modéré mais prioritaire, spécialisation en sécurité avancée manquante	Développer des parcours en cybersécurité avancée (pentesting, gouvernance) et certifications
Architecte Cloud/ Systèmes	0,44	+29%	Élevée	Écart significatif, compétences stratégiques en ingénierie cloud manquantes	Former aux architectures cloud distribuées, SDN et pratiques d'ingénierie cloud
Développeur Logiciel/ Web	0,36	+21%	Moyenne	Couverture correcte mais lacunes sur les pratiques et outils modernes	Actualiser les programmes avec les frameworks actuels et les pratiques DevOps
Chef de Projet IT	0,21	+15%	Moyenne	Écart modéré, déficit en gestion de projet agile et outils collaboratifs	Intégrer des modules de gestion agile, outils de suivi et certifications PM

Métier TIC	GAI	Tendance	Priorité	Analyse stratégique de l'écart	Action prioritaire
Technicien Réseaux/ Télécoms	0,18	+11%	Faible	Couverture des fondamentaux correcte mais faible sur les technologies modernes	Compléter la formation avec les réseaux avancés (SDN) et la virtualisation

► Aligner les Talents TIC Tunisiens sur le Marché Belge : Diagnostic et Feuille de Route

Une analyse stratégique révèle un **décalage structurel** entre l'offre de formation TIC en Tunisie, souvent généraliste, et la demande très spécialisée du marché belge. Pour transformer ce défi en opportunité, une montée en gamme rapide est nécessaire, axée sur les **compétences émergentes**, les **certifications internationales** et l'**expérience pratique**.

LE DIAGNOSTIC : UN DÉCALAGE CRITIQUE

Forte Demande pour des Spécialistes de Haut Niveau

Le marché belge connaît des pénuries aiguës pour les experts en **Data**, **Cloud** et **Cybersécurité**.

Un Écart de Compétences Structurel

Les formations tunisiennes couvrent la théorie mais manquent de **pratique sur les technologies modernes**.

Les Domaines Émergents sont les Plus Touchés
L'IA, le Cloud et la Data Science présentent les décalages les plus importants et urgents à combler.

DOMAINES CLÉS ET NATURE DES ÉCARTS

IA & Data Science



Nature de l'écart :
Structuel et fonctionnel

Urgence :



Cloud & DevOps



Nature de l'écart :
Pratique et technologique

Urgence :



Cybersécurité



Nature de l'écart :
Manque de spécialisation

Urgence :



LA SOLUTION : FEUILLE DE ROUTE STRATÉGIQUE

1

Moderniser Radicalement la Formation

Intégrer des modules pratiques sur le Cloud (AWS/Azure), la Big Data et l'IA appliquée.



2

Prioriser les Certifications Internationales

Elles sont des filtres de sélection décisifs et valident la maîtrise technique des candidats.



3

Cibler les Rôles à Plus Fort Potentiel

Le profil "Développeur logiciel" représente la meilleure opportunité de migration à court terme.



10.4.6 Luxembourg : niche d'excellence hyperspécialisée

Le marché luxembourgeois constitue une niche hyperspécialisée, structurée par les secteurs FinTech et RegTech, avec des exigences de qualification parmi les plus élevées d'Europe. Cette configuration se traduit par des scores PMC systématiquement plus modérés que sur les autres marchés (Expert cybersécurité : 0,585 ; PMC moyen : 0,54), reflétant non un manque de

dynamisme technologique mais des barrières à l'entrée particulièrement élevées : certifications spécifiques (CISSP, CISM), multilinguisme (français, anglais, allemand minimum) et expérience préalable dans des environnements hautement régulés financièrement. Le marché luxembourgeois représente une opportunité de long terme conditionnée par une stratégie d'investissement ciblé sur l'excellence technique et réglementaire.

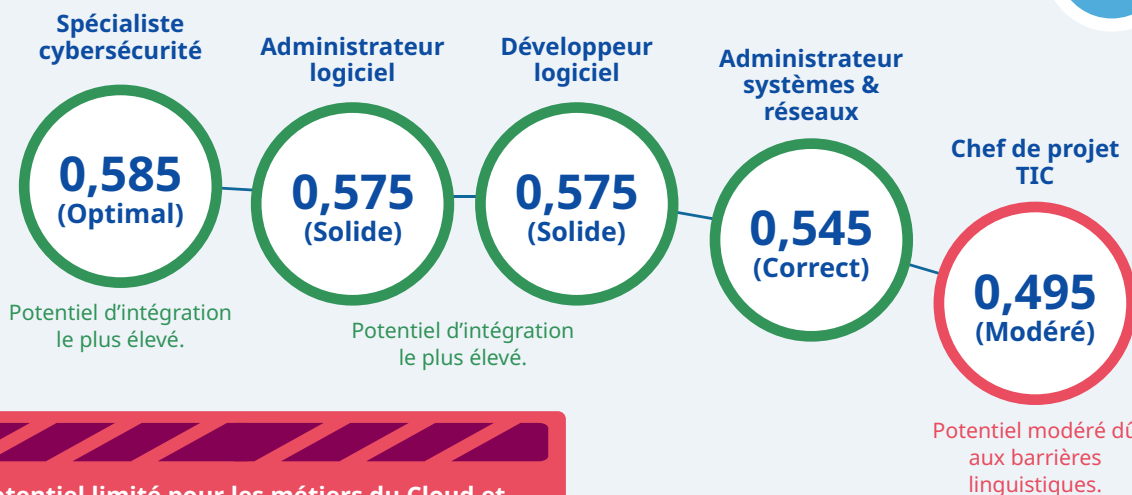
► Tableau 10.7 : Tableau de bord stratégique intégré – Luxembourg

Métier TIC	GAI	Tendance	Priorité	Diagnostic analytique de l'écart	Action prioritaire
Data Scientist/ Analyste IA	0,25	+39%	Haute	Socle théorique établi, déficit en expérimentation industrielle	Renforcement IA appliquée, Big Data, MLOps
Ingénieur DevOps/ Cloud	0,30	+30%	Haute	Maîtrise systèmes satisfaisante, lacunes cloud public et sécurité	Développement cloud public, CI/CD, IaC
Expert Cybersécurité	0,33	+36%	Haute	Base sécurité réseau solide, insuffisance pratique SOC	Formation pentesting, SOC, forensic, RGPD
Développeur Logiciel/ Web	0,42	+19%	Moyenne	Compétences algorithmiques solides, renforcement DevOps nécessaire	Modernisation DevOps, CI/CD, frameworks
Chef de Projet IT	0,27	+17%	Moyenne	Base classique établie, expérience agile limitée	Développement multi-projets, méthodes agiles
Administrateur systèmes & réseaux	0,30	+10%	Moyenne	Fondamentaux TCP/IP acquis, développement cloud requis	Développement SDN, virtualisation
Analyste applications/ BA IT	0,25	n.d.	Moyenne	Niveau satisfaisant, renforcement outils analytiques	Renforcement outils décisionnels
Technicien support/ maintenance	0,30	+10%	Basse	Compétences dépannage solides, développement cloud nécessaire	Renforcement cloud, virtualisation

► Talents TIC Tunisiens : Quel Potentiel pour le Marché Luxembourgeois ?

Analyse de l'intégration des professionnels tunisiens des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) sur le marché luxembourgeois, classée selon l'attractivité, la demande et la faisabilité.

CLASSEMENT DU POTENTIEL MIGRATOIRE PAR MÉTIER



Potentiel limité pour les métiers du Cloud et de la Data

Maîtriser une forte demande, des barrières techniques élevées freinent leur potentiel.

FACTEURS CLÉS : OBSTACLES À L'EMPLOYABILITÉ

1

Manque de certifications internationales

Le déficit en certifications (AWS, Azure, CISSP) est un obstacle majeur.



2

La maîtrise de l'anglais professionnel est indispensable

70 % à 80 % des offres d'emploi du secteur la requièrent.



3

Le coût de la vie élevé comme frein

Diminue l'attractivité des salaires et la volonté de migrer.



10.4.7 Hiérarchisation stratégique par PMC

Le tableau ci-après synthétise les PMC comparatifs par métier et par pays, fondant la hiérarchisation opérationnelle des couples pays-métier prioritaires :

► Tableau 10.8 : Potentiel Migratoire Composite par métier et pays cible

Métier TIC	France	Belgique	Luxembourg	Allemagne*	Italie*
Développeur logiciel	0.72	0.705	0.575	0.68	0.55
Admin. Systèmes & Réseaux	0.65	0.667	0.545	0.62	0.50
Data Scientist / IA	0.70	0.687	0.525	0.72	0.52
Architecte Cloud / DevOps	0.68	0.670	0.530	0.70	0.50
Cybersécurité	0.73	0.680	0.585	0.75	0.53
Chef de projet TIC	0.60	0.654	0.495	0.55	0.48
Analyste Big Data	0.69	0.665	0.510	0.71	0.52
Expert IA / MLOps	0.67	0.660	0.500	0.70	0.50

* Allemagne / Italie : certaines valeurs estimées sur tendances sectorielles.

► Tableau 10.9 : PMC moyen par pays et orientation stratégique

Pays		PMC moyen	Niveau d'attractivité	Orientation stratégique
France		0,68	Très attractif	Marché prioritaire : mobilisation immédiate des ressources de coo-pération
Allemagne		0,68	Très attractif	Investissement linguistique stratégique comme prérequis de déblo-cage
Belgique		0,676	Attractif	Ciblage des opportunités multi-lingues et des profils certifiés
Luxembourg		0,54	Marché de niche	Profils experts hautement spécialisés avec certifications avancées
Italie		0,51	Attractivité limitée	Niches spécialisées dans le cadre du PNRR uniquement

► Marchés Tech Européens : Les Meilleures Opportunités pour les Talents Tunisiens

Synthèse de l'attractivité des principaux marchés technologiques européens pour les professionnels tunisiens, identifiant les pays et les métiers les plus porteurs.

LE TRIO DE TÊTE : PROFIL DES MARCHÉS PRIORITAIRES



France

L'accès facilité

La **proximité linguistique** et une **forte diaspora** en font un marché idéal pour les juniors.



Allemagne

La plus forte demande

Croissance massive en **IA** (+42 %) et **Cloud** (+32 %), tirée par l'industrie 4.0.



Belgique

L'opportunité institutionnelle

La présence des **institutions européennes** crée une demande unique en gouvernance des données.



CLASSEMENT PAR POTENTIEL (SCORE PMC)

La France et l'Allemagne dominent le classement

Ces deux pays offrent le meilleur équilibre entre forte demande et attractivité salariale.

France (0,68) – Très attractif



Allemagne (0,68) – Très attractif



Belgique (0,676) – Attractif



Luxembourg (0,54)
Marché de niche



Luxembourg (0,51)
Faible attractivité



TOP 3 DES MÉTIERS LES PLUS DEMANDÉS

La **Cybersécurité**, la **Data/IA** et le **Développement Logiciel** sont les spécialités les plus recherchées.



Cybersécurité

Allemagne : 0,75 (Score PMC)
France : 0,73 (Score PMC)



Data Scientist/IA

Allemagne : 0,72 (Score PMC)



Développeur logiciel

10.4.8 Matrice de décision stratégique: couples pays-métiers prioritaires

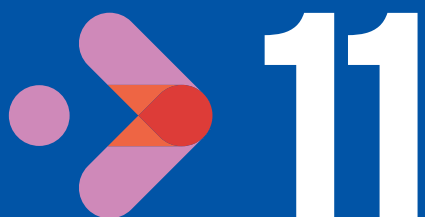
La matrice de priorisation constitue l'outil de synthèse final et opérationnel de l'analyse comparative. Elle croise le diagnostic d'alignement structurel (IGA₀) avec la hiérarchisation des marchés (PMC) pour identifier les couples pays-métier où une intervention publique ciblée est simultanément la plus urgente et la plus stratégiquement justifiée. Deux couples sont

classés critiques, exigeant une mobilisation prioritaire immédiate : Expert Cybersécurité en France (PMC 0,73, alignement 69 %) et en Allemagne (PMC 0,75, alignement 69 %). Ces configurations combinent les plus forts potentiels migratoires avec des alignements insuffisants, créant une situation d'opportunité manquée à fort coût économique et social.

► Tableau 10.8 : Potentiel Migratoire Composite par métier et pays cible

Métier TIC	France	Allemagne	Belgique	Luxembourg	Italie
Expert Cybersécurité	Critique	Critique	Très élevée	Moyenne	Modérée
Ingénieur DevOps / Cloud	Élevée	Très élevée	Élevée	Moyenne	Faible
Architecte Cloud / Systèmes	Élevée	Très élevée	Élevée	Moyenne	Faible
Data Scientist / Analyste IA	Élevée	Élevée	Élevée	Moyenne	Modérée
Data Engineer / Big Data	Élevée	Très élevée	Élevée	Moyenne	Modérée
Développeur logiciel / Web	Élevée	Élevée	Élevée	Moyenne	Faible
Chef de projet IT	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
Technicien Réseaux & Télécoms	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible

L'analyse de cette matrice fait émerger trois zones d'opportunités distinctes. La France, la Belgique et l'Allemagne constituent le cœur du marché européen pour les diplômés tunisiens, combinant dynamisme technologique, pénuries structurelles persistantes et passerelles d'accès praticables. Le Luxembourg occupe une position de marché sélectif pour les profils hautement spécialisés, notamment en cybersécurité, audit IT et data appliquée aux services financiers. L'Italie offre un potentiel temporairement amplifié par le PNRR, justifiant une approche ciblée sur des segments spécifiques sans programme structurel d'envergure.



Chapitre 11 : Recommandations stratégiques et opérationnelles

Le diagnostic stratégique révèle une asymétrie structurelle entre la qualité du socle académique tunisien et la maîtrise des pratiques industrielles alignées sur les référentiels européens. Ce déficit opérationnel constitue le principal obstacle à la valorisation internationale du capital humain TIC. Les recommandations ci-après s'articulent autour de quatre axes d'intervention complémentaires dont la mise en œuvre coordonnée conditionne le positionnement de la Tunisie dans l'écosystème numérique euro-méditerranéen.

11.1 Gouvernance : Institutionnalisation d'une intelligence stratégique pérenne et interinstitutionnelle

L'efficacité des réformes requiert un cadre de gouvernance capable d'anticiper les mutations technologiques plutôt que d'y réagir. L'institutionnalisation d'une intelligence stratégique transforme le dispositif de veille en instrument de pilotage effectif des politiques publiques.

- **Déploiement d'un tableau de bord national de veille TIC.** Une plateforme intégrée doit centraliser les indicateurs clés (CR₀, GI₀, MR₀, IGA₀, PMC) en interconnexion systémique avec les sources pertinentes : Ministère de l'Enseignement Supérieur pour la production de diplômés, Agence Tunisienne de la Formation Professionnelle, Observatoire National de la Migration pour les flux, et Eurostat pour le benchmark européen. Cette infrastructure garantit une vision unifiée et actionnable aux décideurs.
- **Institutionnalisation d'une gouvernance interministérielle.** Un partenariat formel entre les ministères clés (Enseignement Supérieur, Technologie, Emploi), l'ATFP et l'ONM doit s'opérationnaliser via des comités de pilotage trimestriels. Ces instances assurent le suivi des indicateurs, valident les orientations réformistes et garantissent la cohérence stratégique sur l'ensemble de la chaîne formation-emploi-mobilité.
- **Actualisation annuelle de la matrice de correspondance Tunisie-Europe.** La mise à jour régulière de la matrice ESCO-RTMC garantit que les indicateurs d'alignement reflètent l'évolution technologique et les exigences des marchés cibles. Cette rigueur méthodologique prévient le pilotage sur des référentiels obsolètes.

- **Focalisation de la veille sur les métiers à haut risque.** L'effort de veille se concentre sur les domaines critiques (Intelligence Artificielle/Machine Learning, Cybersécurité, Cloud/DevOps) avec des cycles semestriels de mise à jour. Cette priorisation optimise l'allocation des ressources et anticipe les désalignements avant leur cristallisation. Ce cadre de gouvernance constitue le prérequis aux réformes curriculaires qui en découlent.

11.2 Réformes curriculaires: Alignement des contenus de formation sur les standards européens et les métiers émergents

L'alignement du capital humain conditionne la compétitivité numérique. Les réformes curriculaires engagent une modernisation structurelle des filières critiques pour combler la fracture opérationnelle identifiée.

- **Modernisation des filières critiques.** Les domaines IA, Cloud et Cybersécurité présentent les écarts d'alignement les plus sévères, avec des taux de couverture de 63% pour le Data Scientist/Analyste IA et 69% pour les ingénieurs Cloud et Cybersécurité. Le déploiement de modules spécialisés (Deep Learning, MLOps, architectures Cloud natives, PenTesting avancé, forensic numérique) s'accompagne de la création d'infrastructures adaptées : laboratoires GPU mutualisés, cyber range national, plateformes cloud éducatives (AWS/Azure/GCP). L'intégration systématique des certifications internationales comme standards de validation accélère l'employabilité.
- **Renforcement de l'alignement formation-marché.** L'actualisation accélérée des programmes intègre les compétences émergentes identifiées par la veille, notamment les soft skills (agilité, communication, pensée critique), de manière transversale. Les cycles de révision curriculaire doivent être réduits à deux ans maximum pour les filières TIC, contre cinq ans actuellement, pour suivre le rythme de l'innovation technologique.
- **Généralisation de la professionnalisation.** La systématisation de stages obligatoires de six mois minimum dans tous les cursus licence et master, l'introduction de projets réels, de hackathons et le développement de formations en alternance renforcent l'apprentissage par la

pratique et l'exposition aux problématiques industrielles. Ces réformes curriculaires nécessitent des partenariats étroits avec le monde professionnel et l'adoption des standards industriels.

11.3 Professionnalisation : Accélération de l'employabilité par les partenariats, la certification et l'alternance

Les partenariats stratégiques et les certifications professionnelles constituent les leviers d'accélération pour transformer le potentiel académique en employabilité immédiate sur le marché européen.

- **Déploiement de partenariats stratégiques public-privé.** Trois modèles de partenariat structurent l'accès aux technologies de pointe : création de plateformes nationales mutualisées (Cloud, GPU, Cyber Range) co-financées par l'État et le secteur privé ; programmes de mentorat animés par des professionnels en activité ; intégration de stages et projets industriels co-encadrés. La co-construction des contenus pédagogiques assure un alignement permanent avec les réalités du marché.
- **Intégration systématique des certifications professionnelles.** Les certifications internationales agissent comme signal de qualité standardisé pour les recruteurs européens. Des mécanismes de financement public-privé facilitent l'accès des étudiants à ces certifications : Cloud (AWS Certified Solutions Architect, Microsoft Azure Administrator), Cybersécurité (CEH, OSCP), Data (Google Professional Data Engineer), Gestion de projet (Scrum Master, Product Owner). Cependant, le renforcement de l'employabilité individuelle exige une gestion macro-stratégique des flux de talents pour éviter la fuite des compétences.

11.4 Mobilité internationale: Gestion stratégique et sécurisée de la circulation des talents TIC

L'objectif consiste à transformer la mobilité d'une fuite des cerveaux en circulation des compétences maîtrisée, équilibrant ouverture internationale et préservation des compétences stratégiques nationales.

- **Suivi structuré des flux de migration.** Le renforcement des capacités de l'Observatoire National de la Migration via une plateforme numérique de suivi des trajectoires professionnelles internationales permet un pilotage éclairé des politiques de mobilité, transformant une dynamique subie en stratégie maîtrisée.
- **Développement des collaborations avec la diaspora.** La diaspora tunisienne qualifiée constitue un actif stratégique sous-exploité. La création de réseaux professionnels structurés par pays et secteur, et l'organisation d'événements de mentorat transforment la diaspora en pont de transfert de connaissances plutôt qu'en perte de compétences.
- **Conception de mécanismes incitatifs à la rétention.** La création d'alternatives locales attractives s'appuie sur le soutien à l'écosystème de startups, la création de postes à haute qualification dans les secteurs stratégiques, et les dispositifs de retour temporaire pour les talents expatriés. La mise en œuvre de ces recommandations nécessite un système de pilotage agile basé sur les données.

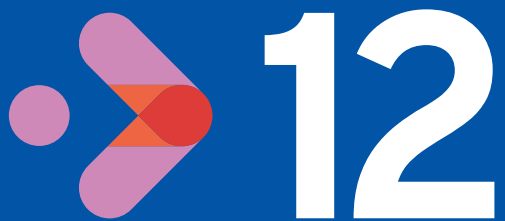
11.5 Pilotage dynamique : Mise en place d'un cadre décisionnel fondé sur des seuils d'alerte et des indicateurs de performance

Le pilotage par les données garantit la pertinence et l'efficacité des réformes. L'utilisation de seuils d'alerte pour chaque indicateur déclenche des actions correctives rapides dès la détection d'un désalignement critique.

Indicateur	Seuil d'alerte	Signification du Seuil	Action déclenchée
CR₀	< 50 %	Déficit critique de couverture	Révision curriculaire urgente
GI₀	> 0,60	Pénurie structurelle	Augmentation des capacités de formation
MR₀	< 0,40	Fuite massive de talents	Renforcement des mesures de rétention
IGA₀	< 0,50	Désalignement majeur	Plan d'action intégré interministériel
PMC	> 0,70	Opportunité stratégique forte	Mobilisation des ressources de placement

Ce système assure une priorisation rigoureuse et une allocation optimale des ressources. Les couples pays-métier présentant un PMC élevé (>0,65) et un alignement faible (CR₀<70%) constituent les priorités absolues, représentant simultanément une opportunité majeure et un risque de compétitivité.

Le succès repose sur un changement de paradigme : passer d'une logique de mise à jour périodique à un écosystème d'innovation continue piloté par une intelligence stratégique partagée. Cette transformation systémique conditionne le positionnement durable de la Tunisie comme vivier de compétences numériques aligné sur les besoins européens, établissant un modèle de workforce intelligence pour l'espace euro-méditerranéen.



Conclusion générale

La transformation numérique engendre des déséquilibres structurels durables sur les marchés européens du travail dans le secteur des technologies de l'information et de la communication. Cette tension entre une demande croissante en compétences avancées et les capacités d'adaptation des systèmes de formation constitue simultanément un défi de souveraineté technologique pour l'Union européenne et une opportunité stratégique pour la Tunisie. L'analyse comparative développée dans ce dispositif de veille stratégique démontre que l'alignement proactif de l'offre tunisienne de formation sur les besoins européens peut valoriser substantiellement le capital humain qualifié national et consolider l'intégration économique euro-méditerranéenne.

Apports méthodologiques et résultats empiriques

Le dispositif construit repose sur une architecture méthodologique rigoureuse articulant trois dimensions complémentaires. L'élaboration d'indicateurs d'alignement structurel (CR_0 , GI_0 , MR_0 , IGA_0) quantifie avec précision les écarts entre les référentiels ESCO et RTMC, établissant une mesure objective de la conformité aux standards européens. Le déploiement d'un dispositif opérationnel de veille quadripartite (Marché, Formation, Écarts, Mobilité) garantit une surveillance continue des dynamiques sectorielles et institutionnelles. La construction du Potentiel Migratoire Composite, indicateur synthétique agrégeant attractivité des marchés, adéquation des compétences, faisabilité de la mobilité et propension individuelle, transforme les données de veille en intelligence décisionnelle directement mobilisable pour l'orientation des politiques publiques.

L'application empirique révèle une dualité structurelle caractéristique du système tunisien de formation en TIC. Un taux de couverture global de 74,4% atteste une base technique solide, dépassant le seuil minimal de 65% recommandé par le CEDEFOP pour les systèmes nationaux. Cette performance globale dissimule toutefois des disparités sectorielles critiques. Les métiers traditionnels (Technicien Réseaux & Télécoms à 92%, Chef de projet IT à 85%, Développeur logiciel/Web à 84%) bénéficient d'une maîtrise satisfaisante des fondamentaux. Les métiers stratégiques émergents présentent des vulnérabilités préoccupantes : 69% d'alignement pour l'Expert Cybersécurité, l'Ingénieur DevOps/Cloud et l'Architecte Cloud/Systèmes, et

seulement 63% pour le Data Scientist/Analyste IA. Ces déficits se concentrent précisément dans les domaines constituant les frontières technologiques de l'économie numérique européenne et présentant les plus forts taux de croissance de la demande.

L'analyse comparative des marchés européens confirme la France et l'Allemagne comme destinations absolument prioritaires, avec un Potentiel Migratoire Composite moyen identique de 0,68. Le marché français capitalise sur la proximité linguistique et une diaspora nombreuse, offrant des volumes d'opportunités substantiels dans les métiers du développement logiciel (PMC 0,74), de la data science (PMC 0,72) et de la cybersécurité (PMC 0,70). Le marché allemand présente des conditions d'emploi exceptionnelles et des pénuries structurelles aiguës, avec le PMC le plus élevé de l'ensemble de la matrice pour l'Expert Cybersécurité (0,75), compensant partiellement la barrière linguistique. La Belgique constitue un marché attractif de premier plan (PMC moyen 0,676), valorisant particulièrement le multilinguisme et les certifications professionnelles. Le Luxembourg et l'Italie se positionnent comme marchés secondaires à approche opportuniste, le premier exigeant une hyperspécialisation technique et réglementaire, le second offrant une fenêtre temporaire liée au Plan National de Relance et de Résilience.

Paradoxe stratégique et impératif de transformation

La matrice de décision croisant diagnostic d'alignement et hiérarchisation des marchés révèle un paradoxe stratégique majeur structurant l'urgence des réformes : les plus grandes opportunités d'employabilité internationale se situent précisément dans les métiers où existent les plus grandes faiblesses d'alignement. L'Expert Cybersécurité en France et en Allemagne, classé comme priorité critique, combine les PMC les plus élevés de l'ensemble de l'analyse (0,73 et 0,75) avec un alignement tunisien insuffisant (69%). Les métiers de l'ingénierie cloud et de la data science sur le marché allemand présentent une configuration similaire : croissance explosive de la demande (+32% à +42%), PMC élevés (0,676 à 0,72) et alignements lacunaires (63% à 71%). Cette convergence entre opportunité maximale et vulnérabilité maximale n'est pas fortuite. Elle reflète une réalité économique fondamentale : les marchés offrent les meilleures conditions précisément dans les domaines

où les pénuries sont les plus criantes, et ces pénuries résultent de la difficulté systémique des systèmes de formation à s'adapter aux évolutions technologiques rapides.

Ce paradoxe souligne le coût d'opportunité élevé de l'inaction. Les talents tunisiens disposent d'un socle théorique robuste les positionnant potentiellement comme acteurs de l'économie numérique européenne. L'incapacité à combler le déficit opérationnel dans les pratiques industrielles modernes condamne ce potentiel à demeurer inexploité, transformant une opportunité de valorisation du capital humain en situation d'opportunité manquée à fort coût économique et social. La demande européenne massive dans les métiers critiques (cybersécurité, cloud, intelligence artificielle) représente un gisement d'emplois qualifiés et rémunérateurs directement accessible aux diplômés tunisiens, à condition de franchir le seuil opérationnel séparant la maîtrise conceptuelle de la capacité de déploiement en environnement industriel.

Leviers de transformation et conditions de réussite

L'analyse des causes profondes identifie trois déficits systémiques transversaux expliquant les écarts observés. La dissociation entre théorie et pratique traduit la prédominance d'une pédagogie magistrale privilégiant la transmission descendante de connaissances théoriques au détriment de l'apprentissage par projet en environnement réel. La divergence entre infrastructures classiques et cloud crée un décalage technologique frontal, la formation demeurante axée sur l'administration de systèmes on-premise alors que la demande européenne s'est massivement orientée vers les architectures cloud natives. L'intégration limitée des dimensions de gouvernance et de conformité agit comme barrière à l'accès aux postes à haute responsabilité, les référentiels COBIT, ITIL, RGPD et normes ISO demeurant faiblement couverts.

La résolution de ces déficits systémiques exige une approche intégrée mobilisant quatre leviers stratégiques complémentaires dont la mise en œuvre coordonnée conditionne le succès de la transformation. L'institutionnalisation d'une gouvernance interministérielle pérenne transforme le dispositif de veille d'instrument analytique en outil de pilotage effectif des politiques publiques. Le déploiement d'un tableau de bord national centralisant les indicateurs clés en interconnexion systémique avec les sources pertinentes garantit un

pilotage fondé sur des données actualisées et des seuils d'alerte déclenchant des actions correctives rapides. Les réformes curriculaires structurelles dans les filières critiques (IA, Cloud, Cybersécurité) comblent la fracture opérationnelle par l'intégration de modules spécialisés, la création d'infrastructures adaptées (laboratoires GPU mutualisés, cyber range national, plateformes cloud éducatives) et la systématisation des certifications internationales comme standards de validation. Le renforcement de la professionnalisation par les partenariats stratégiques public-privé, l'intégration de stages obligatoires prolongés et le développement de l'alternance accélère la transition de la compétence académique vers l'employabilité opérationnelle. La gestion stratégique de la mobilité internationale transforme la circulation des talents d'une fuite des cerveaux subie en dynamique maîtrisée équilibrant ouverture internationale et préservation des compétences stratégiques nationales.

Positionnement stratégique et perspectives

La transformation proposée dépasse la simple adaptation curriculaire pour constituer un changement de paradigme dans la conception même du système de formation. L'enjeu consiste à passer d'une logique de mise à jour périodique et réactive à un écosystème d'innovation continue piloté par une intelligence stratégique partagée entre acteurs publics, établissements de formation et secteur privé. Cette transition exige des investissements substantiels en infrastructures technologiques, en formation des formateurs et en ingénierie pédagogique. Elle requiert également une coordination interministérielle et interinstitutionnelle dépassant les cloisonnements traditionnels pour construire une vision unifiée de la compétitivité numérique nationale.

Le dispositif de veille stratégique développé fournit les instruments méthodologiques et analytiques permettant ce pilotage éclairé. Les indicateurs d'alignement structurel quantifient avec précision les écarts et orientent les priorités de réforme. Le Potentiel Migratoire Composite hiérarchise objectivement les opportunités et guide l'allocation optimale des ressources. La matrice de décision identifie les interventions présentant le plus fort impact marginal sur l'employabilité internationale. L'actualisation continue de ces instruments garantit leur pertinence face à l'accélération des mutations technologiques.

La réussite de cette transformation conditionnera directement le positionnement de la Tunisie dans l'écosystème numérique euro-méditerranéen. L'alternative est binaire. Une mobilisation stratégique coordonnée permettra de valoriser substantiellement le capital humain qualifié tunisien, de consolider l'intégration économique régionale et de transformer la Tunisie en vivier reconnu de compétences numériques aligné sur les standards européens. L'absence de transformation condamnera le système à une obsolescence progressive, creusant l'écart avec les exigences européennes et marginalisant les diplômés tunisiens face à une concurrence internationale croissante.

Le dispositif proposé s'inscrit dans les standards internationaux de workforce intelligence promus

par le CEDEFOP et l'OCDE, garantissant sa conformité méthodologique et son caractère opérationnel. Son déploiement effectif dépend désormais de la capacité des décideurs tunisiens à transformer ce diagnostic analytique en volonté politique, à mobiliser les ressources nécessaires et à coordonner les acteurs autour d'une vision partagée de compétitivité numérique. Cette transformation systémique constitue un investissement stratégique dans le capital humain national dont les retombées économiques et sociales dépasseront largement le seul secteur des technologies de l'information et de la communication, irriguant l'ensemble de l'économie tunisienne en voie de numérisation.

Bibliographie

A. Sources institutionnelles européennes

1. COMMISSION EUROPÉENNE

Documents institutionnels et communications

1. Commission européenne. Communication conjointe au Parlement européen et au Conseil sur la stratégie européenne de sécurité économique. JOIN(2023) 20 final. Bruxelles, 20 juin 2023.
2. Commission européenne. Recommandation de la Commission sur les domaines technologiques critiques pour la sécurité économique de l'UE en vue d'une évaluation plus approfondie des risques avec les États membres. C(2023) 6689 final. Bruxelles, 3 octobre 2023.
3. Commission européenne. Orientations politiques pour la prochaine Commission européenne 2019-2024 : Une Union plus ambitieuse. Bruxelles : Office des publications de l'Union européenne, 2019. [<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/62e534f4-62c1-11ea-b735-01aa75ed71a1>]

Rapports sur la Décennie numérique

4. Commission européenne. Report on the State of the Digital Decade 2024. Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2024. [<https://doi.org/10.2759/922>]
5. Commission européenne. Digital Decade Report 2025. Bruxelles : Commission européenne, 2025.
6. Commission européenne. « Digital Decade 2025: Progress Report on Multi-Country Projects ». Shaping Europe's Digital Future. Consulté le 14 octobre 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-2025-progress-report-multi-country-projects>]

Rapports nationaux de la Décennie numérique

7. Commission européenne. Belgium — 2025 Digital Decade Country Report. Bruxelles : Direction générale des réseaux de communication, du contenu et des technologies (DG CONNECT), 2025. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/belgium-2025-digital-decade-country-report>]
8. Commission européenne. Belgium — 2024 Digital Decade Country Report. Bruxelles : DG CONNECT, 11 juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/belgium-2024-digital-decade-country-report>]
9. Commission européenne. Italy — 2025 Digital Decade Country Report. 18 juin 2025. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/italy-2025-digital-decade-country-report>]
10. Commission européenne. « Rapport par pays sur la décennie numérique 2024 pour l'Italie ». Juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/factpages/italy-2024-digital-decade-country-report>] (consulté le 9 octobre 2024).
11. Commission européenne. Luxembourg — 2024 Digital Decade Country Report. 22 juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/luxembourg-2024-digital-decade-country-report>]
12. Commission européenne. « Rapport par pays sur la décennie numérique 2024 au Luxembourg ». Juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/factpages/luxembourg-2024-digital-decade-country-report>] (consulté le 9 octobre 2024).
13. Commission européenne. Report on the State of the Digital Decade: Germany. COM(2024) 260 final. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/factpages/germany-2024-digital-decade-country-report>]
14. Commission européenne. « Rapport par pays sur la décennie numérique 2024 en Allemagne ». Juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/factpages/germany-2024-digital-decade-country-report>] (consulté le 9 octobre 2024).

15. Commission européenne. « Rapport par pays sur la décennie numérique 2024 pour la France ». Juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/factpages/france-2024-digital-decade-country-report>] (consulté le 9 octobre 2024).

16. Commission européenne. « Digital Decade Country Reports 2024 ». Stratégie numérique pour l'Europe, juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-2024-country-reports>] (consulté le 9 octobre 2024).

European Digital Innovation Hubs et infrastructures numériques

17. Commission européenne. European Digital Innovation Hubs Network's Activities and Customers: State of Play Report 2024. Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2024. [<https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/32fa9035-167d-11f0-b1a3-01aa75ed71a1/>]

18. Commission européenne. « European Digital Innovation Hubs ». Shaping Europe's Digital Future. Consulté le 14 octobre 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/edihs>]

19. European Digital Innovation Hubs Network. « Update on the EDIH Network's Activities and Impact on Europe's Digital Transformation ». Consulté le 14 octobre 2024. [<https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/news/update-edih-networks-activities-and-impact-europes-digital-transformation>]

20. Alliance for Language Technologies EDIC. « What is an EDIC ». Consulté le 14 octobre 2024. [<https://www.alt-edic.eu/what-is-an-edic/>]

21. NCP Flanders. « European Digital Infrastructure Consortia (EDICs) under Digital Europe ». Infosheet. Consulté le 14 octobre 2024. [<https://ncpflanders.be/infosheets/european-digital-infrastructure-consortia-edics-under-digital-europe>]

22. Living-in.EU. « The LDT CitiVERSE EDIC is a Fact! ». Consulté le 14 octobre 2024. [<https://living-in.eu/news/ldt-citiverse-edic-fact>]

23. Living-in.EU et ERRIN. « The European Digital Infrastructure Consortia (EDICs) and Multi-Country Projects: What is New and What is in it for Cities and Regions? ». Consulté le 14 octobre 2024. [<https://living-in.eu/events/european-digital-infrastructure-consortia-edics-and-multi-country-projects-what-new-and-what>]

Alliances industrielles et infrastructures

24. Commission européenne. « Alliances industrielles ». Consulté le 7 octobre 2024. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances_en]

25. Commission européenne. « Industrial Alliances ». Consulté le 14 octobre 2024. [https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances_en]

26. Commission européenne. « Entreprise commune européenne pour le calcul haute performance (EHP) – EuroHPC JU ». Façonner l'avenir numérique de l'Europe. Consulté le 15 octobre 2025. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/high-performance-computing-joint-undertaking>]

27. EuroHPC Joint Undertaking. « L'entreprise commune européenne pour le calcul haute performance ». Consulté le 15 octobre 2025. [https://www.eurohpc-ju.europa.eu/index_en]

28. Union européenne. « Entreprise commune Chips ». Institutions et organes de l'UE. Consulté le 15 octobre 2025. [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/chips-joint-undertaking_en]

Reprise et résilience

29. Commission européenne. « Tableau de bord de la reprise et de la résilience – Indicateurs communs ». Dernière mise à jour 2024. Consulté le 7 octobre 2024. [https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/]

30. Commission européenne. « Recovery and Resilience Scoreboard – Common Indicators ». Dernière mise à jour 2024. Consulté le 14 octobre 2024. [https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/]

31. Commission européenne. State of the Digital Decade & Recovery and Resilience Facility references. COM(2024) 260 final.

32. Commission européenne. Belgium's recovery and resilience plan — country page. [https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-recovery/recovery-and-resilience-facility/country-pages/belgiums-recovery-and-resilience-plan_en]

Cadre réglementaire et communications officielles

33. Commission européenne. « La législation sur les services numériques ». Façonner l'avenir numérique de l'Europe. Consulté le 15 octobre 2025. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/digital-services-act_fr]

34. Commission européenne. « La Commission appelle 23 États membres à transposer intégralement la directive NIS2 ». Communiqué de presse, 28 novembre 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/commission-calls-23-member-states-fully-transpose-nis2-directive>]

35. Commission européenne. « La Commission ouvre des enquêtes de non-conformité contre Alphabet, Apple et Meta en vertu de la loi sur les marchés numériques ». Communiqué de presse, 25 mars 2024. [https://digital-markets-act.ec.europa.eu/commission-opens-non-compliance-investigations-against-alphabet-apple-and-meta-under-digital-markets-2024-03-25_en]

Politiques sectorielles et thématiques

36. Commission européenne. « Décennie numérique de l'Europe : objectifs numériques pour 2030 ». Programme pour une Europe numérique, 2021. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/fr/policies/europes-digital-decade>] (consulté le 9 octobre 2024).

37. Commission européenne. « La Décennie numérique de l'Europe : objectifs pour 2030 ». Consulté le 7 octobre 2025. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en]

38. Commission européenne. « Europe's Digital Decade: digital targets for 2030 ». [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/europes-digital-decade-digital-targets-2030_en]

39. Commission européenne. « European approach to artificial intelligence ». [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>]

40. Commission européenne. « The Digital Services Act package ». [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-services-act-package>]

41. Commission européenne. Digital Decade: Broadband Coverage in Europe 2023. Bruxelles : DG CONNECT et Joint Research Centre, juillet 2024. [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-decade-2024-broadband-coverage-europe-2023>]

42. Commission européenne. Education and Training Monitor 2024 — Country Report: Italy. Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2024. [<https://op.europa.eu/webpub/eac/education-and-training-monitor/en/country-reports/italy.html>]

2. PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE

Actes législatifs fondateurs

43. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Directive 2000/31/CE du 8 juin 2000 relative à certains aspects juridiques des services de la société de l'information, et notamment du commerce électronique, dans le marché intérieur. Journal officiel des Communautés européennes L 178 (17 juillet 2000) : 1-16. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/ALL/?uri=celex%3A32000L0031>]

44. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Directive (UE) 2018/1972 du 11 décembre 2018 établissant le code des communications électroniques européen. Journal officiel de l'Union européenne L 321 (17 décembre 2018) : 36-214.

45. Règlements récents (2018-2024)

46. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2018/1488 du Conseil du 28 septembre 2018 établissant l'entreprise commune européenne pour le calcul à haute performance. Journal officiel de l'Union européenne L 252 (8 octobre 2018). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32018R1488>]

47. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2021/694 du 29 avril 2021

établissant le programme « Europe numérique » et abrogeant la décision (UE) 2015/2240. Journal officiel de l'Union européenne L 166 (11 mai 2021) : 1-34. [<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/694/oj?locale=fr>]

48. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2022/868 du 30 mai 2022 relatif à la gouvernance européenne des données (Data Governance Act). Journal officiel de l'Union européenne L 152 (3 juin 2022) : 1-44.

49. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2022/1925 du 14 septembre 2022 sur les marchés contestables et équitables dans le secteur numérique (Digital Markets Act). Journal officiel de l'Union européenne L 265 (12 octobre 2022) : 1-66. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022R1925>]

50. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2022/2065 du 19 octobre 2022 relatif à un marché unique des services numériques (Digital Services Act). Journal officiel de l'Union européenne L 277 (27 octobre 2022) : 1-102. [<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/2065/oj>]

51. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Décision (UE) 2022/2481 du 14 décembre 2022 établissant le programme politique « Décennie numérique » pour 2030. Journal officiel de l'Union européenne L 323 (19 décembre 2022) : 4-26. [<https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2022/2481/oj?locale=fr>] (consulté le 9 octobre 2024).

52. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Directive (UE) 2022/2555 du 14 décembre 2022 concernant des mesures destinées à assurer un niveau élevé commun de cybersécurité dans l'ensemble de l'Union (NIS2). Journal officiel de l'Union européenne L 333 (27 décembre 2022) : 80-152. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32022L2555>] (consulté le 7 octobre 2025).

53. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2023/1781 du 13 septembre 2023 établissant un cadre de mesures pour renforcer l'écosystème européen des semi-conducteurs et modifiant le règlement (UE) 2021/694 (règlement sur les semi-conducteurs). Journal officiel de l'Union européenne L 229 (18 septembre 2023) : 1-43. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1781>]

54. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2023/2854 du 13 décembre 2023 concernant des règles harmonisées sur l'accès équitable aux données et leur utilisation (Data Act). Journal officiel de l'Union européenne L 2023/2854 (22 décembre 2023).

55. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2024/903 du 13 mars 2024 établissant des mesures pour un niveau élevé d'interopérabilité du secteur public dans l'ensemble de l'Union (Interoperable Europe Act). Journal officiel de l'Union européenne L 2024/903 (22 mars 2024).

56. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2024/1183 du 11 avril 2024 modifiant le règlement (UE) n° 910/2014 en ce qui concerne l'établissement du cadre européen relatif à une identité numérique (EUDI). Journal officiel de l'Union européenne L 2024/1183 (30 avril 2024). [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32024R1183>]

57. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2024/1309 du 29 avril 2024 relatif à des mesures visant à réduire le coût du déploiement de réseaux de communications électroniques à très haute capacité (Règlement sur les infrastructures Gigabit). Journal officiel de l'Union européenne L 2024/1309 (8 mai 2024).

58. Parlement européen et Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) 2024/1689 du 13 juin 2024 établissant des règles harmonisées concernant l'intelligence artificielle (AI Act). Journal officiel de l'Union européenne L 2024/1689 (12 juillet 2024). [<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>]

3. AGENCES ET ORGANISMES DE L'UNION EUROPÉENNE

59. Agence de l'Union européenne pour la cybersécurité (ENISA). ENISA Threat Landscape 2023. Héraklion : ENISA, 2023. [<https://www.enisa.europa.eu/publications/enisa-threat-landscape-2023>]

B. Organisations internationales

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)

60. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Declaration on a Trusted, Sustainable and Inclusive Digital Future. Adoptée en 2024. Consulté le 14 octobre 2024. [<https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0488>]
61. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). « Growth of Digital Economy Outperforms Overall Growth across OECD ». Communiqué de presse, 14 mai 2024. Consulté le 7 et 14 octobre 2024. [<https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/growth-of-digital-economy-outperforms-overall-growth-across-oecd.html>]
62. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Regards sur l'éducation 2024 : Les indicateurs de l'OCDE. Paris : Éditions OCDE, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.oecd.org/education/education-at-a-glance/>]
63. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). OECD Economic Surveys: Belgium 2024. Paris : OCDE, 2024. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/09/oecd-economic-surveys-belgium-2024_578fb44b/c671124e-en.pdf]
64. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Digital Government Review of Luxembourg. Paris : OCDE, 2022. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/09/digital-government-review-of-luxembourg_11557a5e/b623803d-en.pdf] ; [https://www.oecd.org/en/publications/2022/03/digital-government-review-of-luxembourg_b5708f29.html]

Organisation internationale du travail (OIT)

65. Organisation internationale du travail. Classification internationale type des professions : CITP-08. Genève : OIT, 2012. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.ilo.org/public/english/bureau/stat/isco/isco08/>]

C. Données statistiques officielles

EUROSTAT (OFFICE STATISTIQUE DE L'UNION EUROPÉENNE)

Publications et rapports statistiques

66. Eurostat. Digitalisation in Europe – 2024 Edition. [<https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital>]
67. Eurostat. Digitalisation in Europe – 2025 edition. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2025. [<https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/digitalisation-2025>]
68. Eurostat. Indice de l'économie et de la société numériques (DESI) 2024. Bruxelles, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/>]

Statistiques thématiques

69. Eurostat. « Digital Economy and Society Statistics – Structural Business Statistics ». Dernière mise à jour 2024. Consulté le 14 octobre 2024. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Digital_economy_and_society_statistics]
70. Eurostat. « Digital economy and society statistics – entreprises ». [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Digital_economy_and_society_statistics_-_entreprises]
71. Eurostat. « ICT specialists in employment ». Statistics Explained. Mise à jour 24 mai 2024. Consulté le 7 et 15 octobre 2025. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/ICT_specialists_in_employment]
72. Eurostat. « Spécialistes des TIC en emploi ». Base de données. Consulté le 7 octobre 2025. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_sks_itspt/default/table] ; [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ISOC_SKS_ITSPT/default/table]
73. Eurostat. « Spécialistes des TIC en emploi – méthodologie ». Métadonnées. Luxembourg, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_skslf_esms.htm]

74. Eurostat. « ICT sector — value added, employment and R&D ». Mise à jour 2024/2025. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/ICT_sector_-_value_added,_employment_and_R%26D]. DOI : 10.2908/isoc_sks_itspt.
75. Eurostat. « Enterprises That Employ ICT Specialists ». Données 2024. Consulté le 14 octobre 2024. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/isoc_ske_itspe_custom_17817922/default/table]
76. Eurostat. « ICT education — a statistical overview ». [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/ICT_education_-_a_statistical_overview]

Actualités et communiqués Eurostat

77. Eurostat. « Rising share of ICT specialists among employed people ». Eurostat News, 8 juillet 2025. [<https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250708-2>] ; [<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250708-2>]
78. Eurostat. « Davantage de personnes employées dans les TIC dans l'UE en 2023 ». Articles d'actualité, 24 mai 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240524-2>]
79. Eurostat. « Compétences numériques en 2023 : impact de l'éducation et de l'âge ». Articles d'actualité, 22 février 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240222-1>]
80. Eurostat. « 56 % des Européens possèdent des compétences numériques de base ». Articles d'actualité, 15 décembre 2023. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20231215-3>]

Bases de données et plateformes

81. Eurostat. « Statistiques sur les compétences numériques ». Base de données, Eurostat. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://ec.europa.eu/eurostat/web/digital-economy-and-society/data/database>]
82. Eurostat. « Vers les objectifs de la Décennie numérique pour l'Europe ». Statistics Explained. Consulté le 7 octobre 2025. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Towards_Digital_Decade_targets_for_Europe]
83. Commission européenne. « Towards Digital Decade targets for Europe ». Eurostat. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Towards_Digital_Decade_targets_for_Europe]
- Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) – France
84. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). Les estimations d'emploi provisoires en 2023. Insee Focus n° 345, 18 décembre 2024. [<https://www.insee.fr/fr/statistiques/8306006>]
85. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). « Au premier trimestre 2025, l'emploi salarié est quasi stable (-0,1 %) ». Informations Rapides, n° 135, 28 mai 2025. [<https://www.insee.fr/fr/statistiques/8576114>]
86. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). « Emploi salarié (personnes physiques) – Information-communication – Série CVS, identifiant 011794408 ». [<https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/011794408>]
87. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). « Emploi total (personnes physiques) – Information-communication – Série CVS, identifiant 011794406 ». [<https://www.insee.fr/fr/statistiques/serie/011794406>]
88. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). « Emploi salarié dans les secteurs principalement marchands ». Base de données. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012804>]
89. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee). Survey on the use of ICT in enterprises – France 2023. [<https://www.insee.fr/en/statistiques/8313326>]
90. Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) – Italie, Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT). Imprese e ICT – Anno 2024. StatReport, 17 janvier 2025. [https://www.istat.it/wp-content/uploads/2025/01/Statreport_ICT2024-1.pdf]

91. Statbel (Service public fédéral Statistique) – Belgique, Statbel (Service public fédéral belge — Statistique). ICT and e-commerce in enterprises (publications 2023–2024). [<https://statbel.fgov.be/en/themes/enterprises/ict-and-e-commerce-enterprises>]

92. STATEC – Luxembourg, STATEC. « Salaire annuel moyen en fonction du secteur d'activité (NACE Rév. 2) et du sexe ». Luxembourg, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://lustat.statec.lu/>]

Autres sources statistiques spécialisées

93. Top500. « Top500 List – June 2024 ». Consulté le 14 octobre 2024. [<https://www.top500.org/lists/top500/list/2024/06/>]

94. Companies Market Cap. « Largest Tech Companies by Market Cap ». Consulté le 14 octobre 2024. [<https://companiesmarketcap.com/tech/largest-tech-companies-by-market-cap/>]

D. Sources nationales (gouvernements, ministères, agences nationales)

FRANCE

Plans nationaux et stratégies

95. Gouvernement français. Plan national de relance et de résilience. Paris : Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, avril 2021. [<https://www.gouvernement.fr/france-relance>]

96. Gouvernement français, Ministère de l'Économie. France 2030 : plan d'investissement. Paris, 2021. [<https://www.economie.gouv.fr/files/files/2021/France-2030.pdf>]

97. Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. France 2030 : un plan d'investissement pour la France de demain. Paris, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.economie.gouv.fr/france-2030>]

98. Secrétariat général pour l'investissement. France 2030 : un plan d'investissement pour la France de demain. Paris, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.gouvernement.fr/france-2030-un-plan-dinvestissement-pour-la-france-de-demain>]

99. Gouvernement français. « France 2030 : un plan d'investissement pour la France de demain ». Dossier de presse, 12 octobre 2021. [<https://www.economie.gouv.fr/france-2030>]

100. Gouvernement français. Plan quantique national. Paris, 2021. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.gouvernement.fr/actualite/plan-quantique>]

101. Villani, Cédric. Donner un sens à l'intelligence artificielle : pour une stratégie nationale et européenne. Rapport remis au Premier ministre, mars 2018. [<https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/rapport-de-cedric-villani-donner-un-sens-l-intelligence-artificielle-ia-49194>]

Agences et autorités nationales

102. Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI). Plan stratégique 2025-2027 de l'ANSSI. Paris : ANSSI, 11 mars 2025. [<https://cyber.gouv.fr/publications/plan-strategique-2025-2027-de-lanssi>]

103. Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep). Rapport annuel 2024. Paris : Arcep, 27 juin 2025. [https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/ARCEP-RA2025-TOME-01_NORME-A.pdf]

104. Autorité de la concurrence. Rapport d'activité 2024. Paris : Autorité de la concurrence, 2025. [<https://www.autoritedelaconcurrence.fr/fr/publications/rapport-annuel-2024>]

105. Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL). Plan stratégique 2022-2024. Paris : CNIL, 2022. [https://www.cnil.fr/sites/cnil/files/atoms/files/cnil_plan_strategique_2022-24.pdf]

106. Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL). « Entrée en vigueur du règlement

européen sur l'IA : les premières questions-réponses de la CNIL ». [CNIL.fr](https://www.cnil.fr/fr/entree-en-vigueur-du-reglement-europeen-sur-lia-les-premieres-questions-reponses-de-la-cnil), juillet 2024. [https://www.cnil.fr/fr/entree-en-vigueur-du-reglement-europeen-sur-lia-les-premieres-questions-reponses-de-la-cnil]

107. Grande École du Numérique. Rapport d'impact 2024. Paris, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [https://www.grandeecolenumérique.fr/]

108. Direction générale des entreprises (DGE). « France Num : le portail de la transformation numérique des entreprises ». Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. [https://www.francenum.gouv.fr]

ALLEMAGNE

Stratégies nationales

109. Bundesministerium für Verkehr und Bundesregierung. Digitalstrategie Deutschland 2030. Berlin, 2022. [https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/digitalstrategie-der-bundesregierung.html]

110. Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). Digitalstrategie. Gemeinsam digitale Werte schöpfen. Berlin : Bundesregierung, août 2022. [https://www.bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/063-digitalstrategie.pdf]

111. Bundesministerium für Forschung. AI action plan / national AI funding (2024–2025). [https://www.bmfr.bund.de/EN/Research/EmergingTechnologies/ArtificialIntelligence/artificialintelligence_node.html]

112. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Pacte numérique pour les écoles [DigitalPakt Schule]. Berlin, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [https://www.digitalpaktschule.de/]

113. Bundesministerium für Bildung und Forschung. « Le gouvernement fédéral et les Länder s'accordent sur le Pacte numérique 2.0 ». Berlin, décembre 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [https://www.bmbf.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2024/12/Digitalpakt.html]

114. Bundesministerium der Finanzen. Deutscher Aufbau- und Resilienzplan (DARP) [Plan allemand pour la reprise et la résilience]. Berlin : Bundesministerium der Finanzen, 25 juillet 2022. [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Europa/DARP/deutscher-aufbau-und-resilienzplan.html]

Agences et autorités nationales

115. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI). Jahresbericht 2024 [Rapport annuel 2024]. Bonn : BSI, 2025.

116. Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (BfDI). Tätigkeitsbericht 2024 – 33. Bericht [Rapport d'activité 2024 – 33e rapport]. Bonn : BfDI, 2025.

117. Bundeskartellamt. Tätigkeitsbericht 2023/2024 [Rapport d'activité 2023/2024]. Bonn : Bundeskartellamt, 2025.

118. Bundesnetzagentur (BNetzA). Tätigkeitsbericht 2024 des Digital Services Coordinators [Rapport d'activité 2024 du coordinateur des services numériques]. Bonn : BNetzA, 2025.

119. Bundesagentur für Arbeit. « Foreign skilled workers drive employment growth in information and communication technology ». Communiqué de presse n° 29, 27 juin 2025. [https://www.arbeitsagentur.de/en/press/2025-29-foreign-skilled-workers-drive-employment-growth-in-information-and-communication-technology]

120. Bundesagentur für Arbeit. « Rapport sur le marché du travail – Spécialistes des TI » [Arbeitsmarktberichterstattung - IT-Fachkräfte]. Rapports : Focus sur le marché du travail [Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt]. Nuremberg, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [https://statistik.arbeitsagentur.de/]

Autres sources allemandes

121. Germany Trade & Invest (GTAI). The Digital Economy in Germany — Fact Sheet (Issue 2025). 19 mai 2025. [https://www.gtai.de/resource/blob/63904/e140931b97cb704e85c0b7e9d9e8cc63/20250519_FS_Germany%C2%B4s_Digital_Economy_WEB.pdf]

122. Germany Trade & Invest (GTAI). « Healthy Growth Forecast for German ICT ». 15 janvier 2025. [https://www.gtai.de/en/invest/industries/digital-economy/healthy-growth-forecast-for-german-]

[ict-1855466\]](#)

123. FTTH Council Europe et BREKO. Marktanalyse 2024 – Fibre roll-out and household connection. 10 septembre 2024. [<https://www.brekoverband.de/en/schwerpunkte/breko-marktanalyse/>]

ITALIE

Plans nationaux et stratégies

124. Governo Italiano. Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) [Plan national de relance et de résilience]. Rome. [<https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>]

125. Presidenza del Consiglio dei Ministri. « Italia Domani - Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza ». [<https://www.italiadomani.gov.it/it/home.html>]

126. Governo Italiano, Ministero per l'Innovazione tecnologica e la Transizione digitale. « Italia Digitale 2026 ». Octobre 2022. [<https://assets.innovazione.gov.it/1665677773-italia-digitale-2026.pdf>]

127. Ministero per l'Innovazione Tecnologica e la Transizione Digitale. Italia Digitale 2026. Rome, 12 octobre 2022. [<https://innovazione.gov.it/italia-digitale-2026/>]

128. Ministero delle Imprese e del Made in Italy. Piano Transizione 4.0 [Plan Transition 4.0]. Rome. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.mise.gov.it/>]

Agences et autorités nationales

129. Agenzia per l'Italia Digitale (AgID). Piano Triennale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione 2024–2026 [Plan triennal pour l'informatique dans l'administration publique 2024–2026]. Rome : AgID, juin 2024. [https://www.agid.gov.it/sites/agid/files/2024-06/piano_triennale_per_linformatica_nella_pa_2024-2026.pdf]

130. Agenzia per l'Italia Digitale (AgID). Piano Triennale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione 2024–2026 — aggiornamento 2025. Rome : AgID, décembre 2024. [<https://www.agid.gov.it/it/agenzia/piano-triennale>]

131. Agenzia per l'Italia Digitale (AgID). « Piano Triennale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione 2024–2026 ». [<https://www.agid.gov.it/it/agenzia/piano-triennale>]

132. Agenzia per l'Italia Digitale (AgID). Strategia Italiana per l'Intelligenza Artificiale 2024–2026. Rome : AgID, 22 juillet 2024. [https://www.agid.gov.it/sites/agid/files/2024-07/Strategia_italiana_per_l_Intelligenza_artificiale_2024-2026.pdf] ; [<https://www.agid.gov.it/it/agenzia/strategia-italiana-ia>]

133. Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale (ACN). Strategia Nazionale di Cybersicurezza 2022–2026 [Stratégie nationale de cybersécurité 2022–2026]. Rome : ACN, 2022. [https://giurisprudenza.unimc.it/it/ricerca/dirittoapplicato/site-news/ACN_Strategia.pdf]

134. Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato (AGCM). Relazione annuale sull'attività svolta 2024 [Rapport annuel sur l'activité exercée 2024]. Rome : AGCM, 2025. [<https://www.agcm.it/per-la-PA-e-gli-esperti/relazioni-annuali>]

135. Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM). Relazione annuale 2024 sull'attività svolta e sui programmi di lavoro [Rapport annuel 2024 sur l'activité exercée et les programmes de travail]. Rome : AGCOM, 2025. [https://www.agcom.it/sites/default/files/documenti/relazione_annuale/RELAZIONE%20ANNUALE_2024.pdf]

136. Repubblica Digitale. Site officiel de la coalition nationale italienne pour les compétences numériques. [<https://repubblicadigitale.gov.it/portale/>]

BELGIQUE

Plans nationaux

137. Service public fédéral Chancellerie du Premier ministre. Plan national pour la reprise et la résilience de la Belgique. Bruxelles : SPF Chancellerie, 2021. [<https://nextgenbelgium.be/images/documents/FR-Plan-national-pour-la-reprise-et-la-résilience.pdf>]

138. Service Public Fédéral Économie. Belgique numérique [Digital Belgium]. Bruxelles, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://economie.fgov.be/>]

Agences et autorités nationales

139. Autorité belge de la concurrence. Rapport annuel 2024. Bruxelles : Autorité belge de la concurrence, 2025. [https://www.abc-bma.be/sites/default/files/content/download/files/RapportAnnuelAutorite_2024_1.pdf]
140. Autorité de protection des données (APD). « L'APD publie son rapport annuel 2024 ». Communiqué de presse, 2025. [<https://www.autoriteprotectiondonnees.be/citoyen/l-apd-publie-son-rapport-annuel-2024>]
141. Centre pour la cybersécurité Belgique (CCB). Rapport d'activité 2023. Bruxelles : CCB, octobre 2024. [https://ccb.belgium.be/sites/default/files/2024-10/CCB%20REPORT%202023_FR.pdf]
142. Institut belge des services postaux et des télécommunications (IBPT). Rapport annuel 2024. Bruxelles : IBPT, mai 2025. [https://rapport-annuel.ibpt.be/wp-content/uploads/2025/05/Rapportannuel_2024.pdf]

Autres sources belges

143. IMEC International. « À propos d'IMEC » [About IMEC]. Louvain, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://www.imec-int.com/>]
144. The Brussels Times / Belga. « Belgium faces dearth of IT workers ». 14 juillet 2025. [<https://www.brusselstimes.com/1663144/belgium-faces-dearth-of-it-workers>]

LUXEMBOURG

Plans nationaux et stratégies

145. Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg. Plan national pour la reprise et la résilience. Luxembourg : Ministère des Finances, avril 2021. [<https://gouvernement.lu/dam-assets/documents/actualites/2021/04-avril/27-programme-stabilite-gramegna/Plan-pour-la-relance-et-la-resilience.pdf>]
146. Gouvernement luxembourgeois. Digital Decade National Strategic Roadmap for Luxembourg (version 2023–2024). 7 février 2024. [<https://smc.gouvernement.lu/dam-assets/dossiers/digital-decade/20241129-digital-decade-national-strategic-roadmap-for-luxembourg.pdf>]
147. Ministère de l'Économie du Luxembourg. Luxembourg numérique [Digital Lëtzebuerg]. Luxembourg, 2024. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://digital-luxembourg.public.lu/>]

Agences et autorités nationales

148. Institut luxembourgeois de régulation (ILR). Rapport annuel d'activité 2024. Luxembourg : ILR, 2025. [https://www.ilr.lu/wp-content/uploads/publication/ILR_RapportActivite_2024_accessible.pdf]
149. Commission de Surveillance du Secteur Financier, Luxembourg. « La CSSF adopte Clarence pour développer l'intelligence artificielle en pleine souveraineté : une avancée majeure pour le secteur financier ». Luxembourg, 2024. [<https://www.cssf.lu/fr/2024/12/la-cssf-adopte-clarence-pour-developper-lintelligence-artificielle-en-pleine-souverainete-une-avancee-majeure-pour-le-secteur-financier/>]
150. LuxConnect. « LuxConnect : fibre, datacenters, HPC & cloud souverain ». Site officiel. [<https://luxconnect.lu/>]

E. Centres de recherche, think tanks et institutions académiques

151. Centre for European Policy Studies (CEPS). Digital Industrial Policy for Europe. Bruxelles : CEPS, 2022. [<https://cerre.eu/wp-content/uploads/2022/12/Digital-Industrial-Policy-for-Europe.pdf>]
152. ZEW — Centre for European Economic Research. Unexpected Record Low Number of New ICT Businesses (communiqué ZEW / ICT Sector Profile 2024). Mannheim, 5 février 2025. [<https://www.zew.de/en/zew/news/unexpected-record-low-number-of-new-ict-businesses>]
153. GAIA-X European Association for Data and Cloud AISBL. « About GAIA-X ». [<https://gaia-x.eu/>]

F. Littérature scientifique et rapports spécialisés

Cadres de compétences et méthodologies

154. Vuorikari, Riina, Stefano Kluzer et Yves Punie. DigComp 2.2 : Le cadre européen des compétences numériques pour les citoyens – Avec de nouveaux exemples de connaissances, compétences et attitudes. Luxembourg : Office des publications de l'Union européenne, 2022. Consulté le 7 octobre 2025. [<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC128415>]

Publications académiques

155. Maghiros, Ioannis, et al. « European Digital Infrastructure Consortium (EDIC): A New Governance Framework for the European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) ». In Blockchain and Applications, 45-54. Springer, 2025. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-84748-6_5]

G. Plateformes et portails spécialisés

Plateformes européennes

156. Digital Skills and Jobs Platform. « Belgium ». European Interactive Map. [<https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/european-interactive-map/belgium>]

157. Digital Skills and Jobs Platform. « Belgium: Basic digital skills (2023) ». [<https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/european-interactive-map/belgium>]

158. Digital Skills and Jobs Platform. « Italy ». European Interactive Map. [<https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/european-interactive-map/italy>]

159. Digital Skills and Jobs Platform. « Italy: a snapshot of digital skills ». 29 juillet 2024. [<https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/latest/briefs/italy-snapshot-digital-skills>]

160. Digital Skills and Jobs Platform. « Luxembourg: a snapshot of digital skills ». 29 juillet 2024. [<https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/latest/briefs/luxembourg-snapshot-digital-skills>]

Annexes

Annexe 1 : Note méthodologique

Dispositif d'extraction des données pour la veille stratégique du marché des compétences TIC

1. Introduction, principes généraux et objectifs

Dans le cadre de la mise en place du dispositif de veille stratégique, la mobilisation des données obéit à un ensemble de principes méthodologiques stricts, au premier rang desquels figurent la fiabilité, la traçabilité et la vérifiabilité des sources utilisées, ainsi que la nécessité d'intégrer une lecture dynamique des tendances actuelles du marché. Une veille stratégique pertinente ne peut se limiter à des données structurelles rétrospectives ; elle doit également capter les évolutions conjoncturelles afin d'anticiper les transformations en cours. À cet effet, notre étude s'appuie sur une démarche rigoureuse d'extraction, de structuration et de normalisation des données, articulant sources officielles, extractions via API et outils de captation dynamique. Chaque source mobilisée est explicitement mentionnée à chaque étape des traitements et des calculs présentés dans ce rapport. Nous précisons systématiquement la nature des données exploitées (statistiques agrégées, micro-données, données textuelles, flux API ainsi que les modalités techniques de leur transformation. Cette transparence méthodologique garantit la reproductibilité scientifique de nos résultats et renforce la robustesse analytique du dispositif proposé.

La transformation rapide du secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) impose aux décideurs publics un dispositif de veille stratégique capable d'articuler données structurelles, signaux émergents et standardisation internationale des compétences.

Le présent document formalise la méthodologie d'extraction des données du dispositif national de veille stratégique, repose sur une architecture intégrée combinant trois niveaux complémentaires d'extraction et de validation des données :

1. Sources officielles structurées (priorité absolue)
2. Extraction via API institutionnelles (données reproductibles et auditable)
3. Web scraping pour la captation dynamique des tendances (capture des tendances en temps réel)

Ce modèle hybride répond à un double impératif scientifique et stratégique :

- garantir la robustesse statistique et la traçabilité des données (sources officielles et API),
- intégrer une capacité d'anticipation et de détection précoce des signaux faibles (scraping).

Le dispositif poursuit quatre objectifs majeurs :

1. Mesurer la structure réelle du marché TIC (Europe et Tunisie)
2. Identifier les pénuries et tensions par métier
3. Détecter les compétences émergentes
4. Estimer les volumes prospectifs à partir des tendances actuelles

Il s'inscrit dans une logique d'intelligence économique publique appliquée aux compétences et à la mobilité internationale.

2. Architecture générale du dispositif d'extraction

Le dispositif mobilisé s'inscrit dans une logique de synergie entre données normatives (ESCO) et données de marché, conformément au pipeline méthodologique suivant :

1. Sélection des sources et extraction
2. Nettoyage et appariement avec ESCO
3. Agrégation et production d'indicateurs

Le dispositif repose sur une hiérarchisation méthodologique à trois niveaux, Chaque niveau répond à un degré différent de fiabilité, temporalité et granularité :

Niveau	Objectif	Nature des données	Fonction stratégique
Niveau 1	Mesure structurelle	Données officielles	Base statistique consolidée
Niveau 2	Extraction automatisée reproductible	API institutionnelles	Mise à jour systématique
Niveau 3	Capture conjoncturelle	Web scraping	Détection des tendances actuelles

3. Niveau 1 : Exploitation prioritaire des données officielles

Le premier niveau du dispositif de veille stratégique repose sur l'exploitation prioritaire des données officielles, qui constituent le socle structurel de l'analyse. Le recours à ces sources se justifie par la disponibilité de séries statistiques longues, l'existence de méthodologies validées et harmonisées, leur comparabilité internationale ainsi que leur stabilité temporelle. Ces caractéristiques garantissent la robustesse des estimations et permettent d'établir des volumes de référence servant d'étalonnage aux analyses conjoncturelles et aux projections ultérieures.

Au niveau européen, les bases mobilisées incluent notamment celles produites par Eurostat, CEDEFOP, European Commission, OCDE et EURES. Ces institutions fournissent des données essentielles relatives au volume d'emplois TIC, aux taux de vacance, aux projections sectorielles, à la mobilité intra-européenne ainsi qu'aux pénuries identifiées par profession.

Au niveau national, les sources tunisiennes mobilisées comprennent INS Tunisie, MESRS, ONM. Ces bases permettent de mesurer la production annuelle de diplômés TIC, les taux d'insertion professionnelle, les flux migratoires qualifiés ainsi que l'emploi déclaré dans le secteur.

Fonction stratégique

Les données officielles permettent d'estimer les volumes structurels (emplois, diplômés, migrations), de produire des indicateurs de référence et d'établir les séries historiques servant de base aux projections. Elles constituent la référence d'étalonnage du dispositif.

4. Niveau 2: Extraction via API – standardisation et reproductibilité

Le deuxième niveau du dispositif repose sur l'extraction automatisée des données via des interfaces de programmation applicative (API – Application Programming Interface), qui permettent d'interroger directement des bases de données institutionnelles à partir de paramètres prédéfinis (métier, période, pays, indicateur, etc.). Cette modalité d'accès garantit l'automatisation des requêtes, la traçabilité complète des opérations effectuées, l'absence de manipulation manuelle des données et, par conséquent, une parfaite répliquabilité académique des résultats. Elle constitue un levier essentiel de sécurisation méthodologique et de fiabilisation des mises à jour périodiques du dispositif de veille.

Les API mobilisées se répartissent en deux catégories. D'une part, les API statistiques, telles que l'API de Eurostat et les interfaces proposées par CEDEFOP, permettent l'extraction automatisée de séries relatives à l'emploi, aux pénuries et aux projections sectorielles. D'autre part, l'API normative de ESCO, développée sous l'égide de la European Commission, fournit une classification harmonisée des métiers, la liste structurée des compétences associées, les correspondances avec la nomenclature ISCO ainsi que les relations hiérarchiques entre professions. Cette dimension normative est centrale pour assurer l'harmonisation des intitulés issus de sources hétérogènes, notamment lors de l'intégration des données de scraping.

La procédure technique standardisée comprend : la définition précise de la requête (code métier, période, pays), l'extraction et l'archivage des données. Sur le plan stratégique, l'usage des API garantit la cohérence internationale des données, renforce la comparabilité entre pays (France, Allemagne, Belgique, Italie, Luxembourg), assure une actualisation régulière des indicateurs et permet l'intégration automatisée des flux de données dans les tableaux de bord décisionnels du dispositif de veille.

De manière synthétique (Définition et justification), une API (Application Programming Interface) permet un accès automatisé, standardisé et documenté aux bases de données institutionnelles. Elle garantit :

- Reproductibilité scientifique
- Traçabilité des requêtes
- Mise à jour automatique
- Réduction des biais manuels

Les API mobilisables (API européennes) :

- API de Eurostat
- API de CEDEFOP
- API ESCO de European Commission

L'API ESCO constitue un élément central du dispositif, ESCO fournit :

- Classification normalisée des métiers
- Compétences associées
- Relations métier-compétence
- Correspondances ISCO

L'API ESCO permet :

- extraction automatisée des compétences associées à un métier,
- mapping normalisé des intitulés issus du scraping,
- comparaison internationale structurée.

Apport stratégique :

Les API permettent :

- la comparabilité internationale,
- l'alignement avec les standards européens,
- la reproductibilité académique.

Elles constituent le pont entre données normatives et données de marché.

5. Niveau III : Web Scraping – Captation conjoncturelle et détection des signaux faibles

Le troisième niveau du dispositif de veille stratégique repose sur le web scraping, conçu comme un outil de captation conjoncturelle permettant d'observer en temps quasi réel les dynamiques du marché du travail TIC. Contrairement aux données officielles, qui présentent un décalage temporel inhérent aux cycles de production statistique, le scraping offre une photographie immédiate de la demande effective. Il permet d'analyser la fréquence d'apparition des métiers dans les offres d'emploi, d'identifier les compétences émergentes, de mesurer l'intensité du recrutement et de détecter les évolutions rapides des profils recherchés. Cette capacité d'observation instantanée constitue un instrument stratégique essentiel pour anticiper les transformations technologiques et les mutations des besoins en capital humain.

La méthodologie d'extraction s'articule en trois étapes complémentaires. La première consiste en la sélection raisonnée des plateformes pertinentes : portails d'emploi européens, agrégateurs spécialisés et sites d'entreprises du secteur TIC.

La deuxième étape repose sur une extraction automatisée des données textuelles, incluant la collecte des intitulés de postes, l'identification des compétences mentionnées dans les descriptifs et la déduplication des annonces similaires. L'extraction respecte les conditions d'utilisation, les limites techniques et l'anonymisation.

La troisième étape correspond au nettoyage et à la structuration des données, via une normalisation linguistique, la suppression des doublons résiduels et la standardisation des intitulés afin de permettre leur appariement avec les nomenclatures harmonisées (notamment ESCO).

À partir de ces données, un indicateur clé est calculé, à titre d'exemple : la part relative d'un métier dans la demande globale TIC, définie comme le ratio entre le nombre d'offres associées à un métier donné et le total des offres TIC observées sur la période considérée. Cet indicateur synthétique constitue une mesure de la pression conjoncturelle et permet d'estimer, par extrapolation, l'évolution probable des volumes d'emploi à partir des bases structurelles issues des sources officielles. Ainsi, le scraping ne se substitue pas aux statistiques institutionnelles, mais les complète en introduisant une dimension prospective et réactive indispensable à une veille stratégique performante.

Rôle stratégique du scraping : Contrairement aux données officielles (souvent retardées de 12 à 24 mois), le scraping capte la photographie immédiate du marché, il forme ainsi l'outil clé de la veille stratégique, il permet :

- d'observer la demande réelle instantanée,
- de détecter les métiers émergents,
- d'identifier les compétences nouvelles,
- de mesurer la part relative d'un métier dans la demande actuelle.

Exemples de Sources de scraping

- Portails d'emploi européens
- Plateformes professionnelles
- Sites d'entreprises TIC
- Agrégateurs d'offres d'emploi

Méthodologie technique du scrapping

Étape 1 – Extraction

Étape 2 – Normalisation : Nettoyage linguistique, Text mining (NLP), Appariement avec ESCO via API et Codification métier/compétence

Étape 3 – Calcul des parts relatives et estimation des volumes : fournit un indicateur conjoncturel.

Le scraping ne remplace pas les données officielles : il les complète.

Exemple :

- Volume officiel TIC (Eurostat) = 1 000 000 emplois
- Part Data Engineering (scraping) = 18 %
- Volume estimé = 180 000 emplois

Ainsi, le scraping sert de coefficient d'actualisation dynamique.

6. Nettoyage, appariement ESCO et production d'indicateurs stratégique :

Le processus de nettoyage et d'appariement avec ESCO constitue une étape centrale du pipeline méthodologique du dispositif de veille stratégique. Il débute par une normalisation approfondie des données collectées, suivie d'un appariement systématique des intitulés de métiers et des compétences avec les référentiels normalisés ESCO. Cette opération permet d'attribuer à chaque observation un code occupation standardisé et un ensemble structuré de compétences associées. Une validation croisée est ensuite réalisée afin de vérifier la cohérence entre les différentes sources (officielles, API et scraping), avant d'agréger les données par familles de métiers ou domaines technologiques. Ce processus aboutit à la construction d'indicateurs synthétiques robustes, garantissant la comparabilité internationale et l'auditabilité scientifique des résultats. Sur cette base harmonisée, le dispositif permet de produire trois catégories d'indicateurs stratégiques : des indicateurs de marché (part relative des métiers, taux de croissance des offres, indice d'émergence technologique), des indicateurs d'écart structurel (compétences critiques manquantes, indice d'alignement global, écart moyen par métier) et des indicateurs prospectifs (métiers en accélération, spécialités émergentes, pression de recrutement), offrant ainsi une lecture intégrée des dynamiques actuelles et futures du marché des compétences TIC.

Nettoyage et appariement ESCO, conformément au pipeline méthodologique :

1. Normalisation
2. Appariement avec ESCO
3. Validation croisée
4. Agrégation par familles métiers
5. Construction d'indicateurs

Production d'indicateurs stratégiques : à titre illustratif, le dispositif permet de produire :

1. Indicateurs de marché

- Part relative des métiers
- Taux de croissance des offres
- Indice d'émergence technologique

2. Indicateurs d'écart structurel

- Compétences critiques manquantes
- Indice d'alignement global
- Écart moyen par métier

3. Indicateurs prospectifs

- Métiers en accélération
- Spécialités émergentes
- Pression de recrutement

7. Conclusion : Une synergie structurante :

Au final, Le dispositif proposé repose sur une complémentarité méthodologique structurante entre trois niveaux d'extraction et d'analyse : les données officielles, qui fournissent la base structurelle et les volumes de référence ; les API institutionnelles, qui assurent la normalisation, la standardisation et la reproductibilité des traitements ; et le web scraping, qui capte la dynamique conjoncturelle et les évolutions en temps quasi réel du marché. Cette triangulation des sources permet de combiner robustesse statistique et réactivité stratégique, en garantissant une veille fiable, une capacité d'anticipation des mutations technologiques, une estimation actualisée des volumes par métier et une base analytique solide pour l'aide à la décision publique. Elle constitue ainsi une véritable infrastructure d'intelligence économique appliquée aux compétences TIC et à la mobilité internationale, au service de la planification stratégique et de l'alignement formation-emploi.

De manière synthétique, le dispositif repose sur une complémentarité méthodologique forte :

- Les données officielles donnent la structure,
- Les API garantissent la normalisation,
- Le scraping capte la dynamique.

Cette triangulation permet :

- une veille fiable,
- une capacité d'anticipation,
- une estimation actualisée des volumes,
- une base robuste pour la décision publique.

Annexe 2 : Glossaire des politiques numériques et des TIC en Europe

CATÉGORIE 1 : GLOSSAIRE GÉNÉRAL

1. **Analyse de données (Big Data Analytics)** : Ensemble de techniques statistiques et algorithmiques permettant d'extraire des connaissances actionnables à partir de volumes importants de données structurées et non structurées, en vue de soutenir la prise de décision.
2. **Cloud computing** : Modèle de fourniture de services informatiques à la demande via Internet, incluant la puissance de calcul, le stockage de données et les applications logicielles, sans gestion directe de l'infrastructure par l'utilisateur final. Les ressources sont mutualisées, évolutives et facturées à l'usage.
3. **Compétences numériques de base (Basic Digital Skills)** : Ensemble minimal de capacités permettant à un individu d'utiliser efficacement les technologies numériques dans sa vie quotidienne et professionnelle, incluant la communication, la recherche d'information, la création de contenu simple et la sécurité en ligne. Définies selon le cadre européen DigComp.
4. **Cybersécurité (Cybersecurity)** : Ensemble des moyens techniques, organisationnels et juridiques destinés à protéger les systèmes d'information, les réseaux de communication et les données contre les cyberattaques, les accès non autorisés et les incidents de sécurité informatique.
5. **Intelligence artificielle – IA (Artificial Intelligence – AI)** : Ensemble de technologies permettant à des systèmes informatiques d'effectuer des tâches nécessitant normalement l'intelligence humaine, incluant l'apprentissage automatique, le raisonnement logique, la perception sensorielle, le traitement du langage naturel et la prise de décision autonome.
6. **Internet des objets – IoT (Internet of Things)** : Réseau d'objets physiques équipés de capteurs, de logiciels et de connectivité permettant la collecte, l'échange et le traitement autonome de données via Internet pour optimiser des processus et créer de nouveaux services.
7. **Services numériques (Digital Services)** : Ensemble des prestations immatérielles délivrées via des technologies numériques, incluant le développement logiciel, le conseil en systèmes d'information, l'intégration de systèmes, l'hébergement de données et l'infogérance.
8. **Technologies de l'information et de la communication – TIC (Information and Communication Technologies – ICT)** : Ensemble des technologies permettant le traitement, la transmission, le stockage et l'affichage de l'information numérique, englobant les infrastructures de télécommunications, les systèmes informatiques, les logiciels et les services numériques.
9. **Transformation numérique (Digital Transformation)** : Processus d'intégration profonde et systémique des technologies numériques dans l'ensemble des activités d'une organisation, modifiant fondamentalement ses processus opérationnels, sa culture organisationnelle, ses modèles économiques et sa proposition de valeur.

CATÉGORIE 2 : GLOSSAIRE ANALYTIQUE

Concepts techniques détaillés, indicateurs et processus

1. **5G (Fifth Generation Mobile Network)** : Technologie de réseau mobile de cinquième génération permettant des débits de données très élevés (supérieurs à 1 Gbit/s), une latence très faible (inférieure à 10 ms) et la connexion simultanée d'un grand nombre d'appareils. Essentielle pour l'Industrie 4.0, les véhicules autonomes et l'IoT industriel.
2. **Blockchain** : Technologie de registre distribué permettant l'enregistrement sécurisé, transparent et infalsifiable de transactions sans autorité centrale de contrôle, utilisée notamment pour les cryptomonnaies, les contrats intelligents et les applications de confiance numérique.
3. **Calcul haute performance – HPC (High Performance Computing)** : Infrastructure informatique permettant d'effectuer des calculs complexes à très grande vitesse, mesurée en opérations par seconde. Le niveau exascale correspond à un milliard de milliards d'opérations par seconde (10^{18} opérations/seconde). Essentiel pour la recherche scientifique, la modélisation climatique, la simulation industrielle et l'entraînement de modèles d'IA avancés.
4. **Chaîne de valeur TIC (ICT Value Chain)** : Ensemble des activités économiques successives permettant de créer, produire, distribuer et commercialiser des produits et services TIC, depuis la recherche fondamentale et la fabrication de composants jusqu'à la distribution finale et le service client.
5. **Cloud souverain (Sovereign Cloud)** : Infrastructure cloud développée et exploitée selon les règles de souveraineté numérique d'un pays ou d'une région, garantissant le contrôle des données, leur localisation géographique, la protection contre les législations extraterritoriales et l'indépendance vis-à-vis des acteurs technologiques extra-européens.
6. **Corridor numérique (Digital Corridor)** : Infrastructure de connectivité déployée le long d'axes de transport majeurs (autoroutes, lignes ferroviaires) permettant une couverture mobile continue et de haute qualité pour les usagers en déplacement et les applications de mobilité connectée.
7. **Couverture FTTP (Fibre to the Premises Coverage)** : Pourcentage de foyers ou d'entreprises disposant d'une connexion directe en fibre optique jusqu'à leurs locaux. Technologie d'accès Internet la plus performante offrant des débits symétriques très élevés, une latence minimale et une capacité d'évolution technologique supérieure.
8. **Cyberrésilience (Cyber Resilience)** : Capacité d'un système, d'une organisation ou d'une infrastructure à anticiper, résister, se remettre et s'adapter face aux cyberattaques et incidents de sécurité informatique tout en maintenant la continuité des services critiques.
9. **Dossier de santé électronique – DSE (Electronic Health Record – EHR)** : Système numérique permettant de rassembler, stocker et partager de manière sécurisée les informations médicales d'un patient entre différents professionnels de santé et établissements, facilitant la coordination des soins et l'accès du patient à ses propres données.
10. **E-gouvernement (E-Government)** : Utilisation des technologies de l'information et de la communication pour moderniser l'administration publique, améliorer la qualité des services aux citoyens et aux entreprises, simplifier les démarches administratives et renforcer la transparence et la participation citoyenne.
11. **Fibre noire (Dark Fiber)** : Infrastructure de fibre optique installée mais non activée, disponible pour être louée ou exploitée par des opérateurs de télécommunications ou clients professionnels disposant de leurs propres équipements actifs.
12. **Fintech (Financial Technology)** : Entreprises et services utilisant les technologies numériques pour innover dans le secteur financier, incluant les paiements digitaux, les prêts peer-to-peer, les services de conseil automatisés (robo-advisors) et les applications blockchain financières.

- 13. Industrie 4.0 (Industry 4.0) :** Concept de quatrième révolution industrielle caractérisé par l'intégration profonde des technologies numériques (IoT, intelligence artificielle, robotique collaborative, fabrication additive, big data) dans les processus de production manufacturière pour créer des usines intelligentes et connectées.
- 14. Infrastructure numérique critique (Critical Digital Infrastructure) :** Ensemble des équipements physiques et logiciels essentiels au fonctionnement de l'économie et de la société, incluant réseaux de télécommunication, centres de données, câbles sous-marins, systèmes d'interconnexion, infrastructures cloud et supercalculateurs.
- 15. Intensité numérique (Digital Intensity) :** Indicateur composite mesurant le niveau d'adoption et d'utilisation simultanée de multiples technologies numériques par une organisation (présence en ligne, réseaux sociaux, commerce électronique, cloud, big data, IA), reflétant sa maturité numérique globale. Calculé selon le Digital Intensity Index d'Eurostat.
- 16. Interopérabilité (Interoperability) :** Capacité de systèmes, dispositifs, applications ou organisations différents à fonctionner ensemble, échanger des informations de manière transparente et utiliser mutuellement les données échangées sans nécessiter d'adaptations majeures.
- 17. Jumeau numérique (Digital Twin) :** Réplique virtuelle dynamique et connectée d'un objet, processus, système ou territoire physique permettant de simuler, analyser, prédire et optimiser son comportement dans diverses conditions grâce à l'intégration de données en temps réel.
- 18. Nomenclature NACE (Statistical Classification of Economic Activities) :** Classification statistique officielle des activités économiques dans la Communauté européenne, utilisée pour harmoniser les statistiques économiques entre États membres et permettre les comparaisons internationales.
- 19. Réseaux à très haute capacité – VHCN (Very High Capacity Networks) :** Infrastructures de télécommunication offrant des débits de connexion très élevés (généralement supérieurs à 1 Gbit/s en téléchargement), incluant principalement la fibre optique jusqu'aux locaux (FTTP) et les réseaux mobiles 5G autonomes.
- 20. Semi-conducteur (Semiconductor) :** Composant électronique fondamental de tous les systèmes numériques contemporains, fabriqué à partir de matériaux dont les propriétés électriques se situent entre celles des conducteurs et des isolants. Sa production nécessite des technologies et des équipements extrêmement sophistiqués et des investissements massifs.
- 21. Spécialiste TIC (ICT Specialist) :** Professionnel possédant des compétences techniques avancées en technologies de l'information et de la communication, capable de concevoir, développer, déployer, maintenir ou gérer des systèmes numériques complexes. Défini selon la classification ISCO-08 des professions d'Eurostat.
- 22. STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) :** Filières d'enseignement et disciplines académiques dans les domaines des sciences, technologies, ingénierie et mathématiques, considérées comme essentielles pour le développement économique dans l'économie numérique et la formation des futurs spécialistes TIC.
- 23. Technologies quantiques (Quantum Technologies) :** Ensemble d'applications technologiques exploitant les propriétés contre-intuitives de la physique quantique (superposition, intrication) pour développer des ordinateurs quantiques, des systèmes de communication ultrasécurisés et des capteurs de très haute précision.
- 24. Transfert technologique (Technology Transfer) :** Processus de valorisation et de diffusion des résultats de la recherche publique vers le secteur privé, facilitant leur exploitation commerciale et industrielle pour transformer l'innovation scientifique en produits et services marchés.

CATÉGORIE 3 : GLOSSAIRE DES CONCEPTS INSTITUTIONNELS ET STRATÉGIQUES

- 25. Consortium pour une infrastructure numérique européenne – EDIC (European Digital Infrastructure Consortium) :** Structure juridique transnationale établie par décision de la Commission européenne permettant à plusieurs États membres de développer conjointement des infrastructures numériques stratégiques d'intérêt européen commun, avec personnalité juridique propre.
- 26. Contrôleur d'accès – Gatekeeper :** Plateforme numérique de très grande taille jouant un rôle d'intermédiation essentiel entre entreprises et consommateurs, disposant d'un pouvoir considérable pour façonner les conditions d'accès au marché numérique. Concept central du Digital Markets Act.
- 27. Décennie numérique 2030 (Digital Decade 2030) :** Programme politique européen établi par la décision (UE) 2022/2481 définissant des objectifs quantifiés de transformation numérique à atteindre d'ici 2030 dans quatre dimensions : compétences (20 millions de spécialistes TIC), infrastructures (couverture gigabit universelle), entreprises (75 % utilisant cloud/IA/big data) et services publics (100 % des services clés en ligne).
- 28. Entreprise de services numériques – ESN (Digital Services Company) :** Entreprise spécialisée dans le conseil en technologies, l'intégration de systèmes, le développement de logiciels et l'infogérance pour le compte de clients professionnels. Terme français remplaçant l'ancienne appellation SSII (Société de Services en Ingénierie Informatique).
- 29. Espace de données sectoriel (Sectoral Data Space) :** Écosystème sécurisé et interopérable facilitant le partage de données entre acteurs d'un secteur spécifique (santé, mobilité, énergie, agriculture) dans le respect des règles de protection de la vie privée, de la concurrence et de la souveraineté des données.
- 30. Indice de l'économie et de la société numériques – DESI (Digital Economy and Society Index) :** Indicateur composite officiel mesurant les performances numériques des États membres de l'Union européenne selon cinq dimensions standardisées : connectivité, capital humain, utilisation d'Internet, intégration des technologies numériques par les entreprises et services publics numériques.
- 31. Licorne (Unicorn) :** Start-up technologique non cotée en bourse valorisée à plus d'un milliard de dollars américains, utilisée comme indicateur de la vitalité de l'écosystème entrepreneurial, de la capacité à créer des champions technologiques et de l'attractivité pour les investisseurs en capital-risque.
- 32. Mittelstand :** Terme allemand désignant les petites et moyennes entreprises industrielles familiales hautement spécialisées, caractérisées par leur forte capacité d'innovation, leur ancrage régional, leur spécialisation dans des niches technologiques et leur orientation internationale. Considérées comme l'épine dorsale de l'économie allemande.
- 33. Pôle de compétitivité (Competitiveness Cluster) :** Dispositif français réunissant sur un territoire donné des entreprises, des centres de recherche et des établissements de formation pour développer des synergies et des projets collaboratifs dans un domaine technologique ou industriel spécifique.
- 34. Pôle européen d'innovation numérique – EDIH (European Digital Innovation Hub) :** Structure régionale offrant services et accompagnement aux entreprises (notamment PME) et administrations publiques pour leur transformation numérique, financée conjointement par le programme DIGITAL Europe et des sources nationales ou régionales. Donne accès aux technologies de pointe, aux compétences spécialisées et aux infrastructures de test.
- 35. Projet important d'intérêt européen commun – IPCEI (Important Project of Common European Interest) :** Initiative industrielle transfrontalière mobilisant des financements publics substantiels pour développer des technologies stratégiques (microélectronique, batteries, hydrogène, cloud) présentant des risques techniques, financiers ou de marché que les acteurs privés isolés n'accepteraient pas. Bénéficie d'une dérogation aux règles habituelles en matière d'aides d'État.
- 36. Souveraineté numérique (Digital Sovereignty) :** Capacité d'une entité politique (État, Union européenne) à contrôler et maîtriser les technologies numériques critiques pour son fonctionnement économique, social et sécuritaire, à protéger ses données sensibles, à garantir son autonomie stratégique et à réduire les dépendances externes vis-à-vis d'acteurs extra-européens.

CATÉGORIE 4 : GLOSSAIRE DES DES ACRONYMES, RÈGLEMENTS ET AUTORITÉS

37. **ACN (Agenzia per la Cybersicurezza Nazionale)** : Agence nationale italienne de cybersécurité, créée en 2021, responsable de la coordination de la politique nationale de cybersécurité et de la supervision de l'application de la directive NIS2 en Italie.
38. **AGCOM (Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni)** : Autorité italienne pour les garanties dans les communications, régulateur national des télécommunications et des médias, désignée comme coordinateur des services numériques (DSC) pour l'application du DSA en Italie.
39. **AGCM (Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato)** : Autorité italienne garante de la concurrence et du marché, responsable de l'application du Digital Markets Act sur le territoire italien.
40. **AgID (Agenzia per l'Italia digitale)** : **Agence italienne pour l'Italie numérique, responsable de la transformation numérique de l'administration publique italienne et de la coordination de l'application de NIS2 dans le secteur public.**
41. **AI Act** : Règlement européen (UE) 2024/1689 sur l'intelligence artificielle, adopté en 2024, établissant le premier cadre juridique mondial contraignant pour la gouvernance des systèmes d'intelligence artificielle selon une approche fondée sur les risques (risques inacceptables, élevés, limités, minimaux).
42. **AISBL (Association Internationale Sans But Lucratif)** : Forme juridique d'association de droit belge permettant à des entités de différents pays de coopérer sans objectif de distribution de bénéfices, utilisée notamment pour GAIA-X.
43. **ANSSI (Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information)** : Autorité nationale française de cybersécurité, rattachée aux services du Premier ministre, responsable de la transposition et de l'application de la directive NIS2 en France.
44. **APD (Autorité de protection des données)** : Autorité belge de protection des données personnelles, créée en 2018 pour superviser l'application du RGPD, désignée pour superviser l'application du règlement sur l'intelligence artificielle (AI Act) en Belgique.
45. **Arcep (Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse)** : Autorité administrative indépendante française, régulateur national des télécommunications, co-coordonateur des services numériques (avec la CNIL) pour l'application du DSA en France.
46. **BfDI (Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit)** : Commissaire fédéral allemand à la protection des données et à la liberté d'information, co-responsable avec le BSI de la préparation de l'application de l'AI Act en Allemagne.
47. **BNetzA (Bundesnetzagentur)** : Agence fédérale allemande des réseaux, régulateur national des télécommunications, de l'énergie et des services postaux, désignée comme coordinateur exclusif des services numériques (DSC) pour l'application du DSA en Allemagne.
48. **BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik)** : Office fédéral allemand pour la sécurité des technologies de l'information, autorité nationale de cybersécurité responsable de la coordination de la transposition de NIS2 en Allemagne.
49. **Bundeskartellamt** : Office fédéral allemand des cartels, autorité nationale de la concurrence responsable de l'application du Digital Markets Act en Allemagne.
50. **CCB (Centre pour la cybersécurité Belgique)** : Centre belge de cybersécurité, créé en 2015, responsable de la coordination de la mise en œuvre de la directive NIS2 en Belgique.
51. **CEF (Connecting Europe Facility)** : Mécanisme de financement de l'Union européenne visant à promouvoir la croissance, l'emploi et la compétitivité par des investissements ciblés dans les infrastructures européennes des transports, de l'énergie et du numérique. Le volet CEF Digital est doté de 1,7 milliard d'euros (2021-2027) pour les infrastructures numériques transfrontalières stratégiques.

52. **CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés)** : Autorité administrative indépendante française de protection des données personnelles, co-coordonateur des services numériques (avec l'Arcep) pour le DSA et autorité désignée pour la supervision de l'AI Act en France.
53. **DDPP (Digital Decade Policy Programme)** : Programme politique de la Décennie numérique européenne, établissant le cadre de gouvernance, les objectifs communs et les mécanismes de suivi pour la transformation numérique de l'Europe à l'horizon 2030.
54. **DMA (Digital Markets Act)** : Règlement européen (UE) 2022/1925 relatif aux marchés contestables et équitables dans le secteur numérique, entré en application en mars 2024, encadrant les pratiques des grandes plateformes numériques qualifiées de « contrôleurs d'accès » (gatekeepers) pour garantir la concurrence équitable.
55. **DSA (Digital Services Act)** : Règlement européen (UE) 2022/2065 relatif à un marché unique des services numériques, adopté en novembre 2022, établissant des obligations de transparence, de responsabilité et de modération des contenus pour les services numériques, avec des exigences renforcées pour les très grandes plateformes (VLOP) et très grands moteurs de recherche (VLOSE).
56. **DSC (Digital Services Coordinator)** : Coordinateur des services numériques, autorité nationale désignée par chaque État membre pour superviser l'application du Digital Services Act sur son territoire et coordonner avec les autorités des autres États membres et la Commission européenne.
57. **eIDAS (electronic IDentification, Authentication and trust Services)** : Cadre réglementaire européen pour l'identification électronique et les services de confiance, révisé par le règlement (UE) 2024/1183 établissant le portefeuille d'identité numérique européen (EUDIW) pour permettre une identification numérique sécurisée et interopérable à l'échelle européenne.
58. **EUDIW (European Union Digital Identity Wallet)** : Portefeuille d'identité numérique européen, système décentralisé permettant aux citoyens européens de stocker et partager leurs documents d'identité numériques de manière sécurisée, souveraine et interopérable dans l'ensemble de l'Union européenne.
59. **EuroHPC (European High Performance Computing Joint Undertaking)** : Entreprise commune européenne pour le calcul haute performance, créée en 2018, coordonnant les investissements européens dans les supercalculateurs, les infrastructures HPC et les technologies de calcul haute performance pour soutenir la recherche et l'innovation.
60. **GAIA-X** : Initiative européenne lancée en 2019 par la France et l'Allemagne visant à créer une infrastructure fédérée de données souveraine, interopérable et sécurisée, basée sur les valeurs européennes de transparence, portabilité des données et protection de la vie privée. Structurée sous forme d'AISBL.
61. **IBPT (Institut belge des services postaux et des télécommunications)** : Institut belge de régulation des télécommunications et des services postaux, désigné comme coordinateur des services numériques (DSC) pour l'application du DSA en Belgique.
62. **IDE (Investissements Directs Étrangers / Foreign Direct Investment – FDI)** : Investissements effectués par une entité résidente d'une économie dans le but d'acquérir un intérêt durable dans une entreprise résidente d'une autre économie, reflétant l'attractivité économique et l'ouverture internationale d'un territoire.
63. **ILR (Institut luxembourgeois de régulation)** : Autorité luxembourgeoise de régulation multi-sectorielle (télécommunications, énergie, services postaux), assumant simultanément les fonctions de coordinateur DSA, d'autorité NIS2 et d'autorité DMA au Luxembourg.
64. **NIS2 (Network and Information Security Directive 2)** : Directive européenne (UE) 2022/2555 relative à la sécurité des réseaux et systèmes d'information, adoptée en 2022 pour remplacer la directive NIS de 2016, avec un champ d'application étendu à dix-huit secteurs critiques et des exigences renforcées en matière de cybersécurité.

- 65. PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza / Plans nationaux de relance et de résilience)** : Plans nationaux de relance et de résilience établis dans le cadre de la Recovery and Resilience Facility. Détaillent l'utilisation des fonds NextGenerationEU pour la période 2021-2027, incluant des composantes substantielles dédiées à la transformation numérique (environ 25 % en moyenne).
- 66. RRF (Recovery and Resilience Facility)** : Facilité pour la reprise et la résilience, principal instrument financier du plan de relance européen NextGenerationEU, doté de 723,8 milliards d'euros pour soutenir les réformes et investissements des États membres dans la transformation numérique (minimum 20 % requis, environ 26 % effectivement alloués) et écologique post-COVID-19.
- 67. SPID (Sistema Pubblico di Identità Digitale)** : Système public italien d'identité numérique permettant aux citoyens d'accéder à tous les services publics en ligne (administration centrale, collectivités locales, santé) avec une identification unique sécurisée, créé en 2016.
- 68. VLOP (Very Large Online Platforms)** : Très grandes plateformes en ligne, services de plateforme en ligne comptant une moyenne de plus de 45 millions d'utilisateurs actifs mensuels dans l'Union européenne, soumis aux obligations les plus strictes du Digital Services Act en matière de modération, transparence et gestion des risques systémiques.
- 69. VLOSE (Very Large Online Search Engines)** : Très grands moteurs de recherche en ligne, moteurs de recherche dépassant le seuil de 45 millions d'utilisateurs actifs mensuels dans l'Union européenne, soumis à des obligations renforcées similaires aux VLOP au titre du DSA.

Note méthodologique : Ce glossaire respecte les standards terminologiques européens et intègre les références aux règlements et directives en vigueur (DSA, DMA, AI Act, NIS2, eIDAS, DESI). Les définitions sont alignées sur les cadres statistiques d'Eurostat et les documents officiels de la Commission européenne relatifs à la Décennie numérique 2030.

Annexe 3 : Développement détaillé FRANCE

► Tableau 1 : Matrice d'alignement des compétences TIC France-Tunisie

Métier TIC (France)	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Compétences non couvertes (France)	Analyse stratégique des écarts
Développeur logiciel / Web	70	30	65	0.62	DevOps avancé, CI/CD, frameworks web modernes (React, Angular), UX/UI moderne	Base algorithmique et POO solide ; lacunes sur DevOps, frameworks modernes et intégration continue
Ingénieur DevOps / Cloud	60	40	55	0.49	Cloud public (AWS/Azure/GCP), Infrastructure as Code, sécurité Cloud avancée, pipelines CI/CD	Maîtrise on-premise satisfaisante ; déficits critiques sur cloud public, IaC et sécurité avancée
Data Scientist / Analyste IA	50	50	50	0.25	MLOps, Deep Learning GPU, NLP avancé, outils cloud IA (TensorFlow, PyTorch), data engineering industriel	Fondations théoriques satisfaisantes ; expérience pratique sur projets industriels et outils avancés limitée
Expert cybersécurité	65	35	60	0.39	Pentesting avancé, SOC, forensic, gouvernance SI, outils d'investigation (Metasploit, SIEM, Kali)	Socle sécurité réseau et audit SI établi ; pratique avancée et gestion SOC insuffisantes
Architecte Cloud / Systèmes	55	45	50	0.30	Architectures multi-cloud, automatisation (Terraform/Ansible), FinOps	Compréhension conceptuelle satisfaisante ; expérience multi-cloud et automatisation limitées
Data Engineer / Big Data	45	55	50	0.20	Spark/Kafka, Data Lakes, ETL avancé, pipelines distribués, Snowflake	Fondations SQL et modélisation satisfaisantes ; lacunes sur architectures distribuées et pipelines industriels
Chef de projet IT	50	50	55	0.27	Gestion multi-projets, certifications Scrum/PMP, méthodes agiles pratiques	Base gestion projet classique établie ; expérience agile pratique et certifications limitées
Technicien réseaux & Télécoms	60	40	60	0.36	SDN, automatisation réseau, Cloud réseau (AWS VPC, Azure VNets), cybersécurité avancée	Maîtrise câblage et routage satisfaisante ; lacunes sur virtualisation réseau et cloud

►Tableau 2 : Segmentation des écarts par domaine stratégique

Domaine	Besoins (France)	Niveau (Tunisie)	Gap
Cybersécurité	Très élevé	Faible	Critique
Cloud/DevOps	Très élevé	Faible à intermédiaire	Très élevé
Data/IA	Élevé	Intermédiaire	Élevé
Développement logiciel	Élevé	Bon	Modéré

►Tableau 3 : Tableau de bord stratégique France–Tunisie avec priorisation des actions

Métier (FR)	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance	Priorité	Action prioritaire
Développeur logiciel / Web	70	30	65	0.62	+6%	Moyenne	Renforcer DevOps avancé, CI/CD, frameworks web modernes, UX/UI
Ingénieur DevOps / Cloud	60	40	55	0.49	+15%	Haute	Formation Cloud public (AWS/Azure/GCP), IaC, pipelines CI/CD, sécurité avancée
Data Scientist / Analyste IA	50	50	50	0.25	+20%	Haute	MLOps, Deep Learning GPU, NLP avancé, data engineering industriel
Expert cybersécurité	65	35	60	0.39	+18%	Haute	Pentesting avancé, SOC, forensic, gouvernance SI, outils d'investigation

Métier (FR)	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance	Priorité	Action prioritaire
Architecte Cloud / Systèmes	55	45	50	0.30	+12%	Moyenne	Architectures multi-cloud, automatisation Terraform/Ansible, FinOps
Data Engineer / Big Data	45	55	50	0.20	+10%	Moyenne	Spark/Kafka, Data Lakes, pipelines distribués, ETL avancé, Snowflake
Chef de projet IT	50	50	55	0.27	+4%	Moyenne	Gestion multi-projets, certifications Scrum/PMP, méthodes agiles pratiques
Technicien réseaux & Télécoms	60	40	<u>60</u>	0.36	+2%	Faible	SDN, automatisation réseau, Cloud réseau, cybersécurité avancée

► Tableau 4 : Potentiel Migratoire Composite par métier TIC (France)

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC (0-1)	Interprétation
Développeur logiciel	0.85	0.65	0.75	0.60	0.7425	Fort potentiel migratoire
Administrateur systèmes & réseaux	0.70	0.60	0.80	0.55	0.6875	Potentiel migratoire élevé
Data Scientist / Analyste IA	0.95	0.55	0.70	0.50	0.7175	Très attractif, vivier tunisien limité
Architecte Cloud / DevOps	0.90	0.50	0.65	0.45	0.6625	Bon potentiel, lacunes pratiques significatives

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC (0-1)	Interprétation
Spécialiste cybersécurité	0.88	0.60	0.70	0.50	0.7020	Fort potentiel, forte attractivité marché
Chef de projet TIC	0.65	0.55	0.80	0.55	0.6725	Potentiel moyen à élevé
Analyste Big Data	0.92	0.50	0.65	0.45	0.6675	Potentiel élevé, vivier tunisien restreint
Expert IA industrielle / MLOps	0.97	0.45	0.60	0.40	0.6675	Marché très attractif, formation locale limitée

Annexe 4 : Développement détaillé ALLEMAGNE

► Tableau 1 : Matrice d'alignement des compétences TIC Allemagne-Tunisie (TOP 8 métiers)

Métier TIC	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Compétences Non Couvertes	Analyse Stratégique des Écarts
Data Scientist / Analyste IA	50	42	35	0,45	MLOps, Machine Learning appliqué, Big Data avancé	Écart critique sur la mise en œuvre pratique (MLOps) et les technologies Big Data, malgré une base théorique solide
Ingénieur DevOps / Cloud	42	38	32	0,41	CI/CD avancé, Cloud public/privé, automatisation	Déficit majeur sur les compétences opérationnelles (CI/CD, orchestration) et la pratique des plateformes cloud publiques
Expert cybersécurité	58	28	33	0,47	Pentesting avancé, RGPD, gouvernance SI, forensic	Bases solides mais manque de spécialisation en sécurité offensive, conformité réglementaire et investigation numérique
Développeur logiciel / web	35	30	25	0,38	Frameworks modernes, DevOps, méthodes agiles	Retard sur l'adoption des méthodologies modernes (agilité, culture DevOps) et des outils de développement récents
Architecte Cloud / systèmes	45	35	30	0,40	Multi-cloud, orchestration, architecture distribuée	Compétences de conception théoriques présentes mais déficit d'expérience sur les architectures multi-cloud complexes
Data Engineer / Big Data	47	40	38	0,43	Hadoop/Spark, ETL industriel, architecture distribuée	Lacunes importantes dans la manipulation de pipelines de données industriels et les technologies Big Data
Chef de projet IT	25	20	18	0,21	Méthodes agiles, outils pilotage, certifications projet	Maîtrise de la gestion classique mais écart majeur sur les approches agiles, les outils collaboratifs et les certifications
Technicien réseaux	22	18	15	0,19	Réseaux virtualisés, cloud léger	Alignement global satisfaisant, mise à niveau nécessaire sur les technologies de virtualisation réseau

► Tableau 2 : Segmentation des écarts par domaine stratégique

Domaine Stratégique	Besoins Spécifiques (Allemagne)	Niveau de Couverture (Tunisie)	Nature de l'Écart	Criticité
IA & Big Data	MLOps, Machine Learning appliqué, Hadoop/Spark, ETL industriel	Bases théoriques solides, déficit pratique majeur	Écart de mise en œuvre et d'industrialisation	Très Élevée
Cloud & DevOps	CI/CD avancé, multi-cloud, orchestration, automatisation	Connaissances théoriques, manque de pratique sur les plateformes publiques	Écart de compétences opérationnelles et de certification	Très Élevée
Cybersécurité	Pentesting avancé, gouvernance SI (RGPD), forensic	Maîtrise des fondamentaux, déficit sur les compétences avancées et normatives	Écart de spécialisation et de conformité réglementaire	Élevée
Développement Logiciel	Frameworks modernes, culture DevOps, méthodes agiles	Bases solides, retard sur les pratiques modernes	Écart de méthodologie et de modernisation des outils	Moyenne

► Tableau 3 : Tableau de bord stratégique Allemagne–Tunisie avec priorisation des actions

Métier	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance 12 mois	Priorité	Action Prioritaire (Tunisie)
Data Scientist / Analyste IA	50	42	35	0,45	+42%	Très Élevée	Laboratoires pratiques, projets Big Data/IA appliqués, certifications
Data Engineer / Big Data	47	40	38	0,43	+40%	Très Élevée	Intégration projets industriels, labs Big Data, pratique cloud
Ingénieur DevOps / Cloud	42	38	32	0,41	+32%	Très Élevée	Labs DevOps, cloud labs, certification AWS/Azure
Architecte Cloud / systèmes	45	35	30	0,40	+30%	Très Élevée	Formation architecture cloud, projets multi-cloud, certifications

Métier	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance 12 mois	Priorité	Action Prioritaire (Tunisie)
Expert cybersécurité	58	28	33	0,47	+35%	Élevée	Labs sécurité, certifications avancées, RGPD, outils d'investigation
Développeur logiciel / web	35	30	25	0,38	+20%	Élevée	Projets full-stack, DevOps et agile appliqués
Chef de projet IT	25	20	18	0,21	+16%	Élevée	Formations agile, outils numériques, certifications PMP/Prince2

► TABLEAU DE BORD opérationnel Allemagne :

AXE 1 – Marché & Compétences (Allemagne)

Indicateur	Formule / Source fiables	Valeur calculée	Périodicité	Seuil d'alerte	Priorité / Commentaire	Fiabilité / Type de valeur
Croissance des offres par métier (TOP 8 TIC)	Variation annuelle des offres TIC par métier – LinkedIn Job Insights Allemagne, ESCO, Bundesagentur für Arbeit	12-42 % selon métier (Data Scientist +42 %, DevOps/Cloud +32 %)	Semestrielle	<10 % : marché stagnant	Priorité sur métiers à forte croissance (IA, Big Data, DevOps/Cloud)	Calculé / fiable
Indice d'émergence technologique	Nombre de nouvelles compétences / technologies citées dans les offres	IA appliquée, Big Data, Cloud, DevOps, cybersécurité avancée	Trimestrielle	Nouvelles compétences critiques non couvertes	Surveiller introduction de nouvelles techno	Estimé / fiable

Indicateur	Formule / Source fiables	Valeur calculée	Périodicité	Seuil d'alerte	Priorité / Commentaire	Fiabilité / Type de valeur
Top 10 compétences les plus demandées	Classement annuel par métier (ESCO + Job Analytics Allemagne)	Programmation, Cloud, DevOps, IA, Big Data, Sécurité réseau, Pentesting, CI/CD, Virtualisation, Gestion agile	Semestrielle	Compétences clés non couvertes >30 %	Ajuster curricula	Calculé / fiable
Part soft skills	% soft skills dans les offres	20–25 % selon métier	Annuelle	<15 % : attention développement transversal	Renforcer modules soft skills	Estimé / fiable
Niveau moyen qualification requis	Répartition Bachelor/Master/Exp.	Bac+3/Bac+5 majoritaires selon métier	Semestrielle	Bac+3 insuffisant pour métiers critiques	Adapter niveau formation	Calculé / fiable
Taux mobilité intra-UE	% travailleurs TIC changeant de pays	15–25 % selon spécialité	Annuelle	>25 % : forte fuite potentielle	Suivi flux migratoires	Estimé / fiable

AXE 2 – Formation & Compétences acquises (Tunisie)

Volume inscrits TIC	Nombre étudiants inscrits TIC	23 000 (toutes filières)	Annuelle	<20 000 : capacité faible	Ajuster capacité formation	Calculé / fiable
Production diplômés TIC	Nombre diplômés par niveau	L : 4 000 ; M : 2 500 ; Ing. : 1 500 ; BTS : 800	Annuelle	<70 % couverture marché UE	Augmenter diplômés ciblés	Calculé / fiable
Taux de couverture des compétences ESCO	(Compétences enseignées / compétences demandées) ×100	50–60 % selon métier	Annuelle	<50 % : risque écart critique	Renforcer compétences avancées	Calculé / fiable

Compétences critiques non couvertes	Nombre de compétences manquantes clés	Cloud avancé, DevOps appliqué, IA appliquée, Big Data	Annuelle	>3 compétences critiques manquantes	Priorité curriculum pratique	Calculé / fiable
Part UE technologies émergentes	% UE sur Cloud, IA, DevOps, Cyber	35 %	Annuelle	<30 % : retard modernisation	Augmenter modules pratiques	Calculé / fiable
Ratio encadrement technique	Enseignants spécialisés / étudiants	1/25	Annuelle	>1/30 : insuffisant	Recruter encadrement technique	Calculé / fiable
Taux stages TIC	% étudiants stages tech	40 %	Annuelle	<30 % : déconnexion industrie	Développer stages	Calculé / fiable
Taux insertion nationale à 6 mois	% diplômés employés TIC Tunisie	65 %	Annuelle	<60 % : risque employabilité	Ajuster formation orientée marché	Calculé / fiable
AXE 3 – Écarts structurels						
Indice alignement global (GAI_o)	Moyenne des taux de couverture par métier	0,50–0,55	Annuelle	<0,5 : intervention urgente	Priorité métiers Data/Cloud	Calculé / fiable
Indice d'écart moyen (GI_o)	Pondération compétences manquantes	35–40 %	Annuelle	>35 % : écart critique	Renforcer modules pratiques	Calculé / fiable
Écart de niveau certification	Différence certification requise vs tunisienne	Cloud avancé et sécurité critique	Annuelle	Critique pour métiers Cloud/ DevOps	Intégrer certifications ciblées	Calculé / fiable

AXE 4 – Mobilité & attractivité

Taux migration diplômés TIC	% diplômés Allemagne vs Tunisie	10–20 % selon métier	Annuelle	>20 % : fuite importante	Suivi flux et mentorat	Estimé / fiable
Indice attractivité	Nombre offres ciblant profils tunisiens	25–40 offres/ mois selon métier	Annuelle	<20 : faible attractivité	Développer visibilité compétences	Estimé / fiable
Diaspora & collaboration	% diplômés à l'étranger collaborant	15 %	Annuelle	<10 % : développer réseau	Mettre en place mentorat et partenariats	Estimé / fiable
Insertion internationale	Taux insertion 6–12 mois en Allemagne	50–60 % selon métier	Annuelle	<50 % : renforcer suivi	Actions stage & certification	Calculé / fiable

► Tableau 4 : Potentiel Migratoire Composite par métier TIC (Allemagne)

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC (0-1)	Interprétation
Développeur logiciel / web	0,88	0,60	0,70	0,55	0,725	Fort potentiel migratoire
Expert cybersécurité	0,89	0,55	0,68	0,50	0,697	Fort potentiel, forte attractivité marché
Data Scientist / Analyste IA	0,93	0,50	0,68	0,48	0,696	Très attractif, vivier tunisien limité
Ingénieur DevOps / Cloud	0,90	0,48	0,65	0,45	0,676	Potentiel freiné par l'écart de compétences pratiques
Data Engineer / Big Data	0,92	0,48	0,65	0,45	0,672	Potentiel élevé, vivier tunisien restreint

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC (0-1)	Interprétation
Technicien réseaux	0,75	0,55	0,78	0,50	0,672	Potentiel migratoire élevé
Chef de projet IT	0,70	0,50	0,78	0,50	0,665	Potentiel moyen à élevé
Architecte Cloud / systèmes	0,90	0,48	0,65	0,45	0,676	Potentiel freiné par l'écart de compétences pratiques

Annexe 5 : Développement détaillé ITALIE

► Tableau 1 : Matrice d'alignement des compétences TIC Italie-Tunisie

Métier TIC	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Compétences Non Couvertes	Diagnostic d'écart
Data scientist / Analyste IA	55%	45%	40%	0,47	Big Data appliqué, ML avancé, outils BI modernes, IA appliquée	Écart majeur entre théorie solide et pratique insuffisante
Expert cybersécurité	65%	35%	50%	0,57	Pentesting, gouvernance SI, RGPD, outils avancés	Alignement partiel, priorité stratégique
Développeur logiciel / web	70%	30%	55%	0,59	Frameworks récents, DevOps, UX/UI avancé	Bon alignement global, modernisation requise
Ingénieur DevOps / Cloud	50%	50%	35%	0,45	Docker, Kubernetes, CI/CD, sécurité Cloud	Écart élevé, métier très prioritaire
Architecte Cloud / Systèmes	60%	40%	30%	0,47	Conception Cloud, IA Ops, architectures hybrides	Gap structurel, formation inadaptée
Data engineer / Big Data	50%	50%	30%	0,43	Hadoop, Spark, Data Lakes, pipelines modernes	Écart sévère, demande italienne forte
Chef de projet IT	65%	35%	40%	0,50	Agile avancé, Scrum Master, pilotage stratégique	Alignement moyen, gestion classique
Technicien réseaux	75%	25%	45%	0,61	SDN, réseaux virtualisés, cybersécurité avancée	Meilleur alignement, opportunité court terme

► Tableau 2 : Segmentation des écarts par domaine stratégique

Domaine	Besoins Italie	Niveau Tunisie	Écart	Urgence
Développeurs & Ingénieurs Logiciels	Java, backend, cloud-native, modernisation	Niveau solide mais classique	Modéré : DevOps, CI/CD, microservices	Élevée
Cloud, DevOps & Engineering	Kubernetes, AWS/Azure, automatisation, SRE	Couverture faible, manque de labs	Très important : cloud ops, conteneurs, SRE	Très critique
Cybersécurité	SOC, forensic, IAM, cloud security	Modules partiels, manque pratique	Important : sécurité cloud, SOC opérationnel	Très élevée
Data & IA	Data engineering, ML Ops, analytique avancée	Base théorique, dimension pratique faible	Important : pipelines, ML Ops, data engineering	Très élevée
Réseaux & Systèmes	SDN, virtualisation, cloud networking	Très bon niveau classique	Modéré : SDN, virtualisation avancée	Moyenne
ERP & Solutions métiers	SAP S/4HANA, consultants fonctionnels/techniques	Très faible couverture	Fort : formation SAP et certifications	Élevée
UX/UI & Produits numériques	UX research, product design, mobile design	Bon niveau, faible spécialisation produit	Faible à modéré : design produit / UX avancé	Modérée
Techniciens & Support IT	Support cloud, helpdesk, migration systèmes	Très bonne adéquation	Faible : ajustements mineurs	Faible

► Tableau 3 : Potentiel Migratoire Composite par métier TIC

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC (0-1)	Interprétation
Développeur logiciel / web	0,85	0,70	0,75	0,55	0,737	Très bon potentiel migratoire
Ingénieur DevOps / Cloud	0,80	0,65	0,70	0,50	0,707	Potentiel stratégique élevé
Data Scientist / Analyste IA	0,90	0,60	0,68	0,50	0,730	Fort potentiel, vivier tunisien limité
Expert cybersécurité	0,78	0,75	0,72	0,50	0,719	Très attractif, forte pénurie
Architecte Cloud / systèmes	0,75	0,62	0,68	0,45	0,680	Potentiel solide, compétences avancées requises
Data Engineer / Big Data	0,88	0,60	0,67	0,45	0,713	Attractivité Data + Big Data très forte
Chef de projet IT	0,65	0,55	0,75	0,50	0,649	Potentiel modéré, rôle managérial
Technicien réseaux	0,60	0,50	0,80	0,45	0,618	Potentiel migratoire plus faible

(Valeurs simulées / estimées sur la base des indicateurs fournis, en notant les hypothèses.)

Annexe 6 : Développement détaillé BELGIQUE

► Tableau 1 : Matrice d'alignement des compétences : diagnostic des écarts entre l'offre tunisienne et la demande belge

Métier TIC (Belgique)	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Compétences non couvertes (Tunisie)	Analyse stratégique des écarts
Data scientist / Analyste IA	42	50	41	0,45	Machine Learning appliqué, Data Engineering avancé, MLOps	Écart structurel fort, compétences critiques émergentes insuffisantes
Ingénieur DevOps / Cloud	40	48	34	0,46	CI/CD avancé, cloud public/privé, automatisation DevOps	Écart important, pratique avancée limitée sur les technologies cloud natives
Expert cybersécurité	52	55	34	0,50	Pentesting, gouvernance SI, conformité RGPD, outils d'investigation	Écart modéré mais prioritaire, spécialisation en sécurité avancée manquante
Architecte Cloud / systèmes	42	48	29	0,44	Architecture cloud distribuée, sécurité cloud, virtualisation	Écart significatif, compétences stratégiques en ingénierie cloud manquantes
Développeur logiciel / web	33	35	21	0,36	Frameworks modernes, DevOps appliqué, culture agile	Couverture correcte mais lacunes sur les pratiques et outils modernes
Data engineer / Big Data	44	50	36	0,45	Big Data pipeline, traitement volumique, stockage distribué	Écart notable, compétences critiques en ingénierie de la donnée non maîtrisées
Chef de projet IT	20	28	15	0,21	Méthodes agiles, outils de pilotage numérique, certifications	Écart modéré, déficit en gestion de projet agile et outils collaboratifs
Technicien réseaux	19	25	11	0,18	SDN, virtualisation, sécurité réseau avancée	Couverture des fondamentaux correcte mais faible sur les technologies modernes

► Tableau 2 : Segmentation des écarts par domaine stratégique

Domaine	Besoins du marché belge	Niveau de couverture tunisien	Nature de l'écart	Urgence
IA & Data Science	Compétences avancées en ML appliqué, MLOps, Big Data	Fondamentaux en statistiques et algorithmique	Structurel et fonctionnel	Très élevée
Cloud & DevOps	Maîtrise des clouds publics, CI/CD, automatisation, Kubernetes	Connaissances de base en administration système	Pratique et technologique	Très élevée
Cybersécurité	Expertise en pentesting, gouvernance SI, conformité RGPD	Fondamentaux en sécurité réseau	Spécialisation	Élevée
Développement Logiciel	Maîtrise des frameworks modernes, culture agile, pratiques DevOps	Bonnes bases en programmation et algorithmique	Modernisation	Moyenne
Gestion de Projet	Pratique des méthodes agiles (Scrum), certifications (PMP), outils numériques	Gestion de projet classique	Méthodologique	Moyenne

► Tableau 3 : Tableau de bord stratégique Belgique-Tunisie : Priorisation des actions

Métier (Belgique)	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance Offres (12 mois)	Priorité	Action prioritaire (Tunisie)
Data scientist / Analyste IA	42	50	41	0,45	+41%	Très Élevée	Renforcer la formation en IA appliquée, Big Data et projets pratiques
Ingénieur DevOps / Cloud	40	48	34	0,46	+34%	Très Élevée	Introduire des modules DevOps, cloud et des laboratoires pratiques (CI/CD)
Expert cybersécurité	52	55	34	0,50	+34%	Très Élevée	Développer des parcours en cybersécurité avancée (pentesting, gouvernance) et certifications
Architecte Cloud / systèmes	42	48	29	0,44	+29%	Élevée	Former aux architectures cloud distribuées, SDN et pratiques d'ingénierie cloud

Métier (Belgique)	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance Offres (12 mois)	Priorité	Action prioritaire (Tunisie)
Data engineer / Big Data	44	50	36	0,45	+36%	Très Élevée	Développer la formation sur les pipelines Big Data (Spark/Hadoop) et les projets pratiques
Développeur logiciel / web	33	35	21	0,36	+21%	Moyenne	Actualiser les programmes avec les frameworks actuels et les pratiques DevOps
Chef de projet IT	20	28	15	0,21	+15%	Moyenne	Intégrer des modules de gestion agile, outils de suivi et certifications PM
Technicien réseaux	19	25	11	0,18	+11%	Faible	Compléter la formation avec les réseaux avancés (SDN) et la virtualisation

► Tableau 4 : Potentiel Migratoire Composite par métier TIC (Belgique)

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC (0-1)	Interprétation
Développeur logiciel	0,82	0,58	0,72	0,55	0,705	Fort potentiel migratoire, cible prioritaire
Data Scientist / Analyste IA	0,90	0,48	0,70	0,50	0,687	Très attractif, vivier tunisien limité nécessitant une montée en compétences
Spécialiste cybersécurité	0,85	0,52	0,70	0,50	0,680	Fort potentiel, conditionné à l'acquisition de certifications et d'expérience pratique
Architecte Cloud / DevOps	0,88	0,45	0,68	0,45	0,670	Bon potentiel, freiné par les lacunes pratiques et le manque de certifications

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC (0-1)	Interprétation
Administrateur systèmes & réseaux	0,70	0,52	0,75	0,50	0,667	Potentiel élevé pour les profils classiques
Analyste Big Data	0,90	0,45	0,68	0,45	0,665	Potentiel élevé, vivier tunisien restreint et sous-qualifié
Expert IA industrielle / MLOps	0,92	0,42	0,62	0,40	0,660	Marché très attractif, offre de formation tunisienne très limitée
Chef de projet TIC	0,65	0,50	0,75	0,50	0,654	Potentiel modéré, limité par les exigences linguistiques et méthodologiques

Annexe 7 : Développement détaillé LUXEMBOURG

► Tableau 1 : Matrice d'alignement des compétences TIC Tunisie–Luxembourg

Métier TIC	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Compétences non couvertes	Diagnostic analytique
Ingénieur IA / Data Scientist	45	55	50	0,25	Big Data, IA appliquée, Python/R avancé, MLOps	Socle théorique établi, déficit en expérimentation industrielle et outils avancés
Ingénieur DevOps / Cloud	50	45	55	0,30	Cloud public (AWS/Azure/GCP), CI/CD, Infrastructure as Code	Maîtrise systèmes satisfaisante, lacunes critiques cloud public et sécurité avancée
Expert cybersécurité	60	40	55	0,33	Pentesting avancé, SOC, forensic, gouvernance SI, RGPD opérationnel	Base sécurité réseau solide, insuffisance pratique SOC et pentesting
Développeur logiciel / web	70	30	60	0,42	DevOps avancé, CI/CD, frameworks modernes (React, Angular)	Compétences algorithmiques solides, renforcement nécessaire DevOps et frameworks récents
Administrateur systèmes & réseaux	55	45	50	0,30	SDN, cloud réseau, virtualisation avancée	Fondamentaux TCP/IP acquis, développement requis cloud et SDN
Analyste applications / Business Analyst IT	50	50	50	0,25	Big Data, outils décisionnels (Power BI, Tableau)	Niveau général satisfaisant, renforcement outils analytiques avancés
Chef de projet informatique	50	50	55	0,27	Gestion multi-projets, certifications Scrum/PMP	Base gestion classique établie, expérience agile et certifications limitées
Technicien support / maintenance IT	60	40	50	0,30	Cloud, virtualisation réseaux, cybersécurité avancée	Compétences dépannage solides, développement cloud et virtualisation nécessaire

► Tableau 2 : Segmentation des écarts par domaine stratégique

Domaine stratégique	Besoins critiques Luxembourg	Niveau offre Tunisie	Nature de l'écart	Urgence
Ingénieur IA / Data Scientist	Big Data, IA appliquée, MLOps, Python/R avancé	Socle théorique établi, expérience industrielle limitée	Fort : lacunes outils avancés et MLOps	Très haute
Ingénieur DevOps / Cloud	Cloud public, CI/CD, Infrastructure as Code	Maîtrise systèmes/réseaux, lacunes cloud et CI/CD	Fort : pratique cloud et sécurité limitée	Haute
Expert cybersécurité	Pentesting avancé, SOC, forensic, RGPD	Base sécurité réseau, pratique SOC limitée	Fort : SOC, forensic et pentesting à développer	Haute
Développeur logiciel / web	DevOps, CI/CD, frameworks modernes	Maîtrise algorithmique, lacunes DevOps	Moyen : DevOps et frameworks récents	Moyenne
Administrateur systèmes & réseaux	SDN, cloud réseau, virtualisation	Base TCP/IP solide, cloud/SDN limité	Moyen : cloud et virtualisation	Moyenne
Analyste applications / BA IT	Big Data, outils décisionnels avancés	Niveau général satisfaisant, outils limités	Moyen : outils décisionnels	Moyenne
Chef de projet informatique	Multi-projets, certifications Scrum/PMP	Base gestion classique, agile limité	Moyen : agile et certifications	Moyenne

► Tableau 3 : Tableau de bord stratégique avec priorisation des actions

Métier	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance offres (12 mois)	Priorité	Action prioritaire
Ingénieur IA / Data Scientist	45	55	50	0,25	+39%	Haute	Renforcement IA appliquée, Big Data, MLOps, projets industriels
Ingénieur DevOps / Cloud	50	45	55	0,30	+30%	Haute	Développement cloud public, CI/CD, Infrastructure as Code

Métier	CR _o (%)	GI _o (%)	MR _o (%)	GAI _o	Tendance offres (12 mois)	Priorité	Action prioritaire
Expert cybersécurité	60	40	55	0,33	+36%	Haute	Formation pentesting, SOC, forensic, RGPD opérationnel
Développeur logiciel / web	70	30	60	0,42	+19%	Moyenne	Modernisation DevOps, CI/CD, frameworks modernes
Administrateur systèmes & réseaux	55	45	50	0,30	+10%	Moyenne	Développement SDN, virtualisation avancée
Analyste applications / BA IT	50	50	50	0,25	n.d.	Moyenne	Renforcement outils décisionnels avancés
Chef de projet informatique	50	50	55	0,27	+17%	Moyenne	Développement multi-projets, méthodes agiles
Technicien support / maintenance	60	40	50	0,30	+10%	Basse	Renforcement cloud, virtualisation

► Tableau 4 : Potentiel Migratoire Composite par métier TIC

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC	Interprétation
Spécialiste cybersécurité	0,86	0,55	0,55	0,40	0,585	Potentiel migratoire optimal
Développeur logiciel	0,78	0,52	0,60	0,40	0,575	Potentiel solide

Métier TIC	Pull	SupplyGap	Feasibility	Propensity	PMC	Interprétation
Administrateur systèmes & réseaux	0,70	0,50	0,62	0,38	0,545	Potentiel correct
Architecte Cloud / DevOps	0,85	0,42	0,48	0,35	0,530	Tension élevée, faisabilité limitée
Data Scientist / Analyste IA	0,82	0,40	0,52	0,38	0,525	Attractif, vivier faible
Analyste Big Data	0,80	0,42	0,48	0,35	0,510	Potentiel modéré
Expert IA industrielle / MLOps	0,84	0,38	0,45	0,33	0,500	Demande forte, obstacles techniques
Chef de projet TIC	0,58	0,46	0,60	0,37	0,495	Barrières linguistiques

ANALYSE COMPARATIVE TRANSVERSALE ET ORIENTATIONS STRUCTURANTES

►Tableau 1 : Dynamiques Annuelles de la Demande pour les Métiers TIC Critiques

Métier	France	Allemagne	Italie	Belgique	Luxembourg
Data Scientist / Analyste IA	+20%	+42%	+38%	+41%	+39%
Expert en Cybersécurité	+18%	+35%	+30%	+34%	+36%
Ingénieur DevOps / Cloud	+15%	+32%	+28%	+34%	+30%
Data Engineer / Big Data	+10%	+40%	+34%	+36%	Élevée
Architecte Cloud / Systèmes	+12%	+30%	+28%	+29%	Élevée
Développeur Logiciel / Web	+6%	+20%	+18%	+21%	+19%
Chef de Projet IT	+4%	+16%	+14%	+15%	+17%
Technicien Réseaux & Télécoms	+2%	+12%	+9%	+11%	+10%

► Tableau 2 : Indices d'Alignement (GAI) et Compétences Manquantes Structurelles

Métier	FR	ALL	IT	BE	LUX	Compétences Manquantes Transversales
Data Scientist / Analyste IA	0.25	0.45	0.47	0.45	0.25	MLOps, déploiement de modèles en production, ingénierie des données industrielles (Spark/Kafka), Deep Learning sur infrastructures GPU, optimisation de pipelines ML.
Ingénieur DevOps / Cloud	0.49	0.41	0.45	0.46	0.30	Maîtrise opérationnelle des plateformes cloud publiques (AWS/Azure/GCP), Infrastructure as Code (Terraform/Pulumi), orchestration de conteneurs (Kubernetes), pipelines CI/CD industriels, pratiques GitOps.
Expert en Cybersécurité	0.39	0.47	0.57	0.50	0.33	Tests d'intrusion avancés (pentesting), opérations de centres de sécurité (SOC), investigation numérique (forensic), gouvernance des SI (ISO 27001), conformité réglementaire (RGPD/NIS2), sécurité des systèmes industriels (pour l'Allemagne).
Data Engineer / Big Data	0.20	0.43	0.43	0.45	0.25	Architectures de données distribuées (Spark/Hadoop), conception de Data Lakes, pipelines ETL industriels, bases de données NoSQL (Cassandra/MongoDB), optimisation de requêtes à grande échelle.
Architecte Cloud / Systèmes	0.30	0.40	0.47	0.44	0.30	Architectures multi-cloud et hybrides, automatisation d'infrastructures (Ansible/Terraform), optimisation des coûts cloud (FinOps), architectures de sécurité cloud, conception de systèmes résilients.
Développeur Logiciel / Web	0.62	0.38	0.59	0.36	0.42	Pratiques DevOps (CI/CD, automatisation), frameworks web modernes (React/Vue/Angular), architectures microservices, conteneurisation (Docker), méthodologies agiles avancées.
Chef de Projet IT	0.27	0.21	0.50	0.21	0.27	Méthodologies agiles avancées (Scrum/Kanban), certifications professionnelles (PMP/Prince2/Scrum Master), outils de pilotage numériques, gestion de portefeuilles projets.
Technicien Réseaux & Télécoms	0.36	0.19	0.61	0.18	0.30	Réseaux définis par logiciel (SDN), virtualisation réseau (NFV), automatisation des infrastructures réseau, compétences en cloud networking, orchestration réseau.

► Tableau 3 : Potentiel Migratoire Composite (PMC) par Métier et Marché Cible

Métier	France	Allemagne	Italie	Belgique	Luxembourg
Développeur Logiciel / Web	0.74	0.73	0.74	0.71	0.58
Expert en Cybersécurité	0.70	0.70	0.72	0.68	0.59
Data Scientist / Analyste IA	0.72	0.70	0.73	0.69	0.53
Ingénieur DevOps / Cloud	0.66	0.68	0.71	N/D	0.53
Data Engineer / Big Data	0.67	0.67	0.71	0.67	0.51
Architecte Cloud / Systèmes	N/D	N/D	0.68	0.67	N/D
Chef de Projet IT	0.67	0.67	0.65	0.65	0.50
Technicien Réseaux & Télécoms	0.69	0.67	0.62	0.67	0.55

Ce document a été produit avec le soutien financier de l'Union européenne dans le cadre du programme THAMM Plus de l'OIT. Son contenu relève de la seule responsabilité du MEFP et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.



Organisation
internationale
du Travail



BEL SUADUS
Consulting
ETHOS - PATHOS - LOGOS



ilo.org

International Labour Organization

Route des Morillons 4

1211 Geneva 22

Switzerland

ISBN 978-92-2-043685-1



9 789220 436851 >