

**STRATEGIE NUMERIQUE ET INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE EN SUEDE
- PRIORITES ET PRINCIPAUX ACTEURS -**



LAURIANE DEBORD
SERVICE SCIENTIFIQUE DE L'INSTITUT FRANÇAIS DE SUEDE
JUILLET 2020

La Suède ambitionne d'être parmi les meilleurs pays du monde pour l'utilisation du numérique, qui est perçu comme l'un des facteurs clés de changements sociétaux globaux. Pour le gouvernement suédois, « *le numérique irrigue toutes les activités, aussi, tout le monde devrait avoir la possibilité de prendre part à la numérisation et tirer le meilleur des avantages qu'elle apporte pour une croissance durable, un haut niveau d'emploi et une société solidaire* ».

Cette volonté se traduit par la mise en place de stratégies importantes depuis 2017 telles que la stratégie numérique « *For sustainable digital transformation in Sweden - A digital strategy* », la stratégie nationale sur la cybersécurité ou encore l'approche nationale pour l'intelligence artificielle. Tout cela régit par une nouvelle autorité administrative, l'Autorité pour la gestion du numérique (*Myndigheten för Digital Förvaltning*).

« La numérisation progresse plus rapidement et affecte à la fois les emplois, les entreprises et la société. L'intelligence artificielle peut rationaliser les processus, traiter de grandes quantités de données et, par exemple, améliorer le transport ou accélérer les diagnostics dans les soins de santé. Nous devons tirer parti des possibilités de la numérisation, car nous devons travailler ensemble entre les entreprises, les universités et le public pour accroître nos connaissances et en même temps, ne jamais oublier l'individu pour maintenir notre volonté suédoise de changer », a déclaré Ibrahim Baylan, ministre suédois des Entreprises et de l'Industrie.

Ce discours énoncé lors de l'inauguration d'un nouveau centre national en innovation et recherche appliquée en intelligence artificielle, *AI Innovation of Sweden* à Stockholm montre la volonté du pays à maintenir sa compétitivité dans le domaine de l'innovation numérique par la mise en place d'infrastructures nationales mais aussi européennes. Cet effort est rendu possible par d'importants programmes de recherches portés notamment par les grandes universités suédoises (Université de technologie Chalmers, Göteborg, KTH, ...) et soutenu par un grand nombre d'organismes financeurs avec en tête le Conseil suédois de la recherche (VR), Vinnova et la Fondation Knut et Alice Wallenberg qui concentrent la majorité des financements pour la recherche et l'innovation dans les infrastructures numériques et les projets de recherche et d'innovation.

Table des matières

1	A LA POINTE DES PAYS INNOVANTS, LA SUEDE SE VEUT CHAMPIONNE DE LA TRANSITION NUMERIQUE, MOTEUR DE TRANSFORMATION SOCIETALE	5
1.1	Des stratégies numériques sont déclinées par domaines depuis 2017	5
1.2	La stratégie d'« Approche nationale pour l'intelligence artificielle » en 2019 vise à combler le retard de la Suède dans le domaine	7
1.3	La réforme du cadre administratif suédois avec la création d'une nouvelle autorité administrative se place dans la droite ligne du cadre européen d'interopérabilité.....	8
1.4	Le partenariat franco-suédois pour l'innovation et les solutions vertes.....	9
2	LE MONDE DE LA RECHERCHE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET D'INNOVATION SE MET EN ORDRE DE MARCHÉ TANT AU NIVEAU NATIONAL QU'EUROPEEN.....	10
2.1	Le Conseil suédois de la recherche (VR) et Vinnova concentrent la majorité des financements publics soutenant la recherche et l'innovation dans les infrastructures numériques et les projets de recherche et d'innovation	10
2.1.1	Le Conseil suédois de la recherche (Vetenskapsrådet – VR), architecte de l'accès à toutes données de recherche en Suède.....	10
2.1.2	L'Agence suédoise pour l'innovation (Vinnova), un investisseur central.....	11
2.2	Un environnement de recherche soutenu par la présence de nombreuses infrastructures nationales et européennes.....	11
2.2.1	Le Swedish National Infrastructure for Computing (SNIC), un fournisseur essentiel de ressources informatiques	11
2.2.2	Le Swedish University computer Network (SUNET), une infrastructure pour les communications de données nationales et internationales aux services des acteurs publics de l'enseignement supérieur et de la recherche	12
2.2.3	Des infrastructures nationales nombreuses qui gagneraient à être mieux coordonnées voire être réorganisées	12
2.2.4	Le Centre national en innovation et recherche appliquée en intelligence artificielle « AI Innovation of Sweden » a vu le jour fin 2018	13
2.3	Participation suédoise aux réseaux européens au cœur du développement du numérique et de l'Intelligence artificielle	14
2.3.1	L'EIT Digital, pour une Europe numérique forte.....	14
2.3.2	L'EuroHPC, une infrastructure de données et de calcul incontournable	14
2.3.3	L'initiative European Open Science Cloud (EOSC), futur outil fédérateur d'infrastructures de données scientifiques	15
2.3.4	Le Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE), une infrastructure européenne de soutien aux découvertes scientifiques	15
2.3.5	CLAIRE, le plus grand réseau mondial de recherche sur l'intelligence artificielle	15

2.3.6	TAILOR - Trustworthy AI - Integrating Learning, Optimization and Reasoning.....	16
2.3.7	HumaneAI, une vision de l'intelligence artificielle européenne tournée vers l'humain	16
2.3.8	AI4EU, la première plateforme européenne d'intelligence artificielle à la demande ...	16
2.3.9	ELLIS (European Laboratory for Learning and Intelligent Systems).....	17
2.4	L'importance de certains réseaux régionaux	17
2.4.1	L'EOSC Nordic, déclinaison nordique de l'EOSC.....	17
2.4.2	Nordic e-Infrastructure Collaboration (NeIC), une collaboration et un partage des ressources dans la région nordico-balte.	17
2.5	Forces principales de la recherche publique et de l'enseignement sur le numérique en Suède	19
2.5.1	AI Competence for Sweden, une plateforme nationale de coordination de l'offre d'enseignement supérieur à vocation professionnelle.....	19
2.5.2	Université de technologie Chalmers	19
2.5.3	Université de Göteborg	20
2.5.4	Royal Institute of Technology in Stockholm - KTH.....	21
2.5.5	Université de Linköping	21
2.5.6	Université de Lund	22
2.5.7	Université d'Umeå	22
2.5.8	Université d'Örebro.....	22
2.5.9	Université de Mälardalen (Eskilstuna et Västerås)	23
2.5.10	Institut technologique du Blekinge (Karlskrona)	24
2.5.11	Université de Jönköping	24
2.5.12	Université de Luleå.....	24
2.5.13	Université d'Halmstad	24
2.5.14	Université de Stockholm.....	24
2.5.15	Research Institute of Sweden - RISE	25
2.6	Des acteurs privés parfois déterminants pour la recherche en intelligence artificielle en Suède	26
2.6.1	La Fondation Knut et Alice Wallenberg, premier soutien à la recherche sur le numérique et l'intelligence artificielle en Suède.....	26
2.6.2	Associations et think tanks.....	27

1 A LA POINTE DES PAYS INNOVANTS, LA SUEDE SE VEUT CHAMPIONNE DE LA TRANSITION NUMERIQUE, MOTEUR DE TRANSFORMATION SOCIETALE

Le rapport « DESI » - *digital economy and society index* - publié par la Commission européenne en 2019 classe la Suède au 2^e rang des pays les plus digitalisés d'Europe (3^{ème} en 2017), derrière la Finlande. Forte d'un secteur florissant et performant, la Suède a déjà vu naître de nombreuses grandes entreprises du numérique, au sens large, avec en tête Ericsson (pionniers des téléphones et 3^{ème} fournisseur mondial d'équipements et logiciels réseau), Volvo (constructeur automobile très impliqué dans la recherche sur les voitures autonomes), et à ce jour 8 licornes dont la plupart dans le secteur du numérique : Skype, Spotify (leader mondial du streaming musical), Klarna et iZettle (fintech), King et Mojang (jeux vidéo), Avito (e-commerce) et NorthVolt (batteries). L'attractivité de ce secteur à l'échelle mondiale est telle que la firme française Ubisoft y possède deux filiales, à Malmö et Stockholm.

Le pays devait accueillir en août 2020, le Data Innovation Summit à Stockholm.

La Suède dispose du 1er cluster européen (et 3e mondial) en TIC, la Kista Science City. Construite sur le modèle de la triple hélice - collaboration d'innovation entre les entreprises technologiques mondiales telles qu'Ericsson et IBM, les nombreuses start-ups, le gouvernement et les principales universités de Stockholm, celle-ci a également son propre banc d'essai Urban ICT Arena où les technologies telles que la 5G et IoT sont testées.

1.1 Des stratégies numériques sont déclinées par domaines depuis 2017

L'année 2017 a vu la Suède se doter, ou renouveler, plusieurs stratégies numériques (agenda national, cybersécurité, enseignement et recherche) et réorganisé son administration.

La Suède a publié une stratégie numérique en 2017 intitulée « For sustainable digital transformation in Sweden - A digital strategy », prolongement de la stratégie « *ICT for everyone – a Digital Agenda for Sweden* » publiée en 2011. Cette stratégie vise à favoriser les innovations dans l'organisation du travail, ainsi que dans la production des biens et services. Un accent particulier a également été placé sur la digitalisation du secteur public, le gouvernement estimant que la Suède a pris du retard dans ce domaine (amélioration du fonctionnement de l'administration, meilleurs services rendus aux entreprises de façon à réduire le « fardeau administratif »).

La Suède disposant d'un grand territoire mais avec une très faible densité de population (23 habitants / km²), la première des mesures concernait l'accès à internet haut débit (et très haut débit à terme) pour tous. Pour cela, la Suède a publié une stratégie intitulée « *A Completely Connected Sweden by 2025 – a Broadband Strategy* »¹ dans laquelle le gouvernement planifie de couvrir 98% du territoire suédois en internet très haut débit (1G/s) d'ici 2025. Par le biais de cette politique, le gouvernement souhaite inciter tous les opérateurs à développer rapidement et en permanence le haut débit et surtout à améliorer la situation des utilisateurs qui se trouvent en dehors des zones densément peuplées, afin que la Suède soit entièrement connectée. Le cas des foyers très isolés (5%) pourrait être réglé par le déploiement de la nouvelle norme 5G dans les années à venir.

¹ <https://www.government.se/information-material/2017/03/a-completely-connected-sweden-by-2025--a-broadband-strategy/>

A cette stratégie numérique est assortie **une stratégie nationale sur la cybersécurité publiée en juillet 2017 par le ministère de la Justice** qui vise en particulier à améliorer la sécurité des systèmes industriels de contrôles et distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la prévention, la détection et la gestion des cybers attaques et de la cyber criminalité, ainsi que la coopération au niveau national et à l'international.

L'éducation nationale dispose également d'une stratégie pour l'apprentissage des technologies numériques. Mise en œuvre à la rentrée 2018, la stratégie "*Introducing programming and digital competence in Swedish K-9 education* » détaille un nouveau curriculum pour que les écoliers acquièrent des compétences en programmation, en manipulation de hardware et des compétences dites de « socialisation » à travers le numérique (e-commerce, marché de l'emploi en ligne...). Les universités suédoises et l'agence nationale pour l'enseignement (*Skolverket*) développent d'ores et déjà des enseignements de mise à niveau pour les enseignants.

En matière de recherche, le numérique figure parmi les 3 défis sociétaux prioritaires identifiés par la loi de programmation nationale 2017-2020.

Deux des neuf domaines d'investissements stratégiques instaurés par la loi ont directement trait au numérique : les technologies du futur pour la numérisation (TIC, 5G, IoT...) et le renforcement des recherches intensives en données (domaines de recherche et infrastructures de recherche produisant et s'appuyant sur de grands volumes de données dont les 3 infrastructures stratégiques de recherche ESS, MaxIV, SciLifeLab).

Au côté du numérique, le climat et le tandem santé/sciences de la vie sont les deux autres défis sociétaux majeurs pour l'écosystème de l'innovation suédois et des synergies entre ces 3 domaines sont attendues.

Dès 2006, la **Bibliothèque nationale de Suède (*Kungliga biblioteket - KB*) s'est vu confier la coordination des efforts nationaux pour introduire le libre accès aux données (*open access*)** d'une façon générale, mission renouvelée en 2017. Plus particulièrement, **la loi de programmation insiste sur l'importance d'accéder librement aux données de recherche et réitère également dans ce sens la tâche donnée au Conseil Suédois de la recherche (VR) de développer l'accès libre aux données de recherche²**, en collaboration avec la Bibliothèque Nationale. Le Conseil Suédois de la recherche assume donc le rôle de point de contact national en Suède pour les questions d'information scientifique et a proposé une stratégie visant à rendre libre d'accès toute publications scientifiques financées par des fonds publics d'ici 2026. Cette stratégie s'inscrit dans la philosophie « FAIR » proposant que tout système de données de recherche soit consultable (findable), disponible (accessible), interopérable (interoperable) et réutilisable (reusable).

KB est responsable du fonctionnement et du développement de deux plateformes :

- Swepub donne accès à toute une série d'articles, de dissertations, de conférences, etc. Swepub contient des références de publications de recherche, publiées et enregistrées dans les bases de données d'une quarantaine d'établissements d'enseignement supérieur suédois et d'autres autorités.³
- La plateforme LIBRIS est le catalogue commun des bibliothèques universitaires et de recherche suédoise. La base de données LIBRIS contient 6,5 millions de titres.⁴

² <https://www.vr.se/english/analysis/reports/our-reports/2015-03-02-proposal-for-national-guidelines-for-open-access-to-scientific-information.html>

³ <http://www.swepub.kb.se/help.jsp>

⁴ <http://libris.kb.se/>

Quant à la stratégie suédoise en sciences de la santé et de la vie, celle-ci repose tout particulièrement sur une utilisation approfondie des outils numériques appliqués (e-santé, Big data, santé personnalisée, télémédecine, interopérabilité des bases de données biologiques et médicales, imagerie médicale, analyses du génome, protéome et sécrétome pour la mise au point de « biomédicaments »). Le développement de la recherche clinique, point fort suédois, s'appuie sur l'exploitation des bases de données biologiques et médicales. Enjeu majeur vu de Suède, différentes initiatives visent à développer l'interopérabilité entre le très grand nombre de bases existantes mais non harmonisées et gérées localement. Une priorité suédoise est de devenir un pays majeur dans le domaine de la cybersanté d'ici 2025. La feuille de route « Vision e-santé 2025 » a été rédigée en ce sens et l'Agence suédoise de l'e-santé (*eHälsomyndigheten*) est un acteur central de cette stratégie. Créée en 2014, cette agence a pour de contribuer à l'amélioration des soins et du système de santé notamment par le développement d'une infrastructure nationale de santé en ligne.

1.2 La stratégie d'« Approche nationale pour l'intelligence artificielle » en 2019 vise à combler le retard de la Suède dans le domaine

Début 2018, le gouvernement suédois a chargé l'Agence suédoise pour l'innovation, Vinnova, de cartographier et d'analyser l'utilisation et le potentiel en IA dans le secteur public et dans l'industrie. Le rapport de Vinnova intitulé « Intelligence artificielle dans la société et l'économie suédoise » (*Artificiell intelligens i svenskt näringsliv och samhälle*) publié en mai 2018 a mis en évidence un besoin patent de compétences au niveau national et la nécessité de renforcer l'offre de formation au niveau universitaire. L'agence a également recommandé la création d'un environnement de premier plan d'envergure internationale, s'appuyant sur de fortes collaborations entre les entreprises et le monde universitaire et doté d'une masse critique suivant le modèle du triangle de la connaissance (recherche, formation et innovation).

En février 2019, la stratégie d'« Approche nationale pour l'intelligence artificielle »⁵ a été publiée, basée sur le rapport de Vinnova. Le document souligne les objectifs du gouvernement de développer des normes et des principes - tout en reconnaissant les réglementations et les normes nationales et internationales existantes - **pour une IA éthique, durable et sûre**. L'objectif est aussi d'accroître l'accès aux données, de jouer un rôle actif dans les efforts de numérisation de l'UE, de développer de projets pilotes et bancs de tests et créer des environnements propices au développement d'applications de l'IA tant par le secteur public que le secteur privé.

Le gouvernement suédois a depuis lors déployé plusieurs efforts pour contribuer à la réalisation de cette stratégie. Par exemple, le gouvernement a investi 40 millions de couronnes suédoises dans plusieurs universités en 2018 et 2019, notamment l'université Chalmers et l'Institut royal de technologie KTH, afin de contribuer à la formation de professionnels de l'IA et accroître la recherche fondamentale et appliquée en IA.

⁵ <https://www.regeringen.se/4aa638/contentassets/a6488cceb6f418e9ada18bae40bb71f/national-approach-to-artificial-intelligence.pdf>

1.3 La réforme du cadre administratif suédois avec la création d'une nouvelle autorité administrative se place dans la droite ligne du cadre européen d'interopérabilité

Le cadre européen d'interopérabilité a pour objectif de fluidifier les relations entre pouvoirs publics, individus et acteurs socio-économiques en recourant aux technologies numériques comme moyens de communication. Pour améliorer les capacités des administrations suédoises à collaborer et tirer parti des outils numériques, une nouvelle autorité pour la gestion du numérique a vu le jour en septembre 2018, l'Autorité pour la gestion du numérique (*Myndigheten för Digital Förvaltning*), aussi dénommée DIGG (pour *digitaliseringsmyndigheten*).

Succédant à l'agence *E-legitimationsnämnden*, la DIGG a récemment publié un rapport qui montre que le secteur public suédois peut réduire les coûts de 140 millions de couronnes suédoises grâce à l'utilisation de l'AI (facilité d'accès aux données, traitement des données plus rapide, automatisation, interconnexion entre les services ...). Le gouvernement a estimé que davantage d'efforts étaient nécessaires pour atteindre l'objectif de numérisation de l'administration publique. Cette nouvelle autorité est chargée de coordonner, de soutenir la numérisation transversale, de rassembler un certain nombre d'informations qui étaient auparavant réparties entre différentes organisations et de créer un cadre national pour une meilleure collaboration numérique. Par exemple, la DIGG est, entre autres, responsable des tâches qui étaient exécutées par le comité d'identification électronique, et qui a été progressivement supprimé. De plus, la DIGG doit soumettre une analyse et une évaluation globales annuelles de la numérisation dans l'administration publique. Elle travaille avec plusieurs autres agences gouvernementales pour initier la mise en place d'une infrastructure numérique gérée conjointement. La DIGG dispose en 2020 d'un financement de 140 millions de SEK.⁶

Missions en cours⁷

Résumé de la mission	Date de fin
Accroissement de la capacité de l'administration publique à rendre les données ouvertes accessibles, à poursuivre l'innovation ouverte et axée sur les données et à utiliser l'intelligence artificielle	Janv. 2021
Coordination nationale du règlement de l'UE sur une entrée numérique commune	mars 2020
Affectation à l'Agence suédoise pour l'administration numérique et le Land Survey pour tester les nouvelles technologies d'automatisation dans l'administration publique	Sept. 2020
Mise en place d'une infrastructure numérique gérée conjointement pour l'échange d'informations	Janv. 2021
Création d'un cadre national pour les données de base dans l'administration publique	Janv. 2021

⁶ <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=20398>

⁷ <https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=19244>

1.4 Le partenariat franco-suédois pour l'innovation et les solutions vertes

En juin 2019, la France et la Suède ont renouvelé le partenariat bilatéral pour l'innovation et les solutions vertes, précédemment conclu en novembre 2017, en mettant notamment la priorité sur la transformation numérique durable et l'intelligence artificielle.

L'objectif est de concilier innovation, respect de la vie privée, déontologie et sécurité numérique. Les acteurs chargés de la mise en œuvre de cette démarche sont le secrétariat d'État français chargé du numérique, l'Institut national de recherche en informatique et automatique (INRIA) et le ministère suédois des entreprises et de l'innovation, conjointement avec le ministère suédois des infrastructures (transformation numérique).

Parmi les priorités mises en avant par les deux pays au niveau de l'UE, figurent :

- l'adoption d'une approche globale et prospective qui tend vers une économie européenne numérique, durable et inclusive ;
- le déploiement de nouvelles technologies numériques pertinentes, en particulier dans les domaines des sciences de la vie et de la mobilité intelligente.

En matière de santé, l'élaboration de solutions numériques visant à améliorer la qualité des systèmes de soins centrés sur la santé et les patients est particulièrement ciblée qu'il s'agisse de :

- solutions en matière de mégadonnées et de santé numérique ;
- d'infrastructures pour les dossiers électroniques des patients ;
- de médecine personnalisée et de soins à distance dans les régions isolées.

Il est prévu que ce volet soit mis en place par le ministère français des solidarités et de la santé, l'Agence française de la santé numérique (ASIP Santé), la plateforme Health Data Hub, le ministère suédois de la santé et des affaires sociales et l'Agence suédoise de la santé numérique eHealth.

2 LE MONDE DE LA RECHERCHE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET D'INNOVATION SE MET EN ORDRE DE MARCHÉ TANT AU NIVEAU NATIONAL QU'EUROPEEN.

2.1 Le Conseil suédois de la recherche (VR) et Vinnova concentrent la majorité des financements publics soutenant la recherche et l'innovation dans les infrastructures numériques et les projets de recherche et d'innovation

Le financement de VR et de l'Agence suédoise pour l'innovation, Vinnova pour le soutien aux programmes de recherche et aux infrastructures dans le domaine des TIC avoisine les 900 MSEK (90 M€) annuels.

2.1.1 Le Conseil suédois de la recherche (Vetenskapsrådet – VR), architecte de l'accès à toutes données de recherche en Suède

La loi de la recherche de 2017-2020 a alloué un budget global de 4 Mds SEK sur 8 ans au financement d'infrastructures de recherche. En 2018, le budget dédié aux infrastructures par le Conseil suédois de la recherche s'est ainsi élevé à 1,9 Mds SEK, réparti entre la Source Européenne de Spallation ESS (483 MSEK, budget qui devrait diminuer et être recentré vers les coûts opérationnels de Max IV), le CERN (298 MSEK), Max IV (330 MSEK), d'autres infrastructures internationales (333 MSEK), le SNIC (Swedish National Infrastructure for Computing, voir ci-après - 115 MSEK) d'autres infrastructures nationales notamment numériques (303 MSEK).

En 2018, le Conseil suédois de la recherche (VR) a lancé un appel à propositions pour un plan de gestion des données dans le but de garantir la réutilisation des données de recherche. Ainsi, toute personne ou programme qui a reçu une subvention du Conseil suédois de la recherche à partir de 2019 doit établir un plan de gestion des données. VR a également développé l'outil de métadonnées RUT, « Register Utilizer Tool », pour permettre aux chercheurs d'avoir un aperçu rapide et de qualité des variables disponibles dans les registres suédois tenus par différentes autorités, de leur aptitude à être utilisées dans une étude et si et comment elles peuvent être reliées entre elles. VR entretient un dialogue permanent avec Statistics Sweden et le Conseil national de la santé et de la protection sociale pour améliorer l'accès aux registres à des fins de recherche. À long terme, les travaux visent à améliorer la qualité des métadonnées et les possibilités de réutilisation, ce qui permettra aux titulaires de registres de rationaliser leur production statistique en fonction de l'amélioration de la qualité des métadonnées et de la possibilité de les réutiliser. Les chercheurs auront donc accès à une plus grande quantité de métadonnées plus détaillées.

En 2019, le Conseil suédois de la recherche a alloué 20 millions de couronnes suédoises pour renforcer les investissements existants dans les infrastructures numériques. Ce renfort était destiné à relever les défis posés par la gestion de quantité de données croissante et de plus en plus importante. La même année, VR a alloué 30 millions de couronnes suédoises pour la recherche sur la coordination des infrastructures nationales de recherche et la collecte et la conservation du matériel biologique dans les biobanques.

2.1.2 L'Agence suédoise pour l'innovation (Vinnova), un investisseur central

L'Agence suédoise pour l'innovation, Vinnova a pour mission de soutenir une croissance durable en finançant des projets de R&D développant le système d'innovation national. Agence de référence sur les questions d'innovation, Vinnova a décidé d'investir 100 millions de couronnes suédoises dans AI Innovation of Sweden au cours de la période 2020-2024 avec plusieurs centres géographiques à travers le pays.

Vinnova soutient plusieurs programmes sur des réseaux d'innovation en solutions numériques ou IA dont Smart Housing (Småland 3)⁸, Visual Sweden (stage 2)⁹, [AI for solving critical challenges](https://www.vinnova.se/en/p/ai-for-solving-critical-challenges/)¹⁰ ou encore Machine Learning For Health - ML4Health¹¹. En 2019, Vinnova a renforcé son ciblage sur l'intelligence artificielle (IA) et les données sécurisées et a fait appel à un conseil d'experts externes dans son travail. Quatre domaines ont été identifiés comme prioritaires pour 2019 : le renforcement de l'écosystème de l'IA, l'accessibilité des données, l'augmentation de la capacité d'innovation et l'accélération de la recherche en IA sur l'innovation.

Les premiers résultats ont été réels :

- L'écosystème de l'IA s'est trouvé renforcé grâce au lancement du centre national AI Innovation of Sweden. Plus de 50 organisations l'ont rejoint et sont attendues en 2020 ;
- 16 laboratoires de données ont reçu un financement au cours de l'année dans le but de mettre à disposition et d'aider les acteurs à utiliser les données pour l'innovation. AI Factory for Railway, Space Data Lab et Ocean Data Lab en sont trois exemples ;
- Afin d'augmenter la capacité à innover en Suède, le cours Elements of AI a été lancé en suédois en collaboration avec AI Innovation of Sweden et Linköping University. Plus de 20 000 personnes ont suivi le cours (dont 30% des employés de Vinnova). En outre, 31 organisations ont reçu un financement pour leur premier projet pratique d'IA, tandis que 16 des 17 programmes d'innovation stratégiques (initiatives nationales de coordination et développement de la recherche dans certaines thématiques) ont reçu des subventions pour compléter leur programme avec une perspective d'IA ;
- Enfin, Vinnova a fait des efforts pour accélérer la recherche sur l'IA dans l'innovation dans le domaine du traitement automatique du langage naturel. Un laboratoire de données en suédois et cinq projets de recherche ont reçu un financement.

2.2 Un environnement de recherche soutenu par la présence de nombreuses infrastructures nationales et européennes

2.2.1 Le Swedish National Infrastructure for Computing (SNIC), un fournisseur essentiel de ressources informatiques

Le SNIC¹² est l'infrastructure nationale qui met à disposition des chercheurs suédois (toutes disciplines confondues) un large panel de ressources informatiques hautes performances, de grandes capacités de stockage et un support pour les utilisateurs avancés. Son siège social est situé à l'Université d'Uppsala. L'infrastructure est financée par le gouvernement à travers VR (Vetenskapsrådet) et par les 10 universités participantes : l'Université de technologie Chalmers,

⁸ <https://www.vinnova.se/en/p/smart-housing-smaland-3/>

⁹ <https://www.vinnova.se/en/p/visual-sweden---stage-2/>

¹⁰ <https://www.vinnova.se/en/p/ai-for-solving-critical-challenges/>

¹¹ <https://www.vinnova.se/en/p/machine-learning-for-health---ml4health/>

¹² <https://www.snic.se>

l'Université de Göteborg, l'Institut Karolinska et l'Institut royal de technologie KTH (Stockholm), l'Université de Linköping, l'Université de Lund, l'Université suédoise des sciences agricoles SLU, l'Université de Stockholm, l'Université d'Uppsala et l'Université d'Umeå. Le SNIC coordonne les ressources et les services fournis par six centres informatiques :

- HPC2N à l'Université d'Umeå ;
- UPPMAX à l'Université d'Uppsala ;
- PDC à KTH (Stockholm) ;
- NSC à Linköping University ;
- C2SE à Chalmers University of Technology (Göteborg)
- Lunarc à Lund University.

Les ressources en calcul de haut débit disponibles au sein de SNIC vont de ce que l'on appelle traditionnellement des superordinateurs aux clusters d'ordinateurs standard. Les solutions d'accès aux données ainsi que les ressources de stockage à court et moyen terme disponibles au niveau national sont fournies au sein de SNIC via le projet Swestore. Le SNIC participe à plusieurs initiatives et collaborations internationales dans le domaine du calcul haute performance, de l'informatique et des infrastructures de données telles que le PRACE ou encore le NeIC - Nordic e-Infrastructure Collaboration. Le SNIC représente la Suède dans EGI (European Grid Infrastructure)¹³ et EUDAT.¹⁴

2.2.2 Le Swedish University computer Network (SUNET), une infrastructure pour les communications de données nationales et internationales aux services des acteurs publics de l'enseignement supérieur et de la recherche

Depuis le 1er décembre 2018, VR a intégré SUNET (Swedish University computer Network) comme un département interne. SUNET fournit le réseau informatique des universités et centres de recherche suédois¹⁵. Sunet est une infrastructure de recherche qui exploite, entretient et développe le réseau de données des universités suédoises. Sunet propose également une variété de services Web pour la recherche informatique et l'éducation.

2.2.3 Des infrastructures nationales nombreuses qui gagneraient à être mieux coordonnées voire être réorganisées

En 2019, VR a édité une feuille de route nationale sur les e-infrastructures appelant à développer une stratégie nationale pour les infrastructures électroniques de recherche pour permettre une utilisation effective des ressources existantes tant par les chercheurs publics que privés grâce à une meilleure coordination nationale, sinon réorganisation des structures existantes.¹⁶

Le paysage suédois actuel de l'e-infrastructure, jugé relativement fragmenté, résulte des besoins considérables en infrastructures pour le traitement des données générés par les très grandes infrastructures de recherche (TGIR) en Suède. Plusieurs enquêtes et rapports successifs ont été réalisés notamment par le SNIC qui a cartographié en 2015 les besoins de 8 TGIR suédoises en

¹³ www.egi.eu

¹⁴ <https://www.vr.se/english/mandates/research-infrastructure/find-research-infrastructure/list/2018-10-18-snic---swedish-national-infrastructure-for-computing.html>

¹⁵ <https://www.sunet.se/om-sunet/>

¹⁶ <https://www.vr.se/analys/rapporter/vara-rapporter/2019-02-14-an-outlook-for-the-national-roadmap-for-e-infrastructures-for-research.html>

matière de e-infrastructures. Cette enquête a conduit sur une réflexion concernant une réforme du SNIC pour répondre aux besoins pressants d'infrastructures numériques de soutien à la recherche en concertation avec l'association des universités suédoises.¹⁷.

2.2.4 Le Centre national en innovation et recherche appliquée en intelligence artificielle « AI Innovation of Sweden » a vu le jour fin 2018

L'inauguration en novembre 2018 du Centre national en innovation et recherche appliquée en intelligence artificielle, *AI Innovation of Sweden*, situé au sein du parc scientifique de Lindholmen à Göteborg, a matérialisé la volonté politique suédoise dans le domaine de l'IA.

AI Innovation of Sweden est financé par Vinnova, la région de Västra Götaland, et près de 70 partenaires des secteurs industriel et public, des institutions de recherche et du monde universitaire. L'investissement s'élève à environ 50 millions de couronnes suédoises par an. Les fonds alloués aux projets permettent d'atteindre un investissement de plus de 100 millions de couronnes suédoises en 2020. L'initiative est hébergée par le Lindholmen Science Park AB à Göteborg.

Le centre est aujourd'hui à la tête d'un réseau de plusieurs centres pour les régions de Göteborg et du Grand Stockholm (ouvert en janvier 2020) et du sud de la Suède ; l'ouverture de centres supplémentaires est planifiée dans le nord de la Suède, à Örebro et Linköping.

L'AI Innovation of Sweden a pour objectif de renforcer la compétitivité de l'industrie suédoise et de fournir des ressources, des connaissances, des données et des capacités pour soutenir la collaboration entre les industries et les secteurs. La dizaine de projets menés couvre des domaines tels que les soins de santé basés sur les données, les modèles de traitement du langage et l'utilisation de données satellitaires et routières.

L'accent est mis sur l'accélération de la mise en œuvre de l'IA par le partage des connaissances et des données, la mise en commun des compétences, et les projets de collaboration, tout en respectant l'éthique, la transparence et la sécurité. La Data Factory, une plateforme technologique, permet de collecter un grand nombre de données grâce à un accès aux meilleures technologies, infrastructures et savoir-faire et permet de rendre les données accessibles aux chercheurs et aux développeurs de l'IA partenaires.

¹⁷ Pour plus d'informations : <https://www.vr.se/english/analysis/reports/our-reports/2015-08-10-survey-of-e-infrastructure-needs-for-eight-large-infrastructures.html>
<https://www.vr.se/english/analysis/reports/our-reports/2017-04-26-international-advisory-review-of-the-swedish-national-infrastructure-for-computing-snic.html>
<https://www.vr.se/download/18.63b37caf16ffe7624c218ab/1584015667575/Inriktningsfo%CC%88rs%20fo%CC%88r%20organisering%20av%20svensk%20e-infrastruktur%20fo%CC%88r%20forskning.pdf>

2.3 Participation suédoise aux réseaux européens au cœur du développement du numérique et de l'Intelligence artificielle

2.3.1 L'EIT Digital, pour une Europe numérique forte

L'EIT Digital est une organisation européenne dans le domaine de l'innovation numérique et de l'éducation à l'entrepreneuriat, qui est à l'origine de la transformation numérique de l'Europe. Elle regroupe un écosystème pan-européen de plus de 200 grandes entreprises, PME, start-ups, universités et instituts de recherche européens, où étudiants, chercheurs, ingénieurs, développeurs d'entreprises et entrepreneurs collaborent dans un cadre d'innovation ouverte.

EIT Digital investit dans des domaines stratégiques afin d'accélérer l'adoption et la mise en marché de technologies numériques issues de la recherche (deep tech) en se concentrant sur les défis stratégiques et sociétaux de l'Europe : Technologie numérique, villes numériques, industrie numérique, bien-être numérique et finance numérique.¹⁸

2.3.2 L'EuroHPC, une infrastructure de données et de calcul incontournable

EuroHPC¹⁹, l'entreprise commune européenne (*joint undertaking*) de calcul haute performance qui permettra à l'Union Européenne et aux pays participants de coordonner leurs efforts et de partager leurs ressources dans le but de déployer en Europe une infrastructure de superordinateurs de classe mondiale et un écosystème d'innovation compétitif. La Suède a intégré EuroHPC en 2019 et est représenté par Jonas Björck au conseil d'administration.

L'objectif d'EuroHPC est d'acquérir et de fournir aux utilisateurs scientifiques, industriels et publics européens une infrastructure de données et de calcul. Il s'agit de soutenir un ambitieux programme de recherche et d'innovation visant à développer et à maintenir dans l'UE un écosystème de High-Performance Computing (HPC) de classe mondiale, couvrant tous les segments de la chaîne de valeur scientifique et industrielle, y compris les technologies de processeurs, les algorithmes et la conception de code, les applications et les systèmes, les services et l'ingénierie, les interconnexions, le savoir-faire et les compétences pour l'ère des supercalculateurs de prochaine génération.

Les investissements d'EuroHPC permettront le développement de l'industrie européenne pour la création de supercalculateurs.²⁰

Huit sites ont été sélectionnés pour y construire les premiers supercalculateurs européens. La Suède a intégré le centre coordonné par la Finlande, LUMI (Large Unified Modern Infrastructure) et qui inclut également la Belgique, la République tchèque, le Danemark, la Norvège, la Pologne et la Suisse. Le nouveau supercalculateur et la nouvelle infrastructure, situés à Kajaani en Finlande, pourront être utilisés par des chercheurs européens et par l'industrie pour développer de nouvelles applications dans une variété de domaines, telles que la recherche climatique, la recherche médicale et l'intelligence artificielle

Le budget du centre de données de Kajaani est de 207,1 millions d'euros et le déploiement est prévu en fin d'année 2020.²¹

¹⁸ <https://www.eitdigital.eu/about-us/>

¹⁹ <https://eurohpc-ju.europa.eu/>

²⁰ <https://eurohpc-ju.europa.eu/#inline-nav-1>

²¹ <https://www.csc.fi/-/one-of-the-most-competitive-supercomputers-in-the-world-to-be-placed-in-kajaani-finla->

2.3.3 L'initiative European Open Science Cloud (EOSC), futur outil fédérateur d'infrastructures de données scientifiques

La Commission européenne a émis une recommandation sur le libre accès²² aux données de recherche et la préservation des informations scientifiques en 2016. L'initiative European Open Science Cloud (EOSC)²³ a été proposée dans le cadre de l'initiative européenne sur les Cloud pour construire une économie compétitive des données et de la connaissance en Europe. Cette initiative a l'ambition de fournir un environnement commun, ouvert et virtuel qui fédérera les infrastructures de données scientifiques existantes afin d'offrir aux chercheurs et aux praticiens européens de la science et de la technologie un accès transparent aux services de stockage, de gestion, de partage, d'analyse et de réutilisation des données de recherche actuellement limités par les frontières géographiques et les disciplines scientifiques.²⁴

L'EOSC est en cours de développement et est principalement financé par des projets de l'UE. Le Conseil suédois de la recherche, VR travaille activement sur les questions liées à l'EOSC à travers plusieurs canaux différents. Il est entre autres membres du groupe de pilotage de l'EOSC et fait partie d'un groupe de travail sur les données de recherche au sein de Science Europe.

2.3.4 Le Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE), une infrastructure européenne de soutien aux découvertes scientifiques

PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe)²⁵ est une infrastructure européenne dont le but est de soutenir les découvertes scientifiques, la recherche et le développement technologiques ayant un impact majeur dans toutes les disciplines. Pour y parvenir, PRACE s'efforce de fournir des ressources informatiques et de gestion des données (HPC) hautes performances et des services de haute qualité. PRACE s'efforce également de renforcer les utilisateurs industriels du HPC à travers diverses initiatives. PRACE est composé de 25 pays membres et est organisé comme une organisation internationale à but non lucratif, basée à Bruxelles. L'adhésion de la Suède à PRACE permet aux chercheurs suédois de demander l'accès à tous les ressources du PRACE.²⁶

Le SNIC est le partenaire suédois de PRACE et en tant que tel, il a lancé un service d'assistance qui aide les groupes de recherche suédois à utiliser les ressources de PRACE.

2.3.5 CLAIRE, le plus grand réseau mondial de recherche sur l'intelligence artificielle

CLAIRE (Confederation of Laboratories for Artificial Intelligence Research in Europe) est une initiative de la communauté européenne de l'intelligence artificielle qui vise à renforcer l'excellence européenne dans la recherche et l'innovation en intelligence artificielle. Créé en 2018 par des

[1?redirect=https%3A%2F%2Fwww.csc.fi%2Fhome%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_sQifOEbidMrG%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D5](https://www.csc.fi/home/fp_p_id%3D101_INSTANCE_sQifOEbidMrG%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D5)

²² Le libre accès aux données de recherche signifie que les données qui ont été collectées et / ou créées au cours de la recherche sont disponibles gratuitement via Internet.

²³ <https://eoscpilot.eu/eosc>

²⁴ <https://www.eosc-portal.eu/about/eosc>

²⁵ <https://prace-ri.eu/>

²⁶ <https://www.vr.se/english/mandates/research-infrastructure/find-research-infrastructure/list/2018-10-18-prace--partnership-for-advanced-computing-in-europe.html>

certaines d'experts en intelligence artificielle à travers l'Europe, CLAIRE compte aujourd'hui 3 343 organisations membres et regroupe plus de 20 000 personnes dans 34 pays.²⁷

La Suède est représentée par des chercheurs des **Universités de Linköping, Umeå, Uppsala, KTH, Stockholm, Luleå, Blekinge, Jönköping et Örebro**. **RISE fait aussi partie des partenaires. De nombreuses entreprises suédoises soutiennent l'initiative telles qu'Ericsson Research, Peltarion, Tacton Systems AB, Elasticsys, CGI...**²⁸

2.3.6 TAILOR - Trustworthy AI - Integrating Learning, Optimization and Reasoning

Coordonné par l'Université de Linköping, TAILOR est l'un des 4 réseaux européens issu de l'appel « ICT-48-2020: Towards a vibrant European network of AI excellence centres » et rassemble 55 partenaires de 20 pays. Ce réseau a pour objectif de développer des solutions d'enseignement et d'optimisation des techniques dans les domaines de la santé, de la mobilité et de la gestion des ressources.

2.3.7 HumaneAI, une vision de l'intelligence artificielle européenne tournée vers l'humain

L'objectif de l'HumaneAI, également réseau sélectionné par l'appel d'offre européen ICT-48-2020, est de fournir de nouvelles capacités de perception et de compréhension des phénomènes complexes, et favoriser la résolution individuelle et collective de problème. Il s'agit également de proposer à chacun de nouvelles capacités de créativité et d'expérience. **L'Université d'Umeå²⁹ est très impliquée dans l'équipe fondatrice du réseau.**

2.3.8 AI4EU, la première plateforme européenne d'intelligence artificielle à la demande

En janvier 2019, le consortium AI4EU³⁰ a été créé pour construire la première plateforme et le premier écosystème européen d'intelligence artificielle à la demande, avec le soutien de la Commission européenne dans le cadre du programme H2020. **Il inclut notamment l'université d'Örebro, l'université d'Umeå et l'entreprise suédoise ABB Robotics.**

Le sous-projet AI4Media, sélectionné dans le cadre de l'appel d'offre européen ICT-48-2020, a pour objet de créer un centre d'excellence européen sur les médias.

²⁷ <https://claire-ai.org/wp-content/uploads/2020/02/CLAIRE-Press-Release-11.pdf>

²⁸ <https://claire-ai.org/network/>

²⁹ <https://www.humane-ai.eu/humaneai-people/>

³⁰ <https://www.ai4eu.eu/about-project>

2.3.9 ELLIS (European Laboratory for Learning and Intelligent Systems)

L'entreprise suédoise **SAAB s'est associée au réseau ELLIS** créé en 2018 qui se spécialise sur l'apprentissage machine. Le consortium ELISE (*European Learning and Intelligent Systems Excellence*) proposé par ELLIS a été sélectionné à l'appel d'offre européen ICT-48-2020.

2.4 L'importance de certains réseaux régionaux

2.4.1 L'EOSC Nordic, déclinaison nordique de l'EOSC

L'EOSC Nordic³¹ vise à faciliter la coordination des initiatives de l'EOSC dans les pays nordiques et baltes. Le projet vise à exploiter les synergies afin de parvenir à une plus grande harmonisation des politiques et des services dans ces pays, conformément aux normes et pratiques convenues par l'EOSC. EOSC Nordic est porté par NEIC (cf. partie 2.2.8.) et NordForsk³² et bénéficie d'un financement de ses membres de 5,9 M€ de 2019 à 2022. Les pays membres sont la Finlande, la Norvège, l'Islande, le Danemark, l'Estonie, la Lettonie, la Lituanie et la Suède, représentée par l'Université d'Uppsala (STING), l'Université de Göteborg et VR (SUNET).

L'EOSC Nordic a 5 objectifs principaux :

- Soutenir la coordination et l'alignement des politiques et pratiques nationales nordiques et baltes liées à la fourniture de services de données de recherche avec l'EOSC ;
- Accroître l'accès aux différents services des pays nordiques et baltes ;
- Étendre et développer leur utilisation en les rendant accessibles via le portail de l'EOSC ;
- Promouvoir et soutenir l'adoption de pratiques et de schémas de certification pour les données selon des **pratiques FAIR** dans les pays nordiques ;
- Accélérer le progrès et l'attractivité de l'EOSC en fournissant des solutions innovantes développées et testées dans un environnement transfrontalier fonctionnel ;
- Fournir un socle de connaissances pour offrir une formation et un soutien technique aux nouveaux prestataires de services et aux communautés souhaitant s'engager avec l'EOSC pendant et après la durée de vie du projet.³³

2.4.2 Nordic e-Infrastructure Collaboration (NeIC), une collaboration et un partage des ressources dans la région nordico-balte.

Le NeIC³⁴ est financé par NordForsk, organisme sous la tutelle du Conseil nordique des Ministres et qui facilite la coopération nordique en matière de recherche et d'infrastructures de recherche dans la zone nordique. Le NeIC a été créé dans le domaine clé de l'e-infrastructure en 2012, et sa durabilité a été consolidée par un protocole d'accord entre les cinq conseils nationaux de la recherche et NordForsk. Les activités du NeIC seront axées sur l'infrastructure numérique pour l'excellence de la recherche nordique et dorénavant balte suite à l'entrée de l'Estonie comme pays membre en janvier 2020. Grâce aux activités du NeIC, les chercheurs de région disposent de plus de possibilités de ressources, de soutien, de collaborations et de progrès scientifiques. Parallèlement à NordForsk, le

³¹ <https://www.eosc-nordic.eu/>

³² NordForsk facilite et finance la coopération nordique en matière de recherche scientifique et les infrastructures de recherche. <https://www.nordforsk.org/>

³³ https://www.eosc-nordic.eu/content/uploads/2020/02/3_Gudmund_Host_EOSC-Nordic-for-Copenhagen-policy-workshop.pdf

³⁴ <https://neic.no/>

financement des activités du NeIC est assuré par des organismes de financement nationaux, et les partenaires de projet participants.



Plusieurs projets sur les infrastructures numériques sont en cours³⁵ :

Nom du projet	Pays impliqués	Date de début	Date de fin	Description du projet
CodeRefinery2	DK FI NO SE	2018	2021	Augmentation des compétences dans la recherche et le développement de logiciels
EISCAT_3D Data Solutions	EISCAT FI NO SE	2018	2020	Support technique de NeIC EISCAT_3D pour la communauté EISCAT_3D sur les défis des réseaux, de l'informatique et du stockage.
EOSC-Nordic	DK FI IS NO SE (24 partners)	2019	2022	Contribution nordique à l'EOSC
Glenna2	DK FI IS NO SE	2017	2020	Collaboration nordique sur le Cloud - poursuite du projet Glenna
iOBS	FI NO SE	2019	2020	Amélioration de l'utilisation des observations dans les prévisions météorologiques numériques
NICEST2	FI NO SE	2020	2023	Collaboration nordique sur les infrastructures électroniques pour la modélisation du système terrestre
Puhuri	DK EE FI IS NO SE	2020	2022	Développement d'un accès transparent au supercalculateur Lumi de classe mondiale
Tryggve2	DK FI NO SE	2017	2020	Création d'une plate-forme nordique pour les données de recherche sensibles de la BMS.
Nordic Digital Humanities Laboratory (NDHL)	DK FI NO SE	2020	2020	Création d'une convergence dans les e-Infrastructures des sciences humaines et des arts nordiques.

³⁵ https://wiki.neic.no/wiki/NeIC_Community_Wiki

Le 3 octobre 2018, le Conseil suédois de la recherche (VR), en collaboration avec NordForsk et la Nordice-Infrastructure Collaboration (NeIC), a organisé un atelier sur le thème de la bonne gestion des données. L'accent a été mis sur le travail stratégique de gestion des données, du renforcement de l'équité et du libre accès aux données de recherche, et l'exploration des possibilités de collaboration nordique.³⁶ Ainsi, la capacité dans le domaine de FAIR et de la gestion des données a été renforcée par NeIC, ce qui a notamment donné lieu à un rapport cartographiant les stratégies nationales des pays nordiques en faveur de l'Open Science et à une journée de sensibilisation à FAIR. Le rapport "L'état de l'Open Science dans les pays nordiques : Permettre la science des données dans la région nordique"³⁷ met en évidence les activités pouvant contribuer à améliorer les conditions et les moyens pour permettre une science basée sur les données dans la région nordique.

2.5 Forces principales de la recherche publique et de l'enseignement sur le numérique en Suède

2.5.1 AI Competence for Sweden, une plateforme nationale de coordination de l'offre d'enseignement supérieur à vocation professionnelle

L'AI Competence for Sweden est une initiative nationale de formation et de développement des compétences en intelligence artificielle. Le gouvernement a lancé ce site Web en juin 2018 pour mettre en valeur les différents parcours éducatifs possibles, proposés par les universités participantes à destination des entreprises, des organisations d'intérêt et du secteur public.

Dans le cadre de cette initiative, sept universités collaborent en réseau et proposent des cours aux professionnels. L'Université de technologie de Chalmers (coordinatrice), l'Université de Göteborg, l'Institut royal de technologie (KTH), l'Université de Linköping, l'Université de Lund, l'Université d'Umeå et l'Université d'Örebro.

2.5.2 Université de technologie Chalmers

L'Université de technologie Chalmers propose une dizaine de cours destinés à l'intelligence artificielle, tels que Machine Learning, Deep Learning, les méthodes statistiques pour les Big Data et le support basé sur les données pour les systèmes cyber-physiques. En 2019, Chalmers a lancé trois nouveaux programmes de master avec des liens solides avec l'IA.

Le Département de science des données (intégré à l'Université de Göteborg) met l'accent, entre autres, sur la recherche fondamentale et les méthodes en intelligence artificielle. En parallèle, des recherches sont menées sur l'analyse d'images et la sécurité informatique liées à l'IA, qui peuvent être utilisées, entre autres, pour les diagnostics assistés par ordinateur et les voitures autonomes. Au total, une trentaine de chercheurs de Chalmers travaillent directement avec l'IA et la science des données.

L'Université Chalmers héberge aussi le Centre de recherche Chalmers AI (CHAIR). Sa mission est de développer une expertise unique en matière d'IA dans les domaines de la recherche, de l'éducation

³⁶ <https://www.vr.se/aktuellt/nyheter/nyhetsarkiv/2018-10-24-nya-perspektiv-pa-datahantering-och-oppna-forskningsdata-i-de-nordiska-landerna-.html>

³⁷ <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1257306/FULLTEXT01.pdf>

et de l'innovation et de construire un solide écosystème régional de recherche en IA et d'applications industrielles en devenant le partenaire privilégié de l'industrie suédoise en matière d'IA. Une école doctorale en IA sera bientôt lancée pour former les étudiants. Le Centre est financé par la Fondation Chalmers et est ouvert aux collaborations avec l'industrie et le secteur public.³⁸ Une grande partie des activités de Chalmers sont menées en collaboration avec des partenaires industriels de Chalmers : Autoliv, Husqvarna, SKF, Zenuity, Hôpital universitaire Sahlgrenska, Volvo AB et Volvo Cars. De nouveaux projets liés à l'IA sont lancés en collaboration, entre autres, avec ABB, AstraZeneca et Ericsson.

L'Université Chalmers héberge aussi un important projet en nanotechnologie, le Quantum computing. Le Centre de technologie quantique de Wallenberg, WACQT, développe des ordinateurs extrêmement puissants, des communications protégées contre les interceptions et des instruments de mesure hypersensibles. Le Centre a un budget de recherche d'un milliard de couronnes suédoises sur 12 ans qui vise à placer la Suède à l'avant-garde de ce domaine technologique en très forte expansion. Grâce à un vaste programme de recherche, ce programme vise à développer et à garantir l'expertise suédoise dans les principaux domaines de la technologie quantique : l'informatique et la simulation quantiques, les communications quantiques et la détection quantique. Le principal projet consiste à développer un ordinateur quantique capable de résoudre des problèmes qui dépassent largement la portée des meilleurs supercalculateurs conventionnels.

<https://www.chalmers.se/en/centres/wacqt/Pages/default.aspx>

L'Université technologique Chalmers figure parmi les grands publiants dans le domaine numérique, notamment par sa forte activité de recherche dans le domaine de l'ingénierie automobile. C'est cette université qui porte au niveau national les recherches sur les voitures connectées et les batteries du futur. Il est à noter aussi que le flagship européen Graphen dépend de celle-ci, ce qui apporte aussi un lot de publications sur les matériaux connectés.

2.5.3 Université de Göteborg

L'IA est intégrée dans de nombreux domaines étudiés à l'Université de Göteborg :

- En médecine et en sciences médicales, des recherches sont menées en collaboration avec Chalmers et l'hôpital universitaire Sahlgrenska sur la numérisation et l'IA en rapport avec les soins de santé.
- Dans les cursus artistiques, le design d'interaction entre l'homme et l'IA est étudié.
- Dans le programme de recherche CLASP (Center for Linguistic Theory and Studies in Probability), l'IA est utilisée dans la recherche sur les technologies linguistiques.
- En sociologie, des recherches sont également menées en collaboration avec Chalmers et Harvard sur la manière dont l'IA peut être utilisée pour évaluer l'effet de la politique sociale dans les pays en développement.
- L'Université de Göteborg souhaite développer la recherche et l'enseignement liées à l'IA dans des domaines tels que l'éducation, les sciences humaines, la médecine, l'économie et le droit

³⁸ <https://www.chalmers.se/en/centres/chair/Pages/default.aspx>

2.5.4 Royal Institute of Technology in Stockholm - KTH

KTH compte plusieurs doubles diplômes ou accords d'échange en ingénierie numérique avec la France (Sup'Aero, Centrale Supélec, INP Grenoble...). **KTH héberge également le nœud suédois de l'EIT Digital, localisée sur le campus KTH de Kista, la « Kista Science City ». Il s'agit là du plus grand cluster TIC européen (et 3^{ème} mondial).** Il concentre la majorité des acteurs scandinaves du domaine et est en partenariat avec STING (Stockholm Innovation and Growth), ACREO (département de RISE), Ericsson, et les universités de Stockholm, Luleå et Lund. Par ailleurs, KTH héberge le 2^{ème} superordinateur le plus performant de Suède (Beskow, classé 151^e dans le top 500 mondial en 2019).

Les programmes de maîtrise spécifiques dans le domaine de l'IA à KTH sont les systèmes, le contrôle et la robotique et l'apprentissage automatique. KTH propose également des cours de base et avancés en IA et en apprentissage automatique, en reconnaissance vocale, en réseaux de neurones artificiels, etc. L'intérêt pour ce type de cours a considérablement augmenté au cours des dix dernières années.

KTH fait partie de l'Innovative Center for Embedded Systems (ICES), qui est un centre de réseau pour les systèmes embarqués fonctionnant au sein de systèmes cyberphysiques.

2.5.5 Université de Linköping

L'université de Linköping propose en programme de premier cycle, 25 cours techniques, principalement au niveau avancé en IA traditionnelle, en robotique, en apprentissage automatique et en apprentissage profond. En outre, il existe un programme de baccalauréat avec maîtrise en sciences cognitives et un programme de baccalauréat en statistiques et analyse de données avec un programme supplémentaire en statistiques et apprentissage automatique. L'Université, en sus d'héberger le programme WASP (cf. page 25), est aussi un grand centre de recherche en imagerie, notamment médicale (Centre d'imagerie et de visualisation médicales - CMIV). Le président de la Société suédoise d'Intelligence Artificielle (SAIS) est chercheur dans cette même université. Cette association, fondée en 1982, démontre l'intérêt du pays pour l'IA depuis fort longtemps et ses membres sont répartis dans toutes les universités du pays. Elle fait partie du réseau européen de société de l'IA (EurAI).

Le groupe de recherche STIMA (Statistics and Machine Learning), hébergé sur le campus de l'Université de Linköping, recherche et développe des méthodes pour les statistiques et l'apprentissage automatique. STIMA collabore avec, entre autres, Ericsson sur des tests de logiciels. En technologie de contrôle, des techniques sont également utilisées pour l'apprentissage automatique, par exemple dans les domaines de l'identification des systèmes et du contrôle prédictif des modèles, en collaboration avec ABB Suède.

Le cours à distance de la LiU "Elements of AI", développé à l'origine par l'Université d'Helsinki, a connu un grand succès. Près de 4 000 étudiants ont été admis à l'automne 2019. Plus de 900 d'entre eux ont réussi l'examen qui complète le cours.

Linköping héberge le superordinateur le plus performant de Suède (National Supercomputer Centre³⁹, classé 74^e dans le top 500 mondial en 2019).

³⁹ <https://www.nsc.liu.se/>

2.5.6 Université de Lund

L'enseignement de l'apprentissage automatique et de l'IA se fait à l'Université de Lund depuis les années 1980. De nombreux cours au niveau de base sont donnés tels que l'apprentissage automatique, les réseaux de neurones artificiels et les réseaux de pliage profond, l'intelligence artificielle appliquée, la technologie du langage, l'analyse d'images et plus encore.

Le réseau d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique de l'Université de Lund (AI Lund) a été créé pour simplifier les contacts entre les étudiants, l'industrie et la société. Le système d'innovation autour de l'Université de Lund est bien développé grâce à des organisations telles que LU innovation, MINC, Ideon Innovation et Teknopol. Des exemples de start-ups de Lund qui développent et utilisent l'IA et l'apprentissage automatique sont Qlik (données et visualisation à grande échelle), Axis (analyse vidéo), Precise Biometrics (reconnaissance d'empreintes digitales), Chief (le premier casque de protection pour les cyclistes au monde), Polar Rose (reconnaissance faciale), Vision cellulaire (classification cellulaire) et Exini analy.

2.5.7 Université d'Umeå

La recherche sur l'intelligence artificielle à l'Université d'Umeå se caractérise par une grande proportion de projets de recherche interdisciplinaires et une collaboration étendue avec divers acteurs communautaires de la région. La recherche en IA comprend des systèmes intelligents et de la robotique pour l'industrie forestière en collaboration avec l'industrie du nord de la Suède.

L'environnement de recherche en croissance rapide au sein de l'IA se forme dans le réseau UmeAI, avec des chercheurs de diverses institutions et facultés. Divers laboratoires de recherche et d'innovation se trouvent à l'Université d'Umeå, où les chercheurs, les étudiants, l'industrie et les futurs utilisateurs de l'IA peuvent se rencontrer. Ces laboratoires sont en cours de développement, entre autres pour créer un consortium qui comprend le conseil du comté de Västerbotten et le centre de santé virtuel Glesbygdsmedicinsktentrum.

La collaboration avec l'industrie se fait à l'échelle régionale et internationale avec des sociétés telles que Volvo Trucks, Komatsu Forest, Tieto, Boliden Mineral, LKAB, Ericsson Research, IBM, RedHat, Google et Intel.

La formation dans le domaine de l'IA se déroule dans le cadre de cours de génie civil, de programmes de master en informatique et sciences cognitives, ainsi que de programmes de master en robotique et technologie de contrôle. De nouveaux cours dans le domaine ont été développés ces dernières années afin de répondre à la demande croissante des étudiants et de l'industrie.

2.5.8 Université d'Örebro

L'université d'Örebro propose des cours d'ingénierie en technologie informatique, axés sur les systèmes intelligents.

L'Université héberge le Center for Applied Autonomous Sensor Systems (AASS). Le centre a développé une compétence importante dans l'intégration de l'IA à des systèmes physiquement intégrés, tels qu'un réseau de capteurs ou un système robotique. Une cinquantaine de chercheurs en IA travaillent au développement de solutions et de plateformes dans le domaine de l'IA, de la robotique et des systèmes autonomes. En outre, l'AASS coordonne un programme qui propose des

cours de niveau avancé en apprentissage automatique et en intelligence artificielle pour les professionnels.

La région d'Örebro est très dynamique, notamment grâce à la présence de bancs d'essai en IA et systèmes autonomes (AI.MEE). L'accent est mis sur la manière dont l'IA peut renforcer les PME. L'utilisation de la recherche dans le domaine de l'IA et le développement d'innovations sont également soutenus par le bureau de l'innovation de l'université. L'université d'Örebro et la région du comté d'Örebro se sont associés pour renforcer le développement de l'intelligence artificielle grâce au AI Impact Lab. Ce laboratoire permettra de faire l'interface entre les entreprises et le secteur public. En coopération avec le parc scientifique Alfred Nobel et l'Innovation Arena de l'ORU, l'AI Impact Lab coordonne les projets de communication et de collaboration entre les chercheurs, les étudiants de l'université et des parties externes. L'AI Impact Lab hébergera un des centres du réseau AI Innovation of Sweden, et fera un focus sur les questions de santé.⁴⁰

2.5.9 Université de Mälardalen (Eskilstuna et Västerås)

La recherche et l'éducation en IA sont un domaine important du département de recherche Systèmes intégrés à l'Université de Mälardalen (MDH), qui est l'un des six départements prioritaires de MDH avec plus de 200 chercheurs, enseignants et étudiants-chercheurs. L'IA est également un domaine de recherche important pour le profil Innovation et réalisation de produits (DPI), avec de nombreux projets de recherche conjoints, y compris dans l'Internet des objets (IoT) et d'images médicales.

Peter Funk, professeur à MDH en IA et sciences de l'informatique, y a fondé le premier groupe de recherche sur l'IA en 2001. D'après le rapport de Vinnova remis au gouvernement en 2018, ce groupe se positionne comme l'un des six groupes de recherche sur l'IA les plus productifs et performants de Suède. La recherche en IA à MDH englobe de nombreux domaines, par exemple :

- Apprentissage automatique et raisonnement pour un large domaine d'application dans l'industrie et les soins de santé pour la surveillance, la classification, les diagnostics, la prédiction et l'aide à la décision
- Analyse des données, extraction et sélection de fonctionnalités, exploration de données et découverte des connaissances
- Capteur intelligent, fusion de données et abstraction de signal de capteur
- Big Data aux données intelligentes et à l'analyse prédictive
- Intelligence artificielle distribuée et apprentissage automatique pour les mégadonnées
- Apprentissage en profondeur pour le traitement d'images et la vision par ordinateur
- Algorithmes évolutifs de calcul et d'optimisation

MDH propose des cours d'IA à tous les niveaux, du baccalauréat à la maîtrise et pour les entreprises où le personnel souhaite approfondir ses connaissances en IA, par exemple : intelligence artificielle appliquée, projet dans les systèmes embarqués intelligents, apprentissage automatique avec Big Data, apprentissage profond pour l'imagerie industrielle et l'analyse prédictive des données, apprentissage profond pour l'imagerie industrielle et l'analyse prédictive des données.

⁴⁰ <https://www.ai.se/en/nodes-and-co-location/orebro-node>

2.5.10 Institut technologique du Blekinge (Karlskrona)

Le Blekinge Institute of Technology (BTH) est l'une des universités suédoises spécialisées dans la numérisation et la durabilité de la société. BTH se concentre sur quelques domaines précis tels que l'innovation, la numérisation et l'intelligence artificielle et propose des programmes dédiés à ces sujets : MSc [en IA et apprentissage automatique](#), MSc en sécurité informatique, Programme de maîtrise en système de télécommunications.

2.5.11 Université de Jönköping

L'Université de Jönköping propose un master [AI Engineering](#). Ce nouveau programme se focalise sur le développement de logiciels intelligents, notamment en IA, en machine learning et en science des données. Les applications comprennent l'Internet des objets, l'analyse des données et les villes intelligentes.

2.5.12 Université de Luleå

L'université de Luleå a été partenaire du consortium Erasmus Mundus PERCCOM (coordonné par l'université de Lorraine) et dont a fait aussi partie Ericsson. Facebook a d'ailleurs choisi d'installer son datacenter européen à Luleå en 2013.

2.5.13 Université d'Halmstad

L'Université de Halmstad a deux domaines d'expertises interdisciplinaires : l'innovation en santé et les villes et collectivités intelligentes. La plupart des recherches de l'Université portent sur trois domaines : les sciences de l'innovation, les technologies de l'information et la santé et le mode de vie. L'université a lancé en 2019 une série de podcast sur l'IA : « Human-Centered Machine Learning », destiné aux professionnels de l'innovation des services numériques, tels que les concepteurs et développeurs.

L'Académie des technologies de l'information mène des recherches sur les systèmes embarqués et intelligents, EIS. Le but est de contribuer à des solutions aux défis sociétaux dans les domaines des villes et communautés intelligentes et innovation en santé. L'Académie propose notamment un programme de formation « Analyse de données et innovation de service basée sur l'intelligence artificielle (MAISTR) » qui s'adresse aux professionnels.

Le Centre de recherche sur les systèmes intelligents appliqués (CAISR)⁴¹ travaille principalement sur les technologies de la santé et les véhicules intelligents avec le financement et le soutien de la Fondation KK (KK-stiftelsen)⁴² et de l'industrie suédoise (Volvo, Toyota, Alfa Laval, ...).

2.5.14 Université de Stockholm

L'université de Stockholm, bien que publiant moins sur le domaine, est impliquée dans les questions de digitalisation des bibliothèques, entre autres. Cette université héberge aussi l'IRI (*Swedish Law*

⁴¹ <https://www.hh.se/english/research/research-environments/embedded-and-intelligent-systems-eis/center-for-applied-intelligent-systems-research-caisr.html>

⁴² <http://www.kks.se/>

and Informatics Research Institute) qui explore les interactions entre le droit et les technologies de l'information. Cet institut dispose de son programme de master international, initié il y a plus de 10 ans.

Au Département des sciences informatiques et des systèmes (DSV), l'intelligence artificielle est le domaine de recherche le plus multidisciplinaire, combinant l'informatique et les systèmes avec les sciences sociales, les sciences humaines et la recherche technique avec des données sur le comportement. DSV se concentre sur les systèmes intelligents qui peuvent travailler avec des personnes et leur être utiles dans divers contextes. Cela signifie rechercher des méthodes et des outils qui garantissent que les systèmes se comportent comme prévu en se basant sur les réglementations et les normes de la société, et développer des systèmes qui peuvent stocker de grandes quantités de données et traiter des informations en voyant des modèles, en prédisant des événements et même en apprenant.

2.5.15 Research Institute of Sweden – RISE

L'Institut de recherche et d'innovation (RISE) est issu de la fusion de Swedish ICT, Innventia et SP, est spécialisé en bioéconomie, environnement construit, TIC, biosciences et matériaux, sécurité et transports, ainsi qu'en certifications. De fait, les technologies du numérique sont présentes dans la plupart des programmes de recherche de l'institut. En 2018, RISE a fondé DigiCORE, un laboratoire et un banc d'essai au centre de la région de Västerås. Le laboratoire dispose de matériels de pointe pour permettre aux secteurs privés et universitaires de travailler ensemble dans les domaines de la mobilité, l'innovation de service, l'intelligence artificielle, la cybersécurité, les sciences des données, la numérisation, l'industrie climatiquement neutre et l'Internet des objets. En plus du matériel, il existe également des logiciels et des licences pour le traitement des données, le calcul, le prototypage et plus encore.

Il y a aujourd'hui plus de 75 projets d'IA en cours et plus de 60 chercheurs actifs en IA. Un programme d'IA pour la Suède est également en cours d'élaboration dans le cadre d'un processus participatif, où RISE coordonne le processus de formulation d'objectifs concrets et d'une voie à suivre pour l'IA en Suède. La mission vient de Teknikföretagen (Association des industries suédoises d'ingénierie) et de Vinnova. Au printemps 2019, un certain nombre d'ateliers ont été organisés pour identifier les besoins de l'industrie, puis un groupe de pilotage avec une forte représentation de l'industrie (ABB, AB Volvo, Ericsson, Scania et Volvo Cars) a été chargé de prioriser les technologies sur lesquelles la feuille de route devrait se concentrer. Il s'agit notamment de la 5G, de l'IA, des robots humanoïdes et de nouveaux matériaux multifonctionnels.

Sur la base de la vision de l'industrie et des scénarios futurs, la feuille de route identifiera quelles technologies sont essentielles, quelles recherches fondamentales et recherches appliquées sont nécessaires, quelles technologies les entreprises doivent installer et quelles compétences elles doivent recruter.⁴³ RISE a joué également un rôle majeur dans le partenariat franco-suédois pour l'innovation et les solutions vertes (voir ci-dessous).

⁴³ <https://www.ri.se/sv/berattelser/tillgang-till-framtidens-teknik-en-konkurrensfraga-svensk-industri>

2.6 Des acteurs privés parfois déterminants pour la recherche en intelligence artificielle en Suède

2.6.1 La Fondation Knut et Alice Wallenberg, premier soutien à la recherche sur le numérique et l'intelligence artificielle en Suède

La Fondation Knut et Alice Wallenberg a été déterminante dans le financement du plus important programme de recherche en informatique et intelligence artificielle du pays, le **Wallenberg Autonomous Systems and Software Program (WASP = guêpe en anglais) doté d'un budget total dépassant les 4,2 milliards de couronnes suédoise (350 M€)** sur la période 2015-2029. **WASP se veut une plateforme académique d'excellence pour la recherche et l'enseignement au service de l'industrie suédoise** grâce à de nouveaux recrutements stratégiques, un programme de recherche stimulant, une école nationale d'études supérieures et une collaboration avec l'industrie.⁴⁴

Sur le plan organisationnel, le WASP est structuré en deux parties :

- Systèmes et logiciels autonomes (WASP-AS)
- Intelligence artificielle (WASP-AI)

Le WASP est divisé en 12 groupes. 10 groupes sont principalement composés d'étudiants en doctorat de WASP-AS et deux groupes sont composés d'étudiants de WASP-AI. Chaque groupe comprend des doctorants universitaires, industriels et affiliés.

Ce programme est basé à l'université de Linköping mais la recherche est menée dans sept universités suédoises : Université de technologie Chalmers, Institut royal de technologie KTH (Stockholm), Université de Linköping, Université de Lund, Université d'Umeå, Université d'Örebro et Université d'Uppsala. Ce réseau a notamment financé l'établissement en Suède de chercheurs français pour diriger certaines de ces équipes et prévoit le recrutement de 46 nouveaux chercheurs « seniors » dans les années à venir ainsi que la formation de 250 étudiants (doctorants et post-doc).

Le programme couvre l'intelligence artificielle, les véhicules autonomes, les robots et les systèmes complexes autonomes dans leurs interactions avec l'homme. La dimension internationale n'est pas oubliée et le programme possède ses propres bourses de chercheurs en visite et programmes internationaux.

Parallèlement, la fondation Wallenberg a débloqué, en 2017, la somme de 1 milliard de couronnes suédoises (environ 100 millions d'euros) pour 10 ans pour la recherche et la construction d'un ordinateur quantique en Suède. Le projet a été confié à une équipe de recherche « WASP » de l'université technologique Chalmers, à Göteborg.

Le synchrotron MAX IV de l'université de Lund a reçu en 2018 un financement de 280 millions de couronnes suédoises pour soutenir les recherches qui y sont réalisées et étendre les capacités de stockage des données. Depuis la construction du premier laboratoire MAX, la Fondation a contribué à hauteur de plus d'un milliard de couronnes suédoises (100 M€) aux installations des synchrotrons MAX qui se sont succédés depuis les années 80.⁴⁵

⁴⁴ <https://wasp-sweden.org/>

⁴⁵ <https://www.maxiv.lu.se/>

2.6.2 Associations et think tanks

2.6.2.1 *Swedish Artificial Intelligence Society (SAIS)*

Créée en 1982, la société suédoise d'intelligence artificielle, SAIS⁴⁶, est une société qui promeut la recherche et l'application de l'intelligence artificielle, dans des contextes nationaux et internationaux, au travers de conférences, de cours de formations et d'ateliers sur l'IA. Ses membres sont des universités suédoises, des organisations, des chercheurs, des professionnels et des étudiants actifs ou intéressés par le domaine de l'intelligence artificielle. La SAIS fait également partie de l'Association Européenne pour l'Intelligence Artificielle (EurAI).

Afin de stimuler les travaux dans le domaine de l'intelligence artificielle au niveau de l'enseignement de premier cycle, le SAIS a créé un prix annuel spécial pour le meilleur mémoire de maîtrise (*examensarbete*) dans le domaine de l'intelligence artificielle. Le gagnant reçoit une bourse de voyage (5000 SEK en 2020) et doit présenter sa contribution dans le cadre de l'atelier annuel organisé par SAIS. Ces ateliers ont permis de construire une communauté suédoise de recherche en IA et de développer des réseaux entre les universités et l'industrie. Des chercheurs et des praticiens de l'IA en Suède et dans le reste du monde sont conviés à ces conférences. En 2020, la conférence SAIS est organisée par AI Innovation of Sweden, Chalmers, et l'Université de Göteborg et se fera par vidéoconférence.

2.6.2.2 *AI Sustainability Center*

Créé en 2018 à Stockholm, le AI Sustainability Center est un centre multidisciplinaire qui traite des questions relatives à l'IA dans des contextes éthiques et sociétaux plus larges. L'objectif est d'identifier, de mesurer et de régir les implications éthiques de l'IA. Il s'agit d'un environnement collaboratif, axé sur la recherche, pour piloter, tester et appliquer des stratégies et des cadres de durabilité de l'AI avec un focus sur l'atténuation des risques.

Parmi les partenaires issus de l'industrie figurent Atomico, Bonnier, Cirio, Microsoft et Telia. L'initiative a attiré des experts universitaires en IA venant de KTH, l'Institut Karolinska, Lund, Chalmers, Umeå et Linköping, ainsi que d'organismes publics comme Skatteverket, l'administration fiscale suédoise, le service public de l'emploi suédois, la ville de Stockholm et la ville de Malmö.

2.6.3 Les acteurs industriels

Les acteurs industriels suédois sont aussi très actifs en R&D : Ericsson figure parmi les plus grands publiants de Suède, suivi par Volvo, SAAB, Scania, Astra Zeneca, ABB, ... (voir tableau ci-après).

Nom de l'entreprise	Nombre d'employés en R&D en Suède (hors consultants)	Nombre d'employés en R&D dans le monde
Ericsson	8 000	25 000
Volvo Cars	6 005	8 160
Saab Group	5 000	6 000
Volvo Group	4 000	12 150
Scania	3 300	3 500

⁴⁶ <http://www.sais.se/>

AF	2 700	3 100
Sigma	1 800	2 400
Astra Zeneca	1 500	8 900
Axis	1 261	1 421
ABB	1 200	8 000
Sandvik	1 000	2 607
Tieto	1 000	6 500
Cevt	806	806
Klarna	600	950
Ikea	550	700
GKN Aerospace	530	650
Bombardier	500	
Epiroc	500	1 000
Siemens	400	38 000
Nevs	366	900
Zenuity	360	600
GE Healthcare	350	630
Huawei	350	
BAE Systems Hagglunds	345	
Alfa Laval	300	700
SKF	270	1 750
Electrolux	259	2 920
Tobii	237	334
Getinge	215	1 000
LKAB	200	220
Stora Enso	195	400
Google	190	
IFS	190	1 025
Arm	165	
Xylem	150	1 500
Mycronic	148	425
Vattenfall	125	150-160
Höganäs	104	114