



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

Ministère de la Santé
et de la Sécurité sociale

Direction de la santé

Enquête sur

la couverture vaccinale HPV

au Luxembourg en 2024

AVRIL 2025

Service épidémiologie et statistique
Direction de la santé





REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce document. Nous remercions chaleureusement tous les participants à cette enquête, sans lesquels cette analyse n'aurait pas été possible. Nos remerciements vont aussi aux collaborateurs du Centre des technologies de l'information de l'État (CTIE) pour leur appui opérationnel, ainsi qu'au Service protection des données pour leur vigilance en matière de conformité au RGPD. Nous tenons également à remercier les équipes du Pôle médecine préventive et santé des populations, ainsi que le Service risques de santé, pour la fourniture de données complémentaires à cette enquête et les échanges constructifs qui ont permis d'enrichir ce travail. Enfin, nous remercions le Service communication pour leur soutien dans la campagne de promotion de l'enquête.

Citation suggérée :

Weiss J., Alvarez-Vaca D., Masi S., Debacker M. (2024). *Enquête sur la couverture vaccinale HPV au Luxembourg en 2024*, Direction de la santé, Luxembourg, ISBN 978-2-49676-049-1.

© Direction de la santé, 2025

Résumé

Introduction

Le papillomavirus humain (HPV) est le virus causant l'infection sexuellement transmissible la plus courante dans le monde. Bien que souvent asymptomatique, il peut causer des lésions et des cancers, notamment du col de l'utérus, de la région ano-génitale et de l'oropharynx. Depuis 2006, des vaccins contre le HPV sont disponibles et recommandés pour prévenir ces infections. Au Luxembourg, la vaccination est recommandée depuis 2007 pour les filles et depuis 2018 également pour les garçons. En l'absence de données récentes, une enquête a été menée en 2024 pour évaluer la couverture vaccinale des jeunes de 9 à 20 ans et déterminer les intentions de vaccination des non-vaccinés.

Méthodologie

L'enquête a ciblé les jeunes résidents du Luxembourg âgés de 9 à 20 ans (sur base des recommandations de vaccination HPV du Conseil supérieur des maladies infectieuses), soit 85 526 personnes. Une lettre leur a été envoyée les invitant à participer à l'enquête au moyen d'un questionnaire en ligne, disponible en quatre langues. La collecte des données s'est déroulée de mars à juin 2024.



Résultats principaux

- La participation à l'enquête est de 12.4 %.
- La couverture vaccinale à 15 ans pour au moins une dose de vaccin est estimée à 87.3 % chez les filles et 80.6 % chez les garçons. L'enquête montre qu'une fois la vaccination est initiée, elle est généralement complétée.
- Les couvertures vaccinales pour le schéma complet à deux doses sont estimées à 81.8 % et 73.1 %, respectivement chez les filles et les garçons âgés de 15 ans. Ces taux sont proches des objectifs de l'OMS et du CDC pour 2030 (respectivement, 90 % des filles de 15 ans et 80 % de filles et des garçons de 13 à 15 ans entièrement vaccinés).
- Face à une faible participation à l'enquête, une modélisation statistique a été réalisée pour évaluer l'effet de la non-réponse. Ainsi dans la pire des situations, la couverture vaccinale ne pourrait pas descendre en dessous de 13.3 et 14.1 points de pourcentage pour les filles et les garçons de 15 ans, respectivement.
- La majorité des vaccinations ont lieu entre 12 et 13 ans.
- Une augmentation notable des vaccinations a été observée depuis 2018, surtout chez les garçons.
- Parmi les personnes non-vaccinées, 61.1 % ont l'intention de se faire vacciner, avec une plus grande proportion chez les filles et les jeunes de moins de 15 ans.

Conclusions

L'enquête révèle une couverture vaccinale encourageante au Luxembourg, avec des disparités, notamment une couverture plus faible chez les garçons et les jeunes adultes. Cela souligne la nécessité de renforcer les efforts de communication et de promotion de la vaccination, en particulier pour les garçons et les jeunes adultes. L'hésitation vaccinale reste un défi, surtout

chez les non-vaccinés de 15 à 20 ans. Pour obtenir une vue complète de la couverture vaccinale et pour suivre les tendances au fil du temps, des analyses longitudinales seraient nécessaires, soit sous forme d'enquêtes futures, soit au moyen du Carnet de Vaccination Électronique (CVE), qui demeure le meilleur moyen pour obtenir des données de couverture vaccinale en temps réel.



Sommaire

01. Introduction	5	04. Discussion	27
		Résultats clés	27
		Participation à l'enquête	28
		Impact de la non-réponse sur les estimations de couverture vaccinale	29
		Comparaisons avec d'autres données nationales	30
		Comparaison internationale	34
		Leviers d'amélioration de la couverture vaccinale	36
02. Méthodologie	9	05. Conclusions	37
Population cible	9		
Stratégie de collecte des données	10	06. Références	38
Déroulement de l'enquête	10		
Conformité au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD)	10	07. Annexes	40
Contrôle qualité	12	Estimation post-stratifiée de la couverture vaccinale	40
Analyse statistique	13	Impact de la non-réponse sur les estimations de la couverture vaccinale	41
03. Résultats	14		
Participation à l'enquête	14		
Répartition de l'échantillon	16		
Monitoring journalier de la collecte et des estimations	17		
Estimations de couverture vaccinale	18		
Âges de vaccination	21		
Évolution temporelle du nombre de doses administrées	22		
Intentions de vaccination chez les personnes non-vaccinées	24		



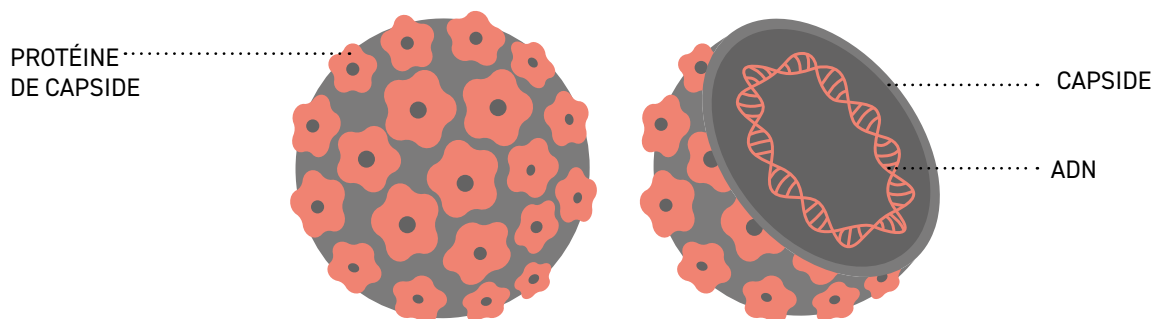


01. Introduction

Le **papillomavirus humain** (HPV, de l'anglais Human Papilloma Virus) est **l'agent infectieux sexuellement transmissible le plus répandu dans le monde**¹. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) estime que la quasi-totalité de la population sexuellement active est infectée au moins une fois dans sa vie². Les infections asymptomatiques sont les plus fréquentes, mais ce virus peut aussi causer des **lésions cutanées et muqueuses**, notamment sous forme de verrues dans la région anogénitale ou de papillomes au niveau de la gorge². Même si la plupart de ces lésions régressent spontanément sous l'action du système immunitaire, **certaines peuvent entraîner l'apparition de cancers**². Le plus fréquent est le cancer du col de l'utérus, suivi par les cancers de l'oropharynx, de l'anus, du pénis ou du vagin³.

Le HPV est un virus de la famille *Papillomaviridae*, à ADN (acide désoxyribonucléique) bicaténaire non enveloppé, et protégé par une capsidie icosaédrique⁴ (Figure 1). Plus de 200 génotypes (ou types) sont connus, appartenant à 5 genres différents (alpha-, beta-, gamma, mu- et nu-papillomavirus)^{4,5}. Le genre alpha-papillomavirus est le plus fréquent et comprend **douze types considérés à haut risque pour son potentiel cancérigène**, répartis en quatre espèces : Alpha-5 (type 51), Alpha-6 (type 56), Alpha-7 (types 18, 39, 45, 49) et Alpha-9 (types 16, 31, 33, 35, 52, 58)^{5,6}. Le potentiel cancérigène des différents types n'est pas homogène, et le HPV16 est considéré comme présentant le risque le plus élevé⁴. D'autres types identifiés à bas risque pourraient également causer des cancers, mais cela reste un phénomène rare⁵.

FIGURE 1. REPRÉSENTATION DE LA STRUCTURE DU PAPILLOMAVIRUS HUMAIN



Adapté de Jalil et Karevsky, 2020⁷

La **transmission** du virus se fait **par contact direct avec une zone infectée de la peau ou des muqueuses**⁴. Lors des rapports sexuels, les méthodes barrière (p. ex. les préservatifs) qui protègent contre des infections sexuellement transmissibles, comme le VIH (virus de l'immunodéficience humaine), la gonorrhée ou la chlamydie, réduisent le risque de contamination par le HPV sans pour autant l'éliminer complètement⁸.

Depuis 2006, il existe des vaccins spécifiques contre le HPV qui visent les types les plus fréquents et à plus

haut risque de provoquer un cancer⁹. En Europe, quatre vaccins contre le HPV ont été autorisés par l'Agence européenne des médicaments (EMA, de l'anglais European Medicines Agency)¹⁰, dont trois sont actuellement commercialisés (Tableau 1). Tous ces vaccins incluent des reproductions de la protéine L1 du virus, prédominante dans sa capsidie, sans aucun matériel génétique qui puisse causer une infection⁴.

**TABEAU 1. VACCINS APPROUVÉS PAR L'AGENCE EUROPÉENNE DES MÉDICAMENTS**

Année d'autorisation	Vaccin (firme)	Objets de prévention	Population	Sérotypes
2006	Gardasil (MSD)	Lésions précancéreuses du col de l'utérus, de la vulve, du vagin ou de l'anus ; Cancers du col de l'utérus et de l'anus ; Verrues génitales	Filles et garçons à partir de 9 ans	6, 11, 16, 18
2006	Silgard* (MSD)			6, 11, 16, 18
2007	Cervarix (GSK)			16, 18
2015	Gardasil 9 (MSD)	Idem + cancers de la vulve et du vagin		6, 11, 16, 18, 31, 33, 45, 52, 58

*Ce vaccin n'est plus commercialisé depuis 2019.

MSD : Merck Sharp & Dohme ; GSK : GlaxoSmithKline.

Les vaccins contre le HPV produisent une très bonne réponse immunitaire, meilleure que l'infection elle-même. Cela s'explique par la meilleure implication du système immunitaire grâce à l'administration intramusculaire d'antigènes de la capside, ainsi que par le fait d'utiliser des vaccins adjuvantés⁴. Deux études^{11,12} basées sur des données de surveillance en Angleterre et en Écosse ont montré **des résultats très prometteurs de leurs programmes de vaccination contre le HPV**, avec des réductions de l'incidence du cancer du col de l'utérus respectivement de 87 % et 100 % chez les femmes adultes jusqu'à 30 ans et qui avaient été vaccinées lorsqu'elles avaient 12-13 ans. Concernant le risque d'effets indésirables, **les vaccins HPV n'ont relevé aucun problème de sécurité grave**, à l'exception de rares cas d'anaphylaxie. De plus, les réactions locales et systémiques les plus fréquentes suivant l'administration du vaccin sont similaires à celles d'autres vaccins⁴.

Au Luxembourg, la vaccination contre le HPV est recommandée par le Conseil supérieur des maladies infectieuses (CSMI) depuis 2007¹³. Initialement, la population cible était les filles de 11-12 ans et le schéma vaccinal recommandé était de trois doses. Le nombre de doses recommandé a été réduit à deux en 2014, et la population cible a été élargie aux garçons en 2018.

Actuellement, la vaccination est recommandée de manière universelle pour les filles et les garçons de 9 à 14 ans inclus, avec deux doses à 6 mois d'intervalle. Un rattrapage est proposé pour les personnes non immunisées âgées de 15 à 20 ans inclus. La vaccination est également recommandée pour des personnes en situation d'immunodépression au-delà de l'âge de 21 ans. Le Tableau 2 reprend l'historique complet des recommandations du CSMI pour la vaccination contre le HPV au Luxembourg¹³.



TABLEAU 2. RECOMMANDATIONS CSMI 2007-2023

Année	Population	Vaccin	Rattrapage
2007	Filles de 11-12 ans	3 doses	13-18 ans
2014	Filles de 11-13 ans	2 doses (vaccin bivalent ou quadrivalent)	≥14 ans, 3 doses
2018	Filles et garçons 9-13 ans	2 doses nonavalent	≥14 ans, 3 doses
2022	Filles et garçons 9-14 ans	2 doses nonavalent	≥15 ans, 3 doses
2023	Filles et garçons 9-14 ans	2 doses nonavalent	15-20 ans, 2 doses. Recommandation spécifique si immunodépression sévère, à partir de 21 ans, 3 doses.

Faisant suite aux premières recommandations du CSMI, **un programme de vaccination contre le HPV a été déployé au Luxembourg en 2008**. Étant subventionnés par la Caisse nationale de santé (CNS)^a, les vaccins pouvaient être retirés gratuitement dans les pharmacies sur base d'une prescription médicale. Ce mode de fonctionnement a changé en 2017, depuis que la Direction de la santé est responsable de l'acquisition et de la distribution du vaccin. Les vaccins sont commandés directement par les médecins vaccinateurs auprès de la Direction de la santé, tout en restant gratuits pour la population cible des recommandations et sans la nécessité de passer par une pharmacie.

En l'absence initiale d'un registre national des vaccinations, l'évaluation de la couverture vaccinale pendant la première décennie s'est basée sur les données de facturation des vaccins, avec la limitation qui est celle de ne pas savoir si le vaccin a réellement été injecté. La dernière évaluation de la couverture vaccinale contre le HPV sur base des données de facturation, date de 2017 et porte sur les données 2016. Elle a mis en évidence un taux de vaccination chez les filles de 15 ans de 65 % pour au moins une dose et de 59 % pour au moins deux doses¹⁴.

^aConvention conclue entre l'État du Grand-Duché de Luxembourg et l'Union des caisses de maladie portant institution d'un programme de médecine préventive pour la vaccination contre Human Papilloma Virus (<http://data.legilux.public.lu/eli/etat/leg/conv/2008/02/26/n1/jo>) et amendements de 2017 (<https://legilux.public.lu/eli/etat/leg/conv/2017/03/15/a487/jo>)



A partir de 2017, suite au changement de la délivrance des vaccins, l'estimation de la couverture vaccinale par cette méthode n'est plus possible. Le déploiement du Carnet de Vaccination Électronique (CVE) est en cours, mais il ne permet pas à ce jour d'estimer les couvertures vaccinales.

L'absence de données récentes entrave la capacité des autorités de santé à prendre des décisions éclairées en matière de santé publique pour orienter les politiques de santé et améliorer la prévention du HPV. Les institutions sanitaires internationales de référence, notamment l'OMS et l'UNICEF, demandent aux états membres de fournir annuellement des données sur l'état de la couverture vaccinale contre le HPV. **Dans l'objectif d'éliminer le cancer du col de l'utérus en 2030, l'OMS propose que 90 % des filles soient entièrement vaccinées avant l'âge de 15 ans¹⁵.** Aux États-Unis, le Center for Disease Control and Prevention (CDC) recommande quant à lui un taux de couverture vaccinale de 80 % chez tous les adolescents (filles et garçons confondus) pour les objectifs « Healthy People 2030 »¹⁶. **En attendant le déploiement complet du CVE** et son utilisation pour les estimations de couverture vaccinale au niveau national, **la réalisation d'une enquête auprès de la population cible est le meilleur moyen d'évaluer l'adhérence aux recommandations vaccinales**, afin d'élaborer d'éventuelles stratégies améliorées de vaccination contre le HPV.

Dans ce rapport sont présentés les résultats de l'enquête de couverture vaccinale contre le HPV réalisée en 2024 au Luxembourg par le Service épidémiologie et statistique de la Direction de la santé.

L'objectif principal de cette enquête est d'évaluer la couverture vaccinale contre le HPV chez les résidents âgés de 9 à 20 ans au Luxembourg, par groupes d'âge et par sexe. L'objectif secondaire de cette enquête est de déterminer les intentions de vaccination chez les personnes non-vaccinées contre le HPV.



02. Méthodologie

Population cible

La population cible de cette enquête comprend tous les jeunes résidents au Luxembourg, âgés de 9 à 20 ans en mars 2024, soit les personnes nées entre le 2 mars 2003 et le 1^{er} mars 2015. Cela représente un total de 85 526 personnes. La répartition détaillée par âge et sexe, issue d'une extraction du Registre National des Personnes Physiques (RNPP) réalisée en février 2024, est présentée dans le Tableau 3.

TABLEAU 3. POPULATION CIBLÉE

Âge	Filles	Garçons	Total
9 ans	3 581	3 770	7 351
10 ans	3 561	3 699	7 260
11 ans	3 493	3 682	7 175
12 ans	3 435	3 694	7 129
13 ans	3 533	3 654	7 187
14 ans	3 414	3 665	7 079
15 ans	3 510	3 659	7 169
16 ans	3 434	3 561	6 995
17 ans	3 435	3 628	7 063
18 ans	3 207	3 693	6 900
19 ans	3 402	3 687	7 089
20 ans	3 390	3 739	7 129
Total	41 395	44 131	85 526



Stratégie de collecte des données

Pour cette enquête, une méthode de **recensement exhaustif de la population cible** a été adoptée. Cette stratégie est préférée en raison de l'absence de données préalables sur le taux de réponse potentiel pour ce type d'enquête au Luxembourg, rendant difficile l'utilisation d'un échantillonnage statistiquement maîtrisé. Le recensement vise à atteindre deux objectifs

principaux : d'une part, maximiser le nombre total de répondants pour augmenter la précision statistique des estimations grâce à un questionnaire en ligne relativement court ; d'autre part, obtenir une estimation du taux de réponse afin de mieux calibrer les futures enquêtes de couverture vaccinale HPV.

Déroulement de l'enquête

L'enquête s'est déroulée du 4 mars au 30 juin 2024, avec un début programmé pour coïncider avec la Journée internationale de sensibilisation au HPV, célébrée le même jour. Les 4 et 5 mars, **une lettre d'invitation a été envoyée par courrier postal à chaque personne ciblée** (aux représentants légaux pour les personnes mineures, au jeune lui-même si majeur), **les invitant à participer à l'enquête en ligne**. La lettre a été rédigée en quatre langues pour faciliter la participation, à savoir en : français, allemand, anglais et portugais.

L'enquête a été auto-administrée au travers d'un questionnaire en ligne via le logiciel *ngSurvey*, ouvert durant toute la période de l'enquête. Pour garantir les réponses uniques de chaque personne invitée, **l'accès au questionnaire n'était possible que sur introduction d'un identifiant unique communiqué dans la**

lettre d'invitation. Les questions portaient sur la date de naissance et le sexe des participants, leur statut vaccinal contre le HPV, les années d'administration des doses de vaccin pour les participants vaccinés, et l'intention de se faire vacciner pour les participants non-vaccinés. Le questionnaire était **disponible en quatre langues (français, allemand, anglais et portugais)** ; un aperçu de la version française est présenté dans la Figure 2.

Afin de maximiser la participation, **une campagne de promotion de l'enquête a été réalisée sur les réseaux sociaux** (Facebook et Instagram). Cette campagne s'est déroulée en deux phases : pendant une semaine au lancement de l'enquête ainsi que deux semaines avant la fin de celle-ci. Un aperçu des posts publiés sur les réseaux sociaux est présenté dans la Figure 3.

Conformité au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD)

Le travail a été fait en conformité avec le RGPD. Seuls des résultats agrégés sont présentés dans ce rapport, ce qui empêche l'identification des participants et assure la confidentialité des données.



FIGURE 2. APERÇU DU QUESTIONNAIRE EN LIGNE

Questions sur la couverture vaccinale HPV

1 - Date de naissance

Jour

Mois

Année

2 - Sexe

☐ Masculin

☐ Féminin

☐ Indéterminé

3 - Êtes-vous vacciné(e) contre le HPV ?

☐ Oui

☐ Non

Pour répondre aux questions suivantes, nous vous prions de vous munir de votre carte de vaccination jaune ou tout autre certificat de vaccination émis par une autorité de santé. Dans le cas du document luxembourgeois (carte de vaccination), vous trouverez les informations relatives aux vaccins HPV dans la section signalée dans l'image ci-dessous.

Si vous n'avez pas de certificat de vaccination ou que vous ne vous souvenez pas des années d'administration des vaccins, merci de répondre non à la question suivante.

LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

Carte de Vaccination*

NOM _____
Prénoms _____
DATE DE NAISSANCE _____
LIEU DE NAISSANCE _____
* À PRÉSENTER EN CAS D'ACCIDENT
OU DE VACCINATION

UNITE

Antigène

Dose

Signature

ESTABES
BY

HUMAN
PAPILLON
HPV

4 - Connaissez-vous les années d'administration des doses ?

☐ Oui

☐ Non

5 - Quelle est l'année d'administration de la première dose ?

6 - Quelle est l'année d'administration de la seconde dose ?

☐ Pas de seconde dose

7 - Si vous ne connaissez pas les années d'administration des doses, merci d'indiquer le nombre de doses reçues :

☐ 1 dose

☐ ≥ 2 doses

☐ Je ne sais pas

8 - Merci d'indiquer l'âge lors de la première dose :

☐ Moins de 15 ans

☐ 15 ans ou plus

☐ Je ne sais pas

9 - Si vous n'êtes pas vacciné(e), est-il envisagé de le faire ?

☐ Oui, avant l'âge de 15 ans

☐ Oui, après l'âge de 15 ans

☐ Non

☐ Je ne sais pas

Êtes-vous vacciné(e) contre le HPV?

Année d'administration ?

Envisagez-vous de vous faire vacciner?

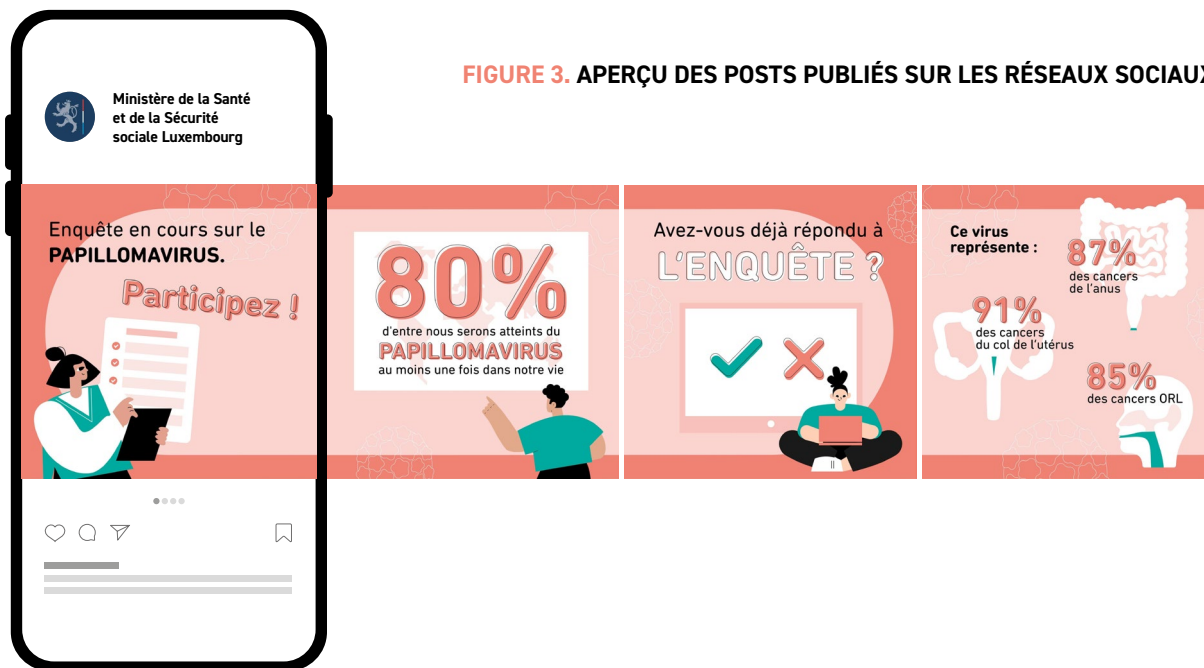


FIGURE 3. APERÇU DES POSTS PUBLIÉS SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

Contrôle qualité

Afin d'assurer la précision et la cohérence des réponses, plusieurs contrôles qualité ont été mis en place :

1. Incohérences entre l'âge et le sexe.

Les réponses où l'âge et le sexe ne correspondaient pas aux informations fournies par le RNPP ont été ignorées, si l'écart d'âge dépassait 1 an. Ce choix s'explique par le fait que les variables d'âge et de sexe doivent être mesurées de la même manière pour les répondants et les non-répondants afin de garantir l'exactitude des calculs de couverture vaccinale.

2. Incohérences sur le statut vaccinal.

Les réponses où les participants ont indiqué qu'ils n'étaient pas vaccinés contre le HPV, mais qui ont néanmoins fourni des années de vaccination, ont été écartées.

3. Incohérences dans les dates de vaccination.

Les réponses où l'année de la deuxième dose était antérieure à celle de la première dose ont été corrigées en intervertissant les années. De plus, les réponses indiquant une administration de vaccin avant l'âge de 9 ans ont été exclues, car les recommandations vaccinales contre le HPV débutent à partir de cet âge.

4. Inversion des réponses entre frères et sœurs.

Lorsqu'un parent remplit des questionnaires pour plusieurs enfants, il se peut qu'il inverse leurs identifiants. Par exemple, le parent pourrait donner l'âge et le sexe du premier enfant dans le questionnaire du deuxième, et vice versa. Pour détecter ce genre d'erreurs, les réponses envoyées avec inversion des informations âge et sexe par rapport à celles du RNPP ont été analysées. Si ces questionnaires ont été envoyés à quelques minutes d'intervalle, ils ont été regroupés pour être examinés. Ensuite, une vérification manuelle a été faite pour confirmer l'erreur. Ce contrôle fonctionne uniquement si : (a) les informations sur l'âge et le sexe sont exactement inversées entre deux enfants (un garçon et une fille) ; et (b) les questionnaires ont été remplis l'un après l'autre dans un intervalle de 15 minutes et sans chevauchement. Ce contrôle ne fonctionne pas pour les familles où il n'y a que des garçons, que des filles, ou si le parent répond pour trois enfants ou plus en même temps.



Analyse statistique

Bien que l'enquête soit basée sur un recensement exhaustif, toutes les personnes invitées n'ont pas répondu. Cette non-réponse entraîne deux problèmes principaux : d'une part, elle crée une incertitude dans les estimations de couverture vaccinale, comparativement à une situation idéale où tous les individus auraient répondu et permettant des estimations certaines ; d'autre part, elle peut introduire un potentiel biais de non-réponse, si les personnes qui ne répondent pas ont des comportements de vaccination différents de ceux qui répondent.

Pour pallier ces problèmes, nous avons a posteriori conçu cette enquête comme un échantillonnage, où la probabilité d'inclusion d'un individu correspond à sa probabilité de réponse. Une stratégie efficace pour limiter le biais de non-réponse consiste à utiliser des variables auxiliaires corrélées à la fois à la probabilité de réponse et à la variable cible, ici la vaccination¹⁷. Ces variables doivent être disponibles aussi bien pour les répondants que pour les non-répondants. En particulier, la constitution de groupes de réponse homogène, où la probabilité de réponse ne varie pas entre individus du même groupe, permet de construire des estimateurs non-biaisés^{18,19}.

Dans cette enquête, nous avons observé des corrélations marquées entre, d'une part, le taux de participation et l'âge et le sexe, et, d'autre part, les couvertures vaccinales et l'âge et le sexe. Ces observations nous ont amenés à constituer des groupes de réponse homogène définis selon les variables âge et sexe. Une post-stratification par âge et sexe a donc été réalisée, ce qui permet notamment :

- De produire des estimations détaillées des couvertures vaccinales au niveau âge et sexe.
- D'ajuster, si besoin, la structure démographique de l'échantillon pour qu'elle corresponde à celle de la population cible, et d'obtenir une image représentative de la population lors du calcul de la couverture vaccinale globale des jeunes entre 9 et 20 ans.
- De s'affranchir du biais de non-réponse, en supposant que la probabilité de réponse à l'enquête est identique pour toutes les personnes d'une même strate d'âge et de sexe^b.

Les détails techniques de cette méthode, y compris les formules utilisées pour les estimations et leurs variances, sont présentés en annexe. L'utilisation de cette méthodologie garantit que les estimations globales sont représentatives de la population des jeunes résidant au Luxembourg, tout en minimisant les biais potentiels liés à la non-réponse. Les calculs ont été réalisés avec le package « survey » du logiciel R (version 4.1.3).

^bCette hypothèse théorique, qui a peu de chances d'être totalement vérifiée en pratique, est rediscutée en annexe. Nous y abordons notamment l'indicateur R, proposé par Schouten et al. (2009)²⁰, qui permet d'évaluer le biais maximal possible dû à la non-réponse.



03. Résultats

Participation à l'enquête

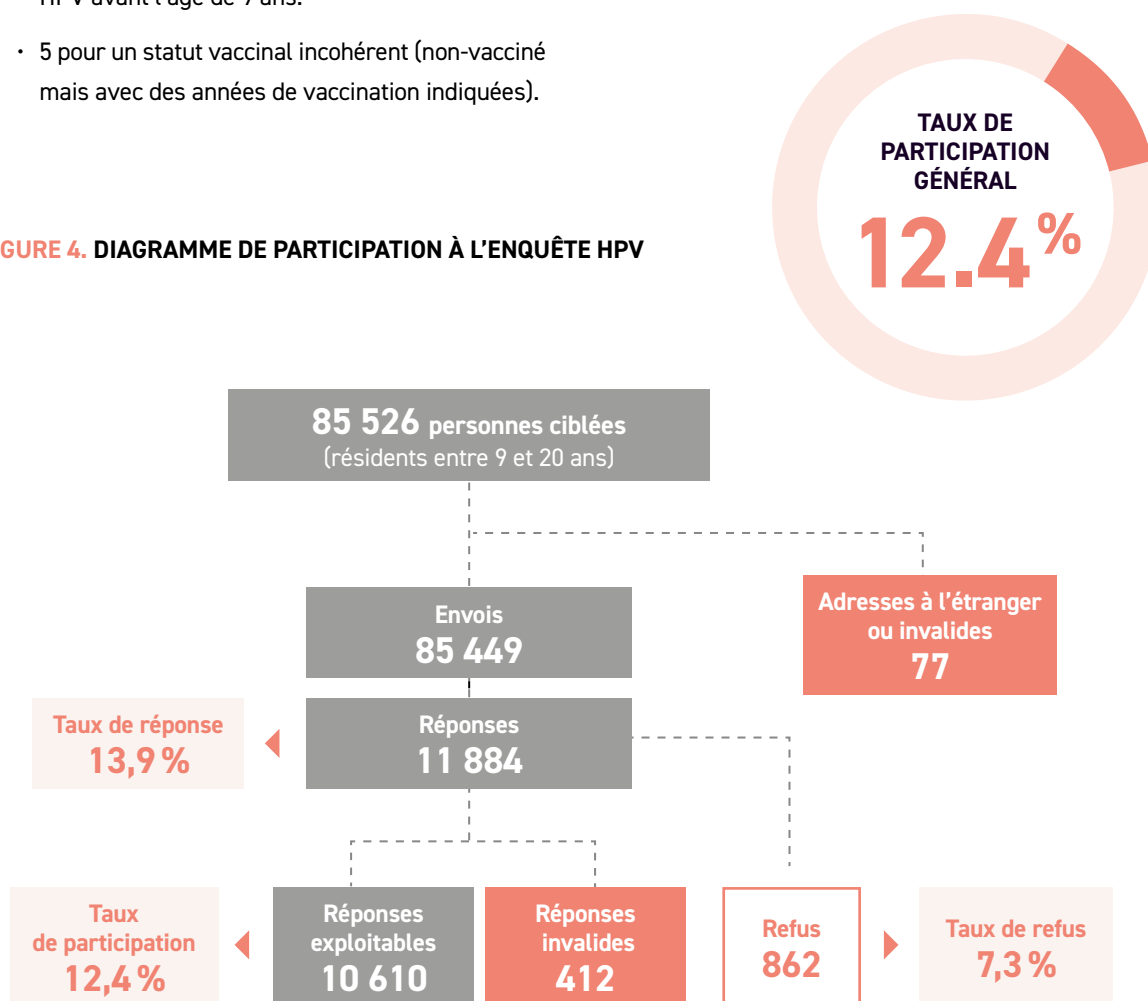
La Figure 4 résume le flux de participation à cette enquête. Sur les 85 526 personnes initialement ciblées, 77 ont été exclues au moment de l'envoi des lettres d'invitation, dont 19 pour cause d'adresse invalide et 58 pour cause d'adresse à l'étranger. Ce sont donc au total **85 449 lettres d'invitation qui ont été envoyées**. Le questionnaire en ligne a été rempli par 11 884 personnes, conduisant à un taux de réponse de 13.9 %. Parmi ces réponses, 862 personnes (7.2 % des répondants) ont explicitement refusé de participer.

Les contrôles qualité ont notamment identifié 412 réponses invalides, dont :

- 368 pour des incohérences détectées entre l'âge et le sexe déclarés, et l'âge et le sexe provenant du RNPP.
- 39 pour une indication de vaccination contre le HPV avant l'âge de 9 ans.
- 5 pour un statut vaccinal incohérent (non-vacciné mais avec des années de vaccination indiquées).

La détection des inversions d'identifiants entre frères et sœurs a permis de redresser les réponses de 39 paires de frères et sœurs, soit un total de 78 personnes. Finalement, après exclusion des refus et des réponses invalides, 10 610 réponses ont été retenues pour l'analyse, soit un **taux de participation général de 12.4 %**.

FIGURE 4. DIAGRAMME DE PARTICIPATION À L'ENQUÊTE HPV

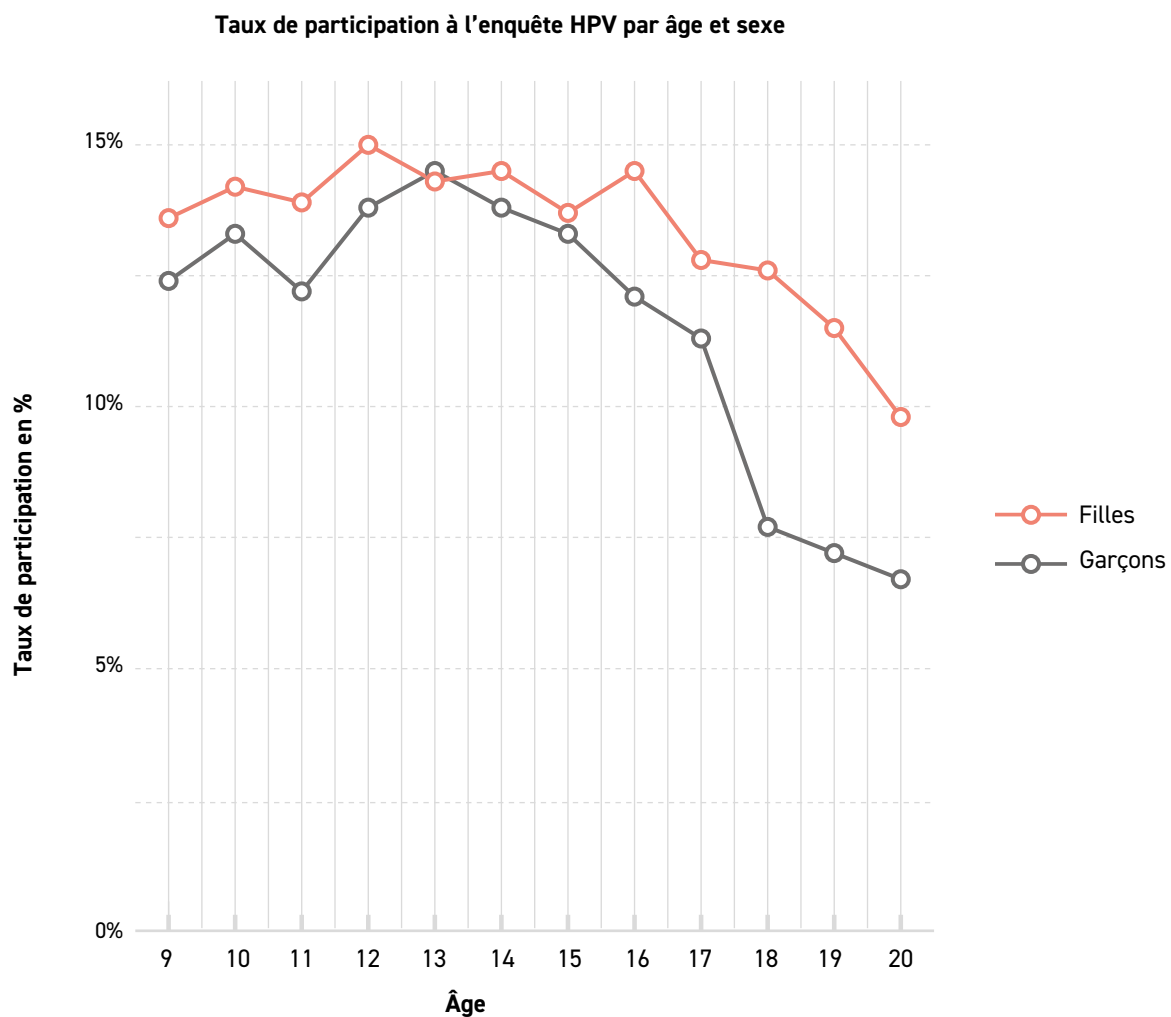




La Figure 5 illustre les taux de participation à l'enquête, qui varient sensiblement en fonction de l'âge et du sexe. Voici les principales observations :

- Le taux de participation moyen est de 12.4 %, et va de 6.7 % pour les garçons de 20 ans à 15 % pour les filles de 12 ans.
- Les filles montrent une participation plus élevée que les garçons, avec une moyenne de 13.4 % contre 11.5 % pour les garçons.
- La participation à l'enquête diminue avec l'âge pour les deux sexes. Les personnes mineures (9 à 17 ans) ont un taux de participation moyen de 13.5 %, tandis que celui des jeunes adultes (18 à 20 ans) ne s'élève qu'à 9.1 %.
- Une diminution notable de la participation est observée chez les garçons majeurs, avec un taux de participation moyen de 7.2 %.

FIGURE 5. TAUX DE PARTICIPATION PAR ÂGE ET SEXE





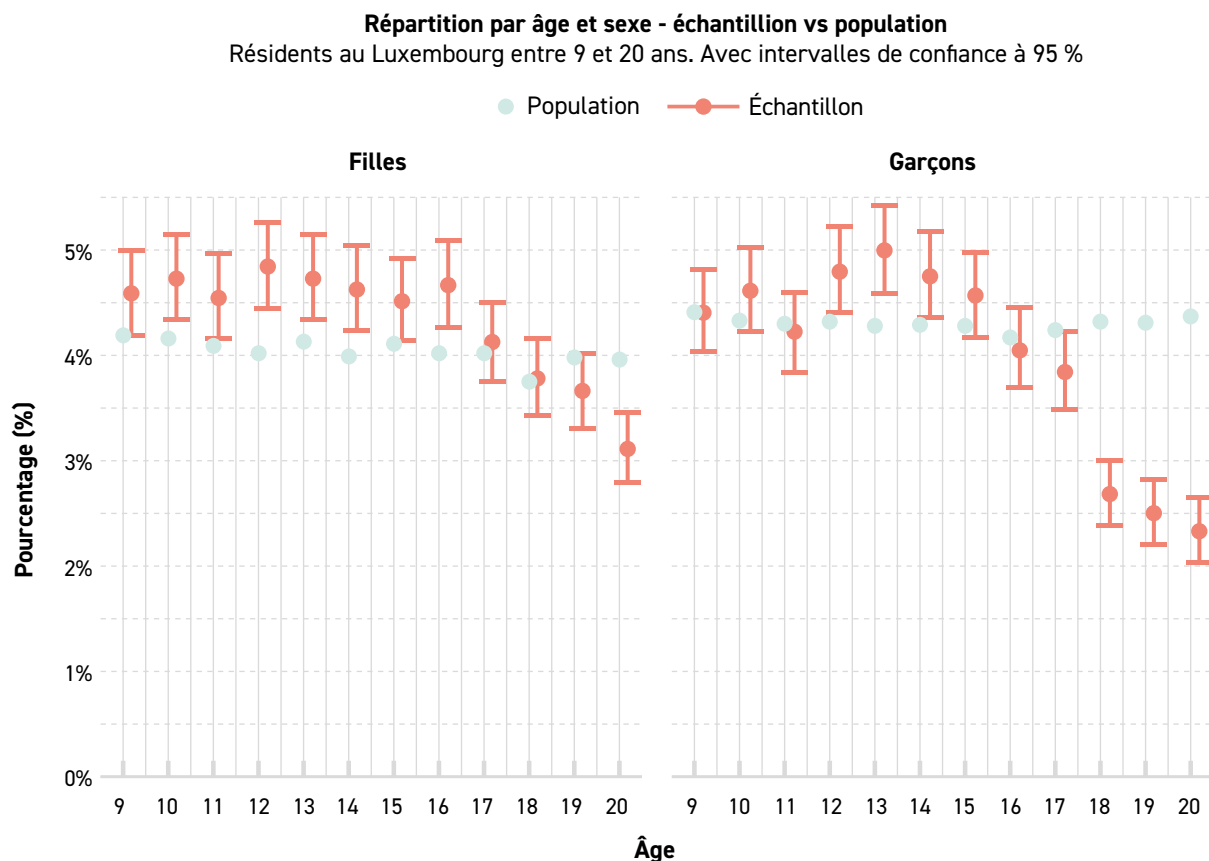
Répartition de l'échantillon

La Figure 6 compare la répartition des strates d'âge et sexe entre l'échantillon et la population.

Certaines strates sont bien représentées, avec des pourcentages dans l'échantillon proches de ceux de la population résidente luxembourgeoise, comme les garçons de 9-11 ans, les garçons de 16-17 ans, et les filles de 17-19 ans. Cependant, par rapport à la population cible, les garçons majeurs de 18 à 20 ans sont sous-représentés dans l'échantillon (7.5 % dans l'échantillon contre 13 % dans la population). À l'inverse, les filles âgées de 9 à 16 ans sont légèrement surreprésentées dans l'échantillon (37.4 % dans l'échantillon contre 32.7 % dans la population).

La post-stratification par âge et sexe mise en place permet de réaligner la structure démographique de l'échantillon sur celle de la population résidente ciblée : dans le calcul de la couverture vaccinale globale, les strates sur-représentées voient leur poids réduit, tandis que les strates sous-représentées voient leur poids augmenté.

FIGURE 6. RÉPARTITION DES STRATES ÂGE ET SEXE DANS L'ÉCHANTILLON (%) ET DANS LA POPULATION (%)

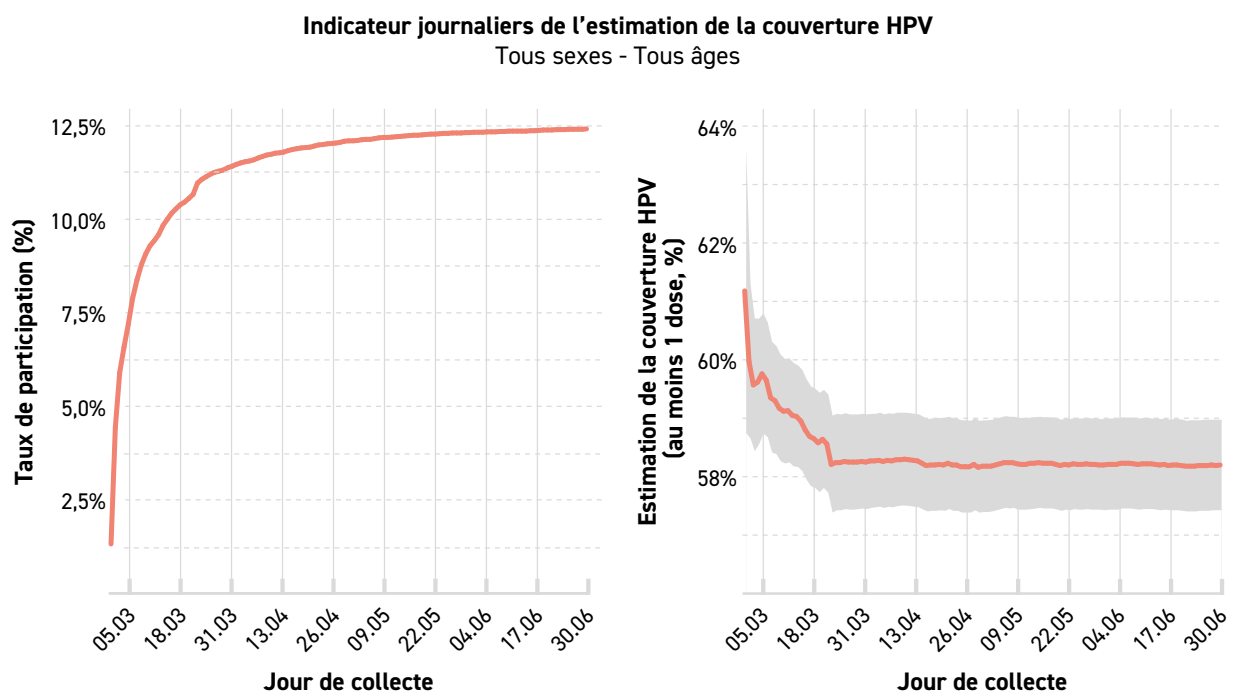




Monitoring journalier de la collecte et des estimations

La Figure 7 illustre l'évolution journalière du taux de participation et de l'estimation de la couverture globale chez les 9-20 ans tout au long de la période de l'enquête (de l'envoi des lettres d'invitation le 4 mars 2024 à la clôture de l'enquête le 30 juin 2024).

FIGURE 7. MONITORING JOURNALIER DU TAUX DE PARTICIPATION (À GAUCHE) ET DE L'ESTIMATION DE LA COUVERTURE GLOBALE CHEZ LES 9-20 ANS (À DROITE, AVEC INTERVALLES DE CONFIANCE À 95 %)



Le taux de participation suit une tendance logarithmique typique des enquêtes. Il commence par une phase d'accélération rapide, atteignant 10 % de participation deux semaines après le début de l'enquête, avec une augmentation significative du nombre de réponses. Ensuite, on observe une décélération progressive : l'augmentation du nombre de réponses supplémentaires devient plus lente, et la participation totale atteint 12.4 % à la fin de l'enquête. Ce modèle est fréquent dans les enquêtes, où les répondants initiaux sont souvent plus réactifs, entraînant une forte réponse au début avant que le rythme de collecte ne se stabilise.

En parallèle avec l'évolution du taux de participation, la couverture vaccinale estimée chez les 9-20 ans a diminué au cours des premières semaines de collecte, se stabilisant à la quatrième semaine de l'enquête (fin mars). Ce déclin initial suggère que les premières réponses, recueillies durant la première semaine, provenaient

majoritairement de personnes vaccinées (62 % des réponses). Par la suite, cette proportion de répondants vaccinés a progressivement diminué durant la deuxième semaine (56 % des réponses) et la troisième (54 % des réponses), contribuant ainsi à la diminution apparente des taux de couverture. La couverture s'est ensuite stabilisée à partir de fin mars jusqu'à la fin de l'enquête, indiquant que la proportion de répondants vaccinés et non vaccinés s'est équilibrée au fil des semaines.

Les intervalles de confiance pour l'estimation de la couverture se sont progressivement resserrés au fil de la collecte. Cependant, dès que le taux de participation a atteint environ 8 % (soit environ 7 000 participants), les variations dans la précision des estimations sont devenues négligeables. En effet, la précision relative n'a évolué que de 1.6 % à 1.4 %, alors que le taux de participation est passé de 8 % à 12.4 %.



Estimations de couverture vaccinale

Les estimations des couvertures par âge et par sexe sont présentées dans la Figure 8 et le Tableau 4. L'évolution de la couverture vaccinale selon l'âge et le sexe se caractérise notamment par plusieurs phases distinctes :

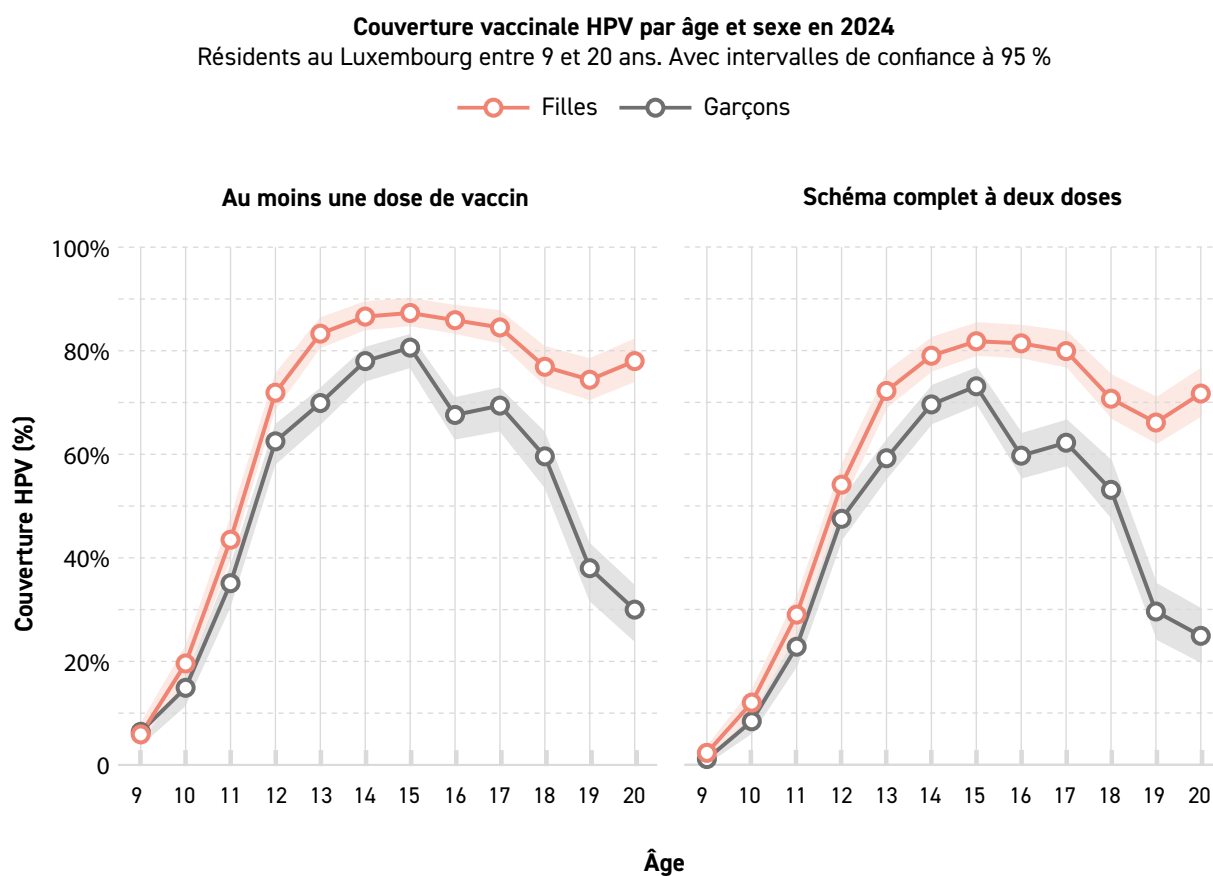
- **Une phase initiale vers 9-10 ans, avec de faibles couvertures vaccinales** : 1.7 % de couverture complète à 9 ans (IC 95 % = [0.9 %, 2.4 %]) et 10.2 % à 10 ans (IC 95 % = [8.4 %, 11.9 %]).
- **Une phase de forte accélération des couvertures vers 11-13 ans**, avec une adoption croissante du vaccin : la couverture complète passe de 25.8 % à 11 ans (IC 95 % = [23.2 %, 28.4 %]) à 65.6 % à 13 ans (IC 95 % = [62.9 %, 68.3 %]).
- **Une phase de stabilisation entre 14 et 17 ans**, surtout chez les filles, pendant laquelle les couvertures les plus élevées sont observées (environ 85 % des filles ont reçu au moins une dose, et 80 % 2 doses). Ce phénomène de plateau est moins visible chez les garçons.
- **Une phase de décrochage des taux de couverture entre 18 et 20 ans**, avec un léger déclin chez les filles, mais surtout une diminution notable chez les garçons : à 20 ans, la couverture complète est de 71.7 % chez les filles (IC 95 % = [66.9 %, 76.4 %]), et de 24.9 % chez les garçons (IC 95 % = [19.6 %, 30.2 %]).

La couverture chez les filles demeure systématiquement supérieure à celle des garçons, avec une différence moyenne de l'ordre de +15 %.

De plus, les variations entre la couverture pour au moins une dose et deux doses sont relativement faibles, avec une différence moyenne de -8 %. Ce faible écart indique que **le désistement avant de recevoir le schéma complet est rare : une fois la vaccination initiée, elle est généralement complétée.**

L'estimation globale de la couverture vaccinale contre le HPV chez les jeunes âgés de 9 à 20 ans indique que 58.2 % ont reçu au moins une dose de vaccin (IC 95 % = [57.4 %, 59.0 %]). En ce qui concerne le schéma complet à deux doses, la couverture est de 49.9 % (IC 95 % = [49.1 %, 50.7 %]). Les intervalles de confiance liés à ces estimations demeurent relativement étroits, indiquant que les résultats sont à considérer comme précis malgré la participation limitée à l'enquête.




FIGURE 8. ESTIMATIONS DES COUVERTURES VACCINALES CONTRE LE HPV PAR ÂGE ET PAR SEXE EN 2024


**TABLEAU 4. ESTIMATIONS DE LA COUVERTURE VACCINALE HPV PAR ÂGE ET PAR SEXE EN 2024
(AVEC INTERVALLES DE CONFIANCE À 95 %)**

Âge	Au moins une dose de vaccin			Schéma complet à deux doses		
	Filles	Garçons	Tous sexes confondus	Filles	Garçons	Tous sexes confondus
9 ans	5.9 % [4.0 %, 7.9 %]	6.4 % [4.3 %, 8.5 %]	6.2 % [4.7 %, 7.6 %]	2.3 % [1.0 %, 3.5 %]	1.1 % [0.2 %, 2.0 %]	1.7 % [0.9 %, 2.4 %]
10 ans	19.6 % [16.4 %, 22.9 %]	14.9 % [12.0 %, 17.8 %]	17.2 % [15.0 %, 19.4 %]	12.0 % [9.3 %, 14.6 %]	8.4 % [6.1 %, 10.7 %]	10.2 % [8.4 %, 11.9 %]
11 ans	43.5 % [39.4 %, 47.6 %]	35.1 % [31.0 %, 39.3 %]	39.2 % [36.3 %, 42.1 %]	29.0 % [25.2 %, 32.7 %]	22.8 % [19.1 %, 26.5 %]	25.8 % [23.2 %, 28.4 %]
12 ans	71.9 % [68.3 %, 75.5 %]	62.5 % [58.6 %, 66.5 %]	67.1 % [64.4 %, 69.7 %]	54.1 % [50.1 %, 58.1 %]	47.5 % [43.5 %, 51.6 %]	50.7 % [47.9 %, 53.6 %]
13 ans	83.3 % [80.3 %, 86.3 %]	69.9 % [66.3 %, 73.5 %]	76.5 % [74.1 %, 78.8 %]	72.2 % [68.6 %, 75.8 %]	59.2 % [55.3 %, 63.1 %]	65.6 % [62.9 %, 68.3 %]
14 ans	86.6 % [83.8 %, 89.4 %]	78.0 % [74.7 %, 81.4 %]	82.2 % [80.0 %, 84.4 %]	79.0 % [75.6 %, 82.3 %]	69.6 % [65.8 %, 73.4 %]	74.1 % [71.6 %, 76.6 %]
15 ans	87.3 % [84.6 %, 90.1 %]	80.6 % [77.3 %, 83.9 %]	83.9 % [81.7 %, 86.1 %]	81.8 % [78.6 %, 85.1 %]	73.1 % [69.4 %, 76.8 %]	77.4 % [74.9 %, 79.8 %]
16 ans	85.9 % [83.1 %, 88.7 %]	67.6 % [63.5 %, 71.7 %]	76.6 % [74.1 %, 79.1 %]	81.4 % [78.1 %, 84.6 %]	59.7 % [55.3 %, 64.1 %]	70.3 % [67.6 %, 73.1 %]
17 ans	84.5 % [81.3 %, 87.7 %]	69.4 % [65.1 %, 73.6 %]	76.7 % [74.1 %, 79.4 %]	79.9 % [76.3 %, 83.4 %]	62.2 % [57.7 %, 66.7 %]	70.8 % [67.9 %, 73.7 %]
18 ans	76.9 % [73.1 %, 80.8 %]	59.6 % [54.2 %, 65.1 %]	67.7 % [64.2 %, 71.1 %]	70.7 % [66.4 %, 75.0 %]	53.1 % [47.4 %, 58.8 %]	61.3 % [57.6 %, 65.0 %]
19 ans	74.4 % [70.3 %, 78.4 %]	38.0 % [32.3 %, 43.6 %]	55.4 % [51.9 %, 59.0 %]	66.1 % [61.6 %, 70.7 %]	29.6 % [24.1 %, 35.1 %]	47.1 % [43.6 %, 50.7 %]
20 ans	78.0 % [73.8 %, 82.2 %]	30.0 % [24.5 %, 35.5 %]	52.8 % [49.3 %, 56.3 %]	71.7 % [66.9 %, 76.4 %]	24.9 % [19.6 %, 30.2 %]	47.1 % [43.5 %, 50.7 %]
Ensemble des 9-20 ans	66.1 % [65.1 %, 67.1 %]	50.8 % [49.6 %, 52.0 %]	58.2 % [57.4 %, 59.0 %]	57.9 % [56.9 %, 59.0 %]	42.4 % [41.2 %, 43.6 %]	49.9 % [49.1 %, 50.7 %]

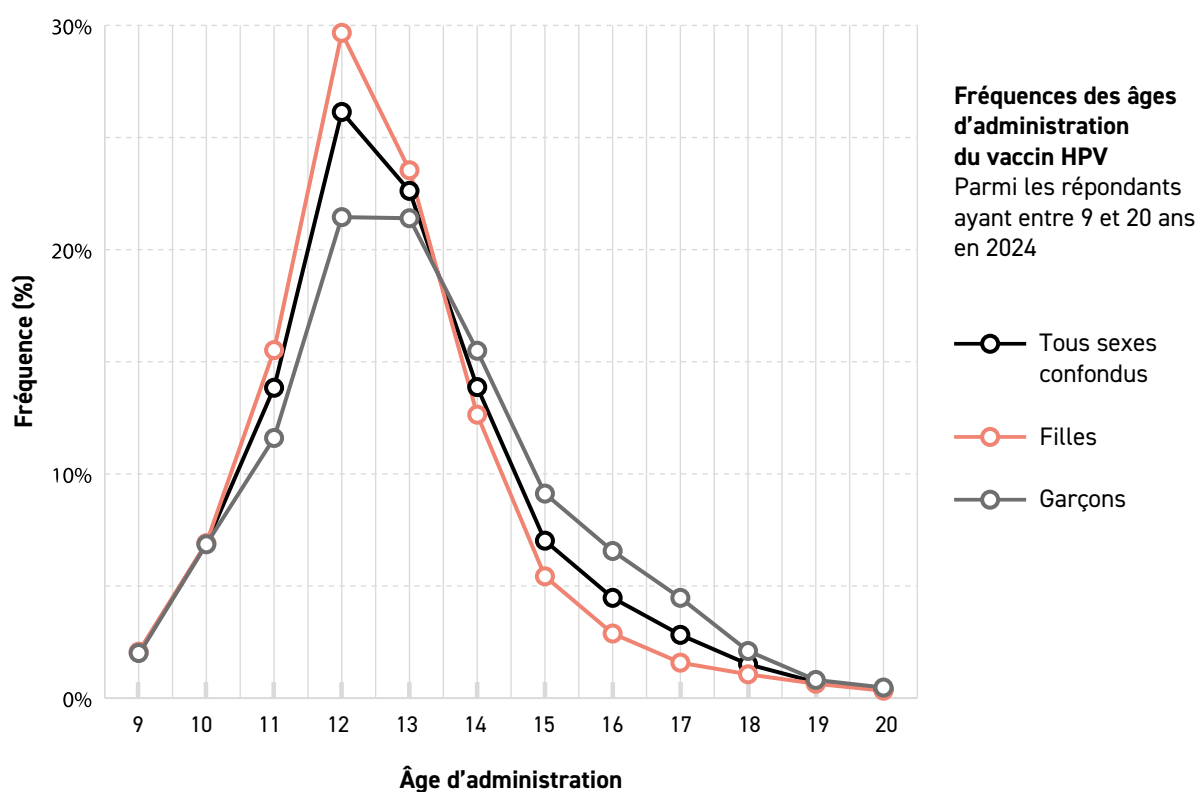


Âges de vaccination

En complément des couvertures par âge au moment de l'enquête en 2024, les âges de vaccination ont été analysés à partir de l'échantillon des répondants vaccinés (Figure 9). **Les données indiquent un pic de vaccination vers les âges de 12 et 13 ans, indépendamment**

du sexe : 26 % des doses de vaccin ont été administrées à l'âge de 12 ans (29 % des doses administrées chez les filles et 21 % chez les garçons), et 22 % des doses ont été administrées à l'âge de 13 ans (23 % chez les filles et 21 % chez les garçons).

FIGURE 9. FRÉQUENCE DES ÂGES DE VACCINATION CONTRE LE HPV (EN % DE L'ÉCHANTILLON DES RÉPONDANTS VACCINÉS)

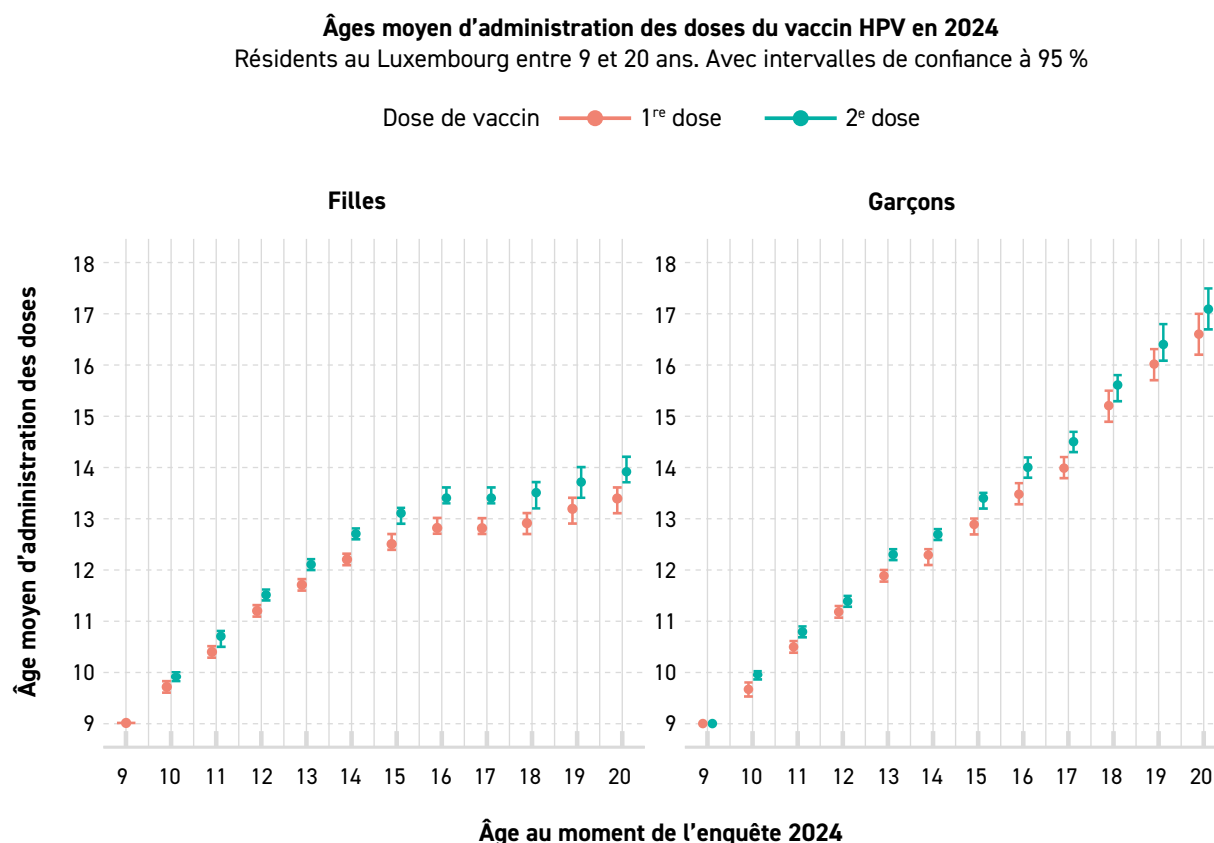


Le croisement de l'âge de vaccination avec l'âge des répondants est représenté dans la Figure 10. Chez les filles, l'âge moyen d'administration augmente progressivement avec l'âge avant de se stabiliser autour de 13 ans. Ce « plateau » suggère que la vaccination a été bien intégrée et systématisée : peu importe l'âge des filles, que ce soit à 15 ans ou à 20 ans, l'âge moyen de vaccination reste stable autour de 13 ans. Cela indique que la stratégie de vaccination contre le HPV, initiée en 2007, a eu un impact durable et stable, et que **les pratiques de vaccination sont solidement établies chez les filles.**

En revanche, chez les garçons, l'âge moyen d'administration montre une tendance linéaire croissante avec l'âge, indiquant que les garçons vaccinés ont généralement reçu leur vaccin récemment. Ceci montre que **la vaccination des garçons reste un phénomène récent, dont l'adoption progressive s'est intensifiée depuis leur inclusion dans les recommandations du CSMI en 2018.**



FIGURE 10. ÂGES MOYENS D'ADMINISTRATION DES DOSES DU VACCIN CONTRE LE HPV EN FONCTION DE L'ÂGE AU MOMENT DE L'ENQUÊTE EN 2024



Évolution temporelle du nombre de doses administrées

Cette enquête a également permis de recueillir des informations sur l'évolution temporelle du nombre de doses administrées de vaccin contre le HPV entre 2016^c et 2024 (Figure 11). Bien qu'il s'agisse du décompte du nombre de doses dans l'échantillon de répondants vaccinés, et non d'une extrapolation au niveau national, cette courbe reflète néanmoins les différentes dynamiques vaccinales au fil du temps.

Ces données révèlent notamment une accélération de la vaccination à partir de 2018, directement liée aux changements dans les recommandations du CSMI.

En 2018, la population cible de la vaccination a été élargie, passant des filles âgées de 11 à 13 ans à l'inclusion des garçons et des filles âgés de 9 à 13 ans. Cette expansion des recommandations a conduit à une augmentation immédiate des vaccinations. Le nombre de doses administrées a ainsi été multiplié par 2.2 entre 2018 et 2019 (tous sexes confondus). L'impact de cette recommandation est encore plus évident chez les garçons, où les doses administrées ont été multipliées par 13.4 entre 2018 et 2019.

^cLes jeunes principalement ciblés par la vaccination en 2016 (filles de 11-13 ans) étaient nés entre 2003 et 2005, et sont inclus dans cette enquête de 2024 portant sur les jeunes nés entre 2003 et 2015.

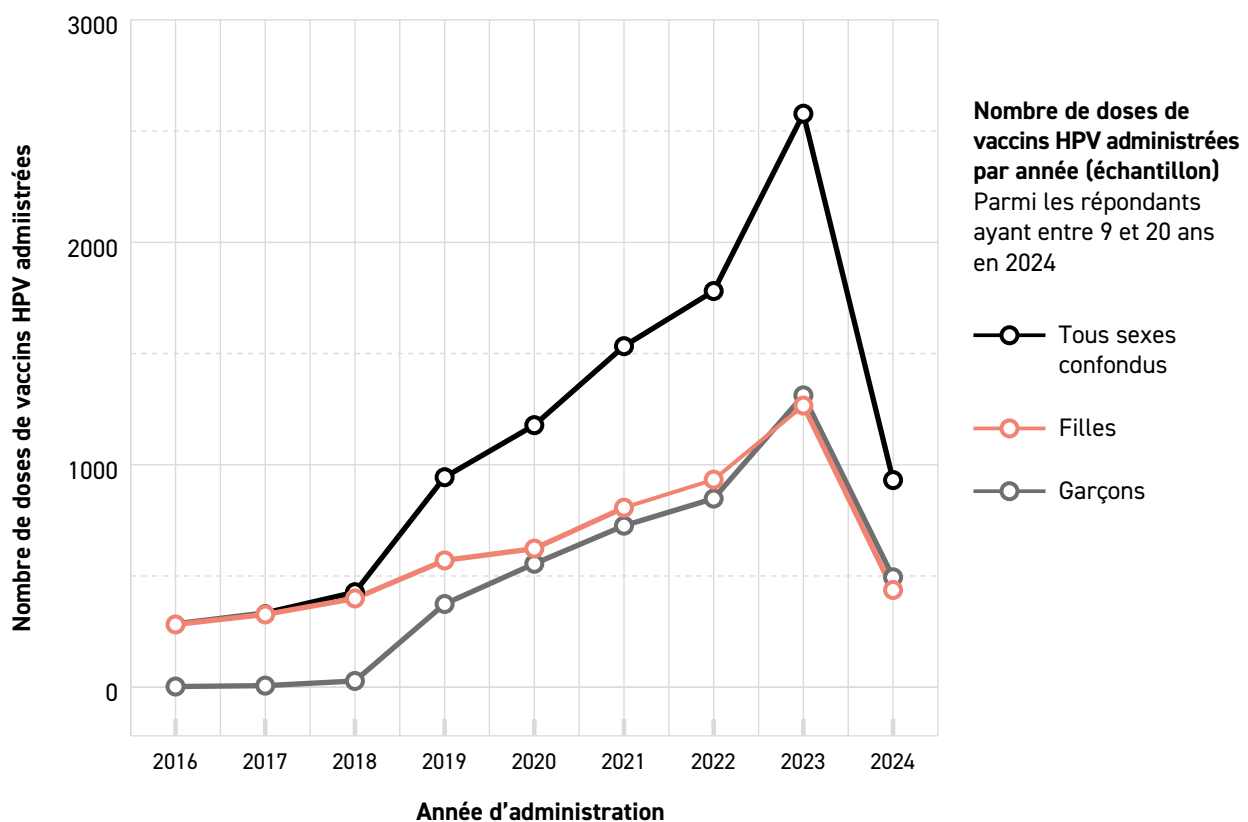


De plus, **une accélération notable de la vaccination est observée en 2023**, avec une augmentation de 45 % du nombre de doses administrées par rapport à 2022. Cette augmentation pourrait s'expliquer par **un renforcement des campagnes de sensibilisation ayant probablement contribué à une plus grande adhésion au programme de vaccination^d**. La dynamique est encore plus marquée chez les garçons (+55 % par rapport à 2022) que chez les filles (+36 %), ce qui concorde avec

la relation linéaire observée chez les garçons après croisement des âges de vaccination et des âges des répondants (Figure 10).

L'année 2024 a également été incluse à titre illustratif, mais n'est pas représentative de la situation globale : cette enquête ayant eu lieu entre mars et juin 2024, cette année n'est pas complète.

FIGURE 11. NOMBRE DE DOSES DE VACCIN HPV ADMINISTRÉES ENTRE 2016 ET 2024 (DÉCOMPTÉ PARMIS L'ÉCHANTILLON DES RÉPONDANTS VACCINÉS)



^dUn exemple sur la diffusion d'une brochure de sensibilisation en 2024 : <https://santesecu.public.lu/fr/publications/p/papillomavirus-faites-vous-vacciner.html>



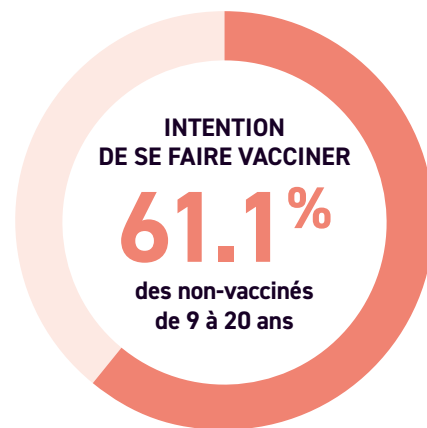
Intentions de vaccination chez les personnes non-vaccinées

Les réponses concernant les intentions de se faire vacciner contre le HPV chez les non-vaccinés (4 319 répondants) sont présentées dans le Tableau 5 et la Figure 12. Tout comme les indicateurs précédents, les intentions varient selon l'âge et le sexe.

Globalement, parmi les non-vaccinés de 9 à 20 ans, 61.1 % déclarent avoir l'intention de se faire vacciner (IC 95 % = [59.6 %, 62.7 %]), dont 47.0 % avant l'âge de 15 ans et 14.1 % après l'âge de 15 ans. De plus, 31.2 % sont indécis (IC 95 % = [29.7 %, 32.7 %]) et 7.6 % n'ont pas l'intention de se faire vacciner (IC 95 % = [6.1 %, 9.2 %]). Les filles non-vaccinées montrent une intention plus élevée de se faire vacciner (69.5 %, IC 95 % = [67.4 %, 71.6 %]) par rapport aux garçons (54.6 %, IC 95 % = [52.5 %, 56.7 %]).

L'intention de se faire vacciner diminue également avec l'âge. Ainsi, les jeunes non-vaccinés de moins de 15 ans ont l'intention de se faire vacciner pour 72.9 % d'entre eux (IC 95 % = [71.4 %, 74.5 %]), alors que cette proportion descend à 32.5 % chez les plus de 15 ans (IC 95 % = [29.6 %, 35.4 %]). En particulier, 91 % des jeunes non-vaccinés de moins de 15 ans qui ont l'intention de se faire vacciner déclarent vouloir le faire avant d'atteindre l'âge de 15 ans.

L'indécision quant à la vaccination varie également selon l'âge et le sexe : **les plus âgés sont généralement plus indécis que les plus jeunes** (52.3 % chez les plus de 15 ans contre 22.6 % chez les moins de 15 ans), **et les garçons sont généralement plus hésitants que les filles** (36 % chez les garçons contre 25.1 % chez les filles).



En confrontant ces chiffres avec la proportion de non-vaccinés dans la Figure 12, on peut résumer les principales intentions de vaccination parmi les groupes les moins bien vaccinés :

- **Les filles et garçons âgés de 9 à 11 ans** : 79.3 % ne sont pas vaccinés (IC 95 % = [78.0 %, 80.6 %]). Parmi eux, 76.3 % comptent se faire vacciner (IC 95 % = [74.6 %, 78.1 %]), 3.4 % refusent la vaccination (IC 95 % = [1.7 %, 5.2 %]) et 20.3 % sont indécis (IC 95 % = [18.6 %, 22.0 %]). Une grande majorité de ces jeunes va donc probablement se faire vacciner par la suite et, parmi ces jeunes exprimant la volonté de se faire vacciner, 92.7 % indiquent souhaiter le faire avant l'âge de 15 ans.
- **Les garçons âgés de 19 à 20 ans** : leur taux de non-vaccination est de 66.0 % (IC 95 % = [62.1 %, 70.0 %]). Parmi les non-vaccinés de ce groupe, 26.3 % comptent se faire vacciner (IC 95 % = [20.8 %, 31.9 %]), 16.9 % refusent la vaccination (IC 95 % = [11.5 %, 22.5 %]) et 56.8 % sont indécis (IC 95 % = [51.4 %, 62.4 %]). Une forte indécision caractérise donc ce groupe.

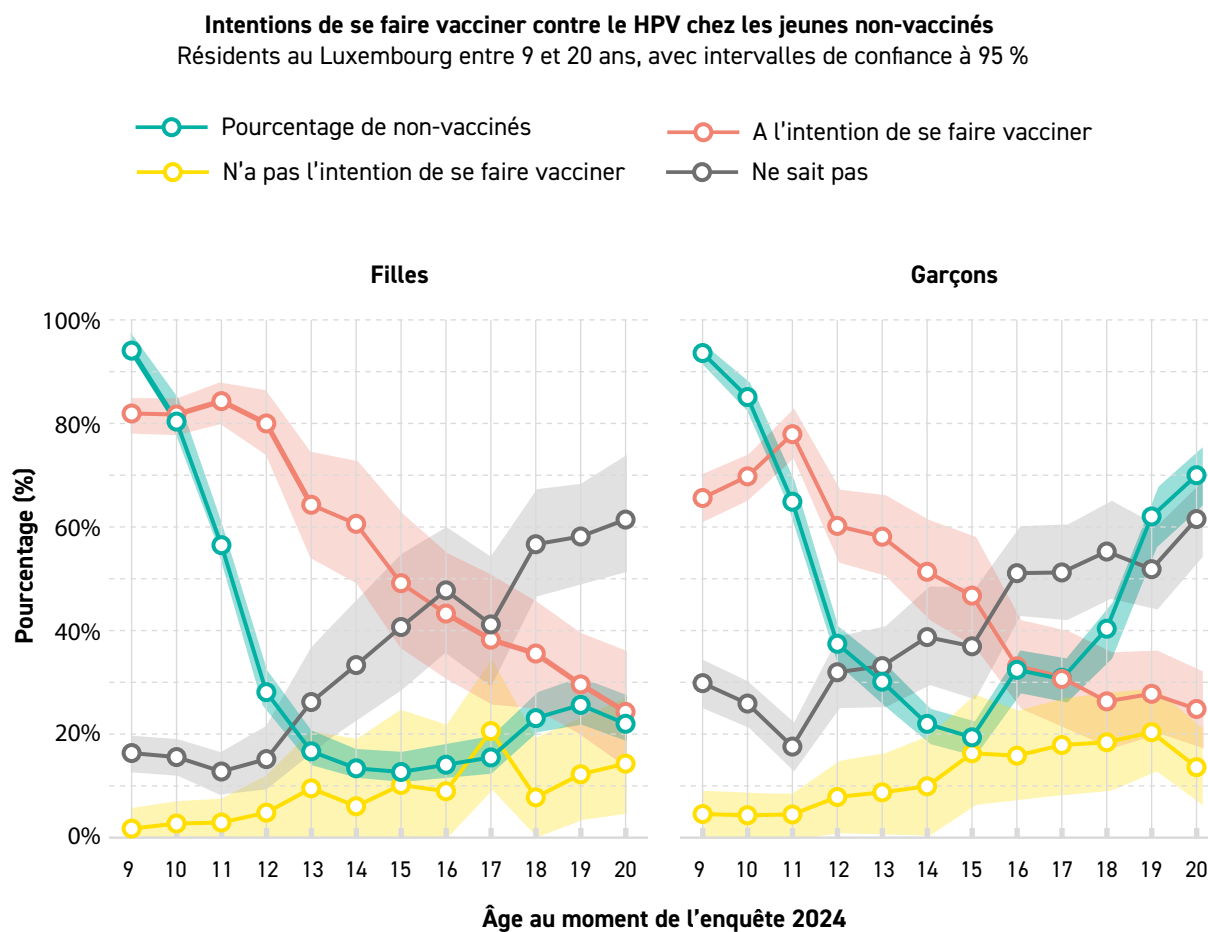


**TABLEAU 5. INTENTIONS DE SE FAIRE VACCINER
CONTRE LE HPV CHEZ LES JEUNES NON-VACCINÉS
DE 9 À 20 ANS EN 2024
(AVEC INTERVALLES DE CONFIANCE À 95 %)**

Groupe d'âge	Sexe	A l'intention de se faire vacciner			Ne sait pas	N'a pas l'intention de se faire vacciner
		Oui	Oui, avant l'âge de 15 ans	Oui, après l'âge de 15 ans		
Ensemble des 9-20 ans	Tous sexes confondus	61.1 % [59.6 %, 62.7 %]	47.0 % [45.5 %, 48.7 %]	14.1 % [12.5 %, 15.7 %]	31.2 % [29.7 %, 32.7 %]	7.6 % [6.1 %, 9.2 %]
	Filles	69.5 % [67.4 %, 71.6 %]	55.3 % [53.1 %, 57.7 %]	14.2 % [11.9 %, 16.5 %]	25.1 % [23.1 %, 27.3 %]	5.4 % [3.3 %, 7.5 %]
	Garçons	54.6 % [52.5 %, 56.7 %]	40.6 % [38.4 %, 42.7 %]	14.0 % [11.9 %, 16.2 %]	36.0 % [33.9 %, 38.1 %]	9.4 % [7.4 %, 11.5 %]
Moins de 15 ans	Tous sexes confondus	72.9 % [71.4 %, 74.5 %]	66.4 % [64.7 %, 68.1 %]	6.5 % [4.9 %, 8.3 %]	22.6 % [21.0 %, 24.2 %]	4.5 % [2.9 %, 6.1 %]
	Filles	80.1 % [78.1 %, 82.2 %]	72.8 % [70.6 %, 75.1 %]	7.3 % [5.1 %, 9.6 %]	16.7 % [14.7 %, 18.7 %]	3.2 % [1.2 %, 5.3 %]
	Garçons	66.5 % [64.2 %, 69.0 %]	60.7 % [58.3 %, 63.2 %]	5.8 % [3.4 %, 8.3 %]	27.8 % [25.5 %, 30.2 %]	5.7 % [3.4 %, 8.1 %]
15 ans ou plus	Tous sexes confondus	32.5 % [29.6 %, 35.4 %]	-	-	52.3 % [49.4 %, 55.3 %]	15.3 % [12.4 %, 18.3 %]
	Filles	35.8 % [31.2 %, 40.9 %]	-	-	52.0 % [47.3 %, 57.0 %]	12.2 % [7.5 %, 17.2 %]
	Garçons	30.5 % [26.9 %, 34.2 %]	-	-	52.4 % [48.8 %, 56.1 %]	17.0 % [13.4 %, 20.7 %]



FIGURE 12. INTENTIONS DE SE FAIRE VACCINER CONTRE LE HPV CHEZ LES JEUNES NON-VACCINÉS DE 9 À 20 ANS EN 2024 (EN %)





04. Discussion

Résultats clés

L'évaluation de la **couverture vaccinale contre le HPV** chez les jeunes de 9 à 20 ans au Luxembourg est l'objectif principal de cette enquête. Les résultats montrent une **bonne couverture vaccinale contre le HPV au Luxembourg**, avec 83.9 % des jeunes de 15 ans ayant reçu au moins une dose de vaccin et 77.4 % ayant reçu le schéma complet à deux doses. Cette enquête a révélé un **bon suivi des recommandations de vaccination par la population et le personnel médical, avec des taux très proches des objectifs proposés par l'OMS et le CDC pour l'année 2030** : vaccination complète, respectivement, de 90 % des filles à 15 ans et de 80 % des adolescents entre 13 et 15 ans^{15,16}. En effet, 87.3 % des filles de 15 ans ont reçu au moins une dose de vaccin (IC 95 % = [84.5 %, 90.1 %]), et 81.8 % ont complété leur schéma vaccinal avec deux doses (IC 95 % = [78.6 %, 85.1 %]). Les adolescents de 13 à 15 ans présentent quant à eux une couverture vaccinale à au moins une dose estimée à 80.8 % (IC 95 % = [79.5 %, 82.1 %]), tandis que la couverture pour le schéma complet atteint 72.3 % (IC 95 % = [70.8 %, 73.8 %]).

La couverture vaccinale reste plus basse chez les garçons et particulièrement chez les plus âgés. Ceci pourrait être expliqué par l'inclusion relativement récente de ces groupes de population dans les recommandations de vaccination du CSMI. Les garçons âgés aujourd'hui de 20 ans avaient entre 14 et 15 ans en 2018, moment de l'inclusion des garçons dans le programme de vaccination, dépassant donc l'âge recommandé à l'époque, même s'ils auraient pu bénéficier du rattrapage (cf. Tableau 2). Par ailleurs, une autre explication de la non-vaccination et de l'hésitation à la vaccination chez les garçons pourrait être la « féminisation » du vaccin contre le HPV²¹. La morbidité et mortalité élevées par cancer du col de l'utérus dans les années 2000²² ont concentré les efforts pour trouver un vaccin, tandis que le risque de cancer chez les hommes et leur rôle dans la transmission du virus n'étaient pas encore bien connus. Les premiers vaccins contre le HPV ont reçu l'autorisation de l'EMA en 2006 pour la vaccination seulement des filles et des jeunes

femmes^{23,24}. Cette autorisation a été revue en 2011 pour inclure aussi les garçons et les jeunes hommes jusqu'à 26 ans²⁵, mais quelques années se sont encore écoulées avant l'inclusion des garçons dans les recommandations de vaccination (p. ex. en 2018 au Luxembourg²⁶ ou en 2021 en France²¹). Ce retard semblerait être en lien avec une évidence plus tardive du rôle des hommes dans la transmission du virus, ainsi que du risque de cancer chez les hommes eux-mêmes²².

L'objectif secondaire de cette enquête est de déterminer les intentions de vaccination contre le HPV chez les jeunes non-vaccinés âgés de 9 à 20 ans. Quatre filles sur cinq de moins de 15 ans, non encore vaccinées, exprimeraient le souhait de recevoir le vaccin avant cet âge, tout comme deux tiers des garçons non-vaccinés du même groupe d'âge. Si ces intentions se concrétisaient, environ 93 % des filles et 74 % des garçons de moins de 15 ans seraient finalement vaccinés. Néanmoins, **l'indécision reste importante chez les garçons non-vaccinés de moins de 15 ans (un sur trois), et encore plus sur tous les jeunes non-vaccinés de 15 à 20 ans (plus de la moitié se déclarent hésitants)**. Ce phénomène pourrait en partie être expliqué par les recommandations de recevoir le vaccin avant tout rapport sexuel, ce qui pourrait conduire à ce qu'une partie de la population des jeunes ne se sente pas concernée.

Les estimations présentées ci-dessus doivent cependant tenir compte du faible taux de participation à l'enquête ainsi que de l'impact potentiel du biais de non-réponse, souvent présent dans les enquêtes auto-administrées, et qui méritent une attention particulière. Dans ce dernier cas, par exemple, les jeunes vaccinés pourraient être plus enclins à répondre à l'enquête que ceux ayant refusé la vaccination, ou ceux faisant face à une barrière linguistique pourraient être moins susceptibles de répondre, ce qui pourrait entraîner une distorsion dans les résultats. Ces limites sont discutées ci-après.



Participation à l'enquête

Le taux de participation général de l'enquête (12.4 %) est relativement faible. **La participation est globalement plus élevée chez les filles (13.4 %) que chez les garçons (11.5 %), et cette différence pourrait s'expliquer par un sentiment d'implication plus fort chez les filles vis-à-vis du vaccin HPV**, car le programme vaccinal a historiquement ciblé en priorité les filles. L'intégration plus récente des garçons dans le programme vaccinal pourrait expliquer leur participation légèrement inférieure.

Nous avons également constaté une meilleure participation chez les personnes mineures, avec un taux de réponse de 13.5 % chez les 9-17 ans, contre 9.1 % chez les 18-20 ans. Cette différence peut s'expliquer en partie par la stratégie d'envoi des invitations. Les courriers destinés aux mineurs ont été adressés directement aux parents, tandis que ceux des jeunes adultes majeurs leur ont été envoyés personnellement. **En sollicitant les parents, nous avons probablement tiré parti de leur engagement actif dans la santé de leurs enfants, ce qui les a motivés à participer à l'enquête.** À l'inverse, les jeunes adultes, qui ont reçu directement l'invitation, peuvent n'avoir que peu ou pas d'informations sur les possibilités de rattrapage, diminuant leur motivation à répondre à l'enquête car ils ne se sentent pas concernés. D'autres éléments interviennent probablement dans l'explication de ces faibles taux de réponse chez les 18-20 ans et devraient faire l'objet d'enquêtes plus ciblées chez ces jeunes afin de comprendre ce phénomène.

Un facteur ayant très certainement limité la participation est l'absence de relance par courrier. Aucune relance n'a été effectuée pour cette enquête en raison d'obstacles administratifs, ce qui a probablement restreint notre capacité à toucher les non-répondants et à augmenter le taux de participation. Une relance permet de rappeler l'importance de l'enquête et d'encourager les personnes initialement non réceptives, ou celles ayant tout simplement oublié de répondre, à répondre à l'enquête²⁷.

Par ailleurs, le Luxembourg étant un petit pays, ses habitants sont fréquemment sollicités pour participer à diverses enquêtes. Il n'est donc pas exclu qu'un phénomène de population sur-enquêtée ait contribué au faible taux de participation²⁷. La répétition des sollicitations

pourrait en effet générer une lassitude ou un désintérêt chez les répondants potentiels, ce qui aurait pu nuire à leur engagement dans cette enquête sur la couverture vaccinale.

Cependant, malgré le faible taux de participation, la stratégie de recensement a permis de recueillir 10 610 réponses, offrant ainsi une base solide pour les analyses statistiques. Cette taille d'échantillon est suffisamment importante pour assurer une bonne précision des estimations, avec une marge d'erreur relative de ± 1.4 % pour l'estimation de la couverture vaccinale globale chez les 9-20 ans.

De plus, l'ordre de grandeur de ce taux de participation nous était jusqu'alors inconnu, ce qui rend cette enquête particulièrement précieuse pour dimensionner les futures enquêtes. Par exemple, pour obtenir une précision de 5 % avec un niveau de confiance de 95 %, en prenant en compte un taux de participation estimé à 12.4 % et une couverture vaccinale initialement estimée à 58 % chez les 9-20 ans, la taille d'échantillon nécessaire pour une population de 85 526 personnes serait d'environ 3 000 individus. Grâce à ces informations, un recensement complet n'est plus nécessaire lors des futures enquêtes ; une stratégie d'échantillonnage classique peut suffire à garantir des estimations fiables. Une stratification à minima par âge et sexe devra également être intégrée pour améliorer la représentativité et la précision des résultats.





Impact de la non-réponse sur les estimations de couverture vaccinale

Puisque nous ne disposons pas des données vaccinales des non-répondants, il est impossible de mesurer directement ce biais. Cependant, le biais de non-réponse peut être atténué par l'utilisation de variables auxiliaires qui sont corrélées à la fois au taux de réponse et à la couverture vaccinale. Théoriquement, ce biais pourrait même être nul si la probabilité de réponse était constante au sein des strates définies par ces variables.

La post-stratification employée dans cette enquête est basée sur l'âge et le sexe, pour deux raisons :

- Ces variables sont corrélées avec le taux de réponse et la couverture vaccinale.
- Ce sont les seules variables auxiliaires dont nous disposons à la fois pour les répondants et les non-répondants. Nous n'avons malheureusement pas pu accéder à d'autres variables, telles que la localisation géographique, la nationalité ou encore le statut socio-économique, qui pourraient également influencer les comportements de réponse et le statut vaccinal.

Ainsi, en supposant que les probabilités de réponse sont constantes au sein de chaque strate d'âge et de sexe, le biais de non-réponse serait éliminé. Cependant, il est probable que cette hypothèse demeure trop optimiste, et, qu'en pratique, la post-stratification par âge et sexe ait seulement pu réduire le biais de non-réponse, sans pouvoir l'éliminer entièrement.

Afin de mieux appréhender l'ampleur potentielle du biais de non-réponse, nous avons modélisé un scénario, détaillé en annexe, et basé sur ces trois principes :

- Dans une strate âge-sexe, les probabilités de réponse individuelles ne sont plus constantes mais sont distribuées selon une loi bêta, permettant ainsi de modéliser une variabilité des comportements de réponse au sein de la strate.
- Le mécanisme de réponse est d'autant plus homogène que la strate est bien vaccinée.
- En moyenne, les répondants à l'enquête sont mieux vaccinés que les non-répondants.

Les résultats de cette modélisation indiquent que le biais maximal^e de non-réponse serait globalement estimé à 15.9 % (IC 95 % = [15.5 %, 16.2 %]). Ce biais maximal augmenterait avec l'âge (variant de 5.0 % chez les enfants de 9 ans jusqu'à 28.7 % chez les jeunes de 19 ans), et serait aussi généralement plus élevé chez les garçons. Ces valeurs peuvent être répercutées sur les estimations précédemment obtenues afin de prendre en compte ce scénario de non-réponse : par exemple, pour les filles de 15 ans, en tenant compte d'un biais maximal de non-réponse estimé à 13.3 %, la couverture vaccinale initiale de 87.3 % pourrait descendre au maximum jusqu'à 74.0 %.

En d'autres termes, nous estimons que la mesure réelle de la couverture vaccinale chez les filles de 15 ans se trouve entre 74.0 % et 87.3 %. Les résultats concernant les autres groupes d'âge et de sexe se trouvent dans le Tableau 6.

^eCes valeurs représentent des estimations maximales : le biais réel de non-réponse est donc intrinsèquement inférieur à ces valeurs maximales.



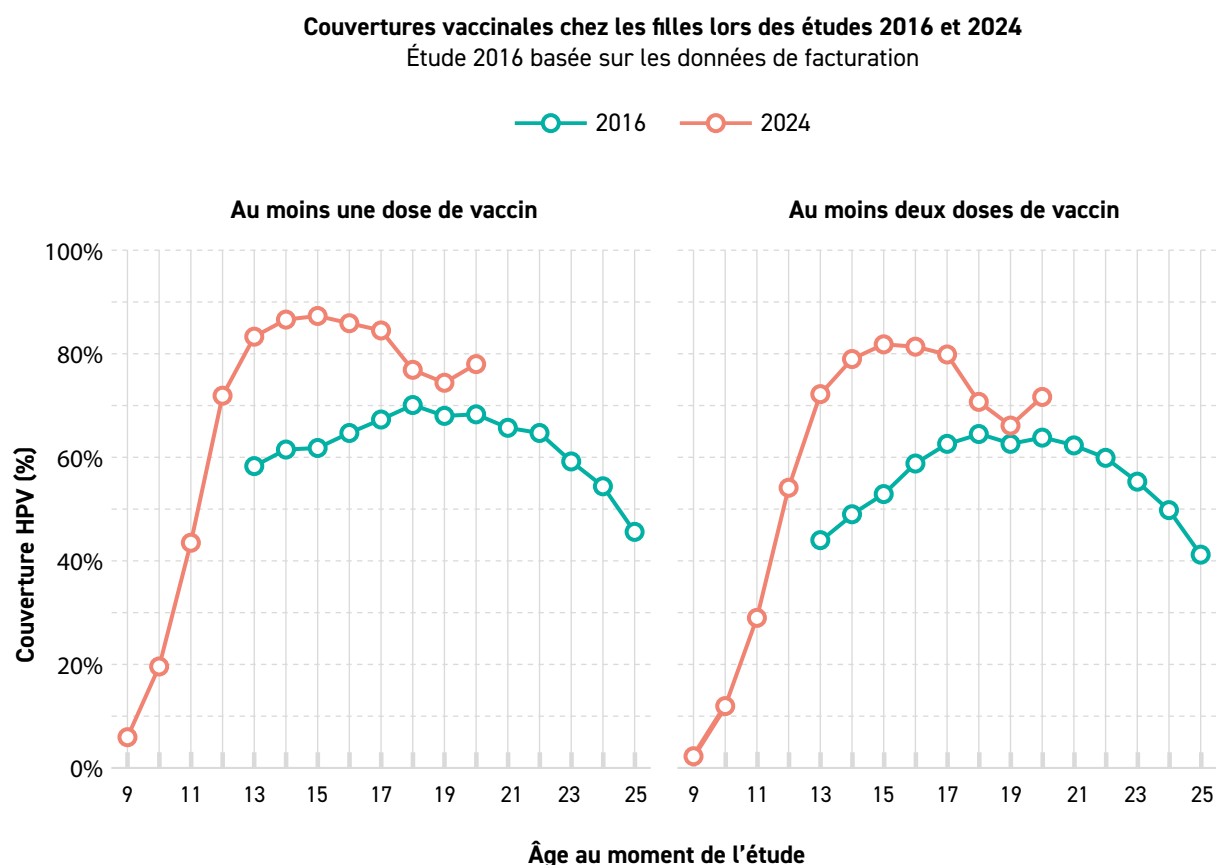
Comparaisons avec d'autres données nationales

Étude de couverture vaccinale de 2016

Nous avons comparé les résultats de la couverture vaccinale contre le HPV chez les filles de notre enquête de 2024 avec ceux de l'étude précédente basée sur les données de facturation de 2016 (Latsuzbaia et al., 2018)¹⁴. Les chiffres de 2016 reposent sur le nombre de doses distribuées en pharmacie, et nous supposons ici que chaque dose prescrite et reçue en pharmacie a été effectivement administrée pour permettre une comparaison avec les résultats de l'enquête 2024. Par ailleurs, l'étude de 2016 s'est exclusivement concentrée sur la vaccination des filles, qui constituaient à l'époque la seule population ciblée par le programme de vaccination. Par conséquent, les données concernant la vaccination des garçons ne sont pas incluses dans cette comparaison.

La Figure 13 illustre une amélioration notable de la couverture vaccinale entre 2016 et 2024 pour toutes les tranches d'âge. Par exemple, en 2016, 61.8 % des filles de 15 ans avaient reçu au moins une dose du vaccin contre le HPV. En 2024, ce taux a sensiblement augmenté, atteignant 87.3 % (74.0 % en tenant compte du biais maximal de non-réponse), soit une amélioration de +25.5 points de pourcentage (+12.2 dans le cas le plus pessimiste de non-réponse). Ainsi, **malgré les différences méthodologiques entre les deux études, la comparaison semble indiquer une nette amélioration de la couverture vaccinale contre le HPV chez les filles entre 2016 et 2024**, sur l'ensemble des tranches d'âge, et cette constatation ne change pas même en tenant compte du biais de non-réponse de l'enquête 2024.

FIGURE 13. COMPARAISON DES COUVERTURES VACCINALES CHEZ LES FILLES ENTRE 2016 (DONNÉES DE FACTURATION) ET 2024





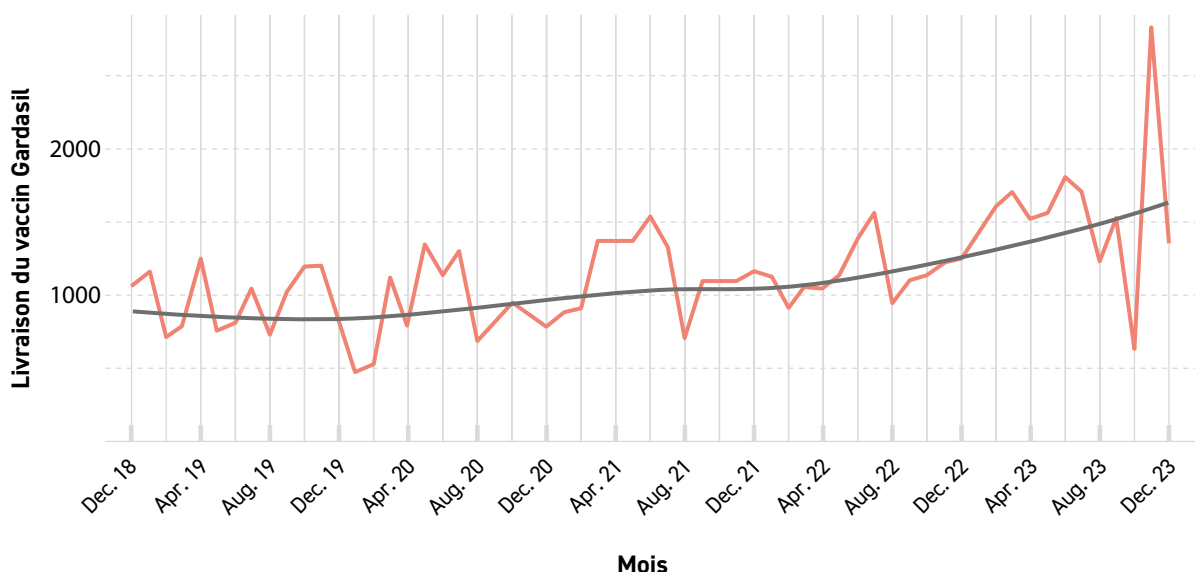
Livraisons de vaccins aux médecins par la Direction de la santé

Nous nous sommes également intéressés aux données de livraisons mensuelles du vaccin HPV aux médecins, sous la responsabilité du Service risques de santé de la Direction de la santé et couvrant la période de décembre 2018 à décembre 2023 (Figure 14). Ces données illustrent la tendance de la disponibilité du vaccin contre le HPV au Luxembourg. Entre décembre 2018 et 2021, les volumes mensuels de livraison sont restés relativement constants (903 doses en moyenne par mois). Cependant, depuis 2021, une tendance à la hausse est observée, et avec une accélération en 2023. En 2023, un total de 18 573 doses a été livré, soit une augmentation de +37 % par rapport à 2022, et de +67 % par rapport à 2019. Bien que ces données ne fournissent pas d'informations directes sur le nombre de vaccins effectivement administrés, l'augmentation des volumes livrés indique une réponse croissante aux besoins de vaccination contre le HPV. De plus, le marché public pour le programme national de vaccination 2024-2027 prévoit un total de 80 000 doses sur 4 ans, soit un volume mensuel moyen de 1 667 doses (contre 1 548 en moyenne en 2023).

Cette augmentation des livraisons de vaccins est en accord avec la hausse de la couverture HPV observée entre 2024 et l'étude précédente de 2016, reflétant ainsi l'élargissement des efforts de vaccination.

FIGURE 14. LIVRAISONS MENSUELLES DU VACCIN GARDASIL AUX MÉDECINS PAR LA DIRECTION DE LA SANTÉ ENTRE DÉCEMBRE 2018 ET DÉCEMBRE 2023

Livraisons mensuelles du vaccin contre le HPV aux médecins par la Direction de la santé depuis décembre 2018
Avec une courbe de tendance





Données de vaccination de la médecine scolaire

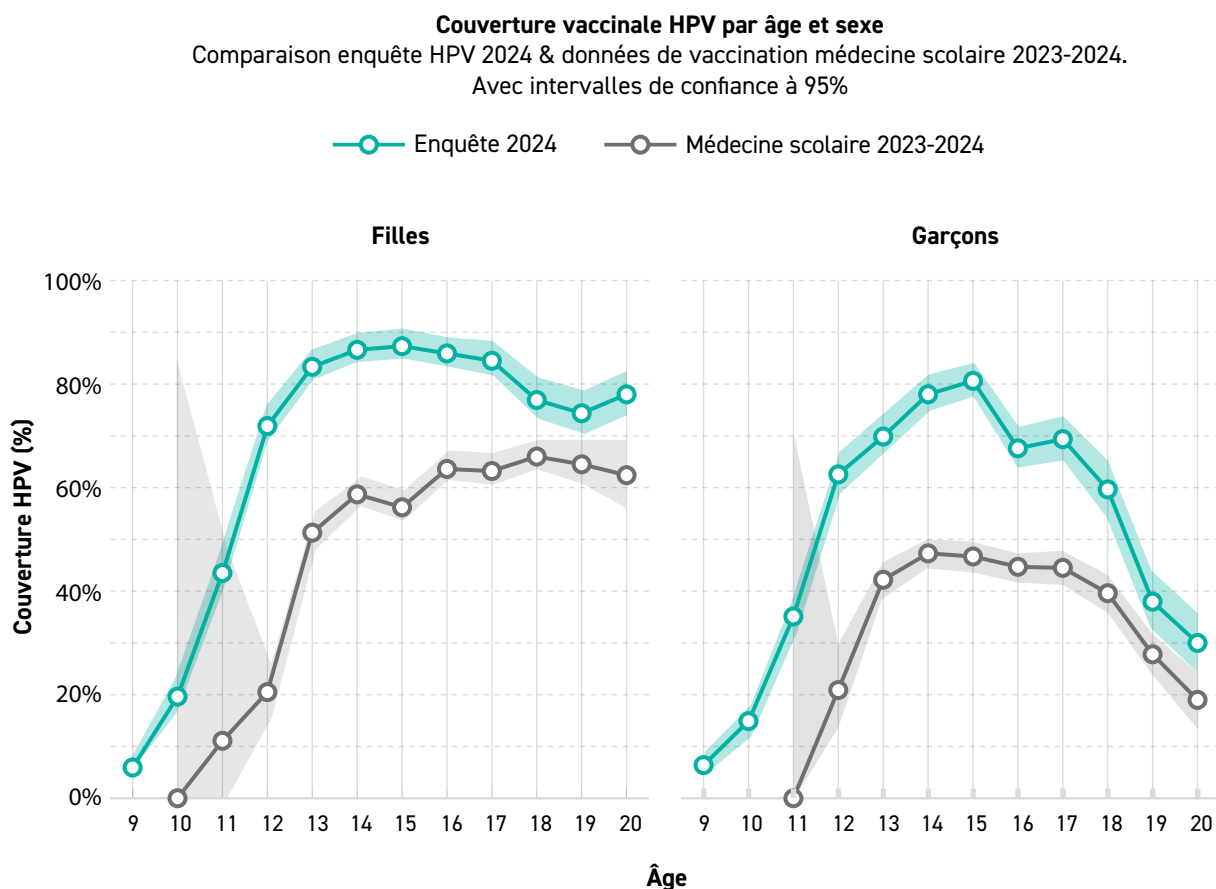
Les résultats de cette enquête ont été comparés avec les données issues des visites médicales organisées par la Division de la médecine scolaire et de la santé des enfants et adolescents de la Direction de la santé. Ces visites médicales sont organisées systématiquement à une fréquence biannuelle pour les élèves des écoles et des lycées publics et privés (hors écoles européennes). A l'issue de visites, les parents sont notifiés d'éventuels problèmes détectés lors du bilan de santé.

Le bilan de santé inclut différents volets, y compris un contrôle du statut vaccinal de l'élève. Les données de vaccination contre le HPV relevées à l'issue des bilans de santé organisés lors de l'année scolaire 2023-2024 ont été analysées. Elles proviennent de 15 202 élèves

scolarisés qui se sont présentés à la visite, et dont les informations sur les vaccinations ont été saisies à partir des cartes de vaccination des élèves.

La Figure 15 représente les couvertures vaccinales contre le HPV (au moins une dose de vaccin) par âge et sexe, en comparant les données issues de ces visites médicales et celles de la présente enquête. On observe que la couverture vaccinale rapportée par la médecine scolaire, bien que suivant la même tendance que l'enquête 2024, demeure systématiquement inférieure à celle-ci : en moyenne, les taux de couverture estimés dans l'enquête sont environ 25 % plus élevés que ceux mesurés par la médecine scolaire pour chaque tranche d'âge et sexe.

FIGURE 15. COUVERTURES VACCINALES CONTRE LE HPV (AU MOINS UNE DOSE) PAR ÂGE ET PAR SEXE ISSUES DE L'ENQUÊTE ET DES VISITES MÉDICALES ORGANISÉES PAR LA MÉDECINE SCOLAIRE DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE PENDANT L'ANNÉE SCOLAIRE 2023-2024



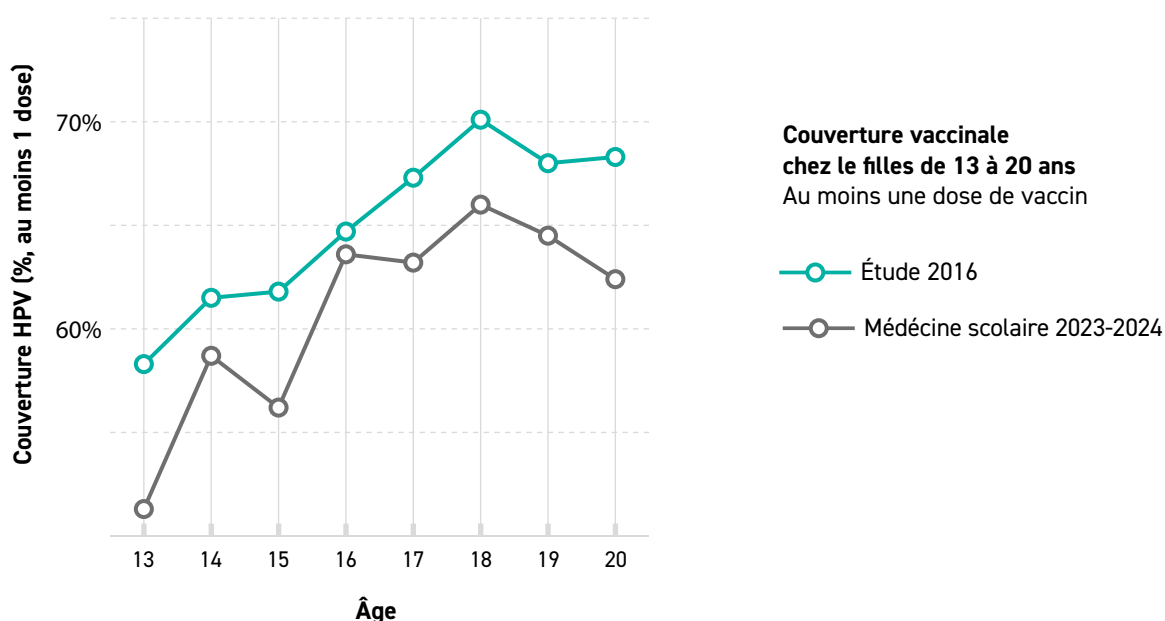
Les larges intervalles de confiance pour les enfants de moins de 12 ans sont dus au faible nombre d'élèves scolarisés au lycée et donc examinés par la médecine scolaire.



La comparaison directe avec les résultats de notre enquête est délicate. Premièrement, la population cible diffère entre les deux sources : la médecine scolaire se concentre uniquement sur les élèves scolarisés dans les écoles et les lycées publics et privés au Luxembourg, en excluant par exemple les écoles européennes, tandis que notre enquête englobe l'ensemble des jeunes résidents au Luxembourg, y compris ceux qui ne fréquentent pas ces établissements. Deuxièmement, les données de la médecine scolaire concernent uniquement les élèves présents lors des visites médicales, ce qui peut introduire un biais de sélection, en excluant les élèves absents (2139 élèves en 2023-2024, soit 11 % des enregistrements dans la base de données). Enfin, le statut vaccinal a été enregistré uniquement pour les élèves dont la carte de vaccination a été examinée, excluant ainsi 2817 élèves supplémentaires (soit 19 % des élèves ayant assisté à la visite médicale, mais ayant oublié de présenter leur carte de vaccination). La qualité des données vaccinales enregistrées peut également être un facteur limitant la comparaison avec notre enquête.

Par ailleurs, plusieurs indices convergent vers une augmentation de la couverture vaccinale contre le HPV ces dernières années : une augmentation de la couverture en comparant l'étude de 2016 et l'enquête de 2024 (cf. Figure 13), une augmentation des livraisons de vaccins et une augmentation du nombre de doses administrées au fil des ans (cf. Figure 11, Figure 14). Or, la Figure 16 montre que la couverture vaccinale mesurée par la médecine scolaire en 2023-2024 est systématiquement inférieure à celle de l'étude de 2016 (avec par exemple une différence de -5.6 % chez les filles de 15 ans). Ceci est contre-intuitif sachant l'augmentation de la couverture vaccinale entre 2016 et 2024, et semble indiquer que les données de ces visites médicales sous-estiment la couverture vaccinale contre le HPV.

FIGURE 16. COUVERTURES VACCINALES CONTRE LE HPV CHEZ LES FILLES (AU MOINS UNE DOSE) : ÉTUDE BASÉE SUR LES DONNÉES DE FACTURATION 2016 ET DONNÉES DE LA MÉDECINE SCOLAIRE 2023-2024





Comparaison internationale

Au sein de l'Europe²⁸, les couvertures vaccinales contre le HPV varient amplement (Figure 17). Nous avons comparé les chiffres de cette enquête avec ceux communiqués par d'autres pays à l'OMS, et nous avons pris comme référence pour cette discussion le taux de primovaccination (au moins une dose) chez les filles de 15 ans en 2023. Les taux les plus élevés, au-dessus de 90 %, se trouvent dans les pays nordiques (particulièrement en Islande, Norvège, Danemark et Suède) et dans la péninsule Ibérique (Portugal et Espagne), tandis que les taux les plus bas, au-dessous de 50 %, se situent dans les Balkans (particulièrement Serbie, Bulgarie, Monténégro et Macédoine du Nord). **Les résultats de cette enquête situeraient le Luxembourg en 8^e position sur 29 pays.**

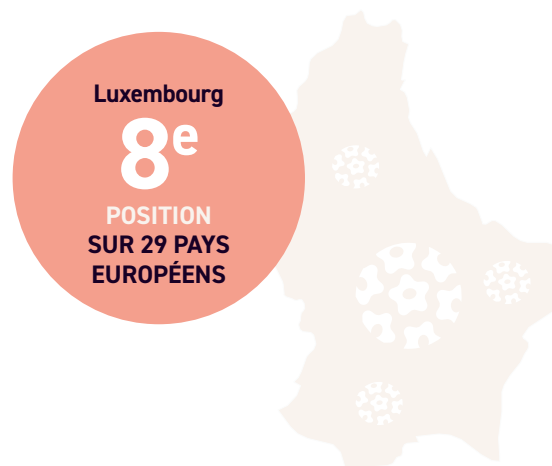
Les données de vaccination chez les garçons ne sont pas disponibles dans de nombreux pays européens, mais parmi ceux ayant communiqué des données à l'OMS, le Luxembourg se situerait en 3^e position sur 16 pays.

Les stratégies de vaccination peuvent varier d'un pays à l'autre. Selon la revue de Colzani et al.²⁹, le début des programmes de vaccination s'est étalé de 2007 à 2018, sans que ceci ne soit déterminant pour le succès de la campagne. La Lituanie, par exemple, n'a initié son programme de vaccination qu'en 2016 mais montre aujourd'hui des taux très élevés, de 86 % (au moins une dose chez les filles de 15 ans)²⁸. Quant au choix du lieu de vaccination, il existe des divergences tant parmi les pays ayant les taux les plus élevés (l'Islande, la Norvège et la Suède préfèrent la vaccination à l'école, tandis que le Danemark, le Portugal et Malte préfèrent la vaccination dans des centres sanitaires) que parmi les pays ayant les taux les plus bas.

Par contre, le choix de la population cible dans les programmes de vaccination en Europe reste plus homogène³⁰. Parmi les pays sous surveillance du Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC), les âges recommandés pour la vaccination contre le HPV suivent les recommandations de l'OMS, qui préconisent de vacciner avant l'âge de 15 ans (sauf en Lettonie et en Roumanie, où les recommandations couvrent les jeunes âgés de 12-17 ans et de 11-18 ans,

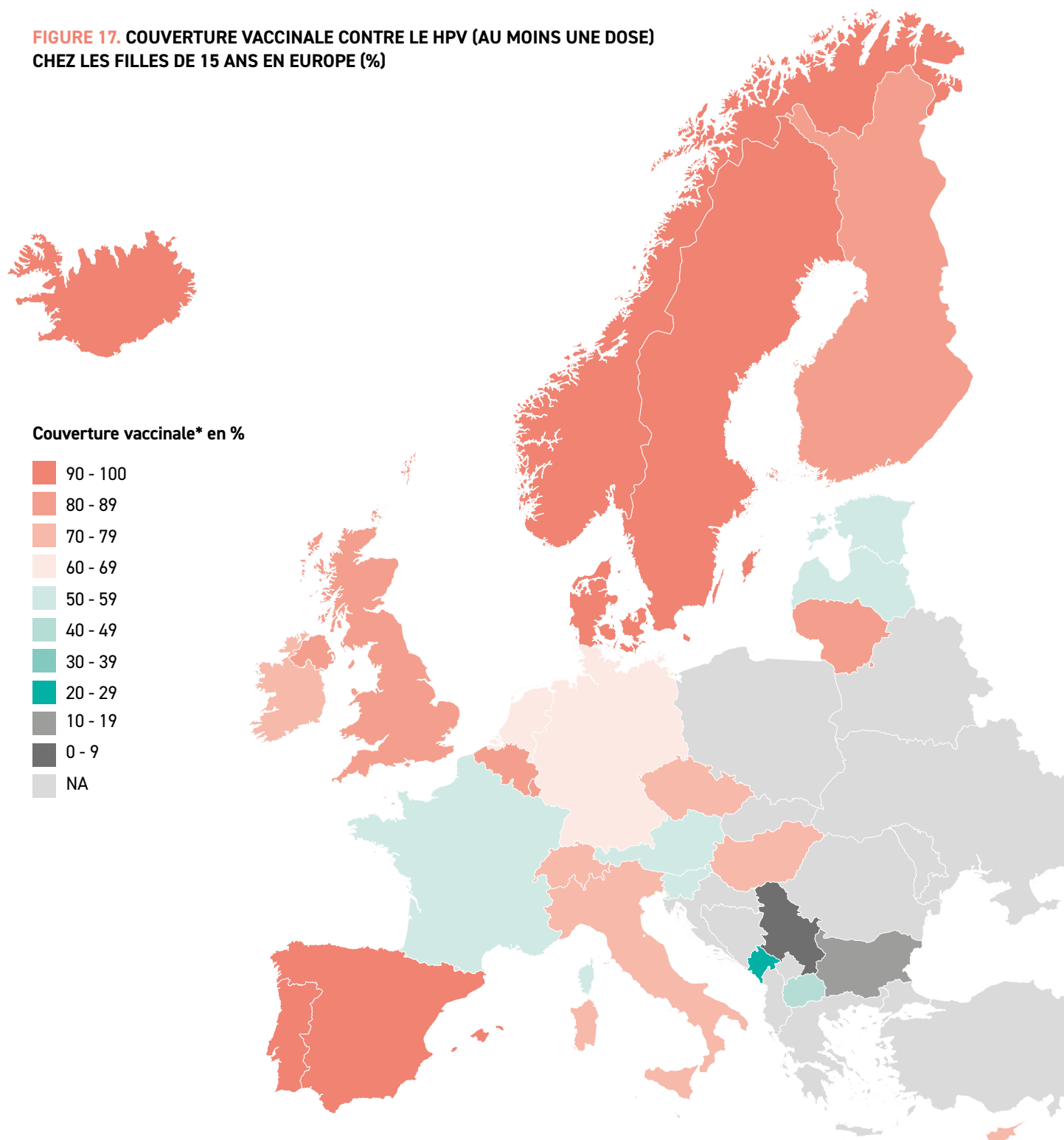
respectivement). Concernant l'inclusion des filles et des garçons dans le programme de vaccination, la plupart de ces pays réalisent actuellement une vaccination universelle, à l'exception de la Bulgarie et la Roumanie (uniquement pour les filles).

VACCINATION AVEC AU MOINS UNE DOSE CHEZ FILLES DE 15 ANS





**FIGURE 17. COUVERTURE VACCINALE CONTRE LE HPV (AU MOINS UNE DOSE)
CHEZ LES FILLES DE 15 ANS EN EUROPE (%)**



* Au moins une dose de vaccin HPV, filles de 15 ans, 2023-2024

Sources des données : Direction de la santé pour le Luxembourg (2024), WHO Immunization Data pour le reste des pays (2023)
[https://immunizationdata.who.int/global/wiise-detail-page/human-papillomavirus-\(hvp\)-vaccination-coverage](https://immunizationdata.who.int/global/wiise-detail-page/human-papillomavirus-(hvp)-vaccination-coverage)



Leviers d'amélioration de la couverture vaccinale

Les estimations de la couverture vaccinale contre le HPV chez les jeunes au Luxembourg sont très encourageantes. Cependant, **certains sous-groupes de population pourraient bénéficier d'actions supplémentaires pour promouvoir la vaccination, particulièrement les garçons de 16 ans d'âge ou plus (nés avant 2009) et les filles entre 18 et 20 ans (nées entre 2005 et 2007)**. Ces sous-groupes sont couverts par les recommandations de rattrapage du CSMI, qui préconise pour les jeunes non encore vaccinés âgés de 15 à 20 ans un schéma à deux doses, espacées de 6 mois¹³.

Lors du lancement de cette enquête, une adresse électronique dédiée a été mise à disposition, permettant aux parents de contacter l'équipe en charge de l'analyse pour obtenir des informations complémentaires. Les questions sur les démarches nécessaires pour faire vacciner leurs enfants ont été récurrentes : comment et où obtenir le vaccin, le prix, l'âge limite de vaccination, etc. Bien que moins fréquemment, certains parents ont aussi mentionné la difficulté d'obtenir ces informations auprès de leur médecin traitant. Conscient de la nécessité d'informations pour le grand public, la Direction de la santé a mis en place différentes actions de promotion de la vaccination, comme la publication en 2023 du dépliant « *Papillomavirus (HPV) : Se faire vacciner c'est mettre toutes les chances de son côté* »¹ et sa distribution dans les écoles lors des visites de la médecine scolaire, dès la scolarisation en fondamental. **Les demandes d'information reçues montrent que ces actions demeurent importantes et doivent être intensifiées pour s'assurer que l'information arrive à l'ensemble de la population cible.**

¹Papillomavirus (HPV): Se faire vacciner c'est mettre toutes les chances de son côté - Portail Santé - Luxembourg <https://sante.public.lu/fr/publications/p/papillomavirus-faites-vous-vacciner.html>



05. Conclusions

Cette enquête a fourni un aperçu précieux et encourageant de l'état de la vaccination contre le HPV chez les jeunes âgés de 9 à 20 ans au Luxembourg. Avec des taux de couverture de 83.9 % pour au moins une dose à 15 ans et de 77.4 % pour le schéma complet, le Luxembourg se positionne favorablement par rapport aux objectifs fixés par l'OMS et le CDC pour 2030. Ces résultats témoignent d'une adhésion de la population et des professionnels de la santé aux recommandations vaccinales.

Néanmoins, certaines disparités existent. **La couverture vaccinale est plus faible chez les garçons, en particulier parmi les jeunes adultes**, ce qui peut s'expliquer par leur inclusion récente dans les recommandations vaccinales. L'hésitation vaccinale, surtout parmi les jeunes non-vaccinés de 15 à 20 ans, souligne la **nécessité d'insister sur le rattrapage et**, de façon plus générale, **de renforcer la communication sur l'importance de la vaccination contre le HPV**, autant pour les filles que pour les garçons, afin de réduire la transmission du virus et prévenir les cancers associés.

Le taux de participation relativement faible à l'enquête est un facteur limitant, bien que la taille de l'échantillon reste suffisante pour obtenir des estimations précises.

La non-réponse, surtout chez les jeunes adultes et les garçons, peut avoir introduit un biais, qui a été calculé afin de mieux interpréter les couvertures estimées. En outre, **cette enquête a permis d'améliorer notre compréhension sur la participation de certains groupes de population dans les enquêtes, permettant de dimensionner les futures enquêtes au Luxembourg.**

Enfin, **cette enquête est une analyse transversale**, ce qui signifie qu'elle fournit un instantané de la situation en 2024. **Pour obtenir une vue complète et actualisée de la couverture vaccinale, et suivre les tendances au fil du temps, des analyses longitudinales seraient nécessaires, soit sous forme d'enquêtes futures, soit au moyen du Carnet de Vaccination Électronique.** Ce dernier représentera une pierre angulaire de la surveillance de la santé une fois complètement fonctionnel et utilisé de façon généralisée par le personnel vaccinant.





06. Références

1. Sante.lu. Infections à Papillomavirus humain. Consulté le 13 août 2024 sur : <https://santesecu.public.lu/fr/espace-citoyen/dossiers-thematiques/v/vaccination/maladies-vaccinables/infection-papillomavirus.html>
2. World Health Organization. Papillomavirus humain et cancer. Consulté le 13 août 2024 sur : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/human-papilloma-virus-and-cancer>
3. Martel, C. de, Georges, D., Bray, F., Ferlay, J. & Clifford, G. M. Global burden of cancer attributable to infections in 2018: a worldwide incidence analysis. *Lancet Glob. Health* 8, e180–e190 (2020).
4. World Health Organization. Human Papillomavirus Vaccines: WHO Position Paper, December 2022. Disponible sur : <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/365350/WER9750-eng-fre.pdf?sequence=1>.
5. Doorbar, J. et al. The Biology and Life-Cycle of Human Papillomaviruses. *Vaccine* 30, F55–F70 (2012).
6. International Agency for Research and Cancer (IARC). Human Cancer: Known Causes and Prevention by Organ Site. Consulté le 13 août 2024 sur : https://monographs.iarc.who.int/human_cancer_known_causes_and_prevention_organ_site
7. Turki Jalil, A. & Karevskiy, A. The Cervical Cancer (CC) Epidemiology and Human Papillomavirus (HPV) in the Middle East. (2020) doi:10.5281/ZENODO.3972634.
8. CDC. Condom Use: An Overview. Consulté le 13 août 2024 sur : <https://www.cdc.gov/condom-use/index.html>
9. Akhatova, A. et al. Prophylactic Human Papillomavirus Vaccination : From the Origin to the Current State. *Vaccines* 10, 1912 (2022).
10. European Medicines Agency (EMA). Human papillomavirus vaccines – Cervarix, Gardasil, Gardasil 9, Silgard – referral. Consulté le 13 août 2024 sur : <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/human/referrals/human-papillomavirus-vaccines-cervarix-gardasil-gardasil-9-silgard>
11. Palmer, T. J. et al. Invasive cervical cancer incidence following bivalent human papillomavirus vaccination: a population-based observational study of age at immunization, dose, and deprivation. *JNCI J. Natl. Cancer Inst.* 116, 857–865 (2024).
12. Falcaro, M. et al. The effects of the national HPV vaccination programme in England, UK, on cervical cancer and grade 3 cervical intraepithelial neoplasia incidence: a register-based observational study. *The Lancet* 398, 2084–2092 (2021).
13. Conseil supérieur des maladies infectieuses (CSMI). Vaccination contre le Papilloma virus (HPV). Mise à jour Avril 2023. Disponible sur : <http://sante.public.lu/fr/espace-professionnel/recommandations/conseil-maladies-infectieuses/human-papilloma.html>
14. Latsuzbaia, A., Arbyn, M., Weyers, S. & Mossong, J. Human papillomavirus vaccination coverage in Luxembourg – Implications of lowering and restricting target age groups. *Vaccine* 36, 2411–2416 (2018).
15. Organisation mondiale de la Santé. Stratégie mondiale en vue d'accélérer l'élimination du cancer du col de l'utérus en tant que problème de santé publique. Genève, 2022.
16. Healthy People 2030. Increase the proportion of adolescents who get recommended doses of the HPV vaccine – IID-08. Consulté le 13 août 2024 sur : <https://odphp.health.gov/healthypeople/objectives-and-data/browse-objectives/vaccination/increase-proportion-adolescents-who-get-recommended-doses-hpv-vaccine-iid-08>
17. Ardilly, P. Les techniques de sondage. Editions TECHNIP. Paris, 2006.
18. Santin, G. et al. In an occupational health surveillance study, auxiliary data from administrative health and occupational databases effectively corrected for nonresponse. *J. Clin. Epidemiol.* 67, 722–730 (2014).



19. Ferri-García, R., Beaumont, J.-F., Bosa, K., Charlebois, J. & Chu, K. Weight smoothing for nonprobability surveys. *TEST* 31, 619–643 (2022).
20. Schouten, B., Cobben, F., Bethlehem, J. Indicators for the representativeness of survey response. *Survey Methodology*, 35, 101–113, (2009).
21. Juneau, C. et al. Do boys have the same intentions to get the HPV vaccine as girls? Knowledge, attitudes, and intentions in France. *Vaccine* 42, 2628–2636 (2024).
22. Daley, E. M. et al. The feminization of HPV: How science, politics, economics and gender norms shaped U.S. HPV vaccine implementation. *Papillomavirus Res.* 3, 142–148 (2017).
23. European Medicines Agency (EMA). Gardasil. Consulté le 13 août 2024 sur : <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/human/EPAR/gardasil>
24. European Medicines Agency (EMA). Silgard Consulté le 13 août 2024 sur : <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/human/EPAR/silgard>
25. European Medicines Agency (EMA). Assessment Report EMA/653012/2011. Consulté le 13 août 2024 sur : https://www.ema.europa.eu/en/documents/variation-report/gardasil-h-c-703-ws-29-epar-assessment-report-variation_en.pdf
26. Conseil supérieur des maladies infectieuses (CSMI). Vaccination contre le Human Papilloma Virus (HPV) - Mise à jour des recommandations du Conseil supérieur des maladies infectieuses (CSMI). (2018).
27. Van Mol, C. Improving web survey efficiency: the impact of an extra reminder and reminder content on web survey response. *Int. J. Soc. Res. Methodol.* 20, 317–327 (2017).
28. World Health Organization. WHO Immunization Data portal. Immunization Data. Consulté le 13 août 2024 sur : [https://immunizationdata.who.int/global/wiise-detail-page/human-papillomavirus-\(hvp\)-vaccination-coverage](https://immunizationdata.who.int/global/wiise-detail-page/human-papillomavirus-(hvp)-vaccination-coverage)
29. Colzani, E., Johansen, K., Johnson, H. & Pastore Celentano, L. Human papillomavirus vaccination in the European Union/European Economic Area and globally : a moral dilemma. *Eurosurveillance* 26, 2001659 (2021).
30. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Vaccine Scheduler. Consulté le 17 décembre 2024 sur : <https://vaccine-schedule.ecdc.europa.eu/Scheduler/ByDisease?SelectedDiseaseId=38&SelectedCountryIdByDisease=-1>
31. Bethlehem, J. Reduction of Nonresponse Bias through Regression Estimation. *Journal of Official Statistics*, 4(3), 251–260 (1988).
32. Rubin, D. B. Inference and missing data. *Biometrika* 63, 581–592 (1976).



07. Annexes

Estimation post-stratifiée de la couverture vaccinale

Les notations suivantes sont utilisées pour définir l'estimateur post-stratifié de la couverture vaccinale :

- $\bar{Y}$ est la couverture vaccinale globale sur l'ensemble de la population, dont $\hat{\bar{Y}}$ est l'estimateur
- N est la taille de la population des jeunes âgés de 9 à 20 ans
- La population est partitionnée en $h=1, \dots, H$ strates âge × sexe
- N_h est la taille de la population dans la strate h
- n_h est le nombre de répondants dans la strate h
- $\bar{Y}_h$ est la couverture vaccinale dans la strate h , dont $\hat{\bar{Y}}_h$ est l'estimateur
- $p_h = \frac{n_h}{N_h}$ est la probabilité de réponse supposée constante au sein de la strate h
- $\mathcal{Y}_i$ est la variable indiquant si l'individu i est vacciné contre le HPV (1 si vacciné et 0 si non vacciné)
- s_h^2 est la variance de la variable $\mathcal{Y}_i$ parmi les répondants de la strate h

On constate d'abord que la couverture vaccinale globale peut s'écrire comme une somme pondérée des couvertures vaccinales au sein des strates :

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H \sum_{i \in H} y_i = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H N_h \bar{Y}_h$$

On estime ensuite la couverture vaccinale de la strate h en y intégrant la probabilité de réponse :

$$\hat{\bar{Y}}_h = \frac{1}{N_h} \sum_{i=1}^{n_h} \frac{y_i}{p_h} = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} y_i$$

On en déduit l'estimateur post-stratifié de la couverture vaccinale globale :

$$\hat{\bar{Y}} = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H N_h \hat{\bar{Y}}_h$$

Dont la variance se calcule ainsi¹⁷ :

$$Var(\hat{\bar{Y}}) = \sum_{h=1}^H \left(\frac{N_h}{N} \right)^2 \frac{1 - p_h}{n_h} s_h^2$$

Les taux de couverture vaccinale contre le HPV ont donc été calculés par âge et sexe, ainsi que globalement pour l'ensemble de la population des jeunes âgés de 9 à 20 ans résidant au Luxembourg. Tous ces calculs ont été réalisés à l'aide du package survey du logiciel R (version 4.1.3).



Impact de la non-réponse sur les estimations de la couverture vaccinale

Le faible taux de réponse de 13,9 % observé à la fin de l'enquête a nécessité une analyse approfondie de l'impact potentiel de la non-réponse sur les estimations des couvertures vaccinales. Comme détaillé dans la section « Analyse statistique », deux problèmes principaux se posent : d'une part, une précision des estimations qui pourrait être altérée comparativement à une situation idéale où tous les individus auraient répondu ; d'autre part, un biais potentiel de non-réponse si les comportements de vaccination des non-répondants diffèrent de ceux des répondants.

Concernant la **précision des estimations**, les largeurs des intervalles de confiance montrent une précision satisfaisante des couvertures vaccinales. Par exemple, la précision relative de l'estimation de la couverture vaccinale globale chez les 9-20 ans est de $\pm 1.4\%$. Cette précision est assurée par la taille finale de l'échantillon, qui s'élève à 10 610 individus et est suffisamment grande pour garantir des estimations fiables. Par conséquent, la non-réponse semble n'avoir eu qu'un effet minime sur la précision des estimations.

Pour approcher la question du **biais de non-réponse**, nous avons modélisé a posteriori le recensement comme un échantillonnage aléatoire, où la probabilité d'inclusion d'un individu i dans l'échantillon correspond à sa probabilité de réponse p_i . Bethlehem (1988)³¹ montre alors que le biais de l'estimateur classique de la moyenne est :

$$B(\bar{y}) = \frac{\text{cov}(p, y)}{\bar{p}}$$

où $\text{cov}(p, y)$ est la covariance entre la probabilité de réponse $p = (p_i)_{i=1, \dots, N}$ et la variable d'intérêt $y = (y_i)_{i=1, \dots, N}$ représentant ici le statut vaccinal, et $\bar{p}$ est la probabilité moyenne de réponse. Nous remarquons alors que le biais de non-réponse dépend de deux facteurs : la présence d'un lien entre probabilité de réponse et variable d'intérêt, et du taux de réponse. En particulier, le biais de non-réponse devient nul dès

que le fait de répondre ou non à l'enquête ne dépend pas de la variable cible, et cela peu importe le taux de réponse. Ainsi, même en présence d'un taux de réponse élevé, la seule existence d'un mécanisme de réponse dépendant de la variable cible rend l'estimateur biaisé.

De plus, cette approche permet de nous situer par rapport aux mécanismes de non-réponse identifiés par Rubin (1976)³² :

- **MCAR (Missing Completely at Random)** : il n'existe aucune relation entre la probabilité de réponse et le statut vaccinal, ce qui rend l'échantillon des répondants aléatoire et représentatif. p_i est constante pour tous les individus, et aucune correction de la non-réponse n'est nécessaire car il n'existe aucun biais de non-réponse.
- **MAR (Missing at Random)** : il existe une corrélation entre la probabilité de réponse et le statut vaccinal, introduisant ainsi un biais de non-réponse ; cependant, ce lien entre réponse et vaccination peut s'expliquer par des variables auxiliaires. En particulier, p_i est constante pour tous les individus partageant les mêmes valeurs de ces variables auxiliaires, et une post-stratification adaptée permet d'éliminer le biais de non-réponse.
- **MNAR (Missing Not at Random)** : il existe un lien direct entre la probabilité de réponse et le statut vaccinal, sans variables auxiliaires disponibles pour expliquer ce lien. Dans ce cas, le biais de non-réponse ne peut être totalement supprimé.



Nous avons supposé un mécanisme MAR dans lequel les variables d'âge et de sexe expliquent à la fois la probabilité de réponse et le statut vaccinal, permettant théoriquement d'éliminer le biais de non-réponse lors de la post-stratification. En effet, le biais de l'estimateur post-stratifié s'écrit :

$$B(\hat{Y}) = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H N_h B(\hat{Y}_h) = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H N_h \frac{\text{cov}(p_h, y_h)}{\bar{p}_h}$$

L'hypothèse MAR, en supposant que les probabilités de réponse ne varient pas au sein des strates, implique une covariance nulle entre p_h et y_h , rendant ainsi cet estimateur non-biaisé. En d'autres termes, cette hypothèse repose sur deux principes :

- Au sein de chaque strate âge-sexe de l'échantillon (par exemple, celle des garçons de 12 ans), la probabilité de répondre à l'enquête est identique pour tous les individus.
- Les variations dans les taux de réponse entre les différentes strates n'ont pas d'impact direct sur les estimations de la couverture vaccinale, garantissant des résultats exempts de distorsion liée à la non-réponse.

Nous pouvons également approcher la non-réponse à travers le prisme du R-indicateur proposé par Schouten et al. (2009)²⁰. Cet indicateur a été conçu pour compléter le taux de réponse, qui, à lui seul, ne suffit pas pour évaluer l'impact de la non-réponse sur la qualité de l'échantillon. Le R-indicateur cherche à déterminer si la non-réponse a affecté la représentativité de l'échantillon, et sa définition repose sur la dispersion des probabilités de réponse. Au sein d'une strate h , le R-indicateur s'écrit :

$$R_h = 1 - 2S(p_h) = 1 - 2 \sqrt{\sum_{i=1}^{N_h} \frac{(p_{i,h} - \bar{p}_h)^2}{N_h - 1}}$$

où N_h est la taille de la population de la strate, $p_{i,h}$ la probabilité de réponse de l'individu i , $\bar{p}_h$ la probabilité de réponse moyenne dans la strate et $S(p_h)$ l'écart-type des probabilités de réponse individuelles. Le R-indicateur varie entre 0 et 1, où :

- Une valeur proche de 1 indique une situation idéale où les propensions à répondre sont homogènes, et aucune force sélective n'influence la participation.
- Une valeur proche de 0 suggère une forte hétérogénéité dans les propensions à répondre, indiquant que la non-réponse affecte la structure de l'échantillon.

Cet indicateur repose sur la connaissance des probabilités de réponse individuelles p_i , qui sont généralement inaccessibles. L'estimation du R-indicateur dépend donc du mécanisme de réponse modélisé ou présupposé.





Par ailleurs, Schouten et al. (2009)²⁰ montrent que le R-indicateur permet de majorer le biais de non-réponse. En effet, on trouve par l'inégalité de Cauchy-Schwartz :

$$|B(\hat{Y})| = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H N_h \frac{|cov(p_h, y_h)|}{\bar{p}_h} \leq \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H N_h \frac{S(p_h)S(y_h)}{\bar{p}_h} \leq \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H N_h \frac{1 - R_h}{4\bar{p}_h}$$

Il est également possible d'en déduire une borne pour le contraste maximal entre répondants et non-répondants⁹. En effet, le biais de non-réponse s'exprime aussi comme le produit de la probabilité de non-réponse et du contraste. Ainsi, au sein d'une strate h :

$$Contraste_h = |\mathbb{E}(Y_{r,h}) - \mathbb{E}(Y_{nr,h})| = \frac{|B(\hat{Y}_h)|}{1 - \bar{p}_h} \leq \frac{1 - R_h}{4\bar{p}_h(1 - \bar{p}_h)}$$

où $\mathbb{E}(Y_{r,h})$ et $\mathbb{E}(Y_{nr,h})$ sont les couvertures vaccinales pour les répondants et les non-répondants.

On peut remarquer que sous l'hypothèse MAR retenue, la dispersion des probabilités de réponse individuelles est nulle au sein d'une strate. Nous avons alors R_h qui est égal à 1, ce qui implique que le biais et le contraste de non-réponse sont nuls.

Cette hypothèse selon laquelle la post-stratification par âge et sexe a permis d'atteindre une homogénéité parfaite en termes de mécanisme de réponse est évidemment simplificatrice. En pratique, il est possible qu'elle ait seulement permis de réduire le biais de non-réponse, sans pouvoir l'éliminer complètement. Cette situation peut se produire si d'autres variables socio-démographiques, non incluses dans notre analyse, influencent également de manière significative le mécanisme de réponse. De plus, si la non-réponse est en réalité MNAR, le biais de non-réponse persisterait malgré une stratification plus précise. Cependant, en l'absence de variables auxiliaires supplémentaires au-delà de l'âge et du sexe pour affiner notre modèle, cette approche de post-stratification demeure une des meilleures options disponibles pour limiter le biais de non-réponse dans nos estimations.

⁹Le contraste est la différence entre la couverture vaccinale des répondants et celle des non-répondants.

Pour évaluer l'impact potentiel du biais de non-réponse, tout en s'écartant de l'hypothèse selon laquelle la stratification par âge et sexe l'a entièrement atténué, nous avons développé un modèle basé sur des hypothèses de comportements de réponse liés au statut vaccinal.

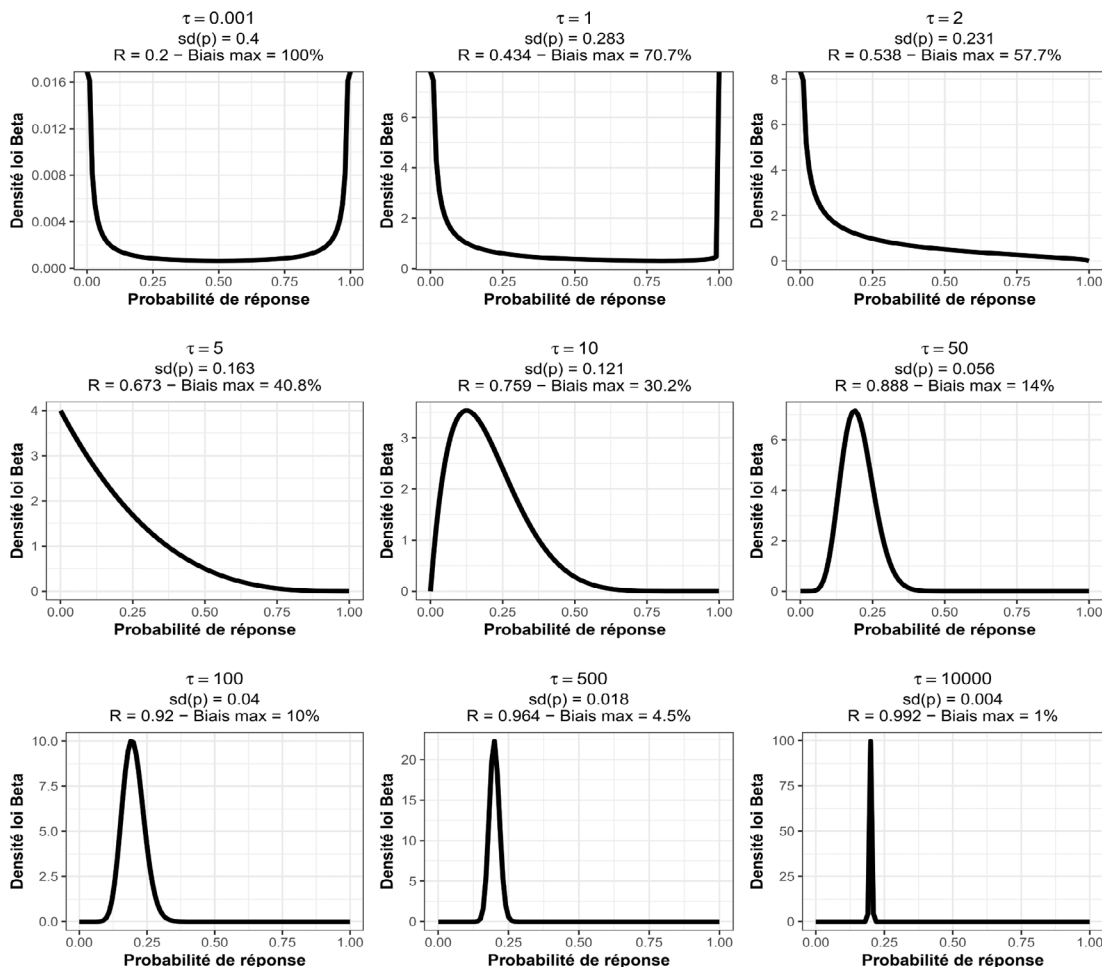
Ce modèle de non-réponse repose sur les trois hypothèses suivantes :

- a. Les probabilités de réponse individuelles p_{ih} , jusqu'à présent supposées constantes au sein de la strate h , sont maintenant distribuées selon une loi bêta :

$$p_{ih} \sim \text{Beta}(\overline{p}_h \tau_h, (1 - \overline{p}_h) \tau_h)$$

où $\overline{p}_h$ est le taux moyen de réponse observé, et τ_h est un paramètre de précision strictement positif (Ferrari and Cribari-Neto, 2004). La probabilité de réponse vaut en moyenne $\mathbb{E}(p_{ih}) = \overline{p}_h$, et sa variance est $\mathbb{V}(p_{ih}) = \overline{p}_h(1 - \overline{p}_h)/(1 + \tau_h)$. En moyenne, on retrouve donc le taux de réponse moyen observé dans la strate $\overline{p}_h$, et la dispersion est incorporée à travers le paramètre τ_h . L'hypothèse MAR se retrouve lorsque $\tau_h \rightarrow \infty$, c'est-à-dire lorsque $\mathbb{V}(p_{ih}) \rightarrow 0$. A titre d'exemple, la Figure 18 illustre différentes configurations des probabilités de réponse simulées en fonction de τ pour une loi bêta avec une moyenne de 0.2. On observe que plus τ_h est faible, plus les probabilités de réponse sont dispersées.

FIGURE 18. SIMULATION DES PROBABILITÉS DE RÉPONSE SELON UNE LOI BÊTA DE MOYENNE 0.2 POUR DIFFÉRENTES VALEURS DU PARAMÈTRE DE PRÉCISION τ





- b.** Nous supposons que les comportements face à la vaccination HPV influencent la dispersion des réponses au sein des strates. Plus la couverture vaccinale est élevée, plus les individus sont susceptibles d'adhérer aux recommandations de santé publique, entraînant une plus grande homogénéité dans les attitudes de réponse. Cela implique une relation inverse entre la variance de p_{ih} et la couverture vaccinale $\bar{Y}_h$. Nous fixons donc le paramètre de précision τ_h égal à la couverture vaccinale $\bar{Y}_h$.
- c.** Nous supposons que la non-réponse génère un biais positif, c'est-à-dire que les répondants ont en moyenne une couverture vaccinale plus élevée que les non-répondants. Cette hypothèse repose sur l'idée que les répondants sont plus enclins à suivre les recommandations vaccinales. Nous imposons donc la contrainte selon laquelle la couverture vaccinale des non-répondants ne peut excéder celle des répondants. Cela implique en particulier que le contraste maximal de non-réponse reste inférieur à la couverture vaccinale estimée chez les répondants :

$$\text{Contraste}_{h,max} = \frac{1 - R_h}{4\bar{p}_h(1 - \bar{p}_h)} \leq \bar{Y}_h \Leftrightarrow \tau_h \geq \tau_{h,min} = \frac{2500}{\bar{Y}_h^2 \bar{p}_h(1 - \bar{p}_h)} - 1$$

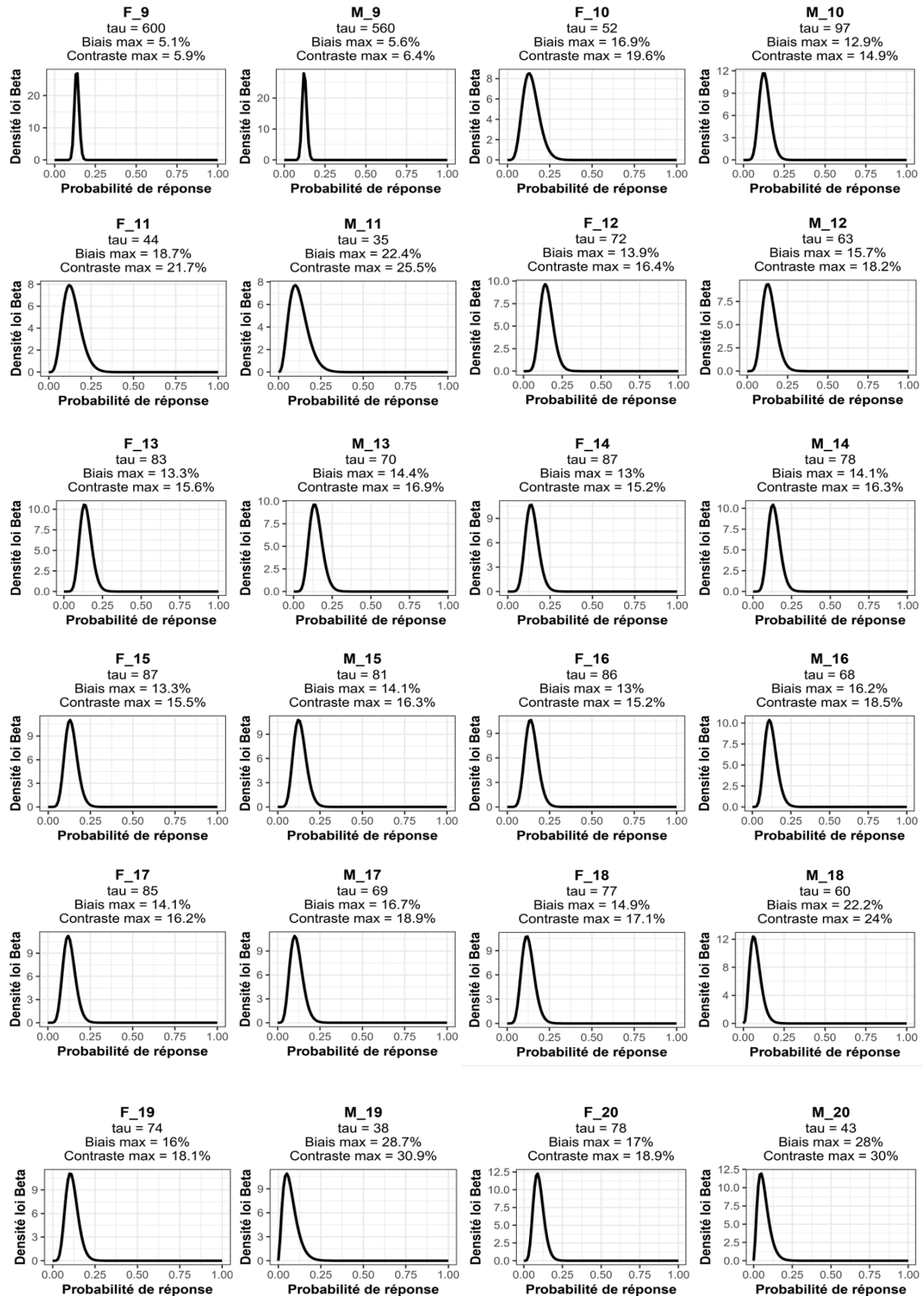
Ces trois hypothèses définissent le modèle de non-réponse suivant, où la forme de la densité de probabilité des p_{ih} dépend donc simultanément du taux de réponse observé et de la couverture vaccinale estimée dans la strate :

$$\begin{cases} p_{ih} \sim \text{Beta}(\bar{p}_h \tau_h, (1 - \bar{p}_h) \tau_h) \\ \tau_h = \max(\bar{Y}_h, \tau_{h,min}) \end{cases}$$

Les paramètres $\bar{p}_h$ et τ_h de ce modèle ont été calculés en chaque strate. La Figure 19 représente les densités des distributions bêta estimées pour les probabilités de réponse p_{ih} . Ces densités sont toutes unimodales, asymétriques à droite, et se concentrent autour du taux moyen de réponse observé dans chaque strate.



FIGURE 19. ESTIMATION DES DISTRIBUTIONS DES PROBABILITÉS DE RÉPONSE PAR STRATE DANS LE CADRE DE MÉCANISME DE RÉPONSE SUPPOSÉ





Selon ce modèle, le R-indicateur de la strate h , s'écrit :

$$R_h = 1 - 2\sqrt{\mathbb{V}(p_{ih})} = 1 - 2\sqrt{\frac{\bar{p}_h(1 - \bar{p}_h)}{1 + \tau_h}}$$

Et l'on peut en déduire le biais maximal et le contraste maximal de non-réponse :

$$\begin{cases} B_{h,max} = \frac{1 - R_h}{4\bar{p}_h} \\ \text{Contraste}_{h,max} = \frac{B_{h,max}}{1 - \bar{p}_h} \end{cases}$$

La Figure 20 et le Tableau 6 montrent ces indicateurs de non-réponse estimés dans chaque strate. Nous tenons à rappeler que ces estimations des indicateurs de non-réponse sont basées sur un modèle supposé, que nous considérons réaliste, mais elles ne proviennent pas directement des données, car nous n'avons pas accès aux probabilités individuelles de réponse. Par conséquent, ces résultats doivent être interprétés avec prudence.

Le R-indicateur global, moyenné sur l'ensemble des strates, est estimé à 0.925 (IC 95 % = [0.923, 0.926]^h), ce qui suggère que, de manière générale, les forces sélectives influençant la participation sont relativement faibles.

Le biais maximal de non-réponse global est quant à lui estimé à 15.9 % (IC 95 % = [15.5 %, 16.2 %]). Il a tendance à augmenter avec l'âge, passant d'environ 5 % chez les enfants de 9 ans à 28.7 % chez les garçons de 19 ans, et est plus élevé chez les garçons que chez les filles, avec un pic observé à 11 ans et à 19-20 ans. Le contraste maximal suit une tendance similaire, avec une moyenne de 18 % (IC 95 % = [17.7 %, 18.4 %]) et un maximum estimé à 30.9 % chez les garçons de 19 ans.

Pour illustrer l'impact potentiel de ce biais sur les estimations, prenons l'exemple des filles de 15 ans, dont la couverture vaccinale est estimée à 87.3% (pour au moins une dose de vaccin). En intégrant un biais maximal de non-réponse estimé à 13.3%, cette couverture pourrait être révisée à 74.0% (87.3% - 13.3%). De même, avec un contraste maximal de non-réponse estimé à 15.5%, la couverture chez les non-répondants pourrait descendre jusqu'à 71.8% (87.3% - 15.5%). Il convient de rappeler que ces estimations représentent des bornes maximales, ce qui signifie que le biais et le contraste réel sont probablement moindres. La Figure 21 compare, pour chaque strate d'âge et sexe, la couverture vaccinale initialement estimée avec la couverture révisée dans le pire scénario de non-réponse, induisant un biais de non-réponse maximal.

^hLes intervalles de confiance des indicateurs de non-réponse (probabilité moyenne de réponse, R-indicateur, biais maximal, contraste maximal) sont calculés par bootstrap non-paramétrique : rééchantillonnage avec remise de l'échantillon initial de répondants et de non-répondants, post-stratification par âge et sexe, et application du modèle de non-réponse.



FIGURE 20. INDICATEURS DE NON-RÉPONSE DE L'ENQUÊTE HPV 2024 PAR ÂGE ET SEXE SELON LE MÉCANISME DE RÉPONSE SUPPOSÉ (AVEC INTERVALLES DE CONFIANCE À 95 %)

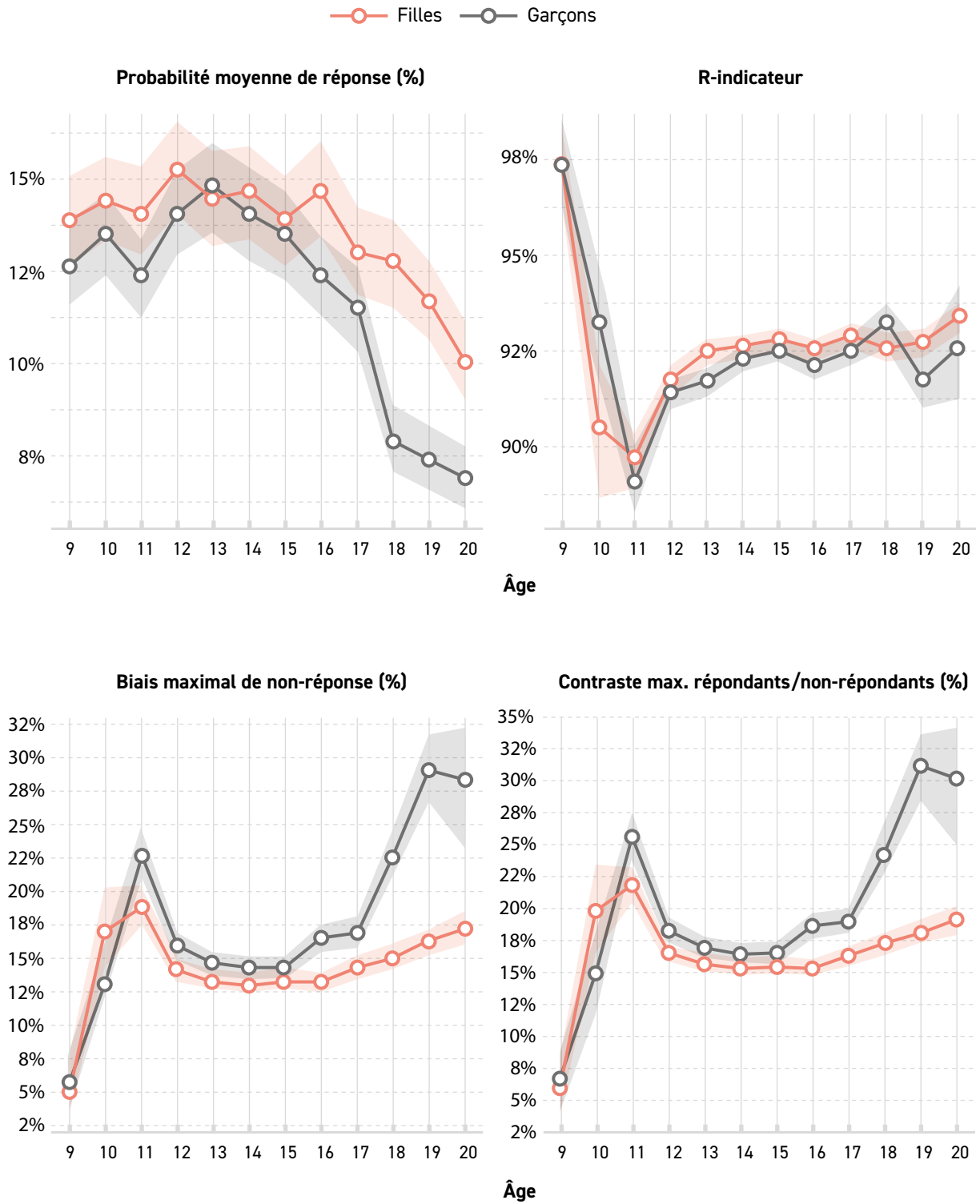
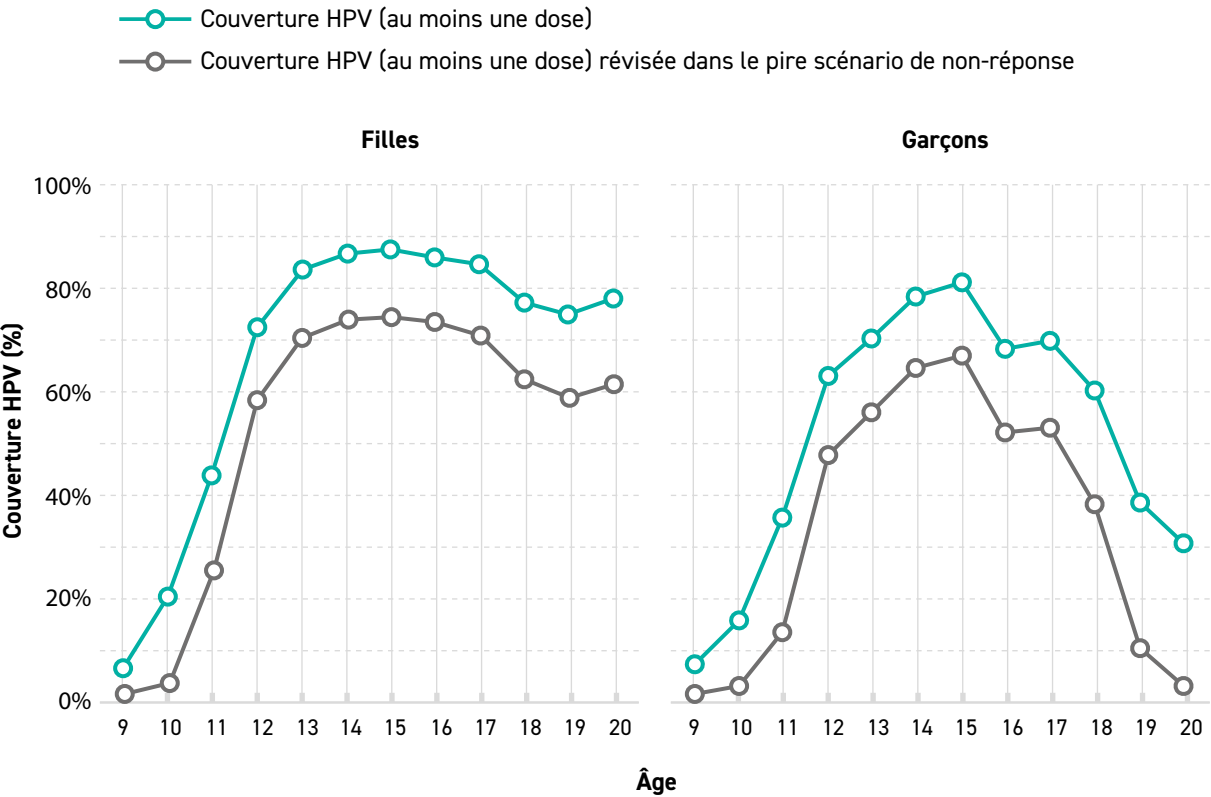




FIGURE 21. COUVERTURE VACCINALE HPV (AU MOINS UNE DOSE) : ESTIMATION INITIALE ET AJUSTÉE POUR LE SCÉNARIO DE NON-RÉPONSE MAXIMAL, PAR ÂGE ET PAR SEXE.



**TABLEAU 6. INDICATEURS DE NON-RÉPONSE DE L'ENQUÊTE HPV 2024 PAR ÂGE ET PAR SEXE SELON LE MÉCANISME DE RÉPONSE SUPPOSÉ (AVEC INTERVALLES DE CONFIANCE À 95 %)**

Âge	Sexe	Probabilité moyenne de réponse	Couverture vaccinale estimée (au moins une dose)	R-indicateur	Biais maximal de non-réponse	Contraste maximal de non-réponse
9	Filles	13.6 % [12.5 %, 14.9 %]	5.9 %	0.972 [0.962 - 0.982]	5.1 % [3.4 %, 7.1 %]	5.9 % [4.0 %, 8.2 %]
	Garçons	12.4 % [11.4 %, 13.6 %]	6.4 %	0.972 [0.962 - 0.982]	5.6 % [3.7 %, 7.6 %]	6.4 % [4.3 %, 8.6 %]
10	Filles	14.2 % [13.1 %, 15.3 %]	19.6 %	0.904 [0.886 - 0.921]	16.9 % [14.0 %, 20.0 %]	19.6 % [16.4 %, 23.3 %]
	Garçons	13.3 % [12.1 %, 14.4 %]	14.9 %	0.931 [0.916 - 0.945]	12.9 % [10.3 %, 15.8 %]	14.9 % [11.9 %, 18.2 %]
11	Filles	13.9 % [12.7 %, 15.1 %]	43.5 %	0.896 [0.889 - 0.903]	18.7 % [17.4 %, 20.1 %]	21.7 % [20.4 %, 23.2 %]
	Garçons	12.2 % [11.0 %, 13.2 %]	35.1 %	0.891 [0.883 - 0.899]	22.4 % [20.7 %, 24.4 %]	25.5 % [23.7 %, 27.5 %]
12	Filles	15.0 % [13.7 %, 16.3 %]	71.9 %	0.916 [0.913 - 0.920]	13.9 % [13.2 %, 14.8 %]	16.4 % [15.8 %, 17.1 %]
	Garçons	13.8 % [12.7 %, 15.0 %]	62.5 %	0.913 [0.909 - 0.918]	15.7 % [14.8 %, 16.6 %]	18.2 % [17.3 %, 19.1 %]
13	Filles	14.3 % [13.0 %, 15.5 %]	83.3 %	0.924 [0.921 - 0.927]	13.3 % [12.7 %, 14.1 %]	15.6 % [14.9 %, 16.3 %]
	Garçons	14.5 % [13.3 %, 15.7 %]	69.9 %	0.916 [0.913 - 0.920]	14.4 % [13.7 %, 15.3 %]	16.9 % [16.2 %, 17.7 %]
14	Filles	14.5 % [13.2 %, 15.7 %]	86.6 %	0.925 [0.922 - 0.928]	13.0 % [12.3 %, 13.7 %]	15.2 % [14.6 %, 15.8 %]
	Garçons	13.8 % [12.6 %, 15.0 %]	78.0 %	0.922 [0.919 - 0.926]	14.1 % [13.4 %, 14.9 %]	16.3 % [15.7 %, 17.1 %]
15	Filles	13.7 % [12.5 %, 14.9 %]	87.3 %	0.927 [0.924 - 0.930]	13.3 % [12.7 %, 14.2 %]	15.5 % [14.9 %, 16.2 %]
	Garçons	13.3 % [12.1 %, 14.5 %]	80.6 %	0.925 [0.922 - 0.928]	14.1 % [13.4 %, 15.0 %]	16.3 % [15.6 %, 17.1 %]
16	Filles	14.5 % [13.2 %, 15.8 %]	85.9 %	0.925 [0.921 - 0.928]	13.0 % [12.3 %, 13.8 %]	15.2 % [14.6 %, 15.9 %]
	Garçons	12.1 % [11.0 %, 13.2 %]	67.6 %	0.921 [0.917 - 0.925]	16.2 % [15.3 %, 17.3 %]	18.5 % [17.6 %, 19.5 %]
17	Filles	12.8 % [11.7 %, 14.0 %]	84.5 %	0.928 [0.925 - 0.931]	14.1 % [13.4 %, 14.9 %]	16.2 % [15.5 %, 16.9 %]
	Garçons	11.3 % [10.1 %, 12.4 %]	69.4 %	0.925 [0.921 - 0.929]	16.7 % [15.8 %, 17.8 %]	18.9 % [17.9 %, 19.9 %]
18	Filles	12.6 % [11.3 %, 13.7 %]	76.9 %	0.925 [0.921 - 0.929]	14.9 % [14.1 %, 15.9 %]	17.1 % [16.4 %, 18.0 %]
	Garçons	7.7 % [6.9 %, 8.6 %]	59.6 %	0.931 [0.926 - 0.936]	22.2 % [20.6 %, 24.2 %]	24.0 % [22.5 %, 26.0 %]
19	Filles	11.5 % [10.4 %, 12.6 %]	74.4 %	0.927 [0.923 - 0.930]	16.0 % [15.1 %, 17.0 %]	18.1 % [17.2 %, 19.1 %]
	Garçons	7.2 % [6.4 %, 8.1 %]	38.0 %	0.917 [0.910 - 0.925]	28.7 % [26.2 %, 31.2 %]	30.9 % [28.3 %, 33.4 %]
20	Filles	9.8 % [8.8 %, 10.9 %]	78.0 %	0.933 [0.929 - 0.937]	17.0 % [15.9 %, 18.3 %]	18.9 % [17.8 %, 20.0 %]
	Garçons	6.7 % [5.9 %, 7.5 %]	30.0 %	0.925 [0.912 - 0.941]	28.0 % [23.0 %, 31.7 %]	30.0 % [24.8 %, 33.9 %]
Ensemble 9-20 ans		12.4 % [12.2 %, 12.6 %]	58.2 %	0.925 [0.923 - 0.926]	15.9 % [15.5 %, 16.2 %]	18.0 % [17.7 %, 18.4 %]

Enquête sur la couverture vaccinale HPV au Luxembourg en 2024

AVRIL 2025

Service épidémiologie et statistique
Direction de la santé



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé
et de la Sécurité sociale

Direction de la santé