



DÉPARTEMENT DE L'ÉCONOMIE, DE L'INNOVATION,  
DE L'EMPLOI ET DU PATRIMOINE

Bureau de l'égalité  
entre les femmes et les hommes

Étude

Sélection basée sur le risque dans les  
contrôles du respect de l'égalité salariale  
entre femmes et hommes

**Titre**

Sélection basée sur le risque dans les contrôles du respect de l'égalité salariale entre femmes et hommes

**Editeur**

Bureau de l'égalité entre les femmes et les hommes BEFH

**Auteur·e·s**

Florian Chávez-Juárez, CORESO

Mayra Chávez-Juárez, CORESO

Patrik Gajta, Bureau BASS

**Coordinateur du projet**

Jeremy Kolly, BEFH

**Diffusion**

Bureau de l'égalité entre les femmes et les hommes BEFH

Rue Caroline 11

1014 Lausanne

info.befh@vd.ch

[www.vd.ch/egalite](http://www.vd.ch/egalite) – [www.vd.ch/befh](http://www.vd.ch/befh)

Les appréciations et interprétations de cette étude ne reflètent pas forcément le point de vue du BEFH.

Lausanne, août 2024

## Préface

La Commission de contrôle des marchés publics et des subventions (CoMPS) du canton de Vaud a pour mission de contrôler le respect de l'égalité salariale dans les marchés publics du canton et les subventions de l'État. Chaque année, depuis 2020, la CoMPS sélectionne aléatoirement au moins 10 entreprises ayant obtenu des marchés publics dans le canton ou 10 entités subventionnées par les services de l'administration cantonale afin de les soumettre à un contrôle.

Les évaluations du risque de ne pas respecter l'égalité salariale présentées par les entités employeuses peuvent être des données précieuses pour la sélection des entités à contrôler. Elles peuvent aider les autorités de contrôle telles que la CoMPS à maximiser leur efficacité, à mieux cibler les entités employeuses plus à risque d'être en infraction à la Loi sur l'égalité et contribuer à réduire la charge administrative de celles qui sont en conformité. Cette étude analyse l'efficacité des approches de sélection des entités à contrôler qui reposent sur le risque de non-respect de l'égalité salariale.

En premier lieu, elle dresse un portrait des entreprises actives dans les marchés publics

du canton de Vaud et des entités subventionnées par les services de l'administration cantonale. Elle propose ensuite une modélisation statistique du risque de non-respect de l'égalité salariale sur la base des résultats de tous les contrôles réalisés en Suisse depuis 2006. Enfin, différents algorithmes de sélection des entités à contrôler selon le risque sont proposés et comparés dans le cadre de simulations numériques. Cet exercice démontre la plus grande efficacité des procédures de sélection basées sur le risque par rapport à une sélection aléatoire, et relève que, de manière générale, les entreprises actives dans les marchés publics présentent un risque de non-respect plus élevé que les entités subventionnées.

Cette étude contribuera à aider les autorités de contrôle à réaliser un meilleur ciblage des entités employeuses présentant un risque accru de non-respect. Et de ce fait, cela permettra de faire mieux respecter le principe de l'égalité salariale entre femmes et hommes dans cadre des marchés publics et des subventions.

**Maribel Rodriguez**

Cheffe du Bureau de l'égalité  
entre les femmes et les hommes

Présidente de la Commission de contrôle  
des marchés publics et des subventions



BUREAU D'ETUDES DE POLITIQUE DU TRAVAIL ET  
DE POLITIQUE SOCIALE BASS SA

**BASS**



**CORESO**  
Collaborative Research Solutions

## Sélection basée sur le risque dans les contrôles du respect de l'égalité salariale entre femmes et hommes

AUTEUR·E·S :

Dr. Florian Chávez-Juárez, CORESO

Mayra Chávez-Juárez, CORESO

Patrik Gajta, Bureau BASS

MANDANT :

Bureau de l'égalité entre les femmes et les hommes BEFH

RESPONSABLE POUR LE MANDANT :

Dr. Jeremy Kolly

AOÛT 2024

---

## Résumé

La Commission de contrôle des marchés publics et des subventions (CoMPS) du canton de Vaud est chargée de réaliser des contrôles du respect de l'égalité salariale entre femmes et hommes auprès des entités employeuses qui ont obtenu des marchés publics dans le canton de Vaud ou qui bénéficient d'un subventionnement de l'État de Vaud, en vertu de l'article 4b de la loi d'application dans le canton de Vaud de la loi fédérale sur l'égalité entre femmes et hommes (LVLEg; BLV 173.63). Afin de contribuer au développement de connaissances en matière de contrôle, et dans une perspective d'utilisation efficiente des ressources de l'État, la présente étude vise à analyser l'efficacité des approches de sélection des entités à contrôler sur la base du risque de non-respect de l'égalité salariale.

Une identification plus précise des entités présentant un risque accru de non-respect peut contribuer à optimiser l'efficacité et l'efficacité globale de l'activité de contrôle, tant pour l'État que pour les entités elles-mêmes. D'un point de vue étatique, il est essentiel de déceler les entités qui transgressent le principe de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes et de les contraindre à prendre des mesures correctives. Du point de vue des entités, il est préférable de viser à limiter les contrôles imposés aux entités déjà en situation de conformité, puisque ces contrôles engendrent une charge administrative supplémentaire.

Afin d'évaluer l'efficacité des différentes approches de sélection selon le risque, un exercice de simulation est mis en place dans le cadre de cette étude. Plusieurs étapes préparatoires sont nécessaires à la réalisation de ces simulations. En premier lieu, des données relatives à l'ensemble des entités ayant bénéficié de marchés publics ou de subventions au cours de la période d'analyse ont été collectées (2019 à 2022 pour les marchés publics et 2019 à 2021 pour les subventions). Ces données ont ensuite été consolidées avec les données administratives afin de créer une description détaillée de la population soumise aux contrôles. La compréhension de cette population est essentielle pour les étapes ultérieures de l'étude.

Ensuite, des données provenant de contrôles antérieurs effectués par toutes les autorités réalisant des contrôles en Suisse ont été combinées et appariées avec des données administratives pour estimer des modèles économétriques. Ces modèles visent à identifier les facteurs de risque prédictifs de la probabilité de non-conformité. L'objectif est de repérer des variables exploitables par les algorithmes de sélection afin d'en améliorer la précision.

Puis, un examen des approches basées sur le risque mises en œuvre par d'autres autorités en Suisse a été réalisé. Les éléments clés de ces méthodes ont été mis en lumière. Dans le cadre de la quatrième étape, l'ensemble des informations issues des trois premières étapes a été intégré afin de développer différentes approches ou algorithmes de sélection justifiant une analyse approfondie. Enfin, un exercice de simulation a été réalisé pour évaluer les performances des algorithmes proposés. Pour ce faire, l'évaluation des facteurs de risque de la deuxième étape a été utilisée pour attribuer un risque de non-respect à toutes les entités ayant reçu des marchés publics ou des subventions (données de l'étape 1). Ce risque estimé de non-respect a ensuite été utilisé pour déterminer de manière aléatoire les entités qui respectent ou non l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. Les différents algorithmes de sélection ont ensuite été appliqués à cette population contrefactuelle afin d'évaluer leur efficacité.

La comparaison des entités ayant reçu des marchés publics ou des subventions du canton de Vaud avec la population générale des entités employeuses a montré que les entités soumises au contrôle sont généralement plus grandes en termes d'effectifs. Celles qui reçoivent des subventions ont une proportion plus élevée de femmes, tandis que celles qui obtiennent des marchés publics ont une proportion plus élevée d'hommes, que la population générale. Par ailleurs, les entités ayant obtenu des marchés publics présentent un risque plus élevé de non-respect que celle recevant des subventions.

Plusieurs facteurs de risque ont été identifiés grâce à une modélisation économétrique. Le nombre et la proportion de femmes au sein de chaque entité sont positivement liés à la probabilité de respecter l'égalité entre les femmes et les hommes. Trois facteurs prédictifs supplémentaires ont été obtenus à partir de l'étude de [Kaiser et Möhr \(2021\)](#) basée sur *l'enquête suisse sur la structure des salaires* (ESS), à savoir l'écart de rémunération non expliqué entre les femmes et les hommes par région et par code NOGA et la part de l'écart non expliqué par code NOGA. Toutes ces variables contribuent positivement au risque de non-respect

---

et rendent le modèle plus précis. Dans l'ensemble, les probabilités prédites de non-respect vont de valeurs inférieures à 5 % à des valeurs proches de 55 %, ce qui indique que le modèle est clairement capable de distinguer les risques.

L'exercice de simulation a montré que les algorithmes de sélection basés sur le risque sont plus performants que la sélection aléatoire (avec probabilité égale), car ils sont plus susceptibles de sélectionner les entités qui ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. En concentrant les contrôles sur ces entités à haut risque, la proportion globale d'entités employeuses ne respectant pas l'égalité salariale peut être réduite plus rapidement, tout en réduisant la charge administrative des entités respectant l'égalité de rémunération entre les femmes et les hommes en ne les contrôlant pas autant. Sur une période de 10 ans, le nombre de contrôles d'entités ne respectant pas l'égalité salariale peut approximativement être doublé par rapport à une situation de sélection aléatoire. Afin de réduire la charge administrative de l'autorité de contrôle pour la préparation des données utilisées pour la sélection, et afin d'améliorer encore la précision des estimations des risques, il pourrait être intéressant d'envisager une coordination des autorités, voire une autorité centrale chargée d'estimer les risques.

La prise en compte d'un facteur d'ajustement à la baisse du risque pour les entités ayant passé avec succès un contrôle s'avère nécessaire pour améliorer l'efficacité de la sélection. En utilisant les informations supplémentaires issues du contrôle et en réduisant le risque prévu pour ces entités, celles-ci sont moins susceptibles d'être à nouveau sélectionnées pour un contrôle, ce qui libère des ressources pour le contrôle d'autres entités.

La simulation a également identifié qu'il existe un certain compromis entre l'efficacité des algorithmes et la notion d'égalité de traitement entre les entités contrôlées. En termes d'identification efficace des entités qui ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, les algorithmes qui ne choisissent que parmi les entités à haut risque sont les plus performants. Toutefois, ils présentent l'inconvénient d'imposer une probabilité de contrôle nulle aux entités à faible risque, alors que parmi les entités à faible risque, certaines ne respectent pas l'égalité salariale.

Sur la base de cette étude, les recommandations suivantes sont formulées :

1. Il est recommandé aux autorités de contrôle telles que la CoMPS d'utiliser une procédure de sélection des entités à contrôler basée sur le risque.
2. Dans ce contexte, il n'est pas recommandé de contrôler autant de marchés publics que de subventions en raison du risque plus élevé de non-respect des entités ayant obtenu des marchés publics.
3. L'introduction d'une sélection basée sur le risque devrait s'accompagner de l'introduction d'un facteur d'ajustement du risque permettant de réduire la probabilité de contrôle pour les entités pour lesquelles des connaissances supplémentaires sont disponibles, par exemple, après un contrôle réussi.
4. Il est recommandé que l'autorité de contrôle choisisse l'algorithme de sélection selon le risque correspondant le mieux à ses objectifs en termes d'efficacité, d'égalité de traitement entre les entités contrôlables et de charge administrative générée par la sélection.

## Table des matières

<b>Résumé</b>	<b>2</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>9</b>
<b>2 Données</b>	<b>11</b>
2.1 Sources des données	11
2.1.1 SIMAP - Système d'information sur les marchés publics en Suisse	11
2.1.2 Subventions octroyées par l'Etat de Vaud	11
2.1.3 REE - Registre des entreprises et des établissements	11
2.1.4 Résultats des contrôles du respect de l'égalité salariale entre femmes et hommes	12
2.1.5 ESS — Enquête suisse sur la structure des salaires	12
2.2 Traitement des données et choix de variables	13
2.2.1 Appariement des données des marchés publics et des subventions avec le REE	13
<b>3 Caractéristiques des entreprises actives dans les marchés publics du canton de Vaud et des entités subventionnées par l'Etat</b>	<b>14</b>
3.1 Marchés publics	14
3.1.1 Montant des marchés publics	14
3.1.2 Fréquence des marchés publics	14
3.1.3 Autres caractéristiques des marchés publics	16
3.2 Subventions	17
3.2.1 Montant des subventions	17
3.2.2 Fréquence des subventions	18
3.2.3 Départements du canton	18
3.3 Comparaison des populations (Marchés publics, subventions et REE)	20
3.3.1 Taille des entités employeuses	21
3.3.2 Domaine d'activité	22
3.3.3 Situation géographique	23
3.3.4 Proportion hommes-femmes	24
3.3.5 Forme juridique	26
<b>4 Stratification du risque de non-respect de l'égalité salariale dans les contrôles en Suisse</b>	<b>27</b>
4.1 Statistiques descriptives	27
4.2 Relation entre les facteurs de risque et le résultat des contrôles	29
4.2.1 Éléments descriptifs des facteurs de risque individuels	30
4.3 Analyse de régressions	33
4.3.1 Régression sur l'ensemble des contrôles	33
4.3.2 Régression uniquement avec les contrôles du module 1	35
4.3.3 Régression uniquement avec les contrôles du module 2	36
4.3.4 Autres spécifications des modèles de régressions	38
<b>5 Vue d'ensemble des procédures de sélection selon le risque appliquées par les autorités de contrôle en Suisse</b>	<b>40</b>
5.1 Les différentes procédures de sélection selon le risque	40
5.2 Forces et faiblesses des procédures de sélection selon le risque	41
<b>6 Proposition de procédures de sélection basées sur le risque</b>	<b>43</b>
6.1 Mesure de risque du non-respect de l'égalité salariale	43
6.1.1 Mesure(s) basée(s) sur un modèle statistique/économétrique	43
6.1.2 Mesures basées sur des statistiques sommaires et un raisonnement théorique	43
6.2 Algorithmes de sélection	44
6.2.1 Algorithme 0 : Sélection aléatoire sans prendre en compte le risque (Baseline)	44



6.2.2	Algorithme 1 : Sélection aléatoire avec probabilité pondérée	44
6.2.3	Algorithme 2 : Choix des entités avec le risque le plus élevé	45
6.2.4	Algorithme 3 : Choix aléatoire de $k$ entités parmi les $K$ unités avec le plus grand risque	45
6.2.5	Algorithme 4 : Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles	45
6.2.6	Comparaison conceptuelle des algorithmes	46
6.3	Combinaisons de mesures et algorithmes à simuler	48
<b>7</b>	<b>Simulations numériques</b>	<b>49</b>
7.1	Approche de simulation	49
7.1.1	Population de base	49
7.1.2	Procédure de simulation	49
7.1.3	Paramètres généraux pour les simulations	52
7.2	Algorithme de base : choix aléatoire avec probabilité égale	54
7.3	Résultats par algorithme	56
7.3.1	Algorithme 1 : Sélection aléatoire avec probabilité pondérée	56
7.3.2	Algorithme 2 : Choix des entités avec le risque le plus élevé	59
7.3.3	Algorithme 3 : Choix aléatoire de $k$ entités parmi les $K$ unités avec le plus grand risque	60
7.3.4	Algorithme 4 : Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles	61
7.4	Comparaison des algorithmes	62
7.5	Nombre de contrôles réalisés dans les marchés publics ou les subventions	65
7.6	Comparaison des mesures de risque	67
7.7	Résumé et discussion des principaux résultats de simulations	69
<b>8</b>	<b>Conclusions et recommandations</b>	<b>70</b>
8.1	Principaux résultats	70
8.1.1	Appariement des données	70
8.1.2	Les populations soumises aux contrôles	70
8.1.3	Facteurs de risque de non-respect de l'égalité salariale	71
8.1.4	Procédures de sélection selon le risque	71
8.1.5	Résultats des simulations	72
8.2	Limites de l'étude	73
8.3	Implications possibles	73
<b>A</b>	<b>Codage Noga 2008</b>	<b>75</b>
<b>B</b>	<b>Résultats supplémentaires concernant la stratification du risque de non-respect de l'égalité salariale</b>	<b>76</b>
<b>C</b>	<b>Détails sur l'amélioration manuelle du processus d'appariement</b>	<b>77</b>
<b>D</b>	<b>Contrôles de robustesse</b>	<b>79</b>
D.1	Définir différemment le risque réel de non-respect	79
D.2	Volatilité du respect d'égalité salariale au sein des entités	81

## Table des figures

1	Qualité de l'appariement . . . . .	13
2	Distribution du montant des marchés publics . . . . .	15
3	Nombre de marchés publics par entreprise . . . . .	15
4	Distribution des marchés publics par genre d'adjudicateur . . . . .	16
5	Distribution des marchés publics par genre de marché . . . . .	16
6	Distribution des marchés publics par type de procédure . . . . .	17
7	Distribution du montant des subventions . . . . .	17
8	Montants des subventions et des marchés publics . . . . .	18
9	Nombre de subventions par entité sur 3 ans . . . . .	19
10	Nombre de subventions par département . . . . .	19
11	Distribution du nombre d'employé-e-s par population . . . . .	21
12	Domaines d'activités par population . . . . .	22
13	Situation géographique . . . . .	23
14	Distribution de la proportion de femmes au sein des entités . . . . .	24
15	Comparaison de population par rapport à la forme juridique . . . . .	26
16	Distribution des contrôles par année et module . . . . .	27
17	Nombre de contrôles par autorité et par module . . . . .	28
18	Nombre de contrôles par type de marché et par module . . . . .	28
19	Distribution du coefficient de sexe (M1) et du score (M2) . . . . .	30
20	Taux de conformité par domaine d'activité . . . . .	31
21	Taux de conformité par région . . . . .	31
22	Relation entre résultat du contrôle et nombre de femmes au sein de l'entité . . . . .	32
23	Lien entre résultat du contrôle et nombre de femmes au sein de l'entité . . . . .	33
24	Probabilité estimée de non-respect par modèle . . . . .	35
25	Écart salarial estimée par modèle (module 1) . . . . .	37
26	Probabilité estimée de non-respect par modèle (module 2) . . . . .	38
27	Distribution du risque de non-respect dans la population de base . . . . .	50
28	Proportion simulée de non-respect par quartile de la mesure de risque . . . . .	51
29	Proportion simulée de non-respect par type . . . . .	51
30	Résultat de l'algorithme 0 : Baseline . . . . .	55
31	Résultat de l'algorithme 1 : Sélection aléatoire avec probabilité pondérée . . . . .	57
32	Résultat de l'algorithme 2 : Choix des entités avec le risque le plus élevé . . . . .	59
33	Résultat de l'algorithme 3 : Choix aléatoire de $k$ entités parmi les $K$ unités avec le plus grand risque . . . . .	60
34	Résultat de l'algorithme 4 : Sélection aléatoire avec une défaisse des risques faibles . . . . .	61
35	Nombre de tirages aléatoires nécessaires (algorithme 4) . . . . .	62
36	Comparaison des cinq algorithmes dans le temps . . . . .	63
37	Comparaison des cinq algorithmes . . . . .	64
38	Nombre moyen de contrôles d'entités subventionnées par algorithme . . . . .	65
39	Nombre de contrôles échoués après 10 ans par algorithme et logique de sélection . . . . .	66
40	Corrélation linéaire entre les mesures de risque . . . . .	67
41	Comparaison des mesures de risque . . . . .	68
42	Taux de conformité par région (uniquement marchés publics) . . . . .	76
43	Taux de conformité par domaine d'activité (uniquement marchés publics) . . . . .	76
44	Contrôle de robustesse : différents risques réels . . . . .	79
45	Contrôle de robustesse : volatilité du respect de l'égalité salariale au sein des entités . . . . .	81

---

## Liste des tableaux

1	Définition des trois populations . . . . .	20
2	Nombre d'observations disponibles par variable . . . . .	29
3	Statistiques descriptives des contrôles analysés . . . . .	29
4	Probit : probabilité de non-respect . . . . .	34
5	OLS : coefficient du sexe (en valeur absolue) . . . . .	36
6	OLS module 2 . . . . .	37
7	Comparaison conceptuelle des algorithmes . . . . .	47
8	Paramètres généraux . . . . .	53
9	Liste des algorithmes simulés . . . . .	69
10	Résumé des résultats par algorithme et critère . . . . .	72
11	Codage et abréviations selon NOGA 2008 . . . . .	75
12	Exemple illustratifs du processus d'appariement . . . . .	77
13	Bases de données officielles utilisées . . . . .	78

---

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Bureau de l'égalité entre les femmes et les hommes (BEFH) du canton de Vaud pour sa confiance durant la réalisation de cette étude et, tout particulièrement, Jeremy Kolly pour son implication et sa collaboration étroite tout au long du projet. Nous remercions également le Bureau fédéral de l'égalité entre femmes et hommes (BFEG) ainsi que les autres autorités de contrôle en Suisse pour leur autorisation à utiliser leurs données de contrôle anonymisées et pour leur temps précieux consacré à fournir des informations complémentaires sur leurs procédures de sélection. Leur soutien et leur coopération ont été essentiels pour que cette étude aboutisse. Enfin, nous tenons à remercier le BFEG pour les commentaires reçus sur une version préliminaire de ce document.

# 1 Introduction

Depuis 2020, le Bureau de l'égalité entre les femmes et les hommes (BEFH) réalise pour le compte de la Commission de contrôle des marchés publics et des subventions (CoMPS) des contrôles du respect de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes au sein des marchés publics dans le canton de Vaud et dans le cadre des subventions octroyées par l'État de Vaud.

Selon l'article 4c al. 1 de la loi d'application dans le canton de Vaud de la loi fédérale sur l'égalité entre femmes et hommes (LVLEg; BLV 173.63), « *la Commission de contrôle désigne, en principe par tirage au sort, au minimum 10 entreprises adjudicatrices de marchés publics ou 10 entités subventionnées qui seront contrôlées par année. Elle procède ensuite ou fait procéder par un expert externe à la vérification du respect de l'égalité de traitement salarial entre les femmes et les hommes* ». Dans ce cadre, le BEFH souhaite examiner, à travers une étude, les possibilités d'approches de sélection des entités à contrôler basées sur le risque.

À cette fin, l'objectif général de cette étude est d'analyser l'efficacité de différentes approches de sélection des entités employeuses à contrôler basées sur le risque de non-respect de l'égalité salariale. L'identification plus précise des entités présentant un risque plus élevé de non-respect peut contribuer à rendre l'ensemble de l'activité de contrôle plus efficiente et plus efficace, tant pour l'État que pour les entités. Du point de vue de l'État, il est important de trouver les entités qui ne respectent pas l'égalité salariale et de les obliger à prendre des mesures correctives. Du point de vue des entités, il est préférable de chercher à restreindre les contrôles dans les entités qui respectent déjà l'égalité salariale, car les contrôles augmentent la charge administrative des entités.

Pour évaluer l'efficacité des différentes approches de sélection, cette étude procède à un exercice de simulation. Plusieurs étapes préparatoires sont nécessaires pour réaliser ces simulations. Tout d'abord, nous avons collecté des données sur toutes les entités qui ont reçu des marchés publics ou des subventions au cours de la période<sup>1</sup> d'analyse. Ces données ont été combinées avec les données administratives pour créer une description détaillée de la population soumise aux contrôles. La compréhension de cette population est essentielle pour les étapes suivantes de l'étude.

Ensuite, nous avons combiné des données provenant des contrôles antérieurs effectués par toutes les autorités réalisant des contrôles en Suisse et les avons appariées avec des données administratives pour estimer des modèles économétriques. Ces modèles visent à identifier les facteurs de risque qui peuvent prédire la probabilité de non-conformité. L'objectif est de trouver des variables qui peuvent être utilisées par les algorithmes de sélection pour améliorer la précision.

Ensuite, nous avons examiné les approches basées sur le risque utilisées par d'autres autorités en Suisse et mis en évidence les éléments clés de ces méthodes. Dans la quatrième étape, nous avons intégré toutes les informations provenant des trois premières étapes afin de développer différentes approches ou algorithmes de sélection qui justifient une analyse plus approfondie. Enfin, nous avons effectué un exercice de simulation pour tester les performances des algorithmes proposés. L'évaluation des facteurs de risque de la deuxième étape a été utilisée pour attribuer un risque de non-respect à toutes les entités ayant reçu des marchés publics ou des subventions (données de l'étape 1). Il a ensuite été utilisé pour déterminer de manière aléatoire les entités qui respectent ou non l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. Les différents algorithmes de sélection ont ensuite été appliqués à cette population contrefactuelle afin d'évaluer leur efficacité.

Cette étude présente toutes ces étapes en détails. Dans la section 2, les sources de données sont présentées et le processus d'appariement des différentes sources est brièvement décrit. La section 3 dresse ensuite un portrait des entités ayant reçu des marchés publics ou des subventions au cours de la période étudiée. Dans la section 4, les données provenant des contrôles sont introduites, fusionnées avec les données administratives et les modèles économétriques sont estimés pour identifier les facteurs de risque. La section 5 présente ensuite les approches basées sur le risque déjà utilisées et leurs éléments clés. Dans la section 6, nous proposons différents algorithmes de sélection et discutons de leurs avantages et inconvénients d'un point de vue conceptuel. Dans la section 7, ces algorithmes sont ensuite simulés sur la population de la section 3 à l'aide des modèles de risque de la section 4. Dans la section 8, nous concluons l'étude en résumant les principaux messages à retenir et en

1. 2019 à 2022 pour les marchés publics et 2019 à 2021 pour les subventions

discutant des limites et implications de l'étude. Cette dernière est complétée par plusieurs annexes fournissant des résultats supplémentaires.

## 2 Données

Cette section présente les bases de données utilisées dans cette étude. Dans un premier temps, les sources des données ainsi que le contenu de ces bases de données sont présentés dans la section 2.1. Dans un second temps, le traitement de ces données et les appariements entre bases de données effectués pour cette étude sont présentés dans la section 2.2.

### 2.1 Sources des données

Les données utilisées proviennent de cinq sources principales : la plateforme SIMAP, les départements de l'Etat de Vaud, le registre des entreprises et des établissements, les autorités chargées d'effectuer les contrôles de l'égalité salariale entre femmes et hommes en Suisse, ainsi que l'Enquête suisse sur la structure des salaires 2020.

#### 2.1.1 SIMAP - Système d'information sur les marchés publics en Suisse

SIMAP (*Système d'information sur les marchés publics en Suisse*) est une plateforme électronique conjointe de la Confédération, des cantons et des communes qui permet des échanges entre les pouvoirs adjudicateurs et les soumissionnaires.<sup>2</sup> Dans le canton de Vaud, il s'agit de l'organe officiel de publication des avis relatifs aux marchés publics.

Pour cette étude, les adjudications de marchés publics qui ont eu lieu dans le canton de Vaud avec une date de publication entre le 01.01.2019 et le 31.12.2022 ont été extraites par le Centre de compétences sur les marchés publics du canton de Vaud (CCMP-VD). Cette base de données contient un total de 2 387 marchés publics, dont certains font référence à des marchés publics avec des sous-marchés, ce qui fait que le nombre total d'entreprises dans cette base de données est légèrement supérieur à 2 387.

La base de données contient notamment des informations concernant l'adjudicateur (nom, lieu de l'adjudicateur), l'adjudicataire (nom, adresse), le genre de marché (services, fournitures et travaux de constructions), le type de procédure (ouverte, gré à gré, sélective) ainsi que le prix du marché public.

Des statistiques descriptives sur cette base de données sont présentées dans les sections 3.1 et 3.3.

#### 2.1.2 Subventions octroyées par l'Etat de Vaud

Chaque année, les responsables des finances de différents départements de l'Etat de Vaud transmettent un inventaire de détail des subventions au sens de l'art. 7 LSubv (BLV 610.15) d'au moins 250 000 CHF au BEFH dans le cadre de la sélection des entités visées par le contrôle du respect de l'égalité salariale.

Pour cette étude, les inventaires des subventions attribuées entre 2019 et 2021 ont pu être utilisés pour constituer une base de données. Sur ces trois ans, 1 585 subventions ont été répertoriées.

En comparaison avec la base de données SIMAP concernant les marchés publics, l'inventaire des subventions est plus limité en ce qui concerne la quantité d'informations disponible. Il contient des informations concernant le service subventionneur ainsi que la base légale de chaque subvention. De plus, le nom de l'entité bénéficiaire, le montant de la subvention et le type de subvention (p.ex., ponctuelle, annuelle) sont aussi disponibles.

Des statistiques descriptives sur cette base de données sont présentées dans les sections 3.2 et 3.3.

#### 2.1.3 REE - Registre des entreprises et des établissements

Le Registre des entreprises et des établissements (REE) est une base de données mise à disposition par l'Office fédéral de la statistique (OFS). Le REE comprend toutes les entreprises et tous les établissements de droit privé et public établis et générant une activité économique sur le territoire suisse<sup>3</sup>.

2. <https://www.simap.ch>

3. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/registres/registre-entreprises/registre-entreprises-etablissements.html>

Les données utilisées au niveau des entreprises dans cette étude ont été extraites le 22 septembre 2023 par le BEFH. Uniquement les unités avec un statut « actif » ou « supprimé » ont été utilisées dans cette étude.

Les données du REE contiennent notamment des informations concernant le domaine d'activité (NOGA 2008<sup>4</sup>), le canton, le nombre total de personnes employées ainsi que le nombre de femmes et d'hommes.

#### 2.1.4 Résultats des contrôles du respect de l'égalité salariale entre femmes et hommes

En Suisse, en 2023, un total de 8 autorités différentes effectuent ou ont effectué des contrôles du respect de l'égalité salariale à l'aide de l'outil Logib. Il s'agit de 5 cantons (GE, VD, BE, BS, TI), 2 villes (Berne, Zurich) et la Confédération. Pour cette étude, les résultats anonymisés de tous les contrôles de ces 8 autorités ont été collectés et intégrés dans une base de données. Cette dernière contient pour chaque entrée des informations sur les entités contrôlées (le nombre de femmes et d'hommes employé-e-s, le secteur d'activité), le marché public ou la subvention, et le résultat de l'analyse de l'égalité salariale avec Logib. Le nombre de variables disponibles varie en fonction de l'autorité qui a effectué le contrôle<sup>5</sup>.

Pour les contrôles BFEG et du canton de Vaud, le secteur d'activité (NOGA 2008) a été fourni directement par les autorités. Pour les autres contrôles, seuls quelques éléments descriptifs de l'activité étaient disponibles et l'équipe de recherche a attribué le code NOGA le plus probable. Cette attribution a été effectuée avec un contrôle à 4 yeux et en cas de doute ou d'opinion divergente sur le code NOGA approprié, aucune valeur n'a été introduite. Sur un total de 489 contrôles, le code NOGA a pu être identifié pour 379 entités, soit 77.5 %.

L'un des objectifs de l'étude étant de mesurer le risque de non-respect de l'égalité salariale en fonction des caractéristiques des entités, la conformité des contrôles a été définie sur la base du renforcement des exigences en matière d'égalité salariale qui entrant en vigueur au début de 2024<sup>6</sup>. Pour les contrôles du module 1, le deuxième test statistique a été supprimé et, par conséquent, un contrôle est échoué si un coefficient significatif est supérieur à 5 %. Pour le module 2, les scores supérieurs à 5 font échouer le contrôle.

En ce qui concerne les contrôles du module 2, deux avertissements doivent être mentionnés. Tout d'abord, la méthodologie a légèrement évolué au fil des ans et, par conséquent, les scores reçus peuvent ne pas tous provenir de la même version du modèle. Par la suite, le score d'exclusion nouvellement introduit n'a pas pu être calculé parce que les microdonnées de ces contrôles n'étaient pas disponibles.

Il convient également de noter que le module 1 a aussi légèrement évolué au fil du temps, par exemple, avec la standardisation des salaires.

Des statistiques descriptives sur cette base de données sont présentés dans la section 4.1.

#### 2.1.5 ESS — Enquête suisse sur la structure des salaires

La présente étude intègre la décomposition des écarts salariaux entre femmes et hommes par secteur, branche économique et région de la Suisse publiées dans le cadre de l'analyse des différences salariales de Kaiser et Möhr (2021). Ces décompositions sont issues de l'enquête suisse sur la structure des salaires 2020<sup>7</sup>. La pertinence de l'ESS réside dans le fait qu'il s'agit de la base des données la plus représentative en Suisse. Ainsi, cette enquête comprend un échantillon de 45'000 entreprises (privées et publiques) qui sont réparties par strate selon trois critères : la taille des entreprises (3 classes), la branche économique (39 classes) et l'appartenance géographique (7 grandes régions).

4. Pour plus d'informations, voir <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/industrie-services/nomenclatures/noga.html>

5. Dans la section 4.1 les détails sur la disponibilité des données sont présentés.

6. Pour en savoir plus, consultez <https://backend.ebg.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-ebgch-files/files/2023/11/08/9a8f7a17-7cc2-4da8-8e64-66d2b93ccee3.pdf> (20.02.2024)

7. Office fédéral de la statistique, Enquête suisse sur la structure des salaires (ESS). <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/travail-remuneration/enquetes/ess.html>



## 2.2 Traitement des données et choix de variables

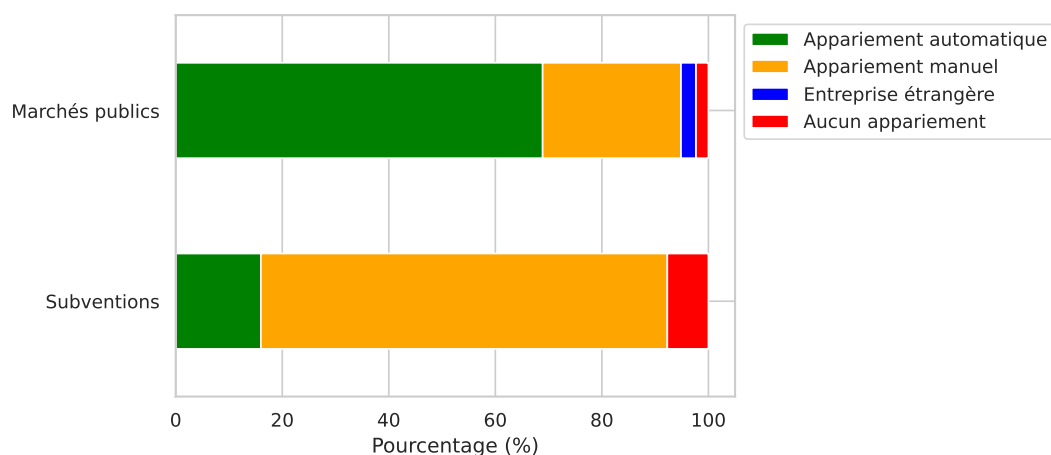
Pour la présente étude, ces données décrites à la section 2.1 ont dû être traitées et combinées, ce qui est décrit dans cette section.

### 2.2.1 Appariement des données des marchés publics et des subventions avec le REE

Afin de répondre aux questions de recherche de cette étude, les informations provenant de différentes sources de données ont été appariées. Les informations primaires sur les marchés publics et les subventions proviennent de SIMAP et de l'Etat de Vaud (voir section 2.1). Ces deux bases de données n'identifient les bénéficiaires que par le nom de l'entité légale et aucune information sur le nombre de femmes et d'hommes ou la branche d'activité n'est disponible. Dans un premier temps, ces données ont été appariées avec le registre des entreprises et des établissements (REE) de façon quasi automatique. L'annexe C fournit des détails sur l'amélioration manuelle du processus d'appariement.

La Figure 1 montre les proportions de l'appariement obtenues lors de cet exercice. Grâce à une meilleure qualité des données sur les marchés publics, un appariement automatique entre SIMAP et REE a pu être réalisé dans 69 % des cas. Dans 26 % des cas, les registres ont pu être appariés à l'aide du traitement manuel. Les 5 % restants se composent d'environ 3 % d'entités étrangères pour lesquelles aucune entrée dans le REE n'est pas disponible par définition et d'environ 2 % d'entités pour lesquelles même le traitement manuel n'a pas permis un appariement. Ce résultat d'appariement semble néanmoins très satisfaisant.

FIGURE 1 – Qualité de l'appariement



La situation est très différente pour les subventions. L'appariement automatique n'a fonctionné que pour 16 % des entités. Un effort considérable a donc dû être entrepris pour chercher les noms officiels pour plus de 1 300 entités<sup>8</sup>. Ce traitement manuel a permis l'appariement de 76 % supplémentaires pour arriver à un appariement total d'environ 92 %. Environ 8 % (ou 123 cas) n'ont pas pu être appariés.

Pour les registres appariés, le nombre d'entités avec des informations utiles dans la base de données REE a été analysé. On constate que le domaine d'activité (NOGA 2008) est disponible pour l'ensemble des entités, alors que les informations concernant la taille de l'entreprise et le nombre de personnes employées est légèrement inférieur et se situe autour de 95 %.

Globalement, il est donc possible d'obtenir des informations complètes pour environ 90 % des entités, ce qui est plutôt satisfaisant.

8. Voir l'annexe C pour plus de détails

## 3 Caractéristiques des entreprises actives dans les marchés publics du canton de Vaud et des entités subventionnées par l'Etat

Le premier objectif de l'étude est de dresser un profil exhaustif des entreprises actives dans les marchés publics du canton de Vaud et des entités subventionnées par l'Etat, et ensuite de les comparer à la population générale. En comprenant dans quelle mesure les entités employeuses actives dans les marchés publics et subventions sont différentes de la population générale des entités employeuses, il sera possible de savoir dans quelle mesure les résultats d'études basées sur l'ensemble des entités employeuses sont applicables à celles qui nous intéressent dans le cadre de cette étude.

Dans un premier temps, des statistiques descriptives des entités actives dans les marchés publics (section 3.1) et les subventions (section 3.2) sont présentées. Ensuite, une comparaison de ces deux populations par rapport aux entités qui ne participent ni dans les marchés publics ni dans les subventions est présentée dans la section 3.3.

### 3.1 Marchés publics

Cette section examine certaines caractéristiques propres à la base de données des marchés publics (section 2.1.1). Elle se fonde sur les marchés publics adjugés dans le canton de Vaud et publiés entre 2019 et 2022 sur SIMAP.

#### 3.1.1 Montant des marchés publics

La première caractéristique à considérer est le montant des marchés publics. La figure 2 montre la répartition du montant des marchés publics par genre de marché sous deux angles différents. À gauche, un histogramme par genre de marché est affiché pour visualiser l'importance relative de chaque montant. À droite, la distribution cumulative est montrée, ce qui permet d'analyser le pourcentage de marchés publics qui se situent en dessous d'un montant donné. L'axe horizontal indique le montant du marché public et l'axe vertical la proportion de marchés publics. Les courbes montrent la proportion cumulée de marchés publics pour chaque montant possible. Par exemple, la courbe grise traverse les points 0,5 (montant) et 0,6 (proportion). Cela signifie qu'une proportion de 60 % de marchés publics sont d'un montant inférieur ou égal à 0,5 million de francs ou que 40 % de marchés publics ont une valeur supérieure à un demi-million de francs. La moyenne des marchés publics est de 1.03 million, avec une médiane d'environ 250 000 et un maximum de 140 millions. Cette divergence importante entre la moyenne et la médiane s'explique par la prédominance de marchés de petite taille, tandis qu'un nombre limité de marchés de très grande envergure contribuent à faire monter la moyenne.

Pour chaque type de marché, le mode de distribution est situé sur la première tranche comprise entre 0 et 250 000 CHF. En ce qui concerne les services et les fournitures, la proportion de cette première tranche est supérieure à 50 %, alors qu'elle est nettement en dessous de cette valeur pour les constructions.

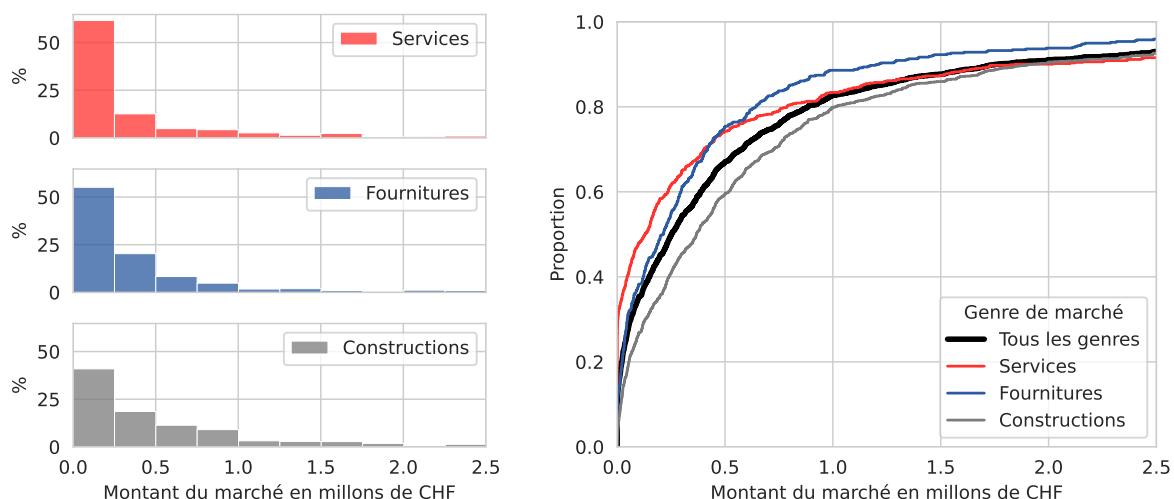
Du graphique à droite, on constate que pour les marchés publics du type « service » une proportion importante de marchés affiche des montants très faibles et bien en-dessous des valeurs seuils pour les marchés publics<sup>9</sup>. Cette incohérence apparente s'explique par le fait que certains montants enregistrés sur SIMAP ne font pas référence au montant total du marché, mais au prix unitaire d'un service ou d'un produit. Dans d'autres cas, il s'agit de montants inférieurs aux valeurs seuils, mais qui font néanmoins référence à la totalité du marché. Il n'est malheureusement pas possible de distinguer de façon précise dans quel des deux cas on se situe. Il convient donc de considérer que ces montants peuvent être légèrement sous-estimés, car certains montants devraient être multipliés par le nombre d'unités.

#### 3.1.2 Fréquence des marchés publics

Un autre aspect intéressant des marchés publics est de voir combien d'entreprises y ont participé plusieurs fois entre 2019 et 2021. La figure 3 illustre la répartition du nombre de marchés publics pour chaque entité

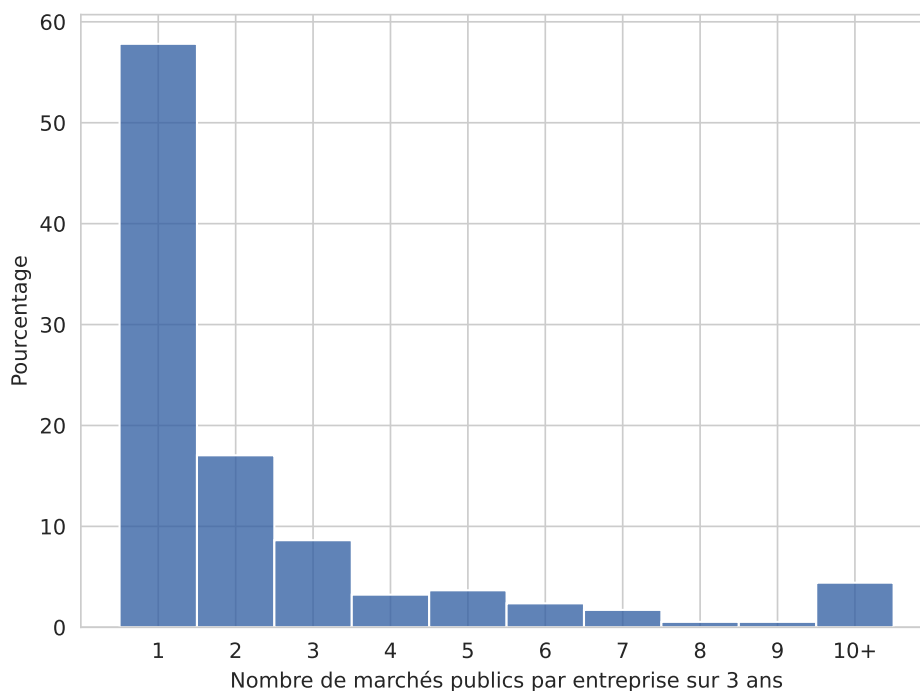
9. <https://www.vd.ch/themes/etat-droit-finances/marches-publics/bases-legales/valeurs-seuils> (08.11.2023)

FIGURE 2 – Distribution du montant des marchés publics



participante. 58 % des entreprises n'ont obtenu qu'un seul marché au cours de cette période de trois ans. 17 % et 9 % ont obtenu respectivement 2 et 3 marchés. Par ailleurs, quelques entreprises ont obtenu de nombreux marchés publics durant cette période : 4.4 % des entreprises ont obtenu 10 ou plus marchés publics.

FIGURE 3 – Nombre de marchés publics par entreprise

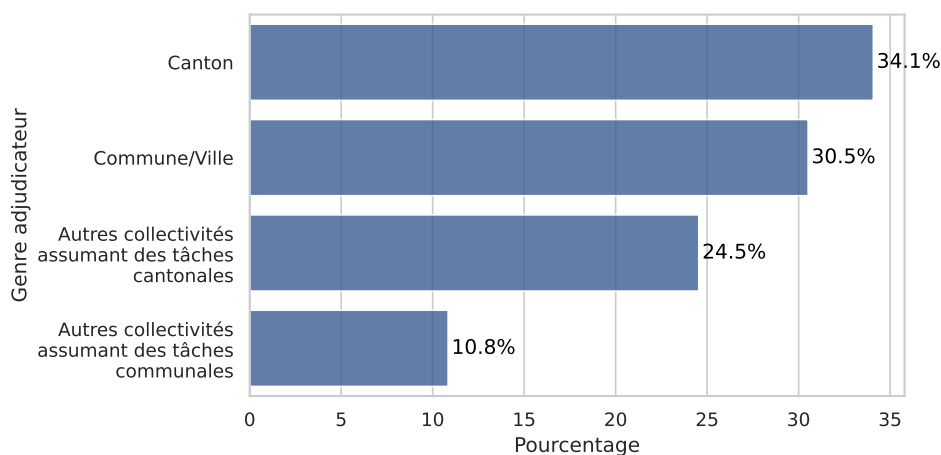


### 3.1.3 Autres caractéristiques des marchés publics

Les marchés publics peuvent également être distingués selon le genre d'adjudicateur, le genre de marché ou encore le type de procédure.

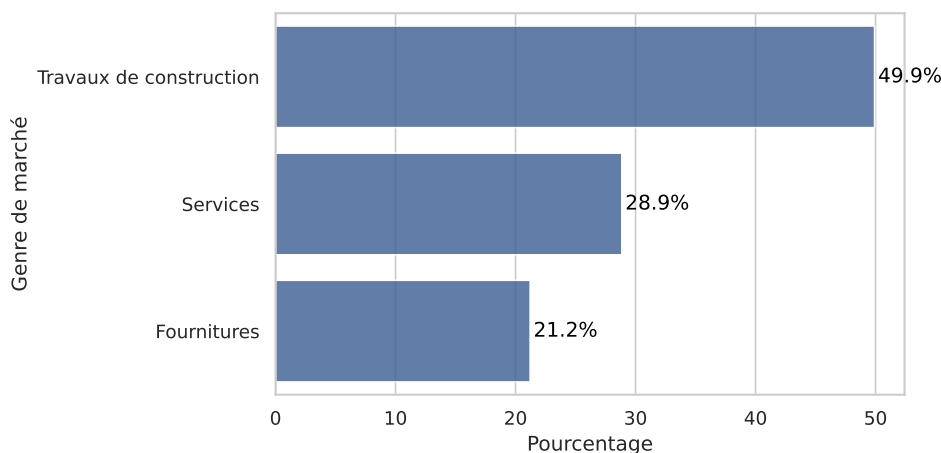
La figure 4 montre la distribution des marchés public par genre d'adjudicateur. D'une part il y a le canton avec 34 % et, d'autre part, les communes et villes avec 30 % ; qui attribuent ensemble environ les deux tiers des marchés publics. Les autres marchés publics sont attribués par des collectivités assumant des tâches cantonales (25 %) ou communales (11 %).

FIGURE 4 – Distribution des marchés publics par genre d'adjudicateur



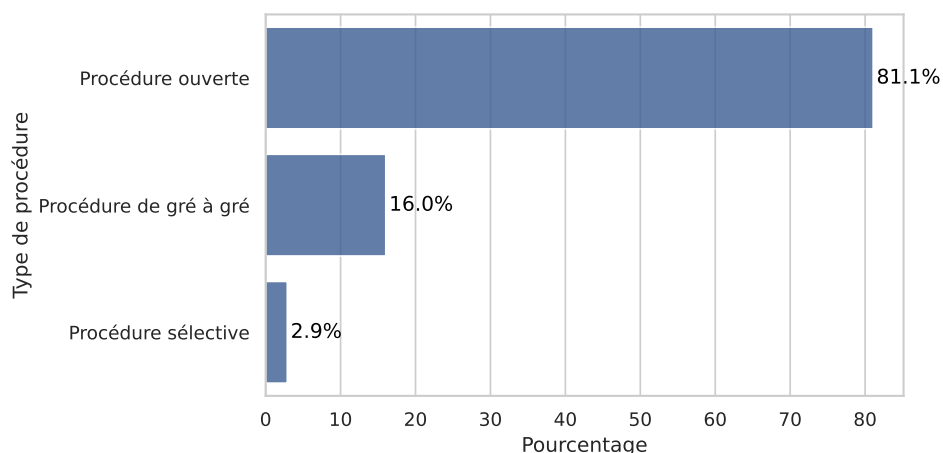
En ce qui concerne le genre de marché, la figure 5 montre qu'environ la moitié des marchés publics sont liés à la construction. Presque 30 % concernent des services et environ 20 % les fournitures.

FIGURE 5 – Distribution des marchés publics par genre de marché



Finalement, il existe différents modes de procédure dans les marchés publics. La figure 6 montre cette distribution. Environ 4 marchés publics sur 5 suivent une procédure ouverte, alors qu'une procédure de gré à gré est utilisée dans 16 % des cas et une procédure sélective dans seulement 3 % des cas.

FIGURE 6 – Distribution des marchés publics par type de procédure



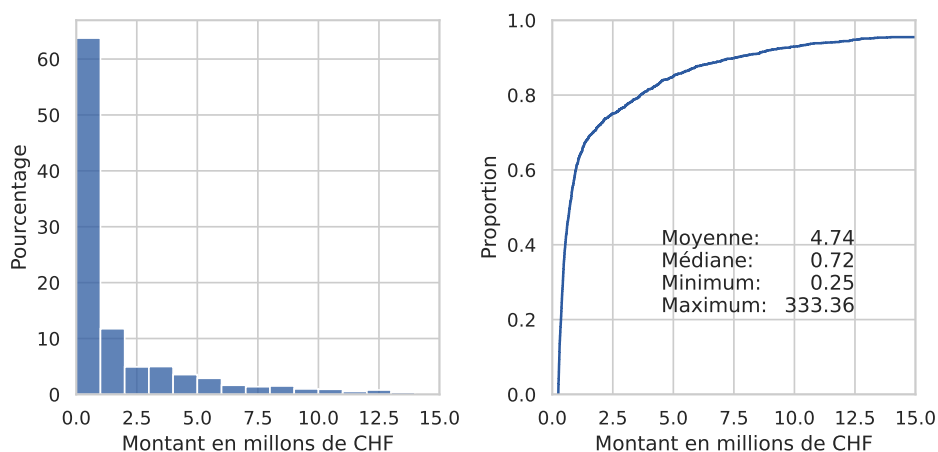
## 3.2 Subventions

Comme pour les marchés publics, il est également intéressant d'analyser des variables propres aux subventions (section 2.1.2).

### 3.2.1 Montant des subventions

La répartition des montants des subventions est présentée dans la figure 7. Il convient de noter qu'en raison de la pratique de sélection actuelle, les données n'incluent que les subventions d'au moins 250 000 CHF. Comme pour les marchés publics, la distribution est asymétrique vers la droite, ce qui signifie qu'il y a beaucoup de subventions moins élevées et peu de subventions très élevées. Malgré les similarités de forme, les subventions ont tendance à être beaucoup plus importantes. La moyenne est de 4,74 millions, la médiane de 720 000 et le maximum de 333 millions.

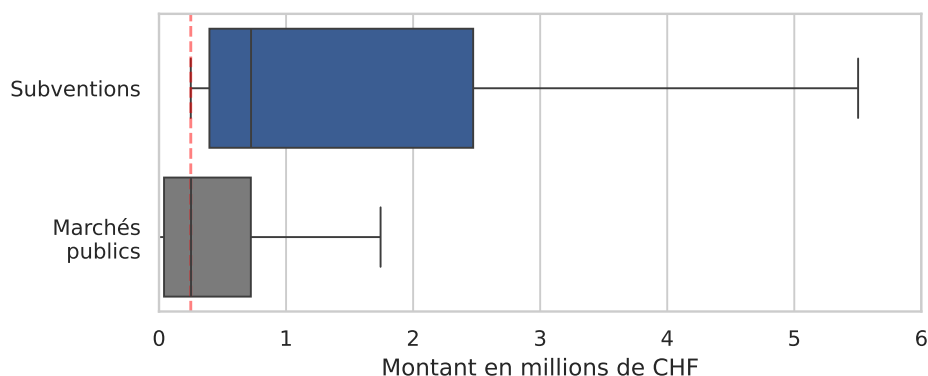
FIGURE 7 – Distribution du montant des subventions



La figure 8 montre une comparaison directe entre les deux distributions. Il est important de rappeler que les deux distributions ne sont pas totalement comparables, car la base de données des subventions est tronquée à 250 000 CHF, ce qui signifie qu'aucune subvention inférieure à ce seuil n'est observée dans les données. Cette

limite est indiqué par la ligne rouge.

FIGURE 8 – Montants des subventions et des marchés publics



D'une part, environ la moitié des marchés publics sont inférieurs à 250 000 CHF et, d'autre part, nous observons une proportion beaucoup plus élevée de montants élevés dans les données relatives aux subventions que dans celles relatives au marché public.

### 3.2.2 Fréquence des subventions

Concernant la fréquence des subventions, on constate sur la figure 9 que moins de 25 % des entités subventionnées ne bénéficient que d'une seule subvention. Le mode de la distribution est à trois, ce qui correspond à une subvention par année vu que les données contiennent les subventions sur trois ans. Le graphique laisse aussi constater qu'il y a quelques entités qui reçoivent plusieurs subventions par année. Il s'agit, par exemple, des fondations qui gèrent plusieurs EMS. Par rapport aux marchés publics (voir figure ??), le nombre moyen de subventions par unité est plus important et l'échantillon sera donc beaucoup plus stable au fil des ans en termes d'unités présentes.

### 3.2.3 Départements du canton

Pour conclure cette section concernant les variables propres à la base de données des subventions, la figure 10 montre la distribution du nombre et de montants de subventions par département.<sup>10</sup> Cette statistique n'a pas de lien direct avec l'estimation du risque de non-respect de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, mais elle pourrait s'avérer utile lors de la discussion sur les meilleures approches pour sélectionner les entités en fonction de leur risque, où un certain équilibre entre les départements pourrait également jouer un rôle.

Le département avec le plus grand nombre de subventions est le DSAS (Santé et action sociale), suivi par le DFJC (Formation, jeunesse et culture). Ces deux départements arrivent également en tête par rapport au montant total des subventions alloués. Le DEIS (Economie, innovation et sport) et le DIRH (Infrastructures et ressources humaines) affichent également un grand nombre de subventions avec une valeur totale de plus de 500 millions de francs. Les autres départements allouent des montants considérablement plus faibles.

Si l'on regarde le montant moyen par subvention, le DIRH et le DTE (Territoire et environnement) arrivent en tête avec des montants moyens de 9.4 et 6.2 millions de francs respectivement.

10. Il s'agit des départements de la législature 2017-2022. En 2023, il y a eu un changement des départements et, par conséquent, les noms de départements affichés dans la figure 10 ne correspondent pas à ceux disponibles actuellement sur le site du canton de Vaud.

FIGURE 9 – Nombre de subventions par entité sur 3 ans

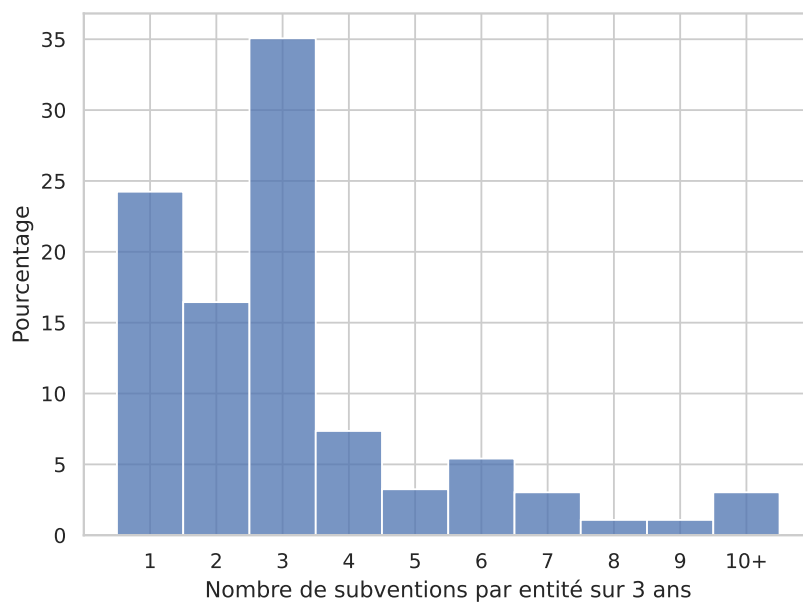
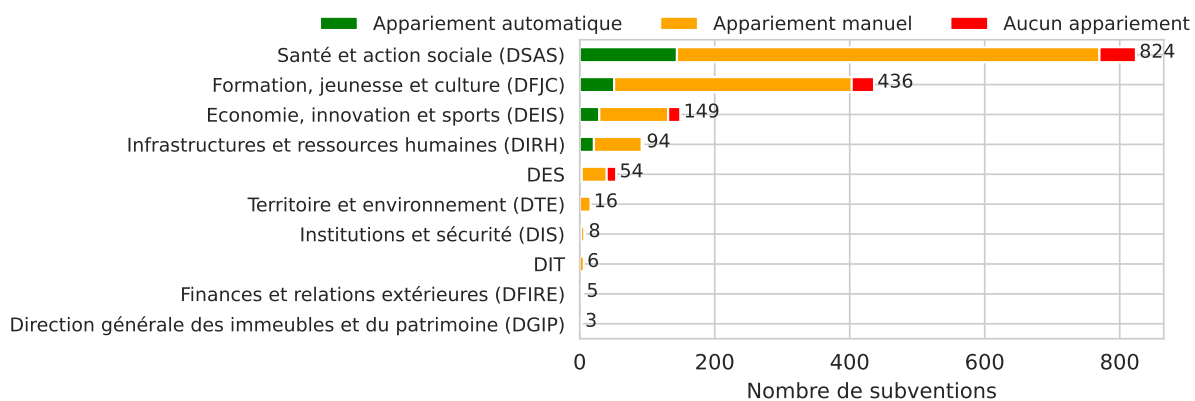


FIGURE 10 – Nombre de subventions par département



### 3.3 Comparaison des populations (Marchés publics, subventions et REE)

Cette section explore les différences entre la population des entités participant aux marchés publics ou recevant des subventions et la population générale des entités employeuses.

Il est important de comparer les deux populations soumises aux contrôles en matière d'égalité entre les femmes et les hommes avec la population générale des entités employeuses, car cela permet de comprendre dans quelle mesure les populations sont similaires ou non. Si la population soumise aux contrôles est très similaire à la population générale, les analyses statistiques concernant la population générale sont probablement aussi pertinentes pour les deux sous-populations soumises à contrôle. En revanche, si les entités diffèrent considérablement, la pertinence des études utilisant la population globale pourrait ne pas être élevée pour les deux populations concernées.

Pour rendre cette comparaison plus pertinente, seules les entités pouvant effectivement être contrôlées sont incluses dans l'analyse. Les entités de moins de cinq employés et celles de moins de deux personnes par sexe ont donc été exclues de l'analyse.

Pour cette analyse, les trois populations sont définies comme suit :

TABLEAU 1 – Définition des trois populations

Population	Source	Période considérée	N
Marchés publics	Il s'agit de l'appariement entre la base de données SIMAP et REE. Seulement les entités appariées et avec des données valables sont prises en compte. Les entités de moins de cinq employé-e-s et celles de moins de deux personnes par sexe ont donc été exclues.	2019-2022	1 941
Subventions	Il s'agit de l'appariement entre la base de données des subventions et le REE. Seulement les entités appariées et avec des données valables sont prises en compte. Les entités de moins de cinq employé-e-s et celles de moins de deux personnes par sexe ont donc été exclues.	2019-2021	1 292
REE	Toutes les entités actives dans le REE qui ont au moins 5 personnes employées dont au moins 2 femmes et 2 hommes.	Sept. 2023	91 392

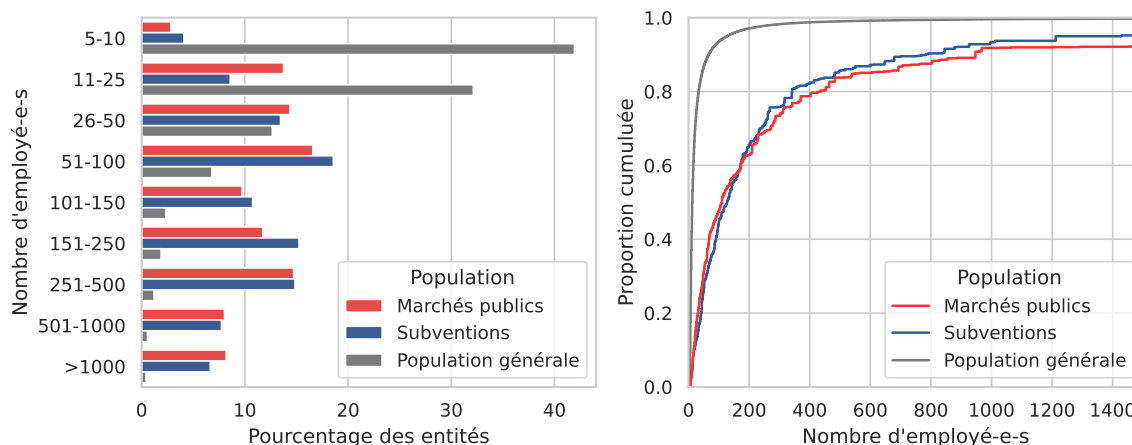
Notes : N = nombre d'observations



### 3.3.1 Taille des entités employeuses

Une première caractéristique importante est la taille des entités. La figure 11 utilise la variable *employedTotal* du REE pour représenter la distribution du nombre de personnes employées par population. Le graphique à gauche montre la proportion d'entreprise par catégorie de taille et le graphique à droite montre la proportion cumulée d'entités par nombre de personnes employées. Deux observations importantes sont immédiatement visibles. Premièrement, les entités participant aux marchés publics ou aux subventions sont plus grandes que les entités de la population générale (REE). Deuxièmement, la répartition des entreprises participant aux marchés publics et celle des entités recevant des subventions sont très similaires.

FIGURE 11 – Distribution du nombre d'employé-e-s par population



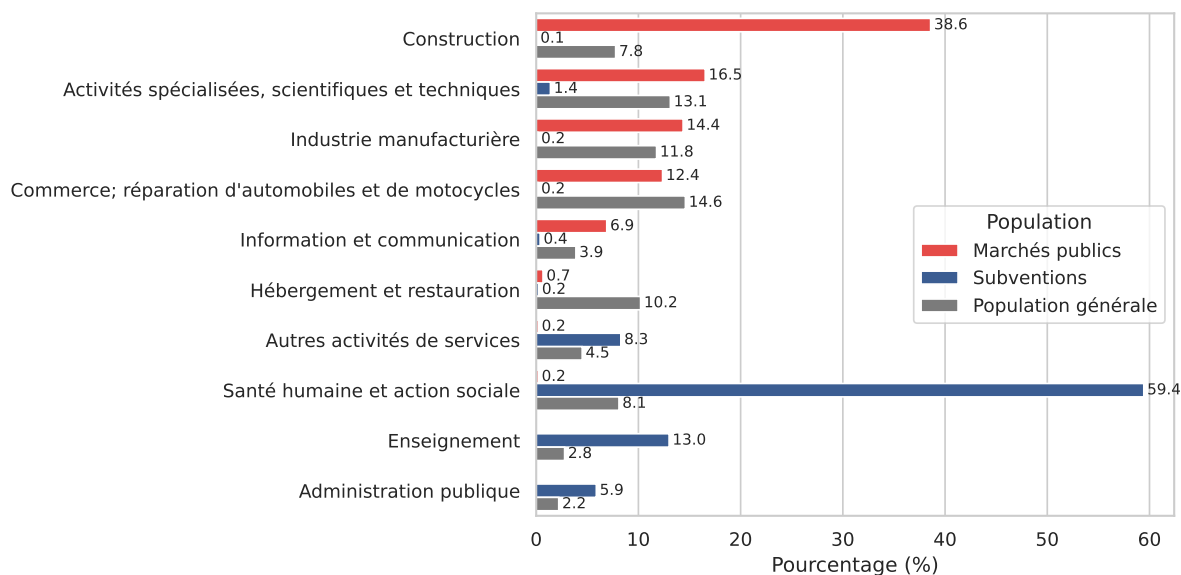
Pour la population générale, 42 % de entités considérées dans cette comparaison<sup>11</sup> ont entre 5 et 10 personnes employées, alors que cette proportion se situe en dessous des 5 % pour les deux population soumises aux contrôles. En revanche, on observe des pourcentage de plus 10 % pour les entités de 151-250 et de 251-500 dans ces deux populations, alors que la proportion d'entités de cette taille dans la population est inférieure à 2 %.

11. Il convient de souligner que les entités avec moins de 5 personnes ou avec moins de deux personnes par sexes ont été exclues de cette comparaisons.

### 3.3.2 Domaine d'activité

Si l'on examine le domaine d'activité selon NOGA-2008, il y a des fortes différences qui apparaissent entre les trois populations. La figure 12 présente la répartition des entités par population et par secteur NOGA. Comme il est impossible d'afficher tous les secteurs NOGA, seuls les secteurs avec une partie relative d'au moins 5 % dans l'une des populations sont affichés.

FIGURE 12 – Domaines d'activités par population

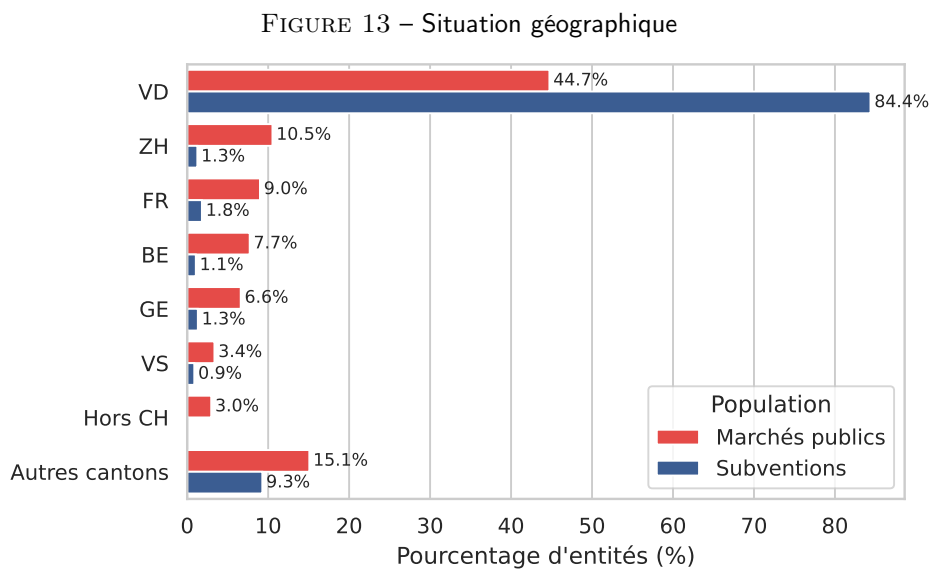


Dans la population générale, les entités sont beaucoup plus réparties entre les différents secteurs, atteignant une valeur maximale de 14.6 % dans le secteur « Commerce, réparation d'automobiles et de motocycles ». En ce qui concerne les marchés publics, une très grande concentration dans le secteur « Construction », suivi par « Activités spécialisées, scientifiques et techniques » et « Industrie manufacturière » est observée. Ces trois domaines d'activité ne sont guère présents parmi les entités bénéficiant de subventions. Pour les subventions, la distribution est fortement dominée par le secteur « Santé humaine et action sociale » qui compte pour lui seul 59.4 % des entités concernées. En deuxième place, mais loin derrière, suivent les secteurs « Enseignement » (13.0 %) et « Autres activités de services » (8.3 %).

Les deux populations soumises aux contrôles de l'égalité de salaire n'ont pratiquement pas d'activités qui se chevauchent et elles ont toutes deux des répartitions très différentes par rapport à la population générale des entités économiques.

### 3.3.3 Situation géographique

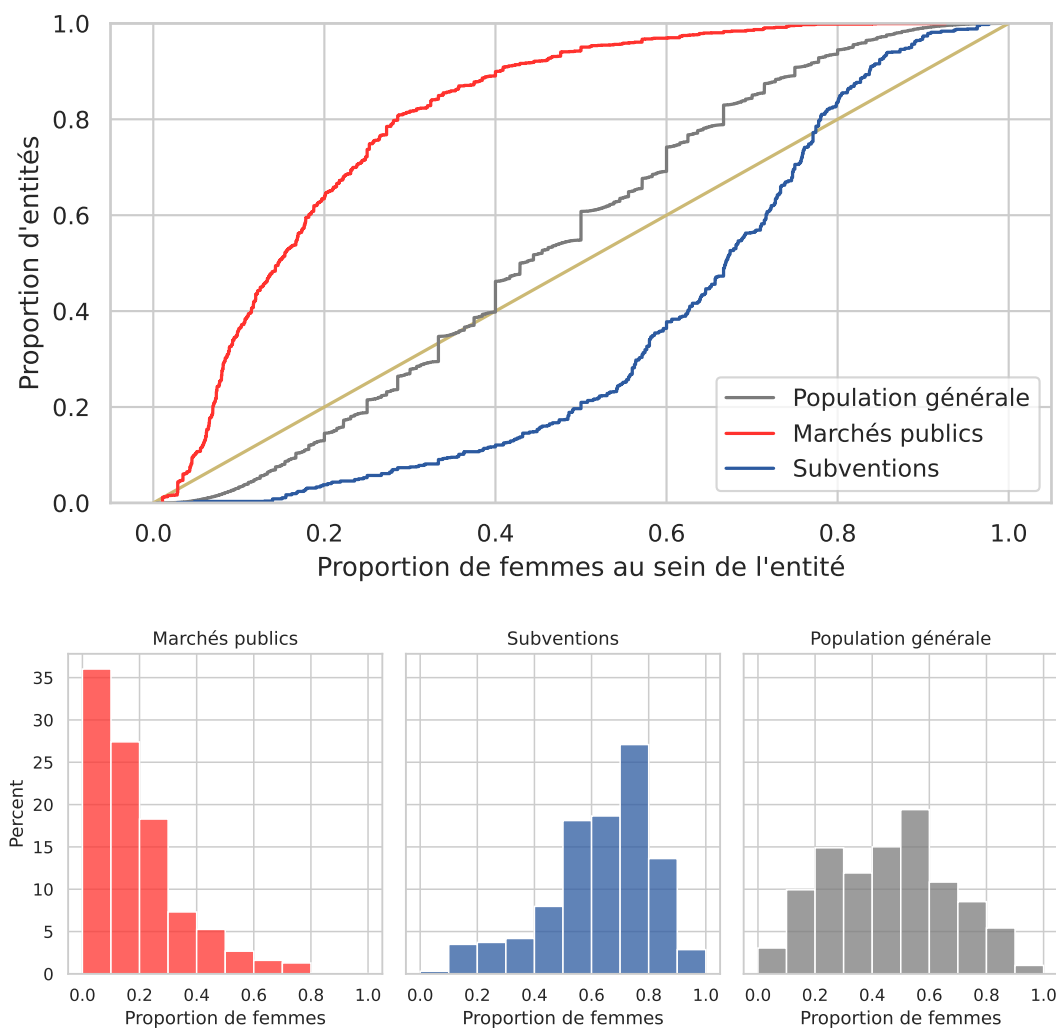
En ce qui concerne la situation géographique des entités soumises aux contrôles d'égalité salariale, on constate dans la figure 13 que la majorité des entités sont domiciliées dans le canton de Vaud. Ceci est particulièrement le cas pour les subventions, où la proportion d'entités vaudoises atteint près de 85 %. Pour les marchés publics, on observe également une proportion importante d'autres cantons romands (GE, FR, VS) ainsi que de Zurich et Berne. En outre, environ 3 % des marchés publics sont attribués à des entités étrangères.



### 3.3.4 Proportion hommes-femmes

Un résultat particulièrement intéressant est illustré dans la figure 14, où l'on observe la distribution cumulative de la proportion de femmes parmi les personnes employées (en haut) et l'histogramme de cette même distribution par population (en bas). La **ligne diagonale (jaune)** correspond à une distribution uniforme. Chaque fois que la distribution se situe au-dessus de cette ligne, la proportion d'entités pré-dominées par des hommes est plus élevée, alors que l'inverse est vrai pour la distribution en dessous de la diagonale. La **ligne grise** se réfère à la population globale des entités. L'histogramme correspondant se trouve en bas à droite et l'on peut voir que la plupart des entreprises comptent à la fois des femmes et des hommes, le mode de distribution étant proche de la parité. En d'autres termes, dans la population générale, on trouve très peu d'entreprises dominées par un seul sexe et environ 80 % des entreprises comptent au moins 20 % de chaque sexe.

FIGURE 14 – Distribution de la proportion de femmes au sein des entités



En revanche, la **ligne rouge** représentant la distribution des entités sur les marchés publics montre des entreprises fortement dominées par les hommes. Environ 90 % des entreprises de cette population comptent moins de 40 % de femmes et la proportion médiane de femmes est d'environ 15 %. Près de 35 % des entreprises engagent moins de 10 % de femmes.

La situation retracée par la **ligne bleue** est radicalement différente pour les entités recevant des subventions,

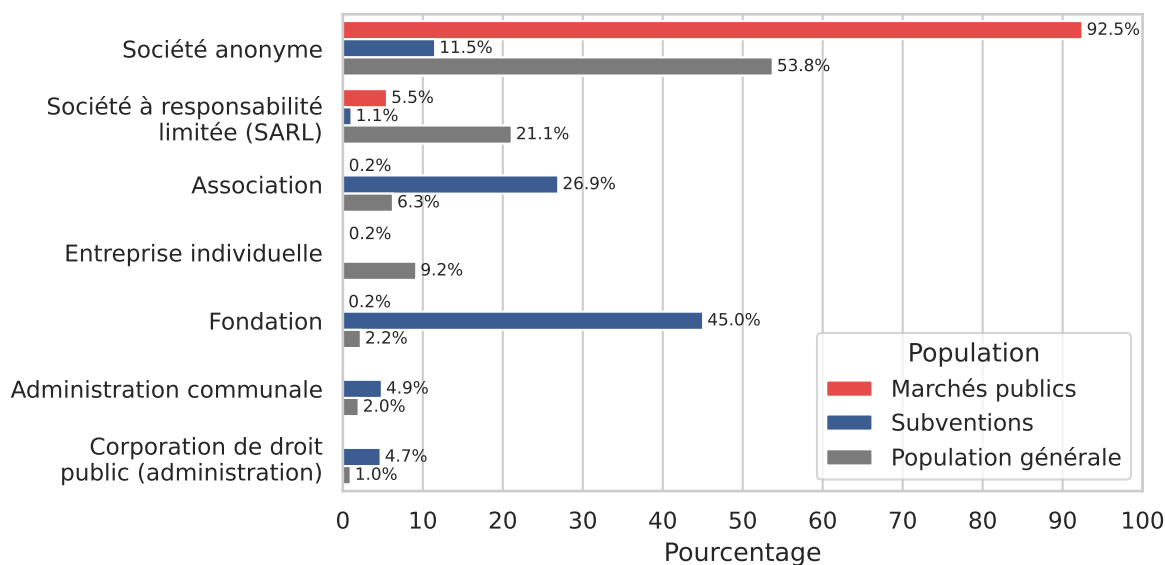
qui sont dominées par les femmes. La médiane de la proportion de femmes se situe près de 70%, c'est-à-dire que la moitié des entités ont une proportion de femmes supérieure à 70 %. Le mode de la distribution se situe entre 70 % et 80 % de femmes.

Ce résultat est sans doute en lien avec les résultats présentés dans la section 3.3.2 concernant les domaines d'activité. Les domaines d'activité représentés dans les marchés publics sont plutôt dominés par les hommes (p.ex. construction), alors que ceux qui sont représentés dans les subventions plutôt par les femmes (p.ex. santé).

### 3.3.5 Forme juridique

Enfin, la figure 15 représente la proportion des entités selon leur forme juridique. Sans grande surprise, de fortes différences entre les trois populations sont observées. Les marchés publics sont fortement dominés par les sociétés anonymes qui réunissent 92.5 % de tous les marchés, alors que les autres formes juridiques ne jouent qu'un rôle très limité. En ce qui concerne les subventions, la proportion d'associations et de fondations est considérablement plus élevée comparé à la population générale. Ce résultat ne surprend guère, car il s'agit des deux formes juridiques qui sont typiquement associées à des sociétés sans but lucratif.

FIGURE 15 – Comparaison de population par rapport à la forme juridique



En outre, les entités recevant des subventions comprennent également 4,9 % d'administrations municipales et 4,7 % de corporations de droit public (administration), ce qui est nettement plus élevé que dans la population générale.

## 4 Stratification du risque de non-respect de l'égalité salariale dans les contrôles en Suisse

L'objectif de cette section est d'identifier les facteurs de risque en analysant les résultats de quasiment tous les contrôles réalisés depuis 2006 qui sont déjà terminés. L'objectif final est d'identifier les caractéristiques des entités qui peuvent être utilisées comme indicateur pour identifier celles qui présentent le risque de non-respect le plus élevé.

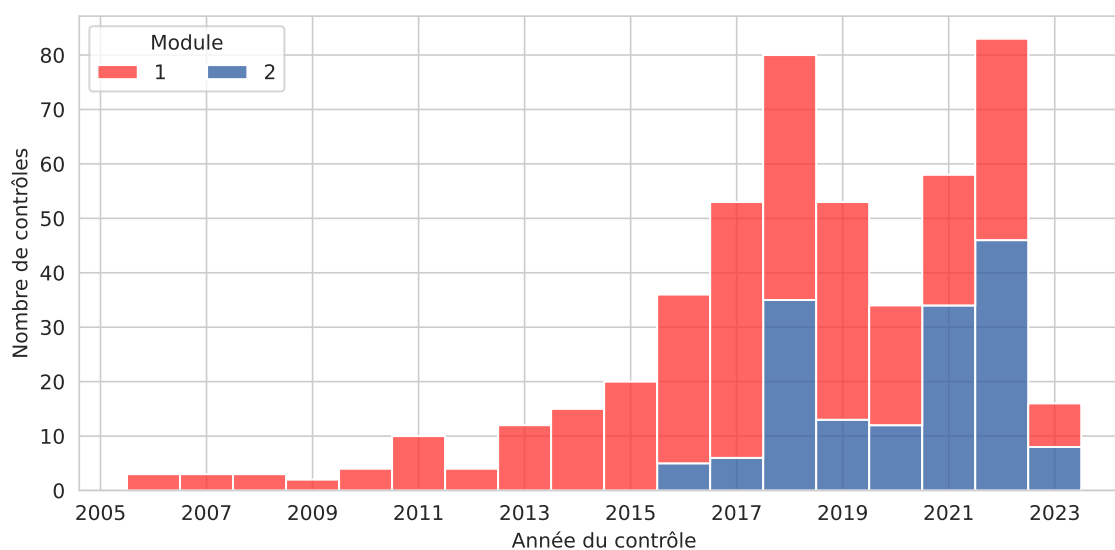
Dans la sous-section 4.1, les données utilisées sont décrites, suivies d'une section d'évidences descriptives où chaque facteur de risque possible est décrit individuellement. Dans la sous-section 4.3, des analyses de régression plus avancées sont présentées afin d'identifier un profil de risque pour les entités contrôlées.

### 4.1 Statistiques descriptives

La base de données des contrôles avec l'outil Logib contient un total de 489 contrôles, dont 330 avec le module 1 (grandes entités) et 159 avec le module 2 (petites entités).

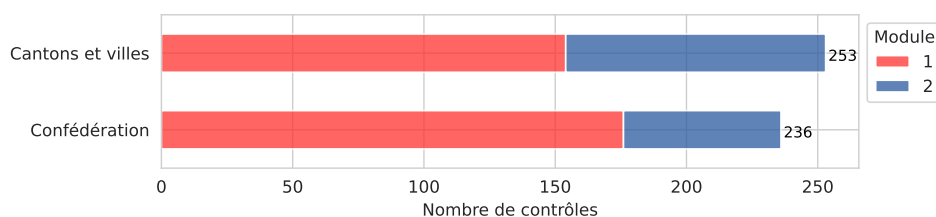
La figure 16 illustre la répartition des contrôles par année et par module Logib. La majorité des contrôles ont été effectués depuis 2016, mais quelques contrôles plus anciens sont également inclus dans les données. La méthodologie du module 1 n'a pas changé de manière substantielle au fil des années, ce qui permet d'utiliser également des contrôles plus anciens pour cette étude. En ce qui concerne le module 2, la plupart des contrôles sont assez récents car ce module a été mis à disposition plus récemment. Cependant, il existe également des données provenant de phases pilotes. Pour ce module, certains changements dans la méthodologie ont eu lieu au fil des ans, mais ils ne devraient pas affecter les résultats de cette étude de manière significative.

FIGURE 16 – Distribution des contrôles par année et module



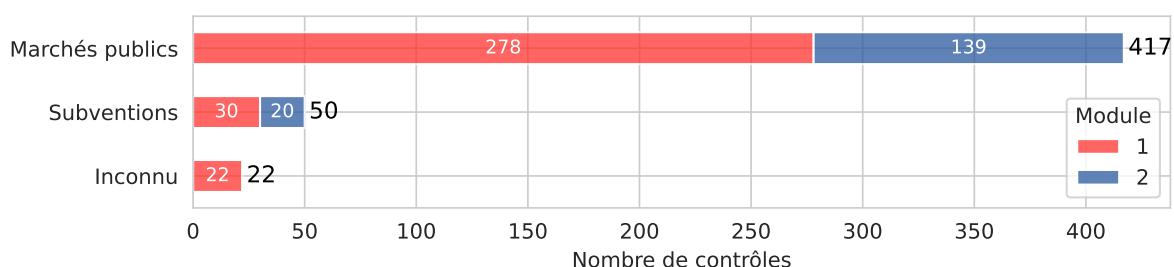
La figure 17 montre la répartition des contrôles par type d'autorité et par module utilisé. On constate que la confédération (BFEG) a effectué près de la moitié (236 sur 489) de l'ensemble des contrôles pris en compte dans cette étude. Les autres autorités cantonales et communales ont effectué 253 contrôles. La proportion de contrôles du module 1 est légèrement plus élevée pour la confédération, ce qui s'explique principalement par le fait que la confédération a commencé les contrôles plus tôt, alors que seul le module 1 existait.

FIGURE 17 – Nombre de contrôles par autorité et par module



Enfin, la figure 18 montre que la majorité des contrôles concerne des entités qui ont participé à des marchés publics. Sur les 489 contrôles, seuls 50 concernent des subventions, tandis que 417 se réfèrent aux marchés publics. Les 22 contrôles restants (soit 4.5 %) n'ont pas pu être clairement attribués aux marchés publics ou aux subventions<sup>12</sup>.

FIGURE 18 – Nombre de contrôles par type de marché et par module



Pour conclure cette présentation introductive des données, le tableau 2 indique le nombre d'observations par variable. Chaque autorité de contrôle dispose d'une liste des contrôles effectués et enregistre certaines statistiques clés. Ces listes ne sont pas nécessairement harmonisées, ce qui explique que toutes les autorités n'ont pas enregistré les mêmes statistiques sur les contrôles. En conséquence, la base de données combinée ne comporte pas le même nombre d'observations pour chaque information.

Le tableau montre que certaines informations clés sont disponibles pour (presque) tous les contrôles. Le nombre de femmes et d'hommes dans l'analyse, l'année du contrôle, l'autorité et les principaux résultats (coefficient de genre ou score) sont disponibles dans tous les cas. Le type de marché est connu pour tous les contrôles du module 2, mais seulement pour 93,3 % des contrôles du module 1.

L'écart salarial brut n'est disponible que pour 51 % des contrôles du module 1 et le canton du siège de l'entité contrôlée est connu dans 63 % des contrôles du module 1 et 40 % des contrôles du module 2. Ces informations peuvent être pertinentes, car [Kaiser et Möhr \(2021\)](#) ont constaté des fortes différences régionales dans l'écart salarial inexplicé entre les hommes et les femmes. Enfin, le code NOGA est disponible pour près de 80 % des contrôles (dans les deux modules).

Les analyses suivantes utiliseront toujours le maximum d'observations, plutôt que de limiter l'analyse aux seules observations contenant des informations complètes.

12. Pour déterminer si un contrôle concernait une subvention ou un marché public, les informations primaires des autorités ont d'abord été utilisées. Dans un deuxième temps, les informations d'un document interne concernant le type de contrôle par autorité et par année ont été utilisées pour déterminer le marché. Enfin, dans certains cas, le code NOGA a été utilisé pour déterminer si un contrôle était une subvention ou un marché public. Sur les 489 contrôles, il n'a pas été possible de déterminer le marché pour 22 d'entre eux, car les autorités concernées avaient effectué des contrôles pour les deux marchés et aucune information a permis de clairement identifier le type de marché.



TABLEAU 2 – Nombre d'observations disponibles par variable

Variable	Module 1		Module 2	
	N	Prop.	N	Prop.
Année du contrôle	330	100.0%	159	100.0%
Nombre d'hommes dans l'analyse	327	99.1%	159	100.0%
Nombre de femmes dans l'analyse	327	99.1%	159	100.0%
Différence salariale brute	169	51.2%	0	0.0%
Effet lié au sexe (Module 1)	330	100.0%	–	–
$R^2$ (Module 1)	324	98.2%	–	–
Autorité de contrôle	330	100.0%	159	100.0%
Canton de l'entité	209	63.3%	64	40.3%
Type de marché	308	93.3%	159	100.0%
Tau de Kendall	–	–	64	40.3%
Proportion de paires à risque	–	–	159	100.0%
Score Module 2	–	–	159	100.0%
NOGA	254	77.0%	125	78.6%

## 4.2 Relation entre les facteurs de risque et le résultat des contrôles

Avant d'utiliser l'analyse de régression pour identifier les facteurs de risque, il convient d'examiner chaque facteur possible individuellement. Cela permet de mieux comprendre la relation entre les facteurs et ainsi de mieux comprendre l'analyse de régression.

Pour évaluer le risque du non-respect de l'égalité salariale, les seuils nouvellement définis pour les contrôles du respect de l'égalité salariale sont utilisés. Pour le module 1, tous les coefficients de genre significatifs (par rapport à 0) supérieurs à cinq sont considérés comme non-respect. Pour le module 2, les scores supérieurs à 5 entraînent un résultat de non-respect<sup>13</sup>. Le tableau 3 présente le nombre et la proportion de contrôles conformes. Il convient de noter que les pourcentages de conformité sont plus faibles que dans d'autres publications sur les contrôles, car les valeurs limites en vigueur depuis début 2024 ont été utilisés.

TABLEAU 3 – Statistiques descriptives des contrôles analysés

	Respect	Non respect	Total	% respect
Tous les contrôles	373	116	489	76.3%
Module 1	239	91	330	72.4%
Module 2	134	25	159	84.3%
Marchés publics	312	105	417	74.8%
Subventions	43	7	50	86.0%

Sur l'ensemble des 489 contrôles, 373 contrôles montrent un respect de l'égalité salariale, soit un taux de 76,3 %. Si l'on examine individuellement chaque module, on observe un niveau de respect légèrement plus élevé pour les contrôles du module 2 en comparaison au module 1, soit 84,3 % contre 72,4 %, respectivement. Une différence un peu plus prononcée est observée entre les marchés publics et les subventions. La proportion de conformité parmi les entités recevant des subventions est supérieure à 85 % alors qu'environ 75 % des entités des marchés publics présentent un résultat considéré comme conforme. Il convient de noter que le pourcentage de respect de l'égalité salariale pour les subventions est calculé sur la base de 50 observations seulement.

Le tableau 3 décrit la marge extensive de la réussite du contrôle, c'est-à-dire qu'on divise les contrôles en

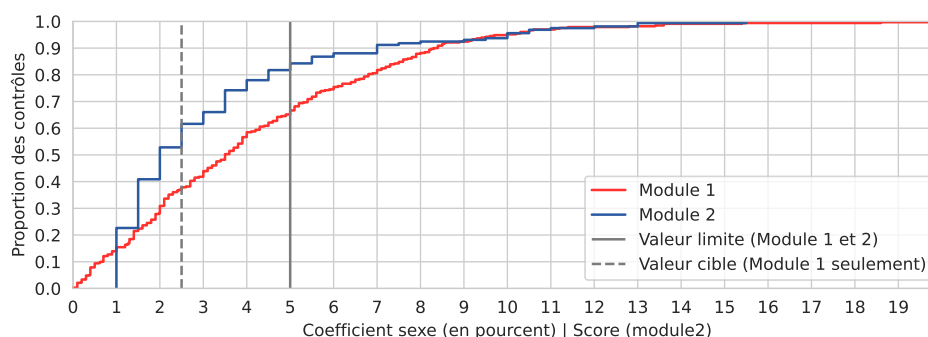
13. Le BFEG prévoit l'introduction d'une mesure de robustesse qui sera employée pour déterminer le non-respect. Avec les données disponibles, il est impossible de calculer cette mesure. Pour cette raison, seul le critère du score au-dessus de 5 a pu être retenu.

respectant ou non-respectant l'égalité salariale. Ce type de statistique ne permet pas de voir si le résultat de l'analyse était proche des valeurs limites ou pas. Pour cela, il est aussi intéressant d'examiner la marge intensive qui est derrière ces résultats, donc la valeur estimée (écart-salarial pour le module 1 et score pour le module 2). La figure 19 présente la distribution cumulative pour les contrôles du module 1 et du module 2. Bien que la variable de résultat ne soit pas calculée de la même manière, il est intéressant de comparer les deux courbes car elles présentent des similarités.

Pour le module 2 (ligne bleue), parmi les entités respectant l'égalité salariale, nous observons qu'il y a une grande proportion (environ 60 %) avec un score de 3 ou inférieur. Dans le cas du module 1 (ligne rouge), les résultats sont moins clairs, car il faut considérer que certains coefficients parmi les plus élevés pourraient ne pas être significativement différents de zéro. Même en tenant compte de cette limitation, on peut souligner qu'environ 50 % des entités contrôlées au titre du module 1 présentent un écart de rémunération entre hommes et femmes de 3,5 % ou inférieur.

À l'autre extrémité de la distribution, il y a un certain nombre d'entités pour lesquelles le non-respect est évident, car leur résultat est très éloigné de la valeur limite.

FIGURE 19 – Distribution du coefficient de sexe (M1) et du score (M2)



#### 4.2.1 Éléments descriptifs des facteurs de risque individuels

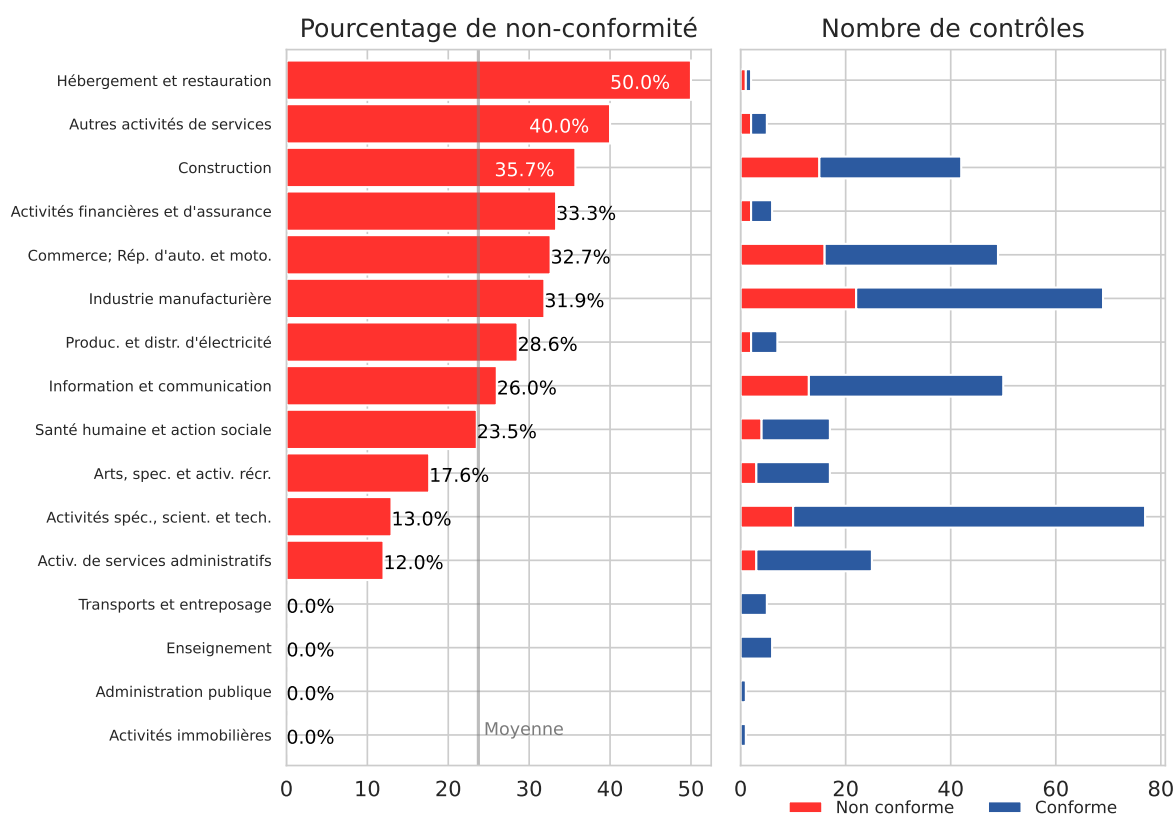
Les prochaines figures montreront comment le risque de non-respect est corrélé à d'autres facteurs tels que le secteur économique, la région ou le nombre de femmes travaillant dans l'entité.

La figure 20 montre le taux de non-respect par domaine d'activité selon le code NOGA et le nombre total de contrôles effectués pour les marchés publics et les subventions. La ligne verticale grise indique la proportion globale de non-respect.

Il est important de regarder simultanément le graphique de gauche montrant la proportion de non-respect et le graphique de droite indiquant le nombre de contrôles à partir desquels cette proportion est calculée. Par exemple, la catégorie « Hébergement et restauration » présente une proportion de non-respect de 50 %, mais cette statistique n'est basée que sur deux observations. En revanche, la proportion de 35,7 % pour la catégorie « Construction » est beaucoup plus fiable, car elle est basée sur plus de 40 contrôles.

On constate ainsi que les domaines d'activité où le nombre de contrôles effectués est le plus élevé ne sont pas nécessairement ceux qui présentent les taux de non-respect les plus élevés, à l'exception des domaines « Construction », « Commerce ; Rép. d'auto. et moto » et « Industrie manufacturière ». Il s'agit de trois domaines qui présentent un taux de non-respect supérieur à 30 %. Il y a aussi des domaines avec beaucoup de contrôles alors que la proportion de non-respect est inférieure à la moyenne. Par exemple, le domaine « Activités spéc., scient. et tech » présente le plus grand nombre de contrôles, mais le taux de non-respect n'est que de 13 %, nettement inférieur à la moyenne. Bien entendu, le secteur économique n'est qu'un des facteurs de risque potentiels et d'autres devront être explorés.

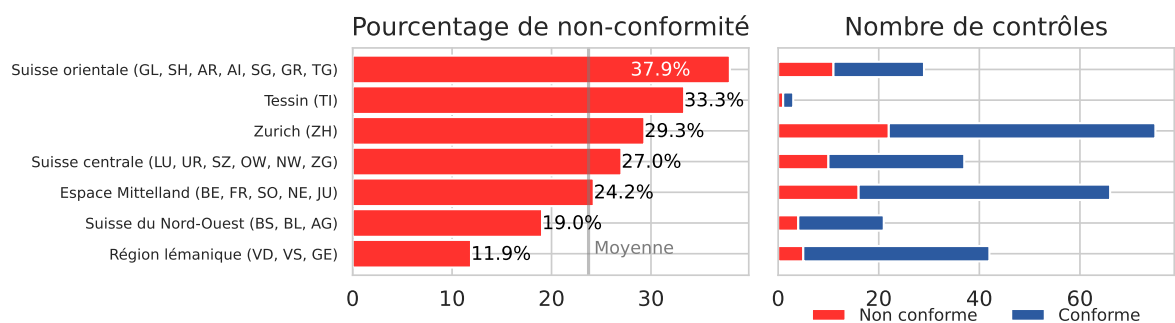
FIGURE 20 – Taux de conformité par domaine d'activité



La figure 21 montre le risque de non-respect (à gauche) et le nombre de contrôles (à droite) par région du siège de l'entité contrôlée. La ligne verticale grise représente le risque moyen global et permet d'identifier facilement les régions présentant des risques de non-respect supérieurs à la moyenne.

C'est en Suisse orientale que le risque est le plus élevé, avec près de 38 %. Ce pourcentage relativement élevé est basé sur 30 contrôles et a donc une certaine fiabilité. En revanche, seuls 3 contrôles d'entités du Tessin sont disponibles et le risque moyen de 33,3 % est donc moins informatif.

FIGURE 21 – Taux de conformité par région

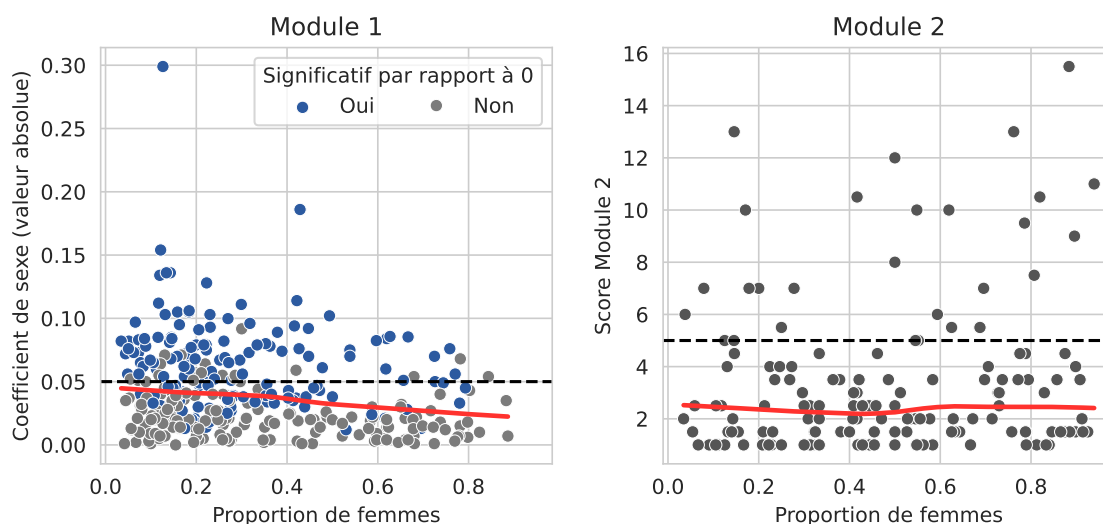


Les entités basées à Zurich (29,3 %) et en Suisse centrale (27,0 %) affichent également des taux supérieurs à la moyenne, tandis que la Suisse du Nord-Ouest et en particulier la Région lémanique se situent en dessous

de la moyenne. La valeur pour la Région lémanique est probablement trompeuse, car la proportion d'entités recevant des subventions y est nettement plus élevée. En fait, si l'on se concentre uniquement sur les entités des marchés publics, la Région lémanique reste la région présentant le risque le plus faible, mais il atteint un niveau de 18,5 %<sup>14</sup>.

Outre les variables catégorielles, il peut également être intéressant d'examiner la relation bivariable entre les résultats du contrôle et les variables continues telles que le nombre de femmes dans une entité ou la proportion de femmes.

FIGURE 22 – Relation entre résultat du contrôle et nombre de femmes au sein de l'entité



La figure 22 représente le résultat Logib sur l'axe vertical (module 1 à gauche, module 2 à droite) par rapport à la proportion de femmes dans l'entité. Pour le graphique du module 1, les couleurs indiquent si un effet significativement différent de zéro a été trouvé. Les lignes horizontales en pointillés indiquent les valeurs limites pour les deux modules. La ligne rouge est une régression non paramétrique qui met en évidence la relation moyenne entre les deux variables. Une relation négative constante et presque linéaire est observée entre les résultats du module 1 et la proportion de femmes. Plus la proportion de femmes est élevée, plus l'écart de rémunération estimé entre les hommes et les femmes est faible, ce qui confirme les résultats d'études antérieures basées sur la population générale (Chávez-Juárez et Graf, 2021).

Les résultats pour le module 2 (partie droite) sont beaucoup moins clairs. Les régressions non paramétriques ne mettent en évidence aucune relation entre les deux variables, la moyenne du score se situe entre 2 et 3 pour tout niveau de proportion de femme.

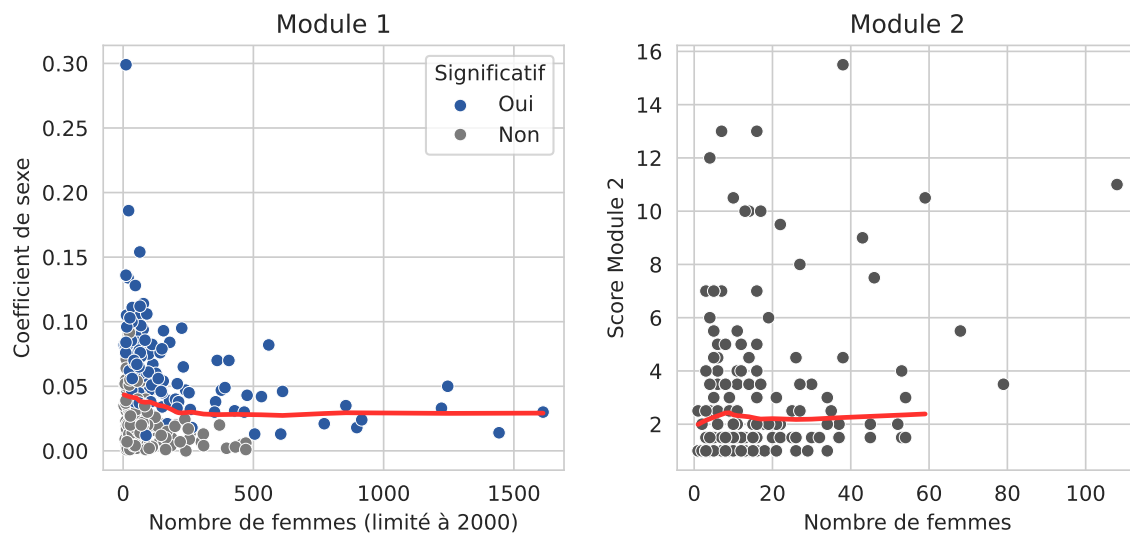
Le fait de trouver une relation pour les grandes entreprises mais pas pour les petites ne dit rien sur la qualité des deux modules, cela pourrait simplement refléter des dynamiques différentes. La dynamique au sein des grandes entreprises comptant très peu de femmes pourrait être très différente de celle des petites entreprises, où une proportion de 10 % de femmes se traduit probablement par la présence de moins de 5 femmes dans l'entreprise. Toutefois, à ce stade et sur la base de ces statistiques descriptives, il est impossible de conclure si la relation entre l'égalité des sexes et la proportion de femmes est effectivement différente pour les petites entreprises (module 2) par rapport aux grandes entreprises (module 1).

La figure 23 est similaire au graphique précédent, mais illustre la relation avec le nombre absolu de femmes dans une entité. Pour le module 1, les contrôles comportant plus de 2'000 femmes ont été supprimés du

14. Pour plus de détails, voir 42 dans l'annexe B

graphique pour des raisons pratiques. Pour les entités comptant moins de 250 femmes, on constate une légère relation négative entre le coefficient de genre et le nombre de femmes. Pour les grandes entreprises comptant plus de 250 femmes, l'écart de rémunération moyen entre les hommes et les femmes semble indépendant du nombre de femmes.

FIGURE 23 – Lien entre résultat du contrôle et nombre de femmes au sein de l'entité



Pour le module 2, les résultats sont similaires à ceux obtenus pour la proportion de femmes, car le score moyen ne semble pas varier en fonction du nombre de femmes. La ligne rouge est plafonnée à 60 car aucune estimation non paramétrique raisonnable n'était possible au-delà de cette valeur en raison du nombre très limité d'observations.

### 4.3 Analyse de régressions

Après les statistiques descriptives de la section 4.1 et l'analyse bivariée de la section 4.2, des modèles de régression multivariés sont maintenant présentés pour expliquer la probabilité de non-respect de l'égalité de rémunération entre les femmes et les hommes et les résultats Logib sous-jacents. Malgré l'utilisation de la régression multivariée, une analyse descriptive est maintenue et aucune relation de cause à effet entre les variables explicatives et la variable dépendante n'est revendiquée. La causalité n'est pas nécessaire dans cette étude, car l'objectif est simplement d'identifier les facteurs susceptibles d'être associés à un risque plus élevé de non-respect de l'égalité de rémunération entre les femmes et les hommes.

#### 4.3.1 Régression sur l'ensemble des contrôles

Dans un premier temps, les résultats des contrôles des deux modules sont combinés et une variable dépendante binaire est définie, prenant la valeur 1 si l'entité n'a pas respecté l'égalité de rémunération entre les hommes et les femmes et zéro si elle l'a fait.

Le tableau 4 présente différents modèles de régression Probit, où la variable dépendante est l'indicateur de non-respect de l'égalité salariale. Les coefficients positifs correspondent donc à des facteurs qui augmentent le risque de non-respect de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. Le premier modèle n'inclut qu'un terme constant, le nombre et la proportion de femmes dans l'entité avec une spécification au carré.

Des modèles plus simples sans les termes au carrés ont produit des résultats moins convaincants en termes de critères de sélection des modèles (BIC, AIC et pseudo R2).

Les modèles (2) à (6) incluent également des informations provenant de l'ESS, ce qui introduit une perte assez importante en termes de nombre d'observations. Le modèle (2) est identique au modèle (1), mais estimé uniquement sur les observations des modèles (3) à (6). Plusieurs autres modèles ont été estimés mais ont été écartés car ils n'apportaient aucune amélioration par rapport aux modèles présentés ici <sup>15</sup>.

TABLEAU 4 – Probit : probabilité de non-respect

	<i>Dependent variable : fail</i>					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Nb de femmes/1000	-0.995*	-1.205*	-1.173*	-1.256*	-1.232*	-1.229*
	(0.550)	(0.670)	(0.676)	(0.678)	(0.682)	(0.678)
Nb de femmes/1000 (au carré)	0.302*	0.366**	0.359*	0.372**	0.367**	0.366**
	(0.154)	(0.182)	(0.183)	(0.183)	(0.184)	(0.183)
Proportion de femmes	-2.161**	-1.131	-1.399	-0.332	-0.568	0.958
	(1.090)	(1.795)	(1.811)	(1.846)	(1.868)	(1.955)
Proportion de femmes (au carré)	1.607	0.283	0.685	-0.375	-0.058	-1.642
	(1.207)	(2.315)	(2.343)	(2.367)	(2.398)	(2.462)
Écart non expliqué (ESS, Region)			7.585		5.040	
			(5.751)		(5.918)	
Écart non expliqué (ESS, Noga)				8.805**	8.146**	7.024*
				(3.791)	(3.876)	(3.910)
Part non expliqué de l'écart (ESS, Noga)						0.773**
						(0.353)
Observations	486	270	270	270	270	270
AIC	523.44	301.72	301.99	298.26	299.54	295.48
BIC	544.37	319.72	323.58	319.85	324.73	320.67
Pseudo $R^2$	0.035	0.043	0.048	0.061	0.063	0.076

Note :

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Dans tous les modèles, il y a un effet négatif du nombre de femmes et de la proportion de femmes dans les entités. Pour le nombre de femmes, l'effet est très négatif pour les entreprises avec peu de femmes et s'approche de zéro pour les entreprises de 1 600 femmes. Ce résultat suggère que le risque de non-respect de l'égalité salariale est plus élevé dans les entités comptant très peu de femmes. L'effet positif pour les entreprises comptant plus de 1600 femmes est dû à la forme fonctionnelle de la régression. Toutefois, il ne faut pas accorder trop d'importance à cette partie de la fonction, car il n'y a pratiquement pas d'observations. Pour les prédictions hors échantillon que nous effectuerons lors de simulations, il pourrait être utile de limiter la variable à 1600 afin d'éviter des prédictions irréalistes dues à la prédiction hors support.

Dans le modèle (6) on trouve un effet légèrement positif de la proportion des femmes pour des valeurs faibles et ensuite un effet négatif.

La différence salariale inexpliquée par rapport au code NOGA de l'entité et selon les informations proposées par [Kaiser et Möhr \(2021\)](#) a un effet positif et significatif selon le modèle (4). Cela signifie que, parmi les entités contrôlées, celles qui sont actives dans un secteur où l'écart non expliqué est important dans la population générale présentent un risque plus élevé de non-respect. Le modèle (6) inclut en plus de l'écart salarial non expliqué aussi la part non-expliquée de l'écart salarial, ce qui permet d'arriver à un modèle avec un pouvoir explicatif plus élevé.

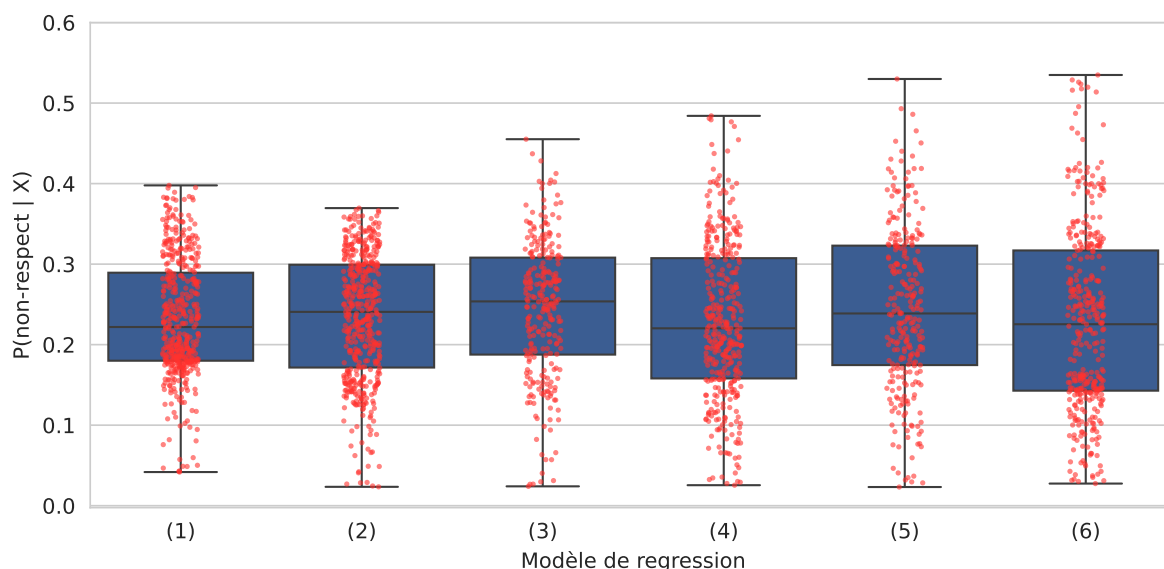
A priori il semble que le modèle (6) est le mieux adapté <sup>16</sup> aux besoins de cette étude, malgré la perte importante d'observations pour son estimation. L'inclusion de l'écart non-expliqué selon l'ESS améliore l'estimation et introduit une notion directe de l'écart salarial dans l'économie, ce qui est important pour l'estimation du risque. Il sera ainsi possible de calculer le risque pour chaque secteur de l'économie.

15. De plus amples informations sont disponibles dans la section 4.3.4

16. Le meilleur modèle a été choisi sur la base de l'AIC, BIC et le pseudo R-carré. Bien que la validation croisée (*cross-validation*) soit une option, la taille limitée de l'échantillon, associée à l'utilisation d'un modèle à variable dépendante limitée, la rend moins appropriée à notre avis et elle dépasserait la portée et l'objectif de cette étude. Toutefois, de telles méthodes mériteraient d'être envisagées pour la mise en œuvre effective de la sélection fondée sur le risque, en particulier lorsque davantage de données seront disponibles.

Le pouvoir explicatif des modèles est faible, ce qui est normal pour ce type de régression et le nombre très limité de variables. Le pouvoir explicatif du modèle met également en évidence le fait que le non-respect de l'égalité salariale entre hommes et femmes dépend de bien plus que des variables observables. Pour la suite de l'étude, et afin de pouvoir distinguer le risque de non-conformité entre les différentes entités, la variation de la probabilité estimée de non-conformité entre les entités ayant le moins et le plus de facteurs de risque sera beaucoup plus déterminante que le pouvoir explicatif du modèle en tant que tel. La figure 24 montre la distribution du risque de non-respect à l'aide d'un diagramme en boîte et les observations sous forme de points rouges<sup>17</sup>.

FIGURE 24 – Probabilité estimée de non-respect par modèle



Tous les modèles produisent une variance substantielle dans le risque prédit de non-respect de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. Le modèle (1) présente la variation la plus faible, les probabilités étant comprises entre 0,05 et 0,4. Pour les modèles plus larges, en particulier le modèle préféré (6), les probabilités conditionnelles vont de valeurs proches de zéro à près de 0,5. Cette constatation suggère que, en fonction des caractéristiques des différentes entreprises, le modèle estime le risque de non-respect à presque zéro pour certaines d'entre elles, alors qu'il peut atteindre 50 % pour d'autres.

#### 4.3.2 Régression uniquement avec les contrôles du module 1

En principe, le risque de non-conformité doit être estimé indépendamment du module utilisé lors d'un contrôle, tel que présenté dans la section précédente. Cependant, en raison de la nature des données issues de deux types de contrôles et dans le but d'analyser la robustesse des résultats, l'estimation du risque peut également être réalisée pour chaque module séparément. Le fait d'examiner chaque module de façon indépendante nous permet également de nous concentrer sur les mesures sous-jacentes (écart estimé et score) et pas seulement sur la probabilité de non-respect.

Le tableau 5 montre une régression linéaire pour les contrôles du module 1 avec l'écart estimé (valeur absolue) comme variable dépendante. Contrairement au modèle probit du tableau 4, cette régression mesure l'effet des variables explicatives sur l'écart estimé selon le module 1. Il est donc possible d'identifier des changements dans cette estimation sans que cela ne conduise à une conclusion différente par rapport au non-respect.

17. Pour cette prédiction, une valeur maximale de 1 600 femmes par entreprise a été utilisée afin d'éviter des prédictions irréalistes pour les quelques très grandes entreprises. Si cette limitation n'est pas appliquée, deux probabilités de plus de 90 sont générées, ce qui est irréaliste et clairement dû à un problème de prédiction hors support.

TABLEAU 5 – OLS : coefficient du sexe (en valeur absolue)

	Dependent variable : netGap					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Nb de femmes/1000	-0.015*	-0.014	-0.013	-0.017	-0.016	-0.016
	(0.008)	(0.011)	(0.010)	(0.011)	(0.010)	(0.010)
Nb de femmes/1000 (au carré)	0.003*	0.003	0.002	0.003*	0.003	0.003
	(0.001)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)	(0.002)
Proportion de femmes	-0.019	-0.030	-0.048	-0.005	-0.025	0.060
	(0.036)	(0.054)	(0.054)	(0.055)	(0.055)	(0.058)
Proportion de femmes (au carré)	-0.012	-0.002	0.024	-0.021	0.005	-0.087
	(0.043)	(0.067)	(0.067)	(0.067)	(0.067)	(0.069)
Écart non expliqué (ESS, Region)			0.445**		0.381**	
			(0.183)		(0.185)	
Écart non expliqué (ESS, Noga)				0.264**	0.219*	0.176
				(0.117)	(0.118)	(0.118)
Part non expliqué de l'écart (ESS, Noga)						0.033***
						(0.011)
Observations	327	206	206	206	206	206
R <sup>2</sup>	0.051	0.044	0.072	0.068	0.087	0.110
Adjusted R <sup>2</sup>	0.039	0.025	0.048	0.045	0.060	0.083
Residual Std. Error	0.033	0.037	0.036	0.036	0.036	0.036
F Statistic	4.346***	2.329*	3.089**	2.919**	3.175***	4.086***
AIC	-1289.15	-772.11	-776.10	-775.28	-777.61	-782.71
BIC	-1270.20	-755.47	-756.13	-755.32	-754.31	-759.41

Note :

\*p&lt;0.1; \*\*p&lt;0.05; \*\*\*p&lt;0.01

Les résultats sont cohérents avec ceux du modèle probit, mais avec de légères différences. La différence estimée pour les différentes régions en fonction de l'ESS a un effet significatif dans ces régressions, alors que l'effet n'était pas significatif pour les modèles probit. Le modèle (6) est également à privilégier selon les statistiques permettant de choisir le meilleur modèle.

Comme pour le modèle probit, il est possible de présenter la distribution de l'écart prédit pour chaque entreprise en fonction de ses caractéristiques. La figure 25 montre la distribution de la valeur espérée du coefficient de sexe (en valeur absolue) pour chaque entité.

Comme pour les modèles du risque de non-respect (cf. figure 24), on constate une variation plus grande pour les modèles plus larges, notamment pour les modèles (3) à (6) qui incluent les données de la ESS. La valeur espérée du coefficient de sexe se situe entre 0.01 et 0.07 avec une valeur médiane légèrement en-dessous de la valeur limite de 0.05.

#### 4.3.3 Régression uniquement avec les contrôles du module 2

Enfin, le tableau 6 montre les mêmes régressions pour le module 2 en utilisant le score de Logib comme variable dépendante. En raison du nombre très limité d'observations, les régressions avec les variables ESS n'ont pas pu être estimées et ne sont donc pas présentées.

Dans ce cas, on constate que les coefficients ont également les mêmes signes, c'est-à-dire que le score Logib a une relation en U avec la proportion et le nombre de femmes au sein de l'entité. À des niveaux relativement bas, un plus grand nombre de femmes est associé à une réduction du score, alors que l'inverse est vrai au-delà d'un certain niveau. Par exemple, dans le modèle (3), l'effet est négatif jusqu'à environ 15 femmes et devient ensuite positif.

La figure 26 montre la valeur espérée du score Logib Module 2 pour l'ensemble des entités. On constate une forte concentration de scores comprises entre 3 et 4 et donc en-dessous de la valeur limite. Peu d'entités affichent un score en-dessous de la valeur limite.



FIGURE 25 – Écart salarial estimée par modèle (module 1)

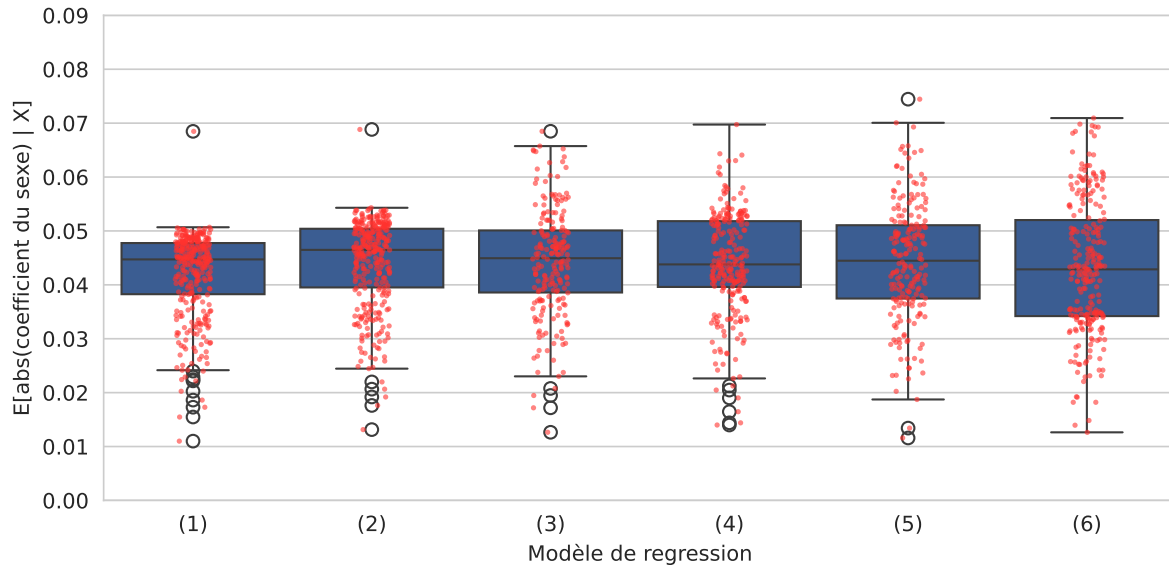
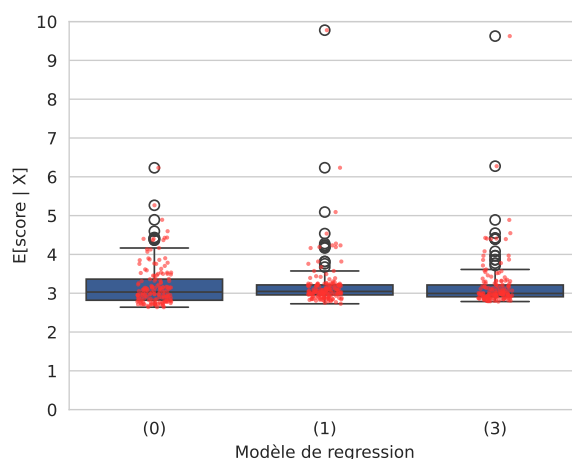


TABLEAU 6 – OLS module 2

	Dependent variable : score		
	(1)	(2)	(3)
Intercept	2.604*** (0.480)	2.915*** (0.507)	3.292*** (0.832)
Nb de femmes	0.033* (0.018)	-0.031 (0.040)	-0.030 (0.040)
Nb de femmes (au carré)		0.001* (0.000)	0.001 (0.000)
Proportion de femmes	0.039 (1.127)	0.740 (1.185)	-1.400 (3.930)
Proportion de femmes (au carré)			2.242 (3.924)
Observations	159	159	159
$R^2$	0.037	0.057	0.059
Adjusted $R^2$	0.025	0.039	0.035
Residual Std. Error	2.801	2.781	2.787
F Statistic	3.024*	3.126**	2.416*

Note : \* $p < 0.1$ ; \*\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.01$

FIGURE 26 – Probabilité estimée de non-respect par modèle (module 2)



#### 4.3.4 Autres spécifications des modèles de régressions

Dans cette section, seules les régressions les plus convaincantes ont été présentées. Au cours de l'analyse, de nombreuses autres spécifications ont été testées et finalement écartées en raison de leur moindre performance. Il ne serait pas pratique de présenter toutes ces régressions rejetées dans l'étude. Par conséquent, la liste suivante décrit d'autres modèles et spécifications qui ont été testés et les raisons pour lesquelles ils n'ont pas été présentés.

- Au lieu des modèles probit du tableau 4, des modèles de probabilité linéaire (MPL) ont également été estimés. Les MPL sont généralement plus faciles à interpréter que les modèles probit, mais présentent un certain nombre d'inconvénients techniques. En particulier, les LPM peuvent produire des probabilités conditionnelles inférieures à 0 et supérieures à 100. Étant donné que les résultats qualitatifs étaient presque identiques à ceux des régressions probit et qu'ils n'apportaient pas d'éclairage supplémentaire, les MPL ont été écartés.
- Kaiser et Möhr (2021) présentent également l'écart inexplicé entre les hommes et les femmes en fonction de la taille des entités. Nous avons inclus cette estimation comme facteur explicatif. Cependant, elle n'a pas contribué de manière significative, ce qui est principalement dû aux très faibles différences dans les estimations de Kaiser et Möhr (2021) entre les différentes tailles.
- Plutôt que d'utiliser la proportion de femmes dans une spécification linéaire et quadratique, des formes plus flexibles telles que les splines linéaires ont été testées. Cependant, ces différentes spécifications ont réduit le R<sup>2</sup> ajusté des régressions et ont donné lieu à des statistiques de modèle moins bonnes (AIC, BIC). Nous n'avons donc conservé que les spécifications linéaires et quadratiques.
- Le nombre total de personnes employées par l'entité a également été inclus, mais n'est pas significatif. En outre, il a réduit le R<sup>2</sup> ajusté.
- Au lieu d'utiliser l'écart de salaire non expliqué entre les hommes et les femmes estimé par Kaiser et Möhr (2021), il serait également possible d'utiliser des variables muettes pour les différentes catégories de la NOGA et les régions. Ainsi, le modèle devient encore plus flexible et le pouvoir explicatif augmente légèrement. Cette spécification présente toutefois deux inconvénients majeurs. Premièrement, en raison du nombre limité de contrôles dans certaines catégories<sup>18</sup>, les paramètres estimés ne seraient pas fiables. Deuxièmement, les spécifications avec des variables muettes ne permettraient pas de prendre en compte les changements futurs dans l'écart de rémunération entre les hommes et les femmes (par exemple, les nouvelles données de l'ESS). En utilisant l'écart de rémunération inexplicé estimé pour l'ESS, il est facile d'inclure de nouvelles données dans le modèle.

18. Par exemple, le coefficient pour la catégorie NOGA « Hébergement et restauration » ne serait estimé que sur la base de deux observations (figure 20), tandis que le coefficient pour la région « Tessin » serait basé sur seulement 4 contrôles (figure 21).

- Le modèle a également été estimé avec un sous-échantillon limité aux contrôles effectués depuis l'année 2017. Les résultats sont similaires, avec un risque prédit de non-respect de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes de 0,94, tant pour la corrélation linéaire que pour la corrélation de rang. L'utilisation de ce sous-échantillon de contrôles serait en effet une option, mais nous avons finalement opté pour l'échantillon complet afin d'obtenir une plus grande puissance statistique.

## 5 Vue d'ensemble des procédures de sélection selon le risque appliquées par les autorités de contrôle en Suisse

Actuellement, sept autorités conduisent des contrôles dans le cadre de leurs marchés publics et/ou de leurs subventions. Il s'agit du BFEG<sup>19</sup>, de quatre cantons (Bâle-Ville, Berne, Vaud, Tessin) et de deux villes (Zurich, Berne). D'autres cantons, comme Genève ou Neuchâtel, ont déjà conduit des contrôles ou sont en train d'introduire une procédure. Parmi ces autorités, la majorité procède à une sélection des entités à contrôler par l'intermédiaire d'un échantillonnage selon le risque, tandis que les autorités restantes procèdent par tirage au sort parmi l'ensemble des entités ayant reçu un marché public ou une subvention. Nous présenterons ici en priorité les procédures de sélection selon le risque.

### 5.1 Les différentes procédures de sélection selon le risque

Parmi les autorités réalisant des contrôles, le BFEG est l'autorité qui dispose du plus d'expérience en la matière avec plus de 250 contrôles réalisés dans le cadre des marchés publics de la Confédération. Selon la directive du BFEG pour les contrôles du respect de l'égalité salariale entre femmes et hommes dans les marchés publics de la Confédération (BFEG, 2024), la sélection peut se faire de façon aléatoire ou selon le risque. Lorsque la sélection se fait selon le risque, le BFEG tient notamment compte des critères suivants : les données du résultat de l'analyse de l'égalité salariale selon la déclaration du soumissionnaire ; la valeur des différences de salaire par branche selon l'ESS ; la valeur de la différence salariale sexospécifique inexpliquée par branche, région et catégories de taille selon l'analyse de décomposition de l'ESS ; la taille de l'entité et la proportion des femmes ; la fréquence, la durée et les volumes des marchés publics obtenus.<sup>20</sup>

Selon les informations fournies dans le cadre d'un entretien, en 2022, le BFEG a fixé pour chacun de ces critères un seuil au-dessus duquel l'entité présentait potentiellement un facteur de risque pour l'égalité salariale. Pour les critères basés sur l'ESS, ce seuil était par exemple déterminé par la moyenne des données de l'ESS sur le critère en question. Dans un second temps, les facteurs de risque ont été additionnés pour établir une évaluation de risque globale par entité en 2022. Les 30 entités ayant présenté le plus haut score global de risque ont ensuite été sélectionnées pour des contrôles. Il ne s'agissait donc pas d'une sélection aléatoire.

En 2023, le BFEG a procédé différemment pour son échantillonnage basé sur le risque. En se basant sur les mêmes sources de données, les variables du prix du marché public, de la différence salariale brute par secteur NOGA et région, et de la part inexpliquée par secteur NOGA et région, ont été prises en compte pour déterminer une pondération pour chaque entité. Plus l'entité avait une valeur élevée sur ces variables par rapport aux autres entités, plus elle avait de « poids » sur cette variable. En additionnant les poids des différentes variables par entité, on parvient à une pondération globale pour chaque entité. Cette pondération était ensuite prise en compte dans l'échantillonnage comme probabilité de l'entité à se faire contrôler : la sélection se faisait de façon aléatoire, c'est-à-dire que toutes les entités pouvaient être soumises à un contrôle, mais les entités présentant une pondération plus élevée avaient plus de chances de se faire sélectionner.

La procédure de sélection a donc changé entre 2022 et 2023. Ainsi, si la démarche de 2022 constituait une sélection déterministe basée sur une évaluation du risque, celle de 2023 était une sélection aléatoire où l'évaluation du risque influençait la probabilité de se faire sélectionner. Les deux procédures reprennent toutefois les critères renseignés dans la directive.

Pour les autres autorités procédant selon le risque, l'échantillonnage se fait uniquement sur la base des autodéclarations que les entités doivent fournir lorsqu'elles demandent une subvention, candidatent pour un marché public ou lorsqu'elles reçoivent un marché public. Les lignes directrices ou feuilles d'information pour les contrôles de l'égalité salariale des cantons ou villes précisent à qui incombe la responsabilité de la sélection des entités à contrôler, mais ne détaillent pas la méthode de sélection. Selon les entretiens réalisés avec les autorités, les critères retenus ainsi que la façon de calculer le risque diffèrent entre les autorités. Cependant, les critères principaux évoqués sont les suivants :

19. Bureau fédéral de l'égalité entre femmes et hommes

20. En 2022, dans les contrôles de la Confédération, seuls les contrats de 2 millions et plus ont été pris en compte pour la sélection des contrôles.

- le résultat de l'analyse : les entités présentant un résultat se situant au-dessus de la valeur limite, ou proche de celle-ci, ont généralement plus de chances d'être sélectionnées ;
- le nombre d'employé-e-s : les entités présentant un faible nombre d'employé-e-s d'un sexe sont généralement plus susceptibles d'être sélectionnées ;
- le mois de référence : plus le mois de référence de l'analyse est ancien, plus les entités sont susceptibles d'être sélectionnées en règle générale ;
- l'outil d'analyse : les entités ayant réalisé l'analyse pour l'autodéclaration avec l'outil d'analyse standard Logib ont en règle générale moins de chances d'être sélectionnées ;
- la réalisation de l'analyse : si l'analyse a été faite de façon indépendante, sans l'accompagnement d'un-e expert-e externe, l'entité a généralement plus de chances d'être sélectionnée.

Selon les autorités, une partie ou la totalité de ces critères sont pris en compte lors de l'échantillonnage. Ensuite, il existe différents processus de sélection. Certaines autorités créent un pool d'entités à contrôler sur la base des critères ci-dessus puis tirent ensuite au sort les entités qui seront finalement contrôlées. Certaines autorités ajoutent une pondération du risque dans le cadre du tirage au sort, ayant pour conséquence que les entités qui présentent un risque plus élevé ont plus de chances d'être sélectionnées, sans que cela ne soit automatiquement le cas pour autant. Finalement, d'autres autorités sélectionnent directement les entités présentant le cumul de risques le plus élevé.

### 5.2 Forces et faiblesses des procédures de sélection selon le risque

L'objectif déclaré des procédures de sélection selon le risque est de mieux identifier les entités présentant des potentiels risques concernant le respect de l'égalité salariale et ainsi d'utiliser les fonds publics de façon plus efficiente. La façon concrète de procéder dépend ensuite fortement des sources d'information à disposition des autorités et ainsi notamment des documents demandés aux entités lors d'une candidature à un marché public ou une demande de subvention.

Nous constatons ainsi, qu'à l'exception du BFEG, les autorités de contrôle se basent principalement sur les informations des autodéclarations reçues de la part des entités. Cette façon de procéder présente l'avantage d'être relativement simple et de se baser sur des informations concernant directement l'égalité salariale des entités à contrôler. Ainsi, elle devrait en théorie permettre d'identifier le risque de non-respect de l'égalité salariale de façon assez précise. Cependant, il n'est pas possible de s'assurer que les données fournies par les entités soient totalement plausibles et que l'analyse ait été effectuée correctement par l'entité. La sélection dépend donc directement de la qualité du travail fourni par les entités, ce qui induit une certaine part d'incertitude.

Pour pouvoir mettre en place ce type de procédure, il faut mettre en œuvre des mécanismes permettant de transmettre, centraliser et analyser les informations des autodéclarations afin de permettre la sélection selon le risque et sa répétition d'année en année.

En outre, les autodéclarations ne sont pas toujours requises. Dans le canton de Vaud, une autodéclaration contenant les informations à propos de l'analyse de l'égalité salariale n'est exigée que pour les entités demandant l'octroi d'une subvention de 5 millions ou plus à l'État de Vaud. Pour les subventions de moins de 5 millions ainsi que pour tous les marchés publics, seul un engagement sur l'honneur sans indication de résultats est requis.

Dans les situations où il n'y a pas d'autodéclaration ou d'autres informations à propos de l'égalité salariale au sein de l'entité même, il peut être intéressant de mobiliser les informations de l'ESS, comme le fait notamment le BFEG. Les données de l'ESS sont accessibles publiquement et peuvent être adaptées à la situation des marchés publics et/ou subventions de chaque autorité en procédant à des appariements de données. En plus de sa faisabilité, cette approche présente aussi l'avantage de se baser sur des données objectives et donc de ne pas dépendre des informations fournies par les entités. Elle permet ainsi d'éliminer tout risque d'erreur ou de manipulation de la part des entités, qui pourrait avoir une influence sur le processus de sélection pour un contrôle de l'égalité salariale. Cependant, il s'agit d'une approche coûteuse à mettre en place et surtout à répéter. En effet, elle nécessite un appariement de plusieurs sources de données, entre les informations concernant les entités recevant des marchés publics et/ou subventions, celles des registres des établissements

et entreprises, ainsi que celles de l'ESS. Cet appariement doit être répété chaque année avec les nouvelles informations et constitue ainsi une charge de travail relativement importante.

Finalement, nous rappelons que l'efficacité de la sélection selon le risque, qui peut se définir ici comme étant une meilleure identification des entités présentant des risques importants de non-respect de l'égalité salariale par rapport à une sélection aléatoire, n'a pas encore été évaluée et qu'il s'agit d'un des objectifs de cette étude qui sera abordé dans les chapitres suivants. En tenant compte des avantages et inconvénients de ces différentes façons de procéder, le chapitre suivant propose des procédures concrètes de sélection selon le risque qui sont pertinentes, réalisables, et adaptées à la situation des marchés publics et des subventions dans le canton de Vaud.

## 6 Proposition de procédures de sélection basées sur le risque

L'objectif principal de cette étude est d'identifier des approches efficaces et pragmatiques pour sélectionner les entités présentant un risque plus élevé de non-respect de l'égalité salariale. Ces approches dépendront essentiellement de deux éléments principaux :

1. Une **mesure du risque** qui peut être calculée facilement pour toutes les entités
2. Un **algorithme de sélection** qui choisit les entités sur la base de la mesure du risque

Dans la section 6.1, nous présentons différentes mesures de risque qui pourraient être calculées et utilisées dans l'algorithme. Dans la section 6.2, nous présentons différents algorithmes, puis dans la section 6.3, nous décrivons les différentes combinaisons de mesures et d'algorithmes à simuler afin d'obtenir une bonne appréciation des approches les plus efficaces et les plus pragmatiques.

### 6.1 Mesure de risque du non-respect de l'égalité salariale

Pour mesurer le risque de non-respect de l'égalité entre les femmes et les hommes, nous nous appuyons sur les caractéristiques des entités et sur la manière dont ces caractéristiques sont généralement associées à la probabilité de non-respect de l'égalité salariale.

Dans le cadre de cette étude, nous distinguons les mesures basées sur un modèle statistique/économétrique de mesures davantage basées sur des statistiques sommaires et un raisonnement théorique.

#### 6.1.1 Mesure(s) basée(s) sur un modèle statistique/économétrique

Le modèle Probit, présenté dans la section 4 et plus précisément dans le tableau 4, peut servir comme base pour une estimation du risque pour chaque entité. Le modèle Probit prend en compte simultanément plusieurs facteurs et les combine en une seule mesure de risque. Il permet de quantifier pour toute entité le risque de non-respect de l'égalité salariale en calculant la probabilité conditionnelle, c'est-à-dire le risque étant donné les caractéristiques observées de chaque entité :

$$E[\text{Risque non-respect}|X_i] = \Phi(X_i\hat{\beta}) \equiv \hat{p}_i \quad (1)$$

où la matrice  $X_i$  désigne les caractéristiques de l'entité  $i$ . Cette mesure du risque présente plusieurs avantages. Pour commencer, elle est basée sur des coefficients estimés, plutôt que sur des jugements. Dans un second temps, en considérant tous les facteurs simultanément, nous évitons de compter deux fois des facteurs fortement corrélés. Enfin, la mesure est bien définie et se situe dans l'intervalle de 0 à 1. En revanche, le calcul légèrement plus compliqué par rapport à d'autres approches peut être considéré comme un inconvénient.

#### 6.1.2 Mesures basées sur des statistiques sommaires et un raisonnement théorique

Dans la section 5, nous avons examiné les approches utilisées par d'autres autorités et avons trouvé dans plusieurs cas une approche basée sur l'ajout de facteurs de risque ou de points de risque. L'idée est de définir un ensemble de critères et, pour chaque critère, de déterminer dans quelle mesure il contribue au risque global. La mesure du risque est alors obtenue en ajoutant les différents scores de risque à un score global.

La forme la plus simple consiste à définir un résultat binaire pour chaque dimension. Par exemple, les entités d'un secteur présentant des risques supérieurs à la moyenne auront un point de risque, tandis que celles des secteurs présentant des risques inférieurs à la moyenne n'en auront pas. Les versions plus avancées peuvent inclure la distance par rapport à la moyenne pour attribuer des points de risque non binaires.

Cette approche présente deux avantages principaux. Tout d'abord, elle peut combiner des facteurs provenant de différentes sources, car elle ne dépend pas d'un ensemble de données contenant tous les facteurs. Ensuite, outre les critères statiques, d'autres critères peuvent être pris en compte, tels que le type d'analyses antérieures de l'égalité salariale. Ces facteurs de risque plus théoriques seraient difficiles à inclure dans une approche établie

à partir de la régression. En revanche, cette approche est sujette à une évaluation subjective des facteurs de risque et la pondération des différents facteurs est loin d'être triviale. Dans le cas de facteurs corrélés, nous pourrions surestimer leur pertinence par un double comptage. Dans l'ensemble, cette approche semble nettement plus qualitative que l'approche basée sur la régression.

Pour cette étude, nous suggérons d'utiliser les statistiques descriptives présentées par Kaiser et Möhr (2021) et de se concentrer sur la partie inexpliquée de l'écart de rémunération entre les femmes et les hommes par secteur (NOGA), région et taille des entreprises. En outre, la proportion de femmes dans les entités peut être considérée.

Nous définissons un **score de risque (A)** qui détermine pour chaque entité si sa valeur se situe au-dessus ou en-dessous de la moyenne :

$$SRA_i = \sum_j \mathbb{1}(x_{ij} > \bar{x}_j) \quad (2)$$

où  $x_{ij}$  représente l'écart salarial moyen dans le domaine  $j$  étant donné les caractéristiques de l'entité  $i$  et  $\bar{x}_j$  est l'écart moyen dans l'ensemble des entités. La fonction  $\mathbb{1}(\cdot)$  fait référence à la fonction d'indicateur prenant la valeur de 1 si la condition en parenthèse est vraie et 0 dans le cas contraire. L'équation 2 décrit donc une simple somme de dimensions jugées à risque. Elle ne permet pas de distinguer si une valeur est légèrement ou fortement au-dessus de la moyenne. Pour cette raison, nous proposons également un **score de risque (B)** selon l'équation 3 :

$$SRB_i = \sum_j \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} \quad (3)$$

Cette équation permet de considérer la différence relative vers la moyenne, et ainsi de mieux distinguer les différents risques.

## 6.2 Algorithmes de sélection

Indépendamment de la mesure du risque, différents algorithmes peuvent être utilisés pour obtenir une sélection d'entités pour les contrôles. Ces algorithmes diffèrent autant par leur niveau de sophistication, leur capacité à sélectionner les risques élevés, que par l'effort nécessaire pour les mettre en œuvre chaque année.

Dans cette section, nous présentons d'abord chaque approche individuellement et décrivons brièvement leurs avantages et inconvénients. Ensuite, dans la section 6.2.6, nous effectuons une comparaison conceptuelle des différentes approches et montrons une représentation numérique à l'aide de deux populations illustratives dans le tableau 7.

### 6.2.1 Algorithme 0 : Sélection aléatoire sans prendre en compte le risque (Baseline)

L'approche de base (*baseline*) consiste à sélectionner aléatoirement des entités dans l'ensemble de la population et à ignorer le risque. Cette approche est évidemment la plus simple, mais elle ne permet pas à l'autorité de se concentrer sur les entités à haut risque. Elle pourrait donc s'avérer assez inefficace en termes de détection des entreprises qui ne respectent pas l'égalité salariale. Dans cette étude, nous utilisons cette approche comme une approche de base (*baseline*) à laquelle nous comparons les approches basées sur le risque.

### 6.2.2 Algorithme 1 : Sélection aléatoire avec probabilité pondérée

L'approche la plus directe consiste à utiliser une sélection aléatoire pondérée où la pondération dépend directement du risque. Une entité présentant un risque deux fois plus élevé de ne pas respecter l'égalité salariale



entre les femmes et les hommes a deux fois plus de chances d'être sélectionnée qu'une entreprise présentant un risque plus faible.

Le calcul le plus simple de la pondération serait le risque relatif de chaque entité par rapport au risque global (algorithme 1a) :

$$w_i = \frac{\hat{p}_i}{\sum_i \hat{p}_i} \quad (4)$$

D'un point de vue des entités, l'utilisation de la mesure du risque relatif en tant que poids fournira les probabilités de sélection les plus justes, car le doublement du risque doublera également la probabilité d'un contrôle. En revanche, du point de vue de l'autorité, cette approche pourrait être inefficace s'il y a beaucoup d'entreprises avec un profil de risque faible et seulement quelques-unes avec un profil de risque élevé.

Dans ce cas, il pourrait être utile d'utiliser une fonction non linéaire du risque pour calculer le poids (algorithme 1b) :

$$w_i = \frac{f(\hat{p}_i)}{\sum_i f(\hat{p}_i)} \quad (5)$$

où  $f(\cdot)$  est une fonction continue dont la première dérivée est positive ( $f_x > 0$ ). Lorsque  $f_{xx} > 0$ , la probabilité de sélection des entités à haut risque devient plus importante que celle des entités à faible risque.

### 6.2.3 Algorithme 2 : Choix des entités avec le risque le plus élevé

Une solution plus simple consiste à sélectionner tout simplement les entités ayant le plus grand risque de non-respect. Pour cela, il suffit de calculer le risque pour toutes les entités et choisir celle avec la plus grande valeur. Si plusieurs entités avaient le même risque, on pourrait aléatoirement choisir parmi toutes ces entités. L'avantage principal de cette approche est qu'on sélectionne par définition les entreprises avec le plus grand risque. En revanche, si ce risque est basé, par exemple, sur le code NOGA, on risque de ne faire des contrôles que dans un secteur, ce qui peut s'avérer problématique sur le plan politique. De plus, le risque d'un contrôle est nul pour toutes les entités ayant un risque moyen ou faible.

### 6.2.4 Algorithme 3 : Choix aléatoire de $k$ entités parmi les $K$ unités avec le plus grand risque.

Une version légèrement plus compliquée de l'algorithme précédent consiste à choisir un nombre d'entités plus grand que celui qu'on veut sélectionner. Ensuite, la sélection finale se fait par choix aléatoire parmi les  $K$  entités avec le plus grand risque. Par exemple, si l'autorité souhaite contrôler 10 entités, elle peut pré-choisir les 100 entités avec le plus grand risque et ensuite choisir aléatoirement parmi ces entités. Cette approche permet de se concentrer sur les entités à haut risque tout en conservant un élément aléatoire dans le processus.

### 6.2.5 Algorithme 4 : Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles

Toutes les approches présentées jusqu'à présent nécessitent une estimation du risque, et par conséquent, l'obtention de toutes les informations pertinentes pour toutes les entités. Tant que la collecte des informations et l'appariement des données provenant de différentes sources sont relativement aisés, ces approches ne devraient pas poser de problème. Toutefois, si l'autorité n'est pas en mesure d'obtenir les estimations du risque pour toutes les entités, nous pourrions nous concentrer sur les approches qui requièrent ces informations pour un nombre réduit d'entités.

Une solution consiste d'abord à sélectionner aléatoirement des entités avec une probabilité égale, puis à calculer le risque uniquement pour les entités sélectionnées. Dans une étape suivante, les entités présentant un risque

très faible seraient retirées de l'échantillon et remplacées par d'autres entités sélectionnées aléatoirement. Ce remplacement peut être effectué jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'entités à faible risque dans l'échantillon.

L'avantage de cette approche est que la mesure du risque ne doit être calculée que pour un nombre très limité d'entités. Cet avantage est particulièrement important si l'appariement des bases de données ne peut pas être effectué automatiquement avec un effort raisonnable. En revanche, le processus de sélection et de remplacement des entités peut également créer une charge de travail importante, en particulier si la sélection aléatoire des remplacements est très susceptible de désigner à nouveau des entités à faible risque.

### 6.2.6 Comparaison conceptuelle des algorithmes

Avant de passer à la simulation de ces algorithmes, il peut être utile d'examiner les cinq algorithmes proposés d'un point de vue plus conceptuel, en mettant l'accent sur la probabilité de sélectionner des entités à haut risque.

Pour cette discussion, il est important de distinguer le point de vue des entités d'une part et celui des autorités d'autre part. Du point de vue des entités, la probabilité d'être sélectionnée est le principal critère. Doubler la probabilité de sélection lorsque le risque de non-respect double pourrait être considéré comme équitable. Du point de vue de l'autorité, le critère principal est de sélectionner les entités à haut risque. En fonction de la répartition du risque de non-respect, ces deux critères ne se comporteront pas de la même manière.

Pour illustrer cette différence, considérons les deux populations suivantes :

#### 1. Population d'illustration 1 :

- 50 entités avec un risque de non-respect de 50 %
- 50 entités avec un risque de non-respect de 5 %

#### 2. Population d'illustration 2 :

- 10 entités avec un risque de non-respect de 50 %
- 90 entités avec un risque de non-respect de 5 %

Dans les deux populations, il y a des entités à très faible risque (5 %) et d'autres avec un risque élevé (50 %). La différence entre les deux populations est la proportion des entités à haut risque.

Par simplicité, supposons que l'autorité cherche à contrôler cinq entités par année. Le tableau 7 montre les probabilités de sélection du point de vue des entités et des autorités pour les différents algorithmes et les deux populations d'illustration.

TABLEAU 7 – Comparaison conceptuelle des algorithmes

#	Algorithme	Point de vue de l'entité employeuse		Point de vue de l'autorité	
		Probabilité d'une entité à haut risque d'être sélectionnée	Probabilité d'une entité à faible risque d'être sélectionnée	Probabilité de sélectionner une entité à haut risque	Probabilité de sélectionner une entité à faible risque
0	Sélection aléatoire sans considérer le risque (Baseline)				
	- Population 1	5 %	5 %	50 %	50 %
	- Population 2	5 %	5 %	10 %	90 %
1a	Sélection aléatoire avec probabilité pondérée avec $\hat{p}_i$				
	- Population 1	9.09 %	0.90 %	90.9 %	9.1 %
	- Population 2	26.3 %	2.63 %	52.6 %	47.4 %
1b	Sélection aléatoire avec probabilité pondérée avec $f(\hat{p}_i)$				
	- Population 1	>9.09 %	<0.90 %, >0 %	>90.9 %, <100 %	<9.1 %, >0 %
	- Population 2	>26.3 %	<2.63 %, >0 %	>52.6 %, <100 %	<47.4 %, >0 %
2	Choix des entités avec le risque le plus élevé				
	- Population 1	10 %	0 %	100 %	0 %
	- Population 2	50 %	0 %	100 %	0 %
3	Choix aléatoire de $k$ entité parmi les $K$ unités avec le plus grand risque. Exemple : $K = 20$				
	- Population 1	10 %	0 %	100 %	0 %
	- Population 2	25 %	2.7 %	50 %	50 %
4	Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles				
	- Population 1	10 %	0 %	100 %	0 %
	- Population 2	50 %	0 %	100 %	0 %

Commençons par l'algorithme de base présenté dans la première ligne. Nous pouvons facilement constater que, du point de vue des entités, la probabilité d'être sélectionnée est la même pour les entités à faible risque et les entités à haut risque. Dans les deux populations et pour les deux types d'entités, la probabilité est de 5 %, car 5 entités sont sélectionnées au hasard dans une population de 100. En revanche, du point de vue de l'autorité, la probabilité de sélectionner une entité à haut risque dépend directement de la distribution des risques. Dans la population 1, 50 des entités sélectionnées présentent un risque élevé, tandis que les 50 autres présentent un risque faible. Dans la seconde population, qui compte beaucoup plus d'entités à faible risque, la probabilité de sélectionner une entité à faible risque atteint 90 %. Bien entendu, la population illustrative est assez extrême, mais elle sert très bien l'objectif de l'illustration. Une sélection aléatoire avec probabilité égale devient inefficace si la grande majorité des entités se trouvent en situation de respect d'égalité salariale.

La sélection aléatoire avec probabilité pondérée (cf. section 6.2.2) augmente la probabilité d'être sélectionnée pour les entités à haut risque et diminue celle des entités à faible risque. Une entité à haut risque est désormais 10 fois plus susceptible d'être choisie qu'une entité à faible risque. Du point de vue de l'autorité, cela change fortement la situation car, au lieu d'avoir une probabilité de choisir une entreprise à haut risque (50 %), cet algorithme permet d'augmenter la probabilité à presque 91 % (population 1). La différence est encore plus marquée pour la population 2, où la probabilité de choisir une entité à haut risque passe de 10 % dans l'algorithme de base à 53 % dans le nouvel algorithme.

La variante de cet algorithme qui utilise une fonction  $f(\hat{p}_i)$  renforce encore ce changement, mais les valeurs exactes dépendent de la forme de la fonction  $f()$ . Il convient donc d'effectuer différentes simulations avec différentes formes fonctionnelles.

Les trois derniers algorithmes sont relativement similaires, du moins si l'on se concentre sur les deux populations illustratives. À l'exception de l'algorithme 3 dans la population 2, tous les algorithmes ont une probabilité de 100 % de sélectionner des entités à haut risque.

À première vue, ce résultat semble prometteur, car il permet de se concentrer entièrement sur les entités à haut risque. Toutefois, cette situation pose au moins trois problèmes potentiels. Premièrement, une grande partie de la population présentant un risque faible, mais non nul, est littéralement exclue des contrôles. Cela pourrait être considéré comme injuste. Deuxièmement, dans les données réelles, la distribution des risques est bien sûr

beaucoup plus lisse et un critère de seuil est requis dans toutes ces approches, ce qui entraîne une discontinuité dans la probabilité de contrôle : deux entités similaires présentant des risques à peine différents pourraient être traitées de manière totalement différente. Troisièmement, si la mesure du risque est essentiellement déterminée par des facteurs tels que le secteur d'activité, nous pourrions finir par ne sélectionner que des entités issues d'une très petite partie de l'économie.

### 6.3 Combinaisons de mesures et algorithmes à simuler

Sur la base des trois mesures de risque ( $\hat{p}_i$ ,  $SRA_i$  et  $SRB_i$ ) présentées dans la section 6.1 et des 5 algorithmes proposés dans la section 6.2, un total de 15 combinaisons peut être simulé. Si nous ajoutons l'algorithme de base (*baseline*), qui ne dépend d'aucune mesure de risque, nous obtenons un total de 16 simulations.

Pour l'algorithme 1b, différentes variantes peuvent être étudiées, car plusieurs formes fonctionnelles pour la fonction  $f(\cdot)$  sont possibles. Pour l'algorithme 3, le paramètre  $K$  doit être défini. Il est ainsi possible de simuler différentes variantes pour mieux comprendre quelle valeur est la plus appropriée. Enfin, pour l'algorithme 4, il est nécessaire de définir en dessous de quel niveau de risque une entité doit être remplacée dans l'échantillon final.

## 7 Simulations numériques

Dans cette section, les résultats de l'exercice de simulation sont présentés. Dans une première sous-section 7.1, nous introduirons la logique générale utilisée pour effectuer les simulations. Cette sous-section décrit également le degré de réalisme des simulations et les raisons pour lesquelles certaines simplifications par rapport au monde réel sont raisonnables.

Les sous-sections suivantes présenteront ensuite les résultats de la simulation pour l'algorithme de base (section 7.2) et pour chaque algorithme proposé (section 7.3). Après cette présentation individuelle des résultats, la section 7.4 comparera les différents algorithmes et la section 7.6 les différentes mesures de risque. Enfin, la section 7.7 présente un résumé des principaux constats et une discussion sur la manière dont ces résultats pourraient être utilisés.

### 7.1 Approche de simulation

L'objectif principal de l'exercice de simulation est de mieux comprendre les forces et les faiblesses des algorithmes de sélection proposés et de les comparer. À cette fin, la simulation combine les informations recueillies sur l'univers des entités sujettes à un contrôle de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes dans la section 4) avec les conclusions de l'analyse des facteurs de risque de la section 5 pour simuler les algorithmes proposés dans la section 6.

Cette approche permettra une comparaison générale de la performance des différents algorithmes en utilisant un contexte directement dérivé des données réelles. Toutefois, il est très important de mentionner que l'objectif n'est pas d'obtenir une simulation capable de reproduire la réalité dans tous ses détails. Pour ce faire, il faudrait disposer de beaucoup plus d'éléments concernant le comportement des entités. Une telle augmentation du réalisme n'est ni nécessaire ni souhaitable pour la présente étude, car elle ajouterait des complications inutiles et détournerait l'attention de l'objectif principal.

#### 7.1.1 Population de base

Comme population de base pour la simulation, nous utilisons les données du tableau 1 dans la sous-section 3.3 concernant les entités ayant reçu des marchés publics (1 941 observations) ou des subventions (1 292 observations). Ces données proviennent de quatre années consécutives pour les marchés publics et trois années consécutives pour les subventions et devraient donc être une bonne représentation de l'univers des entités soumises à des contrôles. Étant donné qu'une entité ne peut être contrôlée qu'une seule fois par année, tous les doublons des entités qui apparaissent plusieurs fois dans la base de données ont été supprimés. La population de base qui en résulte comprend un total de 1098 entités.

#### 7.1.2 Procédure de simulation

##### Étape 1 : Simulation du non-respect initial

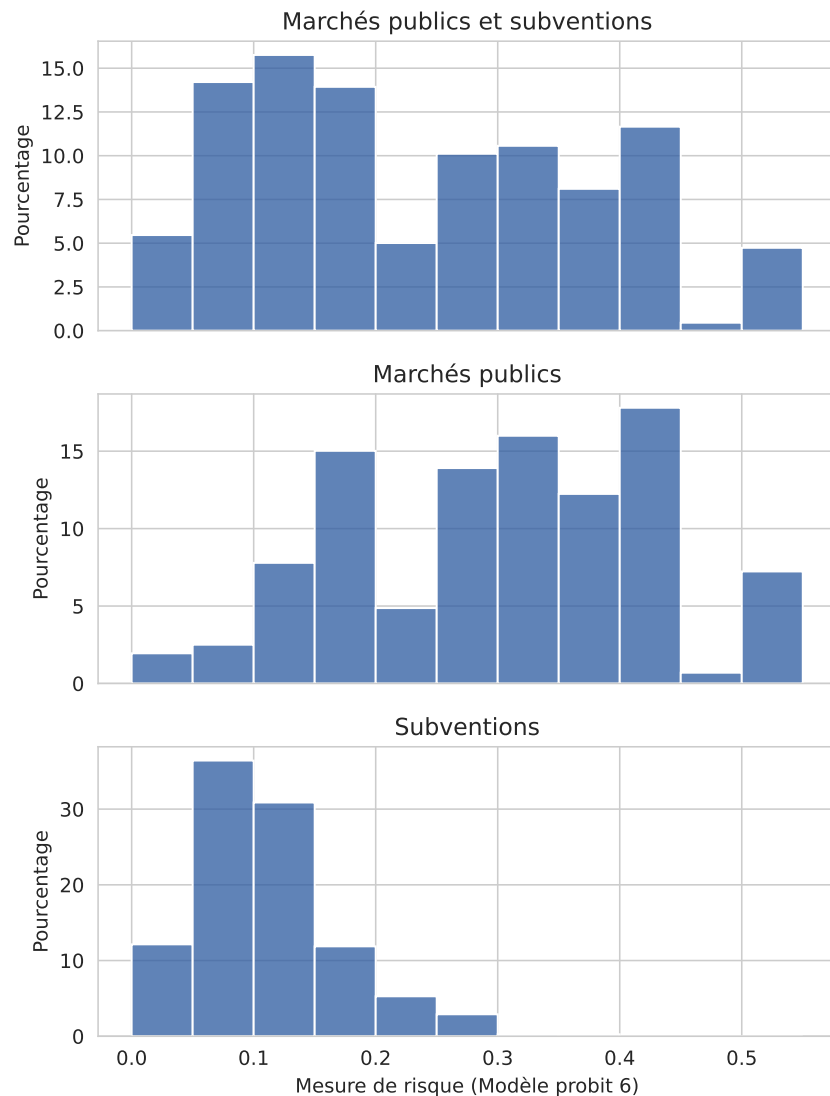
Pour chaque simulation, nous partons de la même population de base et attribuons d'abord au hasard une variable indiquant si l'entité respecte ou non l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. Pour cette attribution, nous utilisons la probabilité prédite de respecter l'égalité selon le modèle 6<sup>21</sup> du tableau 4 estimé sur la base de 270 contrôles du respect de l'égalité salariale réalisés par les pouvoirs publics en Suisse. Par exemple, une entité dont le risque prédit de non-respect est de 25 % respectera l'égalité salariale entre les hommes et les femmes dans 3 simulations sur 4, tandis qu'une entité dont le risque est de 5 % respectera l'égalité dans 19 simulations sur 20.

La figure 27 illustre la distribution de la mesure du risque à partir du modèle Probit 6 appliqué à la population de base. Le premier graphique est basé sur toutes les entités, tandis que les deux derniers concernent respectivement les marchés publics et les subventions. La distribution est relativement large, avec des valeurs allant

21. L'annexe D.1 présente des simulations supplémentaires avec d'autres mesures comme contrôle de robustesse. La conclusion de ce contrôle de robustesse est que les résultats qualitatifs ne changent pas, même si une mesure moins précise est utilisée. Les meilleurs résultats sont toujours obtenus avec la probabilité prédite selon le modèle 6.

de presque zéro à un peu plus de 50 %. Le mode de la distribution se situe entre 10 % et 15 %. Dans un peu plus de 10 % des entités, le risque prédit est compris entre 40 % et 45 %. Près de 5 % des entités ont un risque estimé supérieur à 50 %.

FIGURE 27 – Distribution du risque de non-respect dans la population de base

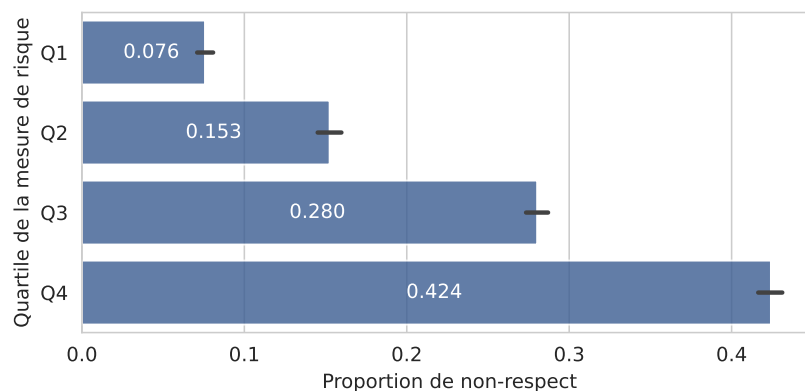


Il est intéressant d'examiner la répartition par type de marché, car elle fait apparaître deux distributions très différentes. La distribution de la mesure du risque parmi les entités ayant obtenu des subventions est explicitement unimodale, la plupart des entités présentant de faibles mesures du risque autour de 10 %. Parmi les entités ayant obtenu des marchés publics, la distribution est plus large avec un mode autour de 40 %. Cette différence dans la distribution de la mesure du risque se vérifie également lors de l'utilisation de modèles plus simples tels que le modèle Probit 3 du tableau 4.

La figure 28 montre la proportion simulée de non-respect par quartile de la distribution de la mesure du risque sur la base de 50 séries de simulations. Selon ces simulations, les entités présentant le risque de non-respect le plus faible (quartile 1) ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes dans environ 7,6 % des cas. À l'autre extrême, les entités du quartile 4 à haut risque ont une proportion de 42 % de non-respect. Nous pouvons tirer au moins deux leçons de ces chiffres :

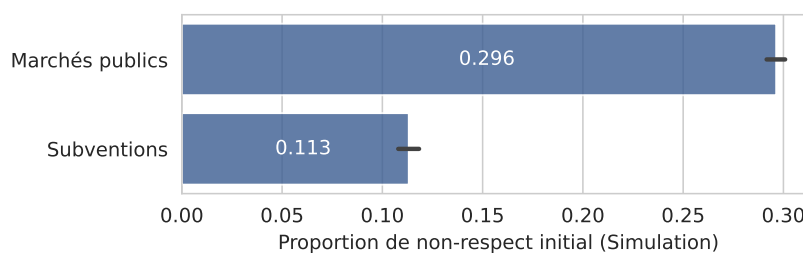
- Les entités du quartile à haut risque sont environ 5,5 fois plus susceptibles de ne pas respecter l'égalité que celles du quartile à faible risque (Q1).
- Malgré la proportion la plus faible, nous trouvons encore une proportion considérable d'entités ne respectant pas l'égalité dans le quartile à faible risque (Q1).

FIGURE 28 – Proportion simulée de non-respect par quartile de la mesure de risque



Pour conclure la présentation de cette première étape, la figure 29 montre la proportion initiale de non-respect par les entités ayant reçu respectivement un marché public ou une subvention.

FIGURE 29 – Proportion simulée de non-respect par type



Pour les marchés publics, la proportion simulée se situe à 29,5 %, légèrement au-dessus de la proportion des contrôles échoués avec 25,2 % (voir tableau 3), tandis que l'inverse est vrai pour les subventions, où les simulations commencent avec environ 11,3 % de non-respect contre 14 % dans les contrôles. Dans l'ensemble, les proportions sont raisonnablement proches des proportions estimées sur la base des contrôles, ce qui montre que l'estimation combinée des subventions et des marchés publics dans le modèle probit est capable de reproduire de manière cohérente les réalités des deux types de financement public.

### Étape 2 : Choix des entités à contrôler

Une fois que nous avons défini les entités qui respectent initialement l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, nous sélectionnons un premier échantillon de 10 entités sur la base de l'un des algorithmes de la sous-section 6.2 et de l'une des mesures de risque de la sous-section 6.1.

### Étape 3 : Identification du respect d'égalité salariale

Le contrôle de l'égalité salariale est ensuite effectué pour toutes les entités sélectionnées, et nous présumons qu'un contrôle identifie toujours correctement si une entité respecte l'égalité salariale (contrôle réussi) ou ne la respecte pas (contrôle échoué). À la fin du contrôle, nous supposons que chaque entité contrôlée devient respectueuse de l'égalité salariale. En effet, soit le contrôle confirme que l'entité respecte l'égalité salariale,

soit le contrôle identifie qu'elle ne respecte pas l'égalité salariale et l'entité se met en conformité.<sup>22</sup> Cette simplification permet de mieux se concentrer sur les performances relatives des algorithmes de sélection.

#### Étape 4 : Ajustement du risque estimé pour entités respectant l'égalité

Les entités ayant fait l'objet d'un contrôle réussi ne seront pas sélectionnées pendant quatre ans et, compte tenu des connaissances supplémentaires acquises sur l'entité, nous réduirons leur facteur de risque estimé. Le raisonnement qui sous-tend cette réduction est que le contrôle apporte des informations supplémentaires et qu'il ne serait pas logique de continuer à supposer un certain risque de non-respect si l'autorité dispose déjà d'un contrôle réussi. En réduisant la mesure du risque, nous réduisons la probabilité de contrôler à nouveau la même entité, ce qui apporte une diversification des contrôles et nous pouvons donc accroître l'efficacité globale du processus.

Les entités dont le contrôle a échoué ne seront exclues de la sélection que pendant deux ans et le facteur de risque ne sera pas modifié.

Formellement, l'ajustement du facteur de risque peut s'écrire comme suit :

$$\hat{p}_{i,t+1} = \begin{cases} \delta_R \times \hat{p}_{i,t} & \text{si contrôle réussi} \\ \hat{p}_{i,t} & \text{si contrôle échoué} \end{cases} \quad (6)$$

où  $\delta_R$  est un facteur d'ajustement non-négatif. En utilisant une valeur de 1, aucun ajustement n'est effectué. Pour les valeurs inférieures à 1, la mesure du risque utilisée par l'autorité dans l'algorithme de sélection est réduite. Dans cette étude, il est fixé à 0,5 sauf si mentionné autrement.

#### Étape 5 : Simulation de changements naturelle du statut de respect d'égalité salariale

Afin d'être plus réalistes en ce qui concerne les changements du statut de conformité (respect ou non de l'égalité salariale) au fil des ans, nous permettons à un pourcentage  $\pi$ , fixé à 5 % sauf si mentionné autrement, de toutes les entités de modifier leur statut de conformité. Pour les entités éligibles, nous tirons à nouveau au sort leur statut de conformité avec la probabilité prédite par le modèle 6, comme nous l'avons fait au début de la simulation. Il est donc tout à fait possible qu'une entité conserve le même statut. Ce processus de changement aléatoire du statut de quelques entités est motivé par le fait que, même en l'absence de contrôle, certains changements qui influencent le statut de conformité peuvent se produire au fil des années, comme par exemple l'augmentation de l'effectif de l'entité ou la définition de nouvelles fonctions. En outre, il permet également à la simulation de saisir le cas où des entités déjà contrôlées deviennent non conformes après un contrôle.

#### Étape 6 : Collecte de données pour l'analyse a posteriori

À la fin de chaque année simulée, différentes statistiques sont saisies et la simulation de l'année suivante commence. Celle-ci sera simulée exactement comme la précédente, mais certaines entités ont maintenant changé de statut tandis que d'autres ne sont temporairement pas éligibles au contrôle.

Les étapes 2 à 6 sont répétées pour simuler un certain nombre d'années et plusieurs simulations parallèles sont effectuées pour s'assurer que les résultats obtenus sont robustes et ne dépendent pas du choix aléatoire d'une seule simulation.

### 7.1.3 Paramètres généraux pour les simulations

Pour les résultats à venir et sauf indication contraire, nous utilisons toujours le même ensemble de paramètres généraux présenté dans le tableau 8.

22. Dans le canton de Vaud, la procédure de mise en conformité est prévue à l'art. 4c al. 2 de la loi d'application de la loi fédérale sur l'égalité entre femmes et hommes (LVLEg ; BLV 173.63).



TABLEAU 8 – Paramètres généraux

Paramètre	Valeur
Variable pour simuler le respect de l'égalité	$\hat{p}_i$ du modèle 6 (tableau 4)
Nombre de simulations parallèles (réplications)	60
Nombre de rondes (années)	50 ou 30
Nombre de contrôles par ronde (année)	10
Facteur d'ajustement du risque ( $\delta_R$ )	0.5
$\pi$ : Proportion d'entités éligibles pour changer de statut de conformité (par ronde)	5 %

Compte tenu de la stabilité des processus et par conséquent des simulations, l'exécution de 60 simulations parallèles semble suffisante pour cette étude. Si l'on considère que chacune de ces 60 réplications est simulée pendant 50 ans, les algorithmes sont utilisés 3000 fois pour chaque configuration.

## 7.2 Algorithme de base : choix aléatoire avec probabilité égale

Dans cette section, nous présentons d'abord les résultats de base où les entités sont choisies au hasard avec une probabilité égale. L'objectif de la présentation de ces résultats est double. Premièrement, la présentation du processus actuel nous permet d'obtenir un résultat de référence auquel nous pouvons comparer les algorithmes proposés. Deuxièmement, la présentation des résultats de base nous permet de présenter les différentes statistiques que nous examinons et la manière dont elles sont définies. Lorsque nous discuterons des algorithmes proposés, nous n'aurons plus besoin de présenter à nouveau chaque statistique.

La figure 30 présente les résultats de la simulation de base pour différentes valeurs de  $\pi$ .<sup>23</sup> Les cinq graphiques mettent en évidence différentes statistiques qu'il peut être important de prendre en compte simultanément lors de l'évaluation des performances des algorithmes. Dans tous les graphiques, l'axe horizontal se réfère au temps, avec un total de 50 années (rondes) simulées.

Le premier graphique présente le nombre moyen de contrôles dont les résultats sont négatifs. Nous pouvons observer qu'indépendamment de la valeur de  $\pi$ , environ 2,5 contrôles sur 10 indiquent que l'entité ne respecte pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. Étant donné que l'algorithme de base est une sélection aléatoire avec une probabilité égale, cette proportion se réfère simplement à la proportion globale de non-conformité. Pour toutes les valeurs de  $\pi$ , une légère réduction du nombre de contrôles échoués peut être observée au fil du temps. Ce phénomène est directement lié au deuxième graphique de la figure 30 qui montre la proportion globale de non-respect et nous pouvons observer que cette proportion est réduite au fil du temps grâce aux contrôles.

Dans ce deuxième graphique, nous observons également des différences basées sur  $\pi$ , où une valeur plus élevée de  $\pi$  est associée à une réduction plus lente de la proportion globale de non-respect. Ce résultat est évident car plus la valeur de  $\pi$  est élevée, plus les entités conformes peuvent devenir (à nouveau) non-conformes.

En combinant les deux premiers graphiques, nous pouvons facilement voir que l'algorithme de base génère un taux de contrôles échoués qui est directement proportionnel à la proportion globale de non-respect. L'objectif des autres algorithmes sera donc de dépasser ce point de référence en identifiant davantage d'entités qui ne respectent pas l'égalité salariale.

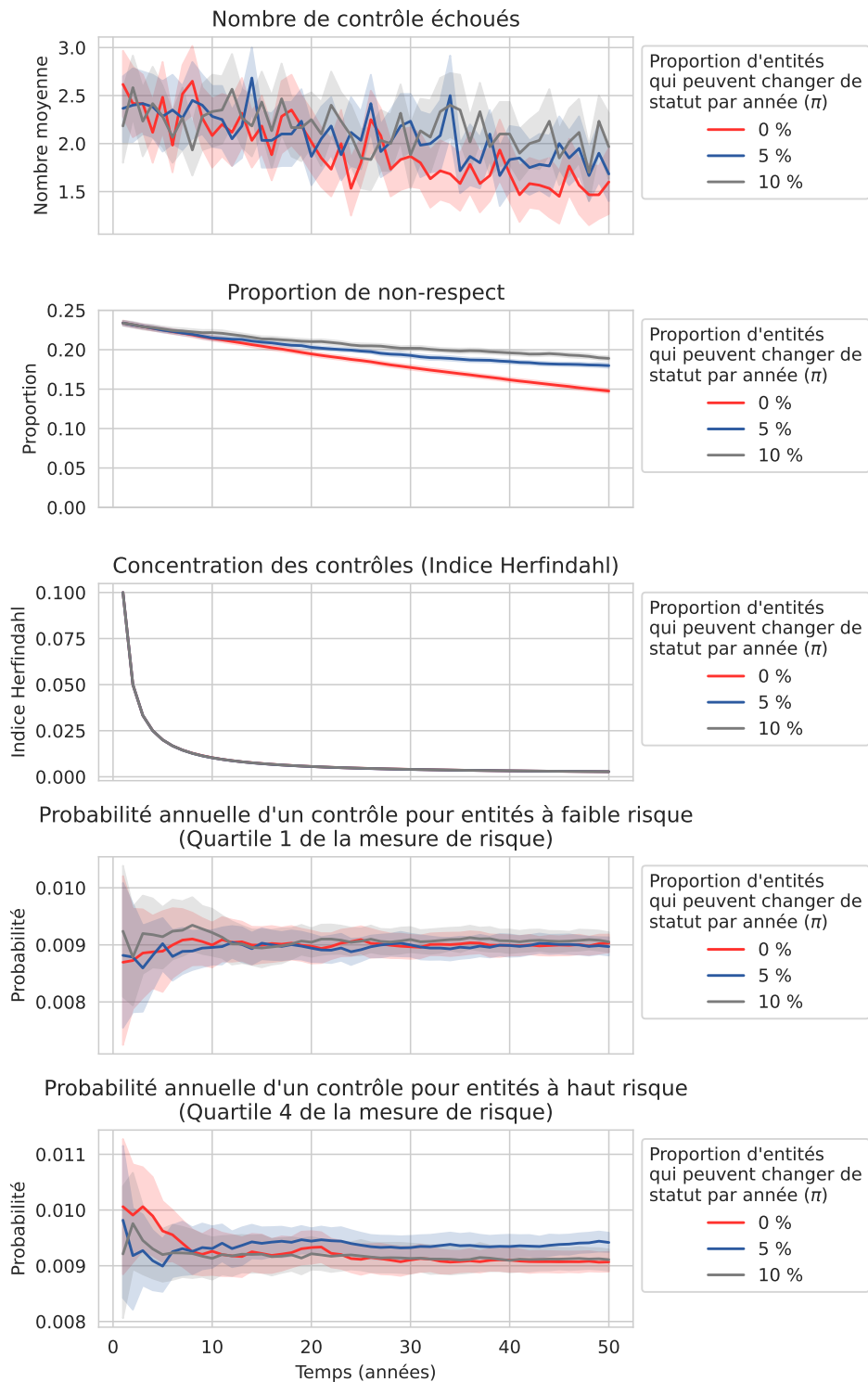
Outre l'efficacité des algorithmes dans l'identification des entités qui ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, une notion d'équité entre les entités contrôlées et de charge administrative pour les entités contrôlées doit être prise en compte. Le troisième graphique indique une mesure de la concentration, qui est plus élevée lorsque les mêmes entités sont contrôlées plusieurs fois et qui converge vers zéro si les contrôles sont uniformément répartis. Avec l'algorithme de base, les contrôles sont totalement aléatoires et l'indice de concentration atteint des valeurs très faibles.

Une autre façon d'examiner la même question consiste à calculer le nombre moyen de contrôles par an pour différents types d'entités. Le quatrième graphique montre ce nombre moyen de contrôles pour les entités du premier quartile de la distribution de la mesure du risque (voir Figure 27), c'est-à-dire celles dont le risque de non-conformité est faible. Le dernier graphique montre le même nombre moyen de contrôles pour les entités présentant le risque de non-conformité le plus élevé (quatrième quartile de la distribution). Compte tenu de la sélection aléatoire des entités dans l'algorithme de base, les deux graphiques présentent un schéma très similaire, convergeant vers des valeurs autour de 0,009, ce qui correspond exactement à la probabilité de 10 entités sélectionnées au hasard sur un échantillon de 1 098 entités.

Ce résultat n'est pas surprenant, car l'algorithme de base ne tient pas compte de la mesure du risque, et il est donc logique de trouver les mêmes probabilités. Cela met également en évidence la faiblesse potentielle de l'algorithme de base, étant donné que nous avons de nombreux contrôles parmi les entités où le risque de non-respect est très faible.

23. L'annexe D.2 propose une vérification de la robustesse avec des valeurs beaucoup plus élevées de  $\pi$ . Les résultats montrent que les résultats qualitatifs de la présente section restent largement valables, mais que la réduction globale de la non-réponse au fil du temps est plus lente.

FIGURE 30 – Résultat de l'algorithme 0 : Baseline



### 7.3 Résultats par algorithme

Dans cette sous-section, les différents algorithmes proposés sont examinés pour voir comment ils se comportent dans les dimensions analysées précédemment. Chaque algorithme est examiné individuellement, y compris avec quelques variations possibles, et comparé aux résultats de la sélection aléatoire avec probabilités égales (baseline) de la sous-section 7.2.

#### 7.3.1 Algorithme 1 : Sélection aléatoire avec probabilité pondérée

La figure 31 présente les principaux résultats de l'algorithme 1, où la probabilité de sélection est directement proportionnelle au risque estimé. Plutôt que de présenter les résultats de la série temporelle comme dans la section précédente, la figure présente les résultats après 50 cycles de simulation pour différentes variantes et par rapport à l'algorithme de base (ligne pointillée rouge).

Pour l'algorithme 1, les variantes se réfèrent au paramètre  $\alpha$  de l'équation suivante :

$$w_i = \frac{\hat{p}_i^\alpha}{\sum_i \hat{p}_i^\alpha} \quad (7)$$

où  $w_i$  désigne la probabilité de sélection pour chaque entité. Pour  $\alpha=1,0$ , la probabilité de sélection est proportionnelle au risque estimé, c'est-à-dire qu'il est deux fois plus probable de sélectionner une entité avec un risque de 50 % comparé à une entité avec un risque de 25 %. Pour les valeurs de  $\alpha$  plus élevées, une probabilité plus importante est attribuée aux entités avec un risque élevé<sup>24</sup>, ce qui devrait permettre à l'algorithme de sélectionner un plus grand nombre de ces entités.

L'ensemble de la simulation a été effectué deux fois, une fois sans ajustement de la mesure du risque après un contrôle réussi ( $\delta_R = 1,0$ ) et une fois avec un facteur d'ajustement du risque de  $\delta_R = 0,5$ .

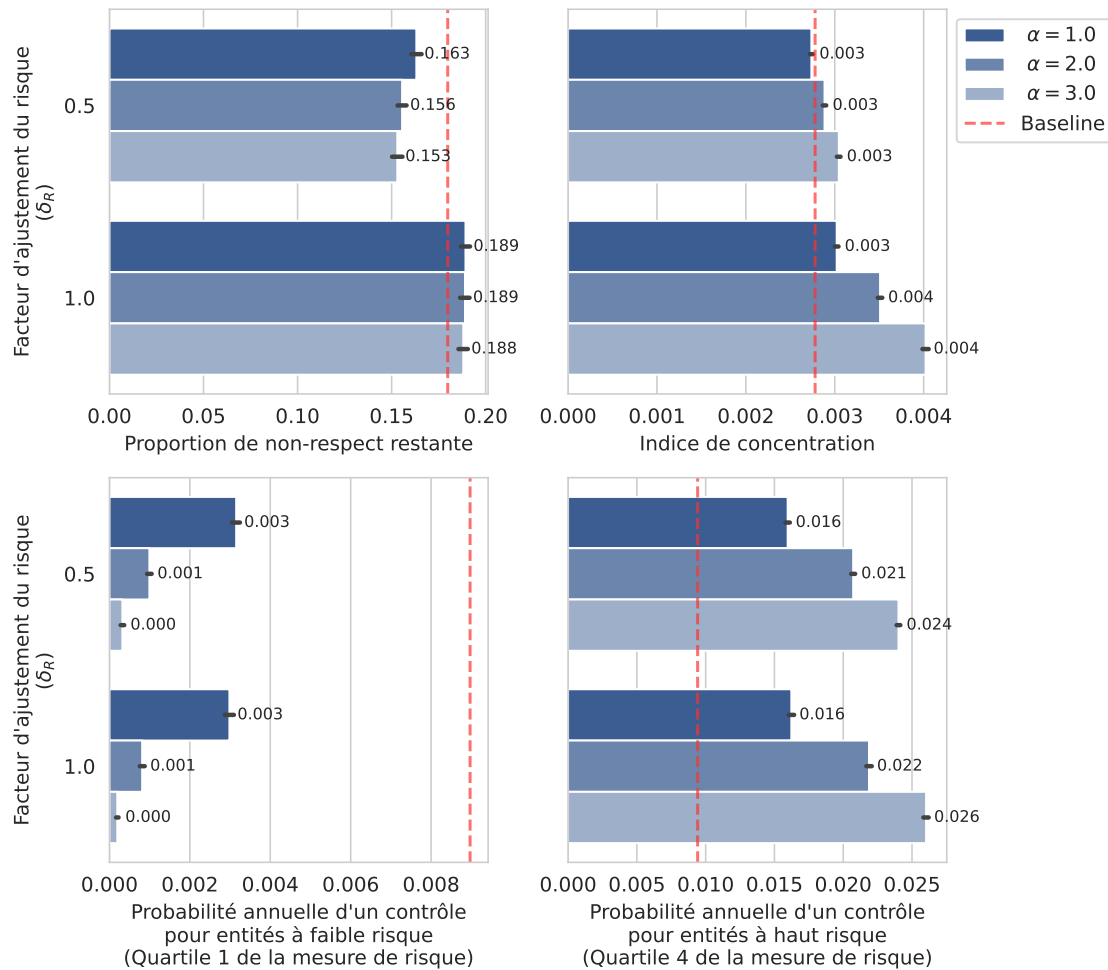
En ce qui concerne la proportion de non-respect restante dans la population (graphique en haut à gauche), le paramètre  $\alpha$  ne semble pas avoir beaucoup d'importance, car les barres sont très proches les unes des autres. En revanche, le fait de multiplier la mesure du risque par 0,5 plutôt que de la laisser inchangée après un contrôle réussi augmente l'efficacité de l'algorithme à réduire la proportion globale de non-respect. Rappelons que cette réduction est le résultat direct de l'identification des entités qui ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes.

Lorsque l'on utilise un facteur d'ajustement du risque de 0,5, l'indice de concentration est très proche de celui de l'algorithme de base. Ce résultat s'explique par le fait que chaque entité n'est susceptible d'être contrôlée qu'une seule fois au cours de la période de simulation. En revanche, lorsqu'aucun facteur d'ajustement du risque n'est utilisé, l'indice de concentration est plus élevé, ce qui suggère que les mêmes entités ont été contrôlées plusieurs fois. Si l'on considère ces deux premiers graphiques ensemble, on peut déjà constater qu'un algorithme basé sur le risque est susceptible d'être plus efficace lorsque la mesure du risque est réduite après un contrôle réussi, afin d'éviter de contrôler encore et encore les mêmes entités malgré des connaissances supplémentaires à leur sujet.

Les deux graphiques inférieurs de la figure 31 représentent la probabilité annuelle de contrôle des entités à faible risque (à gauche) et des entités à haut risque (à droite). Dans le modèle de base, aucune distinction n'est faite entre les risques et toutes les entités ont donc la même probabilité d'être contrôlées. L'utilisation de l'algorithme 1 modifie considérablement cette situation. En utilisant  $\alpha = 1,0$ , la probabilité est de 0,3 % pour les entités du quartile à faible risque de la distribution de la mesure du risque, tout en atteignant 1,6 % dans le quartile à haut risque. En augmentant  $\alpha$ , la différence devient beaucoup plus importante. Pour une valeur de  $\alpha = 2,0$ , les probabilités sont de 0,1 % pour le quartile à faible risque et de 2,1 % pour le quartile à risque élevé. Ce résultat est intéressant pour l'autorité de contrôle. D'une part, il est souhaitable que l'algorithme

24. Avec une valeur de 2,0 pour  $\alpha$ , la probabilité de sélection de l'entité présentant un risque de 50 % serait quatre fois plus élevée que celle d'une entité présentant un risque de 25 %. Avec une valeur de 3,0 pour  $\alpha$ , la probabilité serait même huit fois plus élevée.

FIGURE 31 – Résultat de l’algorithme 1 : Sélection aléatoire avec probabilité pondérée



augmente la probabilité d'un contrôle parmi les entités à risque. D'autre part, nous avons vu dans la figure 28 que même dans le quartile à faible risque, il y a un certain pourcentage d'entités ne respectant pas l'égalité salariale, qui sont susceptibles de ne jamais être contrôlées lorsque l'algorithme se concentre trop sur les entités présentant des risques élevés. De ce point de vue, la valeur de  $\alpha = 2.0$  semble plus appropriée afin d'éviter de réduire le risque d'un contrôle à presque zéro pour les entités présentant un profil de risque faible.

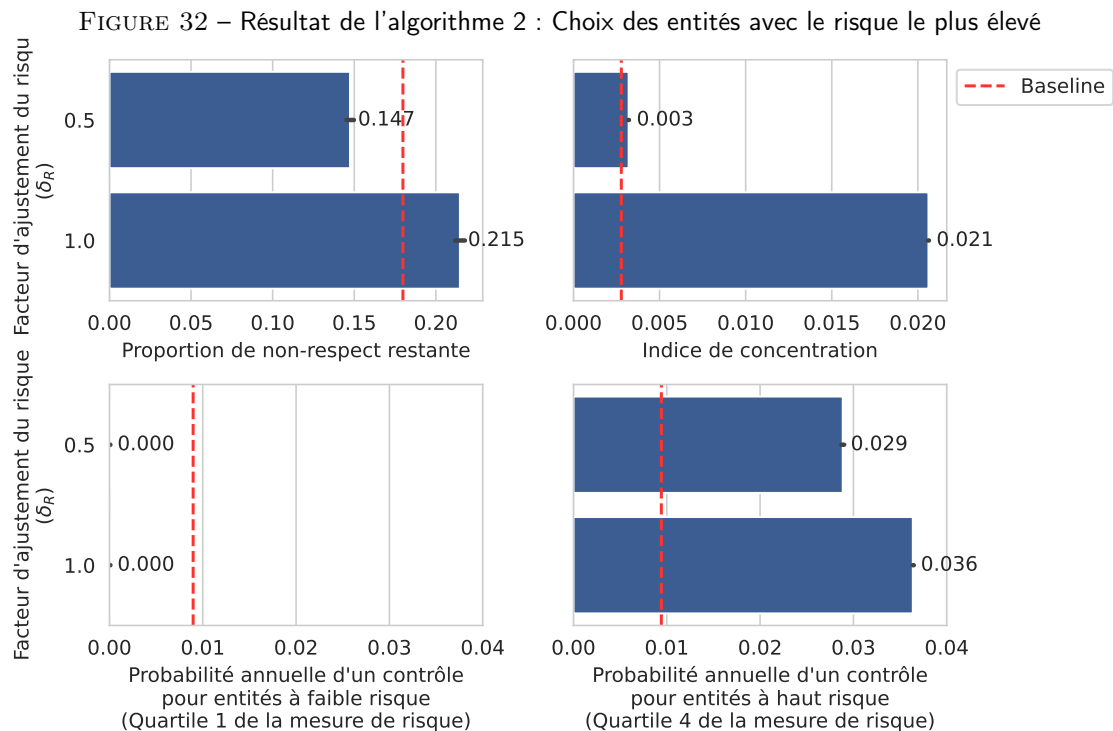
En résumé, en utilisant l'algorithme 1 avec  $\alpha = 2.0$  et un facteur d'ajustement du risque de  $\delta_R = 0.5$ , la proportion globale de non-respect peut être réduite de manière significative par rapport à l'approche de base. Ce résultat est obtenu en se concentrant davantage sur les entités présentant un risque plus élevé, tout en maintenant la probabilité d'un contrôle pour les entités présentant un risque faible au-dessus de zéro.

### 7.3.2 Algorithme 2 : Choix des entités avec le risque le plus élevé

Les résultats de l'algorithme 1 devraient être exacerbés par l'algorithme 2, car il se concentre exclusivement sur les risques les plus élevés. La figure 32 présente les mêmes statistiques que dans la section précédente, toujours pour des facteurs d'ajustement du risque de 0,5 et 1,0.

En effet, la proportion globale de non-respect restante peut être considérablement réduite en utilisant l'algorithme 2 avec un facteur d'ajustement du risque de 0,5. Cela s'explique par le fait que les entités dont la prédiction initiale du risque est élevée et qui ont passé avec succès un contrôle sont pratiquement éliminées de la sélection en multipliant leur mesure du risque par 0,5. En fait, lorsque le facteur d'ajustement du risque n'est pas utilisé, l'algorithme 2 est moins performant que l'algorithme de base. Cela est dû au fait que, dans ces circonstances, l'algorithme choisira toujours les mêmes entités, même si les contrôles précédents ont indiqué que l'entité respectait l'égalité.

En termes de concentration, le constat est très clair. Lorsque le facteur d'ajustement du risque est utilisé, l'algorithme 2 obtient des résultats similaires à ceux de la base, mais lorsqu'il n'est pas utilisé, la concentration est extrêmement élevée. Dans la pratique, cet algorithme sans facteur d'ajustement du risque serait difficile à justifier car, du point de vue des entités, il pourrait être considéré comme injuste d'être contrôlé plusieurs fois alors qu'elles ont passé avec succès les contrôles antérieurs. Du point de vue de l'autorité, cet algorithme serait inefficace car toutes les ressources seraient investies dans le contrôle répété des mêmes entités.

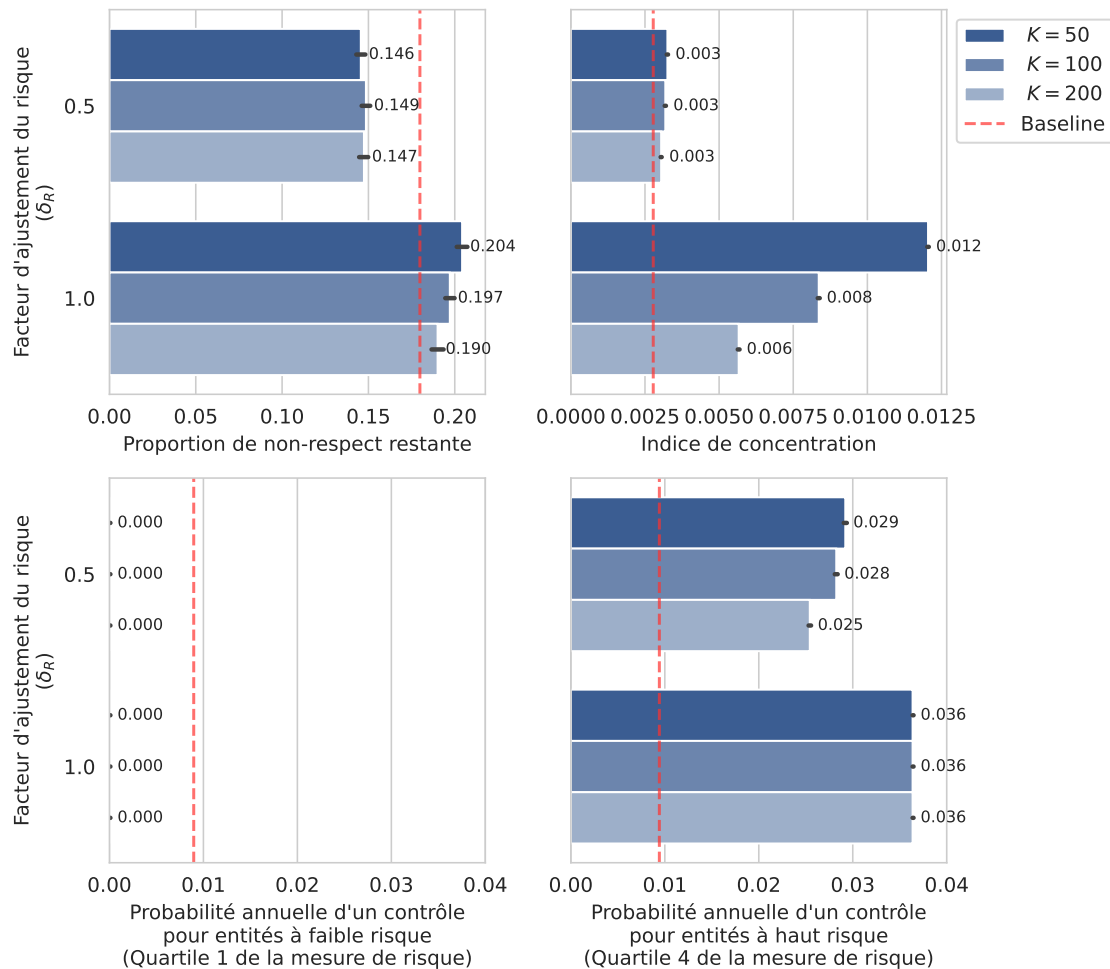


Les deux graphiques inférieurs mettent en évidence un problème que nous avons déjà vu dans l'algorithme 1. En se concentrant exclusivement sur les risques élevés, l'algorithme réduit à zéro la probabilité d'un contrôle pour les entités du quartile à faible risque. Cela est particulièrement gênant si l'on se souvient que même dans ce quartile, il existe un nombre non négligeable d'entités qui ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes.

### 7.3.3 Algorithme 3 : Choix aléatoire de $k$ entités parmi les $K$ unités avec le plus grand risque

L'algorithme 3 est conceptuellement très similaire à l'algorithme 2, mais il pourrait réduire le problème de la forte concentration. En examinant la figure 33, nous pouvons observer des résultats de simulation très semblables à ceux de l'algorithme 2. Lorsque l'on utilise un facteur d'ajustement du risque, l'algorithme est nettement plus efficace que le baseline pour réduire la proportion de non-respect, mais au prix d'une plus forte concentration et, en particulier, d'une probabilité de contrôle nulle pour les entités ayant un profil de risque faible.

FIGURE 33 – Résultat de l'algorithme 3 : Choix aléatoire de  $k$  entités parmi les  $K$  unités avec le plus grand risque



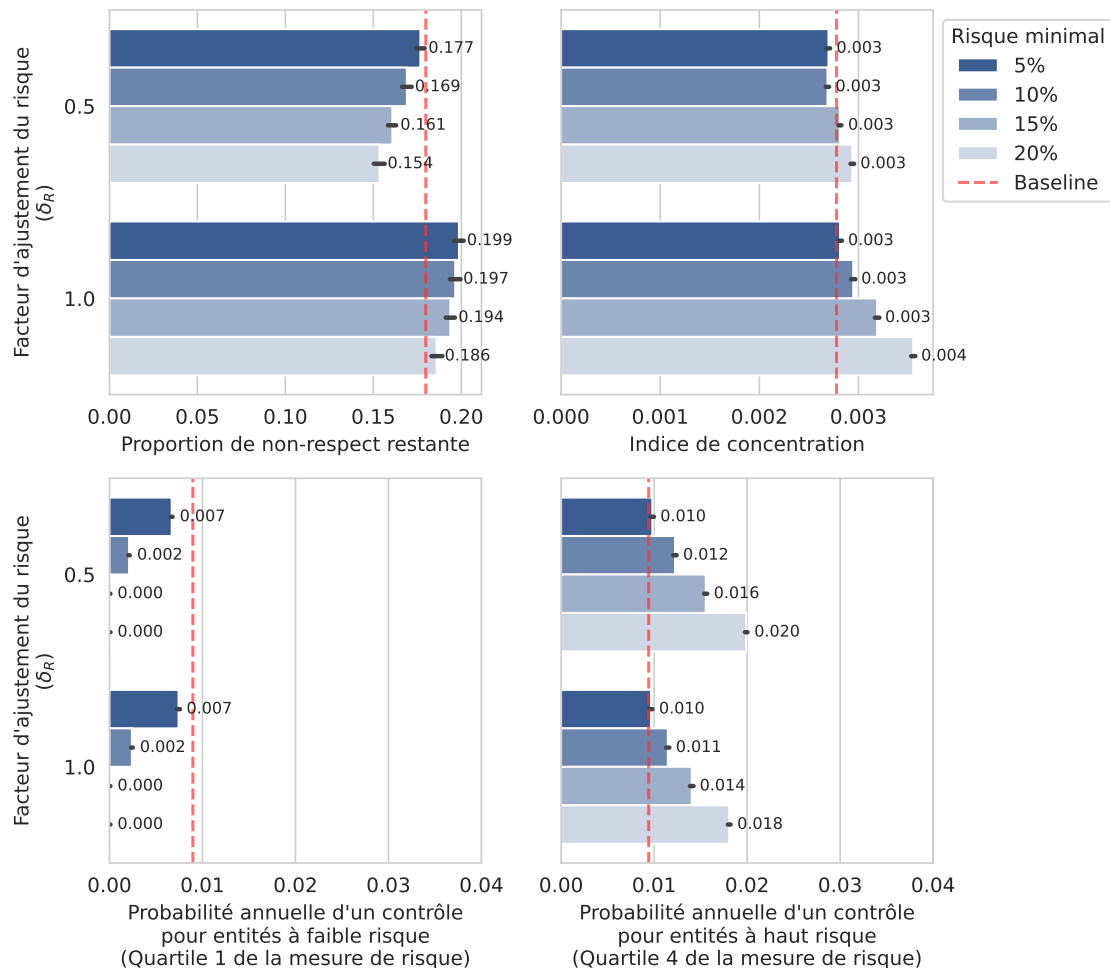
Le paramètre  $K$  n'a presque pas d'effet sur la réduction du non-respect, mais en augmentant sa valeur, l'indice de concentration peut être réduit. C'est assez simple car en utilisant une faible valeur de  $K$ , l'algorithme 3 devient pratiquement identique à l'algorithme 2, tandis qu'avec un  $K$  très grand, il converge vers l'algorithme de base. Pour la suite de la discussion, nous retiendrons la valeur de  $K=100$ .



### 7.3.4 Algorithme 4 : Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles

Le quatrième algorithme est sensiblement différent des précédents et pourrait donc produire des résultats différents. Pour cet algorithme, différents niveaux du seuil de risque permettant d'écarter les risques faibles sont utilisés dans la simulation afin de mieux comprendre quelle valeur serait la plus prometteuse. La figure 34 illustre les résultats de ce dernier algorithme et nous pouvons à nouveau observer une meilleure performance lorsque le facteur d'ajustement du risque est utilisé, alors qu'un résultat moins bon est observé lorsque le facteur n'est pas utilisé. En termes de concentration, les résultats sont très proches de la ligne de base.

FIGURE 34 – Résultat de l'algorithme 4 : Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles

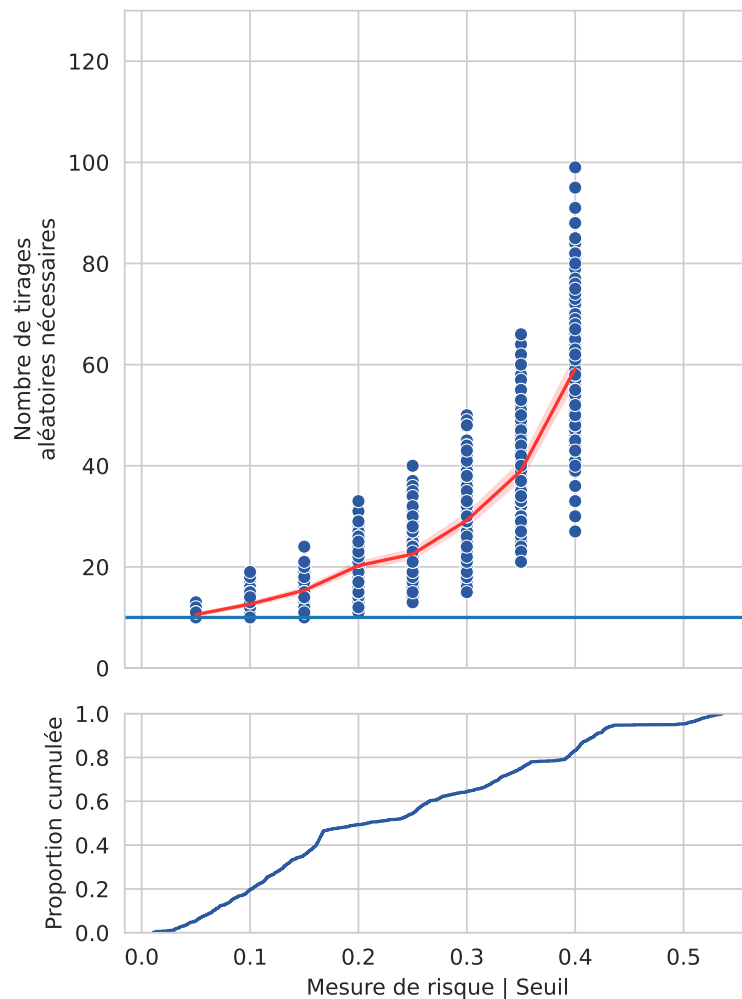


Comme pour les algorithmes 2 et 3, nous constatons que la probabilité de contrôle est proche de zéro, voire nulle, pour les entités du quartile à faible risque. Lorsque l'algorithme utilise un risque minimal supérieur à 10 %, aucune des entités du quartile à faible risque n'est jamais contrôlée. En revanche, l'augmentation de la probabilité de contrôle pour les entités à haut risque est plus faible que pour les autres algorithmes. Ce résultat est assez évident, car l'algorithme 4 exclut les risques faibles et conserve les risques moyens et élevés, tandis que les algorithmes 1 à 3 se concentrent sur les risques élevés et excluent implicitement les risques moyens.

D'un point de vue pratique, le principal avantage de l'algorithme 4 par rapport aux autres approches est que la mesure du risque ne doit pas être calculée pour toutes les entités, mais seulement pour celles sélectionnées lors d'un premier tour. Ensuite, les risques les plus faibles sont exclus et la mesure du risque doit être calculée pour quelques entités supplémentaires. Cet argument pratique est particulièrement pertinent lorsque l'appariement

général des bases de données est coûteux en termes d'efforts.

FIGURE 35 – Nombre de tirages aléatoires nécessaires (algorithme 4)



La figure 35 montre une simulation auxiliaire du processus de sélection utilisant l'algorithme 4 avec différents niveaux de seuil. Le graphique supérieur indique le nombre de choix aléatoires nécessaires pour obtenir un échantillon de 10 entités. Pour des seuils très bas (par exemple 5 %), le nombre moyen (ligne rouge) est proche de 10, ce qui signifie que presque aucune entité n'est exclue en raison d'un risque trop faible. En augmentant le seuil, le nombre moyen de choix aléatoires croît de manière exponentielle. L'utilisation d'un seuil de 20 % oblige généralement les autorités à effectuer 20 choix aléatoires pour obtenir un échantillon de 10, mais dans certains cas, jusqu'à 40 choix sont nécessaires. La partie inférieure de la figure affiche la distribution cumulative et nous indique directement quelle proportion de la population est exclue. Un seuil de 0,1 équivaut à exclure environ 20 % des entités, ce qui est atteint par un effort raisonnable, à savoir 10 à 19 tirages.

#### 7.4 Comparaison des algorithmes

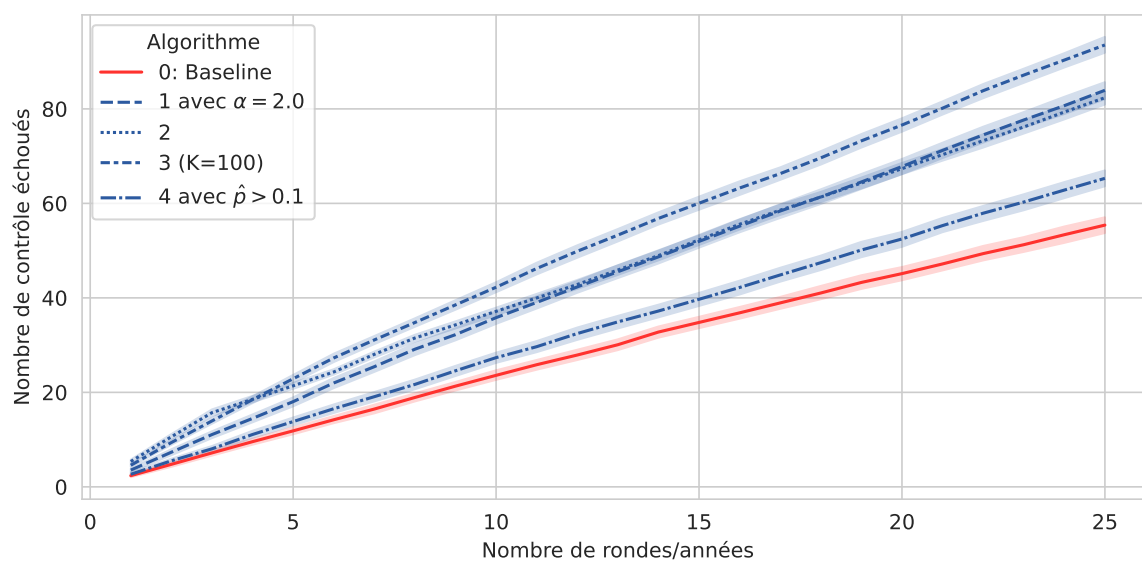
Après la discussion algorithme par algorithme, cette section présente une comparaison directe en utilisant la meilleure configuration pour chaque algorithme. Tous les algorithmes sélectionnés incluent un facteur d'ajus-

tement du risque de 0.5 sauf l'algorithme de base par définition. Dans le cas de l'algorithme 1, nous utilisons  $\alpha = 2.0$ , pour l'algorithme 3 nous utilisons  $K = 100$  et pour l'algorithme 4 un seuil de 10 %. Ces valeurs se réfèrent toujours à une mise en œuvre modérée sans pousser les algorithmes à un comportement extrême.

La figure 36 représente le nombre de contrôles, où un non-respect de l'égalité salariale a été identifié, au fil du temps et par algorithme. À très court terme, l'algorithme 2 identifie le plus grand nombre d'entités ne respectant pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, mais après quatre ans, l'algorithme 3 devient celui qui identifie le plus grand nombre de cas. À moyen et long terme, les algorithmes 1 et 2 obtiennent des résultats très similaires, dépassant tous deux l'algorithme 4 et l'algorithme de base d'une marge importante.

Pour identifier 20 entités ne respectant pas l'égalité salariale, il faut 4 à 5 ans en utilisant l'algorithme 2 ou 3, environ 6 ans en utilisant l'algorithme 1, 7 ans avec l'algorithme 4 et 8 ans en utilisant l'algorithme de base. Il convient de mentionner que la simulation sous-jacente a été réalisée sur 50 ans, mais que les graphiques ont été coupés à 25 ans, car la même tendance se poursuit.

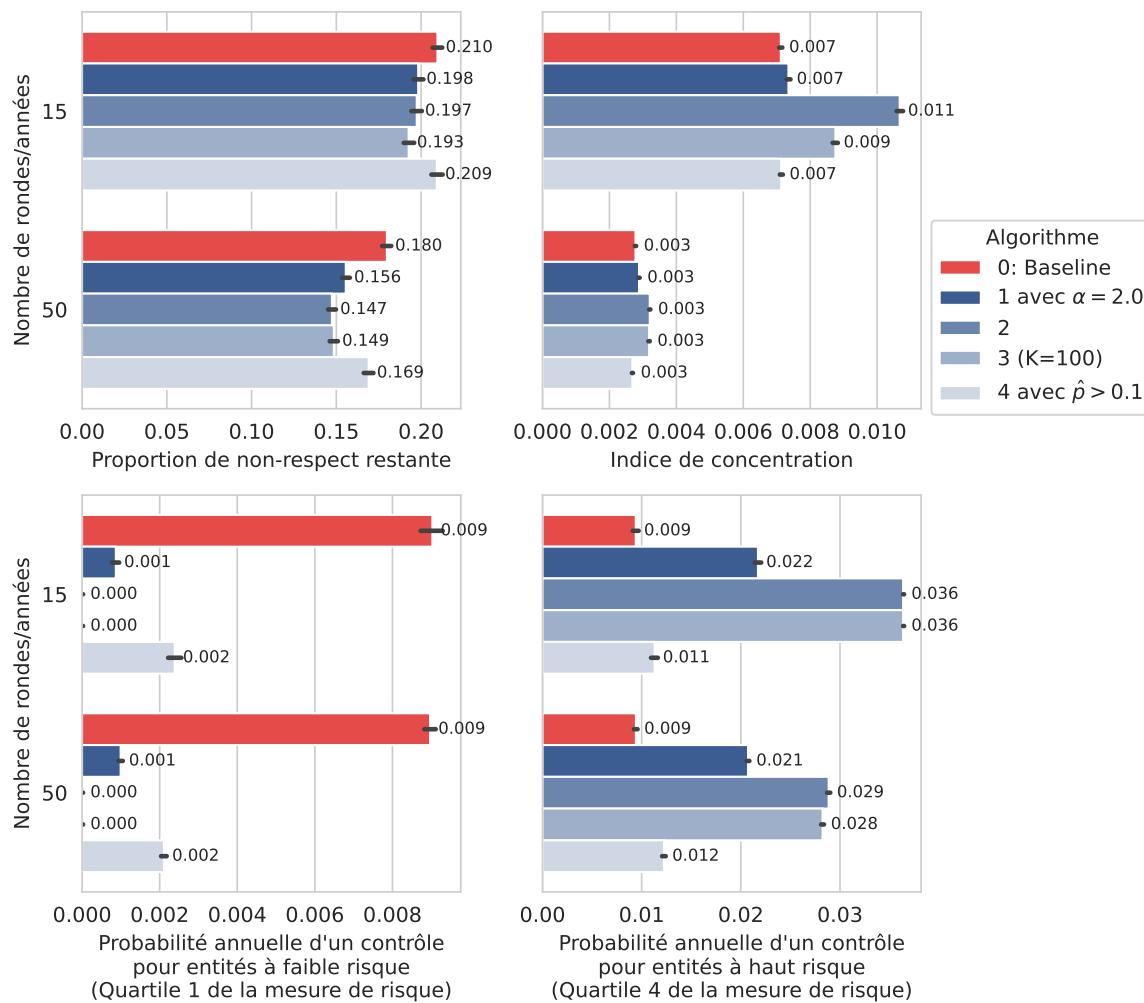
FIGURE 36 – Comparaison des cinq algorithmes dans le temps



Comme précédemment, les différents algorithmes doivent être analysés dans les quatre dimensions introduites précédemment, ce qui est illustré dans la figure 37. Chaque graphique montre les performances après 15 cycles (moyen terme) et 50 cycles (long terme) afin de mieux comprendre si certains algorithmes peuvent être préférables à court et moyen terme, tandis que d'autres deviennent plus pertinents à long terme.

En ce qui concerne la réduction de la proportion de non-respect restante, tous les algorithmes basés sur le risque sont plus performants que l'algorithme de base dans lequel les entités sont sélectionnées de manière aléatoire. À court terme, l'algorithme 4 n'est que marginalement plus performant que l'algorithme de base, tandis que les algorithmes 1, 2 et 3 sont significativement plus performants. À long terme, la réduction la plus importante est obtenue avec les algorithmes 2 et 3 qui arrivent à réduire la proportion à environ 15 %, suivis des algorithmes 1 et 4.

FIGURE 37 – Comparaison des cinq algorithmes



Le coût des algorithmes les plus performants en termes de réduction de la proportion de non-respect est visible dans les autres graphiques de la figure 37, où ces deux algorithmes génèrent une concentration nettement plus élevée de contrôles à moyen terme. L'indice de concentration de l'algorithme 2 est de 0,011 contre 0,007 pour la ligne de base et les algorithmes 1 et 4. À long terme, ces différences s'estompent. En revanche, l'absence de contrôles parmi les entités présentant un profil de risque faible dans le cadre des algorithmes 2 et 3 persiste même à long terme.

Si l'on considère l'ensemble de ces résultats, il apparaît clairement qu'il n'y a pas de vainqueur clair parmi les algorithmes proposés, car chacun d'entre eux présente des avantages et des inconvénients. L'utilisation d'un facteur d'ajustement semble toutefois nécessaire dans tous les algorithmes pour améliorer l'efficacité. En fin de compte, cette simulation peut aider à la prise de décision pour mieux comprendre les avantages et les inconvénients, mais la décision doit être prise selon la politique de contrôle de l'autorité.

Si cette politique vise principalement à identifier les entités qui ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, une approche basée sur les algorithmes 2 et 3 est la plus prometteuse, car elle se concentre sur les entités où le risque de non-respect est le plus élevé. Toutefois, cette approche a un coût, à savoir la concentration des contrôles parmi les entités partageant les mêmes caractéristiques (par exemple, les mêmes secteurs d'activité), ce qui pourrait être considéré comme injuste, et le fait que le risque de contrôle

est égal à zéro pour certaines entités à faible risque.

Si ces inconvénients sont jugés problématiques, l'algorithme 1 peut constituer une alternative viable, car toutes les entités ont une probabilité non nulle d'être contrôlées, tout en obtenant des réductions de la proportion de non-respect presque aussi importantes qu'avec les algorithmes 2 et 3.

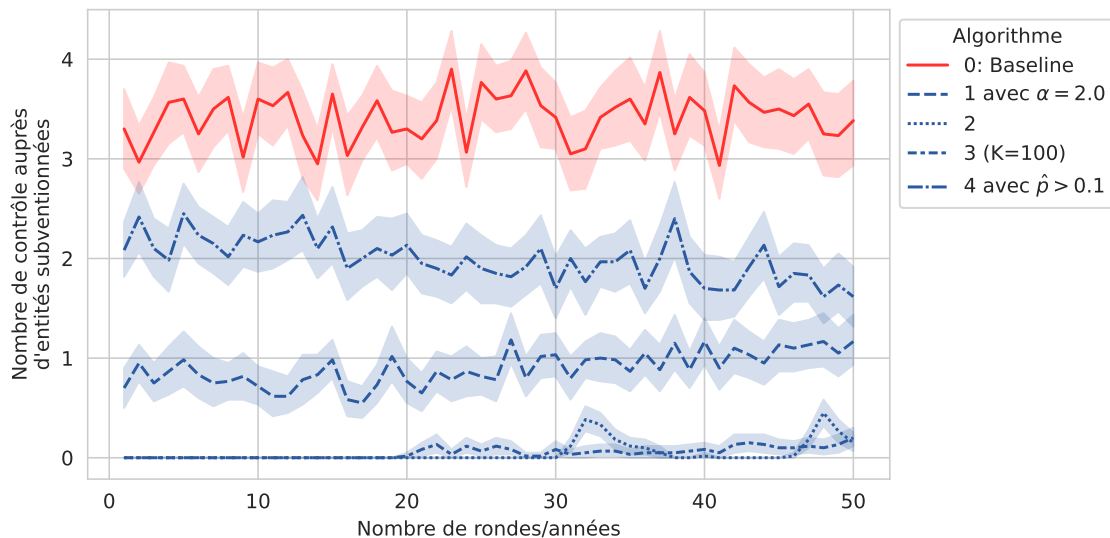
Enfin, l'algorithme 4 n'est pas particulièrement convaincant dans les quatre dimensions analysées dans la figure 37 parce qu'il est moins efficace pour réduire la proportion de non-respect tout en partageant le problème de la probabilité zéro de contrôle pour les profils à faible risque. Néanmoins, cet algorithme est plus performant que l'algorithme de base et pourrait constituer une solution viable au cas où les algorithmes 1, 2 et 3 génèrent une charge de travail trop importante dans le processus d'appariement des bases de données ou si l'appariement ne peut pas se faire de façon satisfaisante.

## 7.5 Nombre de contrôles réalisés dans les marchés publics ou les subventions

Jusqu'à présent, nous n'avons distingué en aucune manière les entités ayant obtenu des marchés publics ou des subventions. Les algorithmes ont été appliqués à l'ensemble de la population des entités soumises aux contrôles. Cette sous-section examine combien d'entités sont sélectionnées dans les marchés publics et dans les subventions et comment la performance des algorithmes serait affectée si les autorités visent à avoir le même nombre de contrôles dans les marchés publics que dans les subventions.

La figure 38 montre le nombre moyen de contrôles parmi les entités ayant reçu des subventions au fil du temps et par algorithme. La ligne rouge correspond à l'algorithme de base, dans lequel environ 3,5 contrôles sur 10 concernent des entités ayant reçu des subventions. Le nombre est inférieur à 5 (ce qui correspondrait à un nombre égal de contrôles entre marchés publics et subventions), car nous avons plus d'entités provenant des marchés publics que des subventions.

FIGURE 38 – Nombre moyen de contrôles d'entités subventionnées par algorithme

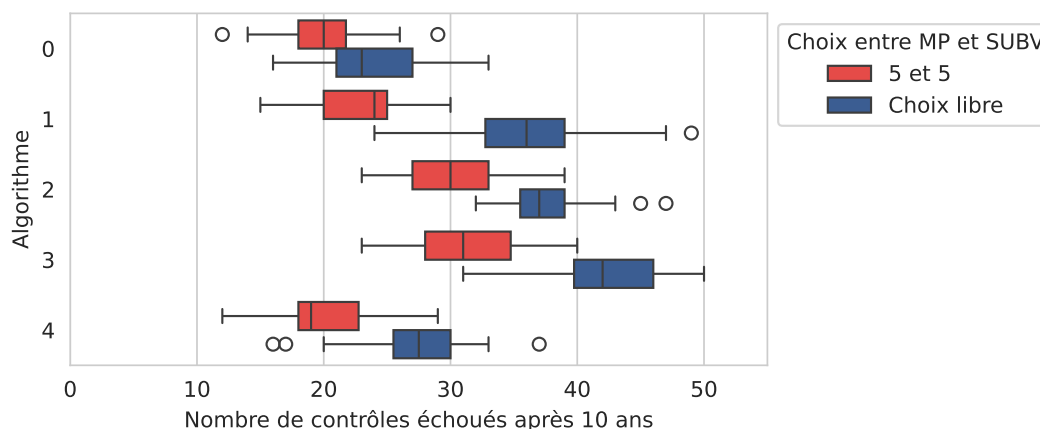


Les lignes bleues sont toutes nettement inférieures à la ligne rouge. Pour l'algorithme 4, nous avons en moyenne environ 2 entités subventionnées, pour l'algorithme 1 environ 1 entité et pour les algorithmes 2 et 3 presque aucune. Cette nette concentration sur les entités ayant reçu des marchés publics est due aux fortes différences dans le risque estimé, comme le montre la figure 27. Étant donné que les entités des marchés publics présentent un risque plus élevé de non-respect, tous les algorithmes basés sur le risque privilégieront ces entités.

La question se pose immédiatement de savoir ce qu'il adviendrait de l'efficacité des contrôles si les autorités exigeaient le même nombre de contrôles sur chaque type de marché.

La figure 39 montre le résultat d'un exercice dans lequel les résultats existants sont comparés à une situation dans laquelle 5 entités de chaque marché doivent être sélectionnées chaque année. La figure montre la distribution du nombre de contrôles échoués après 10 ans (ou 100 contrôles). Les cases bleues indiquent le résultat lorsque l'algorithme est appliqué pour choisir 10 entités parmi toutes les entités soumises à des contrôles, sans tenir compte du fait qu'elles ont reçu des marchés publics ou des subventions. Les cases rouges se réfèrent à une situation où les algorithmes ont été appliqués deux fois, une fois pour choisir 5 entités ayant reçu des subventions et une fois pour choisir 5 entités ayant reçu des marchés publics.

FIGURE 39 – Nombre de contrôles échoués après 10 ans par algorithme et logique de sélection



Les différences sont très marquées, les valeurs les plus basses se situent autour de 20 contrôles manqués et les valeurs la médiane (barre verticale) la plus élevées atteint une valeur de 42 contrôles manqués. Dans tous les cas, l'efficacité des contrôles est nettement plus élevée si aucune restriction sur le nombre d'entités de chaque marché est appliquée. Dans l'algorithme de base, le fait de forcer la parité réduit le nombre médian de contrôles échoués de 23 à 20. Dans d'autres algorithmes, la différence est encore plus marquée. Par exemple, l'utilisation de l'algorithme 1 sans restriction conduirait à une médiane de 36 contrôles échoués (sur 100), mais lorsque la restriction de 5 entités de chaque marché est appliquée, ce chiffre tombe à 24.

Un autre détail intéressant qui ressort de ce graphique est que la variabilité du nombre de contrôles échoués est différente en fonction de l'algorithme. Par exemple, l'algorithme 2 en choix libre a presque la même valeur médiane que l'algorithme 1, mais avec un étalement beaucoup plus faible. L'algorithme de base avec la restriction a produit un nombre minimum de contrôles échoués de 12 (sur 100) et un maximum de 29 (sur 100).

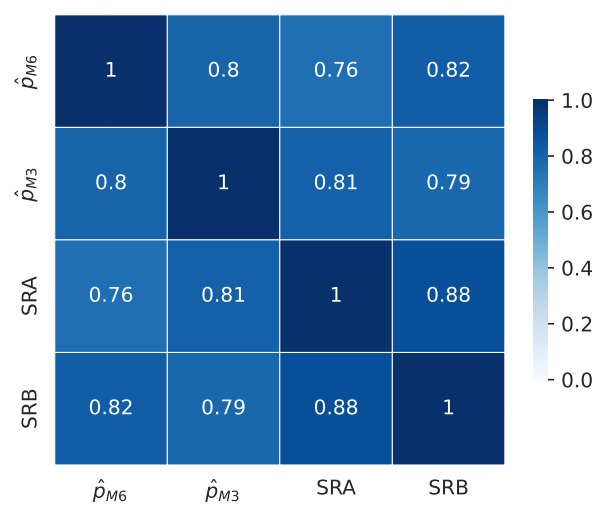
Enfin, il est également intéressant de comparer les cases rouges entre elles. Sous la contrainte de parité, l'algorithme 4 produit une distribution du nombre de contrôles échoués très similaire à celle de l'algorithme de base. L'algorithme 1 produit une distribution qui n'est que légèrement plus à droite par rapport à l'algorithme de base. Dans une certaine mesure, la contrainte de parité est contraire à l'idée d'une sélection basée sur le risque, car un groupe présente un profil de risque nettement inférieur.

## 7.6 Comparaison des mesures de risque

Tous les résultats obtenus jusqu'à présent reposent sur l'hypothèse que le modèle 6 des régressions probit (voir tableau 4) est utilisé à la fois pour la définition du risque réel de non-respect de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, et comme mesure du risque. Pour que cette étude soit utile à la prise de décision, il est important de s'assurer que les résultats sont robustes par rapport à d'autres spécifications. Pour cette raison, nous analyserons dans cette section la robustesse des résultats si une autre mesure de risque est utilisée pour les algorithmes, tout en conservant les probabilités prédites du modèle 6 pour définir le risque réel. En outre, l'annexe D.1 analyse la robustesse des résultats lorsque le risque réel de non-respect n'est pas correctement identifié par le modèle 6 du tableau 4.<sup>25</sup>

La figure 40 montre la corrélation linéaire des quatre mesures de risque  $\hat{p}_{M6}$ ,  $\hat{p}_{M3}$ , SRA et SRB (voir section 6.1 pour la définition de ces mesures).

FIGURE 40 – Corrélation linéaire entre les mesures de risque

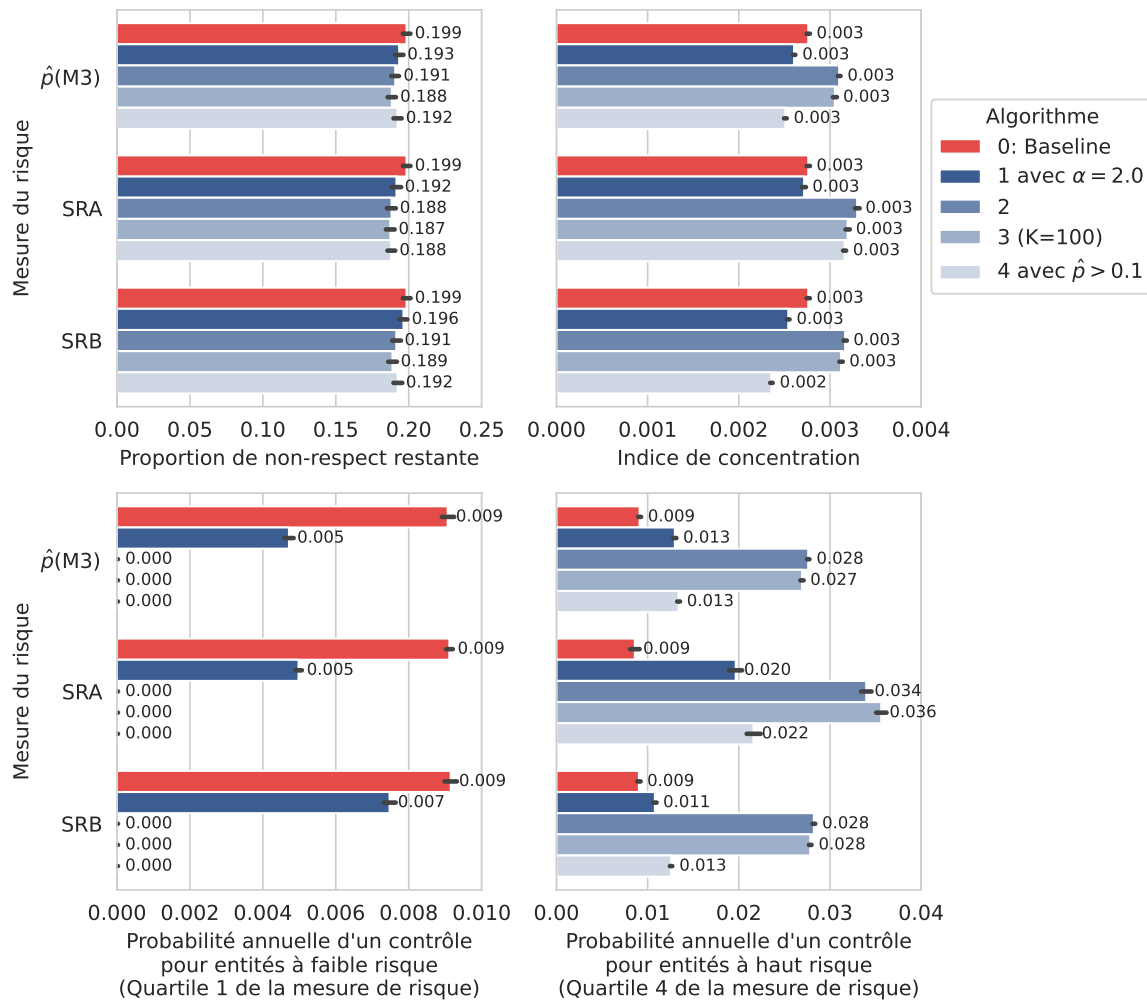


Les valeurs vont de 0,76 entre  $\hat{p}_{M6}$  et SRA à 0,88 entre SRA et SRB. Globalement, la figure montre que toutes les mesures sont fortement, mais pas parfaitement corrélées. Il faut donc s'attendre à certaines différences dans les résultats.

La figure 41 montre les différents résultats pour tous les algorithmes après 50 périodes, mais en utilisant différentes mesures de risque.

25. La conclusion de ce contrôle de robustesse est que les résultats qualitatifs ne changent pas, même si une mesure moins précise est utilisée. Les meilleurs résultats sont toujours obtenus avec la probabilité prédite selon le modèle 6.

FIGURE 41 – Comparaison des mesures de risque



En général, nous obtenons des résultats qualitativement similaires à ceux obtenus précédemment et les trois nouvelles mesures de risque produisent des résultats très similaires entre eux. L'introduction d'algorithmes basés sur le risque avec ces mesures de risque alternatives améliore l'identification des entités ne respectant pas l'égalité salariale. Cependant, l'effet est moindre par rapport aux mêmes algorithmes avec la mesure de risque originale du modèle 6. Trouver un effet plus faible n'est pas surprenant pour au moins deux raisons. Tout d'abord, le modèle 6 est la meilleure estimation possible du risque réel et devrait donc être mieux adapté pour distinguer les entités à faible risque de celles à risque élevé. Ensuite, en utilisant le modèle 6 comme « risque réel », il est évident que les algorithmes utilisant cette même mesure pour identifier les profils à haut risque seront plus performants que les algorithmes utilisant d'autres mesures. Le point important ici est toutefois le fait que ce sont en général les mêmes algorithmes qui sont les plus performants et qui présentent les mêmes avantages et inconvénients. À relever cependant que l'algorithme 4 semble produire des résultats tout aussi bons comme les autres algorithmes lorsque le risque réel est moins bien estimé.

Dans l'ensemble, ces simulations alternatives confirment les conclusions de la section précédente. De toute façon, tous les algorithmes basés sur le risque fonctionneront toujours mieux lorsque l'évaluation du risque est aussi précise que possible.



## 7.7 Résumé et discussion des principaux résultats de simulations

Dans cette section, un grand nombre de résultats ont été présentés et nous concluons donc la section par un bref résumé des principaux résultats. Avant de commencer, le tableau 9 rappelle les cinq algorithmes différents qui ont été analysés dans cette étude.

TABLEAU 9 – Liste des algorithmes simulés

#	Algorithme	Basé sur le risque
0	Sélection aléatoire sans considérer le risque (Baseline)	Non
1	Sélection aléatoire avec probabilité pondérée	Oui
2	Choix des entités avec le risque le plus élevé	Oui
3	Choix aléatoire de $k$ entités parmi les $K$ unités avec le plus grand risque	Oui
4	Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles	Oui

Sur la base de tous les résultats précédents, nous pouvons tirer quelques conclusions sur la mise en œuvre d'algorithmes de sélection basés sur le risque.

1. Les algorithmes basés sur le risque devraient être accompagnés d'un facteur d'ajustement du risque qui est appliqué à la mesure du risque prédite pour les entités ayant passé avec succès un contrôle. L'ajustement de la mesure du risque en fonction de ces informations supplémentaires rend tous les algorithmes basés sur le risque plus efficaces pour réduire la proportion globale d'entités ne respectant pas l'égalité salariale.
2. Tous les algorithmes basés sur le risque peuvent améliorer l'efficacité des contrôles en réduisant la proportion globale d'entités ne respectant pas l'égalité salariale plus rapidement que l'algorithme de base. L'introduction d'une approche basée sur le risque semble donc raisonnable et prometteuse.
3. Les résultats sont généralement robustes à différentes variations, y compris différentes mesures de risque, différents niveaux de volatilité et différentes fonctions de risque réel.
4. Les algorithmes qui visent en priorité les très haut risques (algorithmes 2 et 3) sont les plus efficaces pour réduire la proportion d'entités ne respectant pas l'égalité salariale, mais au prix d'une probabilité de contrôle nulle pour toutes les entités à faible risque. Cet aspect peut politiquement être problématique, car certaines entités censées être soumises à des contrôles ne le seraient pas en réalité.
5. L'algorithme 1 est une alternative intéressante, car il atteint pratiquement le même niveau d'efficacité, tout en conservant une probabilité de contrôle positive pour toutes les entités soumises à des contrôles.
6. Enfin, l'algorithme 4 est moins convaincant concernant l'efficacité de la réduction de la proportion d'entités ne respectant pas l'égalité salariale et de la probabilité de contrôle nulle pour les entités à faible risque, mais il présente l'avantage de ne pas nécessiter un appariement complet des bases de données. En ce sens, cet algorithme devrait être envisagé si la charge administrative liée à l'appariement des bases de données sur une base annuelle est trop élevée.

## 8 Conclusions et recommandations

Cette étude a présenté un exercice complet comprenant la collecte et la fusion de données, l'analyse économétrique, l'examen des meilleures pratiques et un exercice de simulation. Pour commencer ces remarques finales, nous soulignons à nouveau les résultats les plus intéressants en mettant l'accent sur les résultats de la simulation. Nous discutons ensuite des limites de l'étude et des implications possibles.

### 8.1 Principaux résultats

#### 8.1.1 Appariement des données

L'un des principaux défis de cette étude a été de combiner des données provenant de sources très différentes de la manière la plus efficace possible. La plupart des sources de données, telles que les listes d'entités ayant reçu des subventions ou des marchés publics, n'ont pas été conçues pour être utilisées dans des analyses de données, ce qui rend l'automatisation du processus d'appariement difficile. Malgré certaines difficultés et les corrections manuelles qui ont été nécessaires, le taux d'appariement global est tout à fait satisfaisant. Pour les marchés publics, près de 70 % de toutes les entités ont été automatiquement mises en correspondance avec les données administratives et 25 % supplémentaires ont pu être mises en correspondance à l'aide de quelques saisies manuelles. Moins de 5 % des entités n'ont pas pu être appariées, la plupart d'entre elles ayant cessé leurs activités ou modifié leur situation juridique. Pour les entités ayant reçu des subventions, le processus de fusion a été légèrement plus compliqué et moins de 20 % des entités ont été automatiquement mises en correspondance avec les données administratives. Un autre 76 % a été apparié manuellement et environ 8 % n'ont pas pu être appariés du tout. Grâce à la relative stabilité de la population des entités bénéficiant de subventions, l'appariement manuel préparé pour cette étude pourra être utilisé à l'avenir également et, par conséquent, l'appariement automatique augmentera de manière substantielle.

Le fait de disposer d'une grande proportion d'appariements automatiques sera la clé de la réussite de la mise en œuvre des algorithmes de sélection les plus prometteurs, car ils exigent des autorités qu'elles préparent les données de manière similaire à ce qui a été fait pour la présente étude sur une base annuelle.

#### 8.1.2 Les populations soumises aux contrôles

La section 3 a permis de dresser un profil assez détaillé des entités employeuses ayant bénéficié de contrats ou de subventions publiques.

Le message le plus important à retenir de cet exercice est que la population des entités recevant des subventions ou des marchés publics diffère assez sensiblement de la population globale des entités employeuses en Suisse. Les entités qui reçoivent des fonds publics par le biais de ces deux mécanismes sont généralement beaucoup plus grandes que celles de la population générale. Dans les deux cas, la taille la plus courante se situe entre 51 et 100 personnes. Si la taille des entités sur ces deux segments est similaire, nous avons également constaté de fortes différences en termes d'activité et de composition hommes-femmes. Si l'on considère la classification NOGA des activités, les deux populations se concentrent sur des activités différentes. Le code NOGA le plus courant parmi les entités ayant reçu des marchés publics est « Construction », tandis que « Santé humaine et action sociale » est le code NOGA le plus courant parmi les entités subventionnées. On observe une surreprésentation des hommes parmi les entités des marchés publics et des femmes parmi les entités subventionnées, en comparaison avec la composition par sexe de la population générale. Bien entendu, ces compositions par sexe sont également liées au type d'activité. Globalement, une conclusion importante de cet exercice comparatif est que les statistiques<sup>26</sup> basées sur la population générale des entités employeuses ne sont pas directement applicables aux marchés publics et aux subventions.

Concernant l'importance relative des deux populations en termes de nombre d'entités, nous observons 1 941 entités uniques dans les marchés publics pour la période de 4 ans allant de 2019 à 2022 et 1 292 dans les subventions pour la période de 3 ans allant de 2019 à 2021. Cela signifie que nous trouvons un peu plus d'entités dans les marchés publics que dans les subventions.

26. Par exemple l'écart moyen de salaire entre les femmes et les hommes ou la part non expliquée de cet écart.

### 8.1.3 Facteurs de risque de non-respect de l'égalité salariale

L'analyse des facteurs de risque a mis en lumière un certain nombre de variables qui peuvent contribuer à expliquer le risque de non-respect. Le modèle retenu comprend deux variables au niveau de l'entité, à savoir le nombre de femmes et la proportion de femmes dans l'entité. Ces deux variables sont systématiquement associées au risque de non-respect dans tous les modèles estimés. Plus il y a de femmes et plus leur proportion est grande dans une entité, plus le risque de non-respect de l'égalité salariale entre les sexes est faible. Trois facteurs prédictifs supplémentaires ont été obtenus à partir de l'étude de [Kaiser et Möhr \(2021\)](#) basée sur l'ESS, à savoir l'écart de rémunération non expliqué entre les hommes et les femmes par région et par NOGA et la part de l'écart non expliqué par NOGA. Toutes ces variables contribuent positivement au risque de non-respect et rendent le modèle plus précis. Dans l'ensemble, les probabilités prédites de non-respect vont de valeurs inférieures à 5 % à des valeurs proches de 55 %, ce qui suggère que le modèle est clairement capable de distinguer les risques.

Une constatation intéressante est que le risque de non-respect parmi les entités ayant reçu des subventions est considérablement plus faible que celui des entités ayant reçu des marchés publics, ce qui est conforme à l'analyse des contrôles passés, où la proportion de contrôles échoués est également plus élevée pour les entités ayant reçu des marchés publics.

### 8.1.4 Procédures de sélection selon le risque

Un examen exhaustif des procédures déjà en place pour sélectionner les entités en fonction du risque a montré que deux types de données sont généralement utilisées. Certaines autorités fondent leur évaluation des risques principalement sur les informations obtenues auprès des entités elles-mêmes au cours du processus administratif. Ces informations peuvent inclure les résultats de l'analyse de l'égalité salariale ou le nombre d'employés par sexe. D'autres autorités, en particulier le Bureau fédéral de l'égalité entre les femmes et les hommes, utilisent les informations de l'ESS décrivant l'écart moyen entre les femmes et les hommes par région et par code NOGA. Pour le canton de Vaud, l'approche basée sur l'ESS et d'autres sources d'informations administratives est plus prometteuse, car il n'existe actuellement pas de mécanisme global permettant à la CoMPS de collecter des informations auprès des entités dans les marchés publics et les subventions.

### 8.1.5 Résultats des simulations

L'exercice de simulation a fourni des indications intéressantes sur l'efficacité relative des différents algorithmes, mais aussi sur les facteurs généraux qui peuvent contribuer à rendre le processus plus efficace. Le tableau 10 présente une vue d'ensemble des principales conclusions pour chaque algorithme.

TABLEAU 10 – Résumé des résultats par algorithme et critère

#	Algorithme	Efficacité*	Égalité de traitement entre les entités contrôlables**	Effort***
0	Sélection aléatoire sans considérer le risque (Baseline)	<b>Faible</b> 23.6 %	<b>Élevée</b> Chaque entité a la même probabilité d'être sélectionnée	<b>Faible</b> Aucun appariement nécessaire
1	Sélection aléatoire avec probabilité pondérée	<b>Moyenne à élevée</b> 35.8 %	<b>Moyenne</b> Toutes les entités ont une probabilité non nulle d'être sélectionnées	<b>Élevé</b> Appariement complet nécessaire
2	Choix des entités avec le risque le plus élevé	<b>Moyenne à élevée</b> 37.1 %	<b>Faible</b> Grand nombre d'entités avec zéro probabilité de contrôle	<b>Élevé</b> Appariement complet nécessaire
3	Choix aléatoire de $k$ entités parmi les $K$ unités avec le plus grand risque	<b>Élevée</b> 42.2 %	<b>Faible</b> Grand nombre d'entités avec zéro probabilité de contrôle	<b>Élevé</b> Appariement complet nécessaire
4	Sélection aléatoire avec une défausse des risques faibles	<b>Faible à moyenne</b> 27.4 %	<b>Moyenne à faible</b> Proportion modérée d'entités avec zéro probabilité de contrôle	<b>Moyen</b> Appariement ponctuel suffisant

\* = Les valeurs indiquées se réfèrent aux valeurs moyennes de la figure 39 avec choix libre. L'efficacité est ici définie comme la proportion de contrôles échoués après 10 ans.

\*\* = L'égalité de traitement s'entend au sens de l'égalité de la probabilité d'être sélectionné.

\*\*\* = L'effort se réfère à la charge administrative pour l'autorité.

En particulier, les résultats suivants méritent d'être mentionnés :

- **L'utilisation d'algorithmes de sélection basés sur le risque semble être une idée prometteuse** : tous les algorithmes basés sur le risque sont plus performants que la sélection aléatoire avec probabilité égale en termes de sélection des entités qui ne respectent pas l'égalité salariale.
- Les algorithmes basés sur le risque devraient être accompagnés d'un **facteur d'ajustement du risque qui est appliqué à la mesure du risque prédite pour les entités ayant passé avec succès un contrôle**. L'ajustement de la mesure du risque en fonction de ces informations supplémentaires rend tous les algorithmes basés sur le risque plus efficaces pour réduire la proportion globale d'entités ne respectant pas l'égalité salariale.
- Il existe un **certain compromis entre l'efficacité des algorithmes et la notion d'égalité de traitement**. En termes d'identification efficace des entités qui ne respectent pas l'égalité salariale entre les femmes et les hommes, les algorithmes qui ne choisissent que parmi les entités à haut risque sont les plus performants. Toutefois, ils présentent l'inconvénient d'imposer une probabilité de contrôle nulle aux entités à faible risque, alors que même parmi les entités à faible risque, certaines ne respectent pas l'égalité salariale.
- Les **algorithmes les plus performants nécessiteront tous un appariement des données** similaire à ce qui a été fait dans la section 3, ce qui pourrait induire une charge administrative supplémentaire pour les autorités. Si cette charge administrative est trop lourde, **l'algorithme 4 analysé dans cette étude pourrait être une alternative viable**, car il est plus performant que la sélection aléatoire et ne nécessite pas d'apparier les données de toutes les entités soumises à des contrôles.

## 8.2 Limites de l'étude

Avant de discuter des implications politiques possibles de ces résultats, il est important de mentionner les limites de l'étude.

Pour la présente étude, nous avons utilisé le plus grand nombre de points de données disponibles et nous nous sommes efforcés de disposer des données les plus récentes. Un certain décalage dans le temps entre les différentes sources de données est inévitable et ne devrait pas poser de problème majeur si l'on part de l'hypothèse que les mécanismes à l'origine de l'inégalité salariale entre les femmes et les hommes sont relativement stables dans le temps. Néanmoins, il convient de garder à l'esprit que toutes les estimations décrivent au mieux la situation actuelle et pourraient ne plus être valables à l'avenir.

Une deuxième limite de cette étude réside dans les hypothèses et les simplifications faites dans le modèle de simulation. Par exemple, nous avons supposé que toutes les entités respectent l'égalité de salaire entre les femmes et les hommes après un contrôle, ce qui semble raisonnable si l'on considère la possibilité d'une mise en conformité. Toutefois, si une partie des entités ayant échoué à un contrôle ne se mettait pas en conformité et continuait à ne pas respecter l'égalité salariale, l'efficacité des contrôles serait probablement plus faible. Il est important de noter que cette hypothèse s'applique à tous les algorithmes testés. Par conséquent, les conclusions qualitatives et les comparaisons entre les algorithmes devraient rester valables. En raison de cette limitation, il est toutefois conseillé de donner la priorité aux tendances générales observées dans les simulations plutôt qu'aux résultats numériques exacts.

Enfin, la simulation n'utilise qu'un indicateur binaire pour distinguer les entités qui respectent l'égalité de rémunération entre les hommes et les femmes de celles qui ne la respectent pas. Elle ne simule pas l'écart de rémunération sous-jacent (module 1) ou le score (module 2). En réalité, les autorités auront une connaissance plus détaillée des résultats exacts et pourraient donc rendre l'ensemble du processus encore plus efficace. Par exemple, dans la simulation, nous avons appliqué le même facteur d'ajustement à toutes les entités ayant passé le contrôle, indépendamment du fait que leurs résultats étaient excellents ou proches de la valeur limite. En réalité, les autorités pourraient utiliser différents facteurs d'ajustement en fonction de la qualité des résultats d'une entité.

## 8.3 Implications possibles

Cette étude a montré que la sélection des entités en fonction de leur risque estimé est non seulement possible, mais également souhaitable si l'objectif est d'accroître l'efficacité des contrôles en général, tout en respectant l'objectif d'égalité de traitement entre les entités. Sur une période de 10 ans, les algorithmes de sélection les plus prometteurs peuvent permettre d'identifier environ deux fois plus d'entités qui ne respectent pas l'égalité salariale que la sélection aléatoire avec probabilité égale. Le gain en efficacité est légèrement plus faible si on choisit un algorithme qui utilise des probabilités positives pour toutes les entités pour ainsi satisfaire mieux l'objectif d'égalité de traitement. Le coût de la mise en œuvre, notamment la nécessité de fusionner différentes sources de données, semble raisonnable. Si ce coût s'avère trop élevé, l'étude propose également un algorithme qui peut réduire considérablement ce coût tout en améliorant l'efficacité par rapport à la situation actuelle.

Les résultats de cette étude ont également clairement montré que les entités participant aux marchés publics sont substantiellement plus susceptibles de ne pas respecter l'égalité de rémunération entre les femmes et les hommes que celles qui reçoivent des subventions. Du point de vue de l'utilisation efficace des ressources disponibles, ces résultats devraient se traduire par un plus grand nombre de contrôles des entités bénéficiant de marchés publics par rapport à celles recevant des subventions.

L'étude montre également que l'efficacité des approches fondées sur le risque dépend essentiellement de la capacité des autorités à identifier les facteurs de risque et à bien distinguer les risques élevés des risques faibles. Ce n'est que si ces évaluations des risques sont précises que les algorithmes de sélection peuvent atteindre leur potentiel. En ce sens et compte tenu du nombre relativement faible de contrôles effectués par chaque autorité, il pourrait être utile d'envisager une coordination des autorités de contrôle afin d'estimer les risques sur la base de facteurs objectifs. Par exemple, une base de données centralisée de tous les résultats de contrôle sous une forme anonyme pourrait constituer une première étape pour améliorer l'estimation des risques. Une

base de données aussi importante aurait l'avantage de permettre l'utilisation de méthodes statistiques plus avancées pour l'estimation du risque et la sélection du modèle (par exemple en utilisant la validation croisée (*cross-validation*)).

## Références

BFEG : Directive - Contrôles du respect de l'égalité salariale entre femmes et hommes dans les marchés publics de la Confédération, 2024. Version 2024.1. Disponible en ligne : <https://backend.ebg.admin.ch/fileservice/sdweb-docs-prod-ebgch-files/files/2024/01/03/a151d13e-18c2-4ed5-b57a-4ddc164dc192.pdf> (TÃ1lÃ1rchargÃ1rle07.06.2024).

Florian CHÁVEZ-JUÁREZ et Roman GRAF : Réflexion empirique sur le seuil de tolérance utilisé lors des contrôles de l'égalité salariale. Bureau de l'égalité entre les femmes et les hommes BEFH, Lausanne, Switzerland. [https://www.vd.ch/fileadmin/user\\_upload/organisation/dec/befh/Egalite\\_salaire/2021\\_Ch%C3%A1vez-Ju%C3%A1rez\\_Graf\\_R%C3%A9flexion\\_seuil\\_de\\_tol%C3%A9rance.pdf](https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/organisation/dec/befh/Egalite_salaire/2021_Ch%C3%A1vez-Ju%C3%A1rez_Graf_R%C3%A9flexion_seuil_de_tol%C3%A9rance.pdf), 2021.

Boris KAISER et Thomas MÖHR : Analyse des différences salariales entre femmes et hommes sur la base de l'enquête suisse sur la structure des salaires (ESS) 2018. B,S,S. Volkswirtschaftliche Beratung. Étude sur mandat de l'Office fédéral de la statistique (OFS). <https://www.bfs.admin.ch/asset/fr/24486047>, 2021.

## A Codage Noga 2008

Le tableau 11 présente la liste du codage Noga 2008 associé au domaine d'activité d'une entité par secteur, branche économique et section, ainsi que l'abréviation utilisée de la branche dans les figures et tableaux intégrés dans la présente étude.

TABLEAU 11 – Codage et abréviations selon NOGA 2008

Secteur	Branche économique	Section	Abréviation utilisée
2e (industrie et commerce)	Industrie manufacturière	C	Industrie manufacturière
	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	D	Produc. et distr. d'électricité
	Construction	F	Construction
3e (Services)	Commerce ; réparation d'automobiles et motocycles	G	Com. ; Rép. d'auto. et moto.
	Transports et entreposage	H	Transports et entreposage
	Hébergement et restauration	I	Hébergement et restauration
	Information et communication	J	Information et communication
	Activités financières et d'assurance	K	Activités financières et d'assurance
	Activités spécialisées, scientifiques et techniques	M	Activités spéc., scient. et tech.
	Activités de services administratifs et de soutien	N	Activ. de services administratifs
	Administration publique	O	Administration publique
	Enseignement	P	Enseignement
	Santé humaine et action sociale	Q	Santé humaine et action sociale
Arts, spectacles et activités récréatives	R	Arts, spec. et activ. récr.	
Autres activités de services	S	Autres activités de services	

## B Résultats supplémentaires concernant la stratification du risque de non-respect de l'égalité salariale

FIGURE 42 – Taux de conformité par région (uniquement marchés publics)

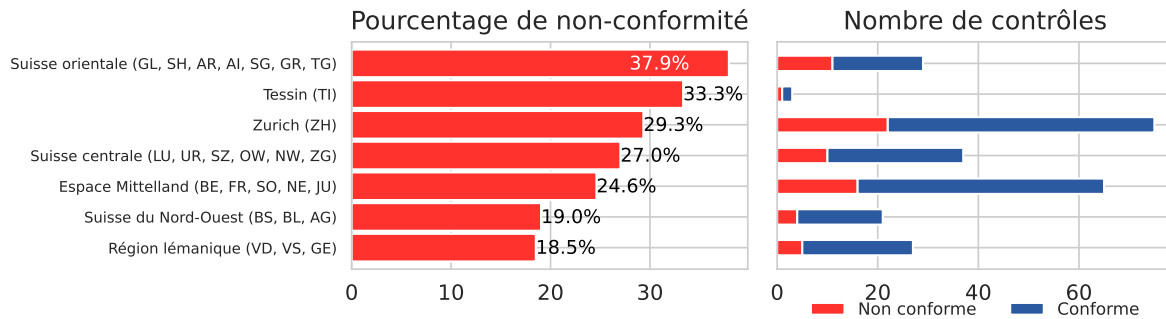
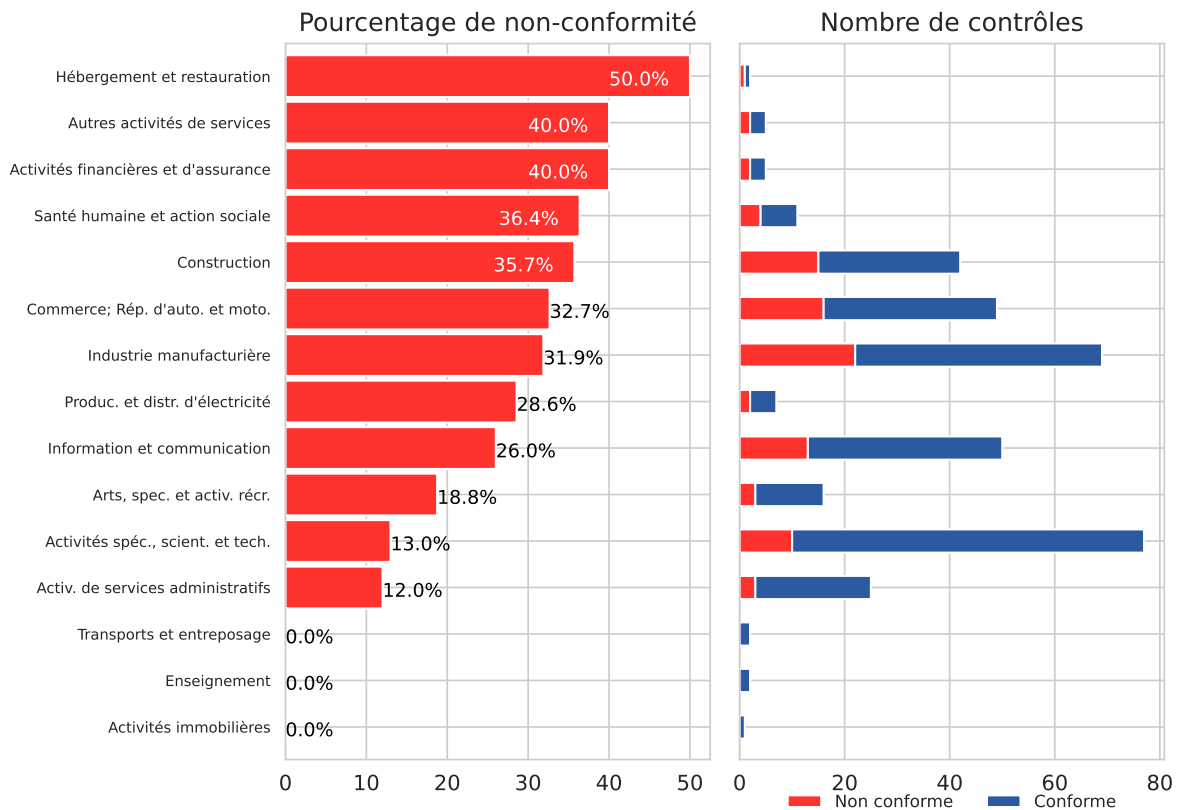


FIGURE 43 – Taux de conformité par domaine d'activité (uniquement marchés publics)





## C Détails sur l'amélioration manuelle du processus d'appariement

La section 2.2.1 a décrit en termes généraux le processus d'appariement des bases de données. Dans cette annexe, nous fournissons quelques informations supplémentaires sur la manière dont la mise en correspondance automatisée a été améliorée par la recherche manuelle des clés de mise en correspondance correctes.

L'appariement automatisé a été réalisé à partir de la dénomination légale des entités. Cependant, des désignations d'entités erronées, incomplètes ou en langage courant, en particulier dans la base de données des subventions, ont rendu impossible un appariement entièrement automatisé des bases de données.

Dans un premier temps, une tentative d'appariement automatique des bases de données a été effectuée. Pour ce faire, les variantes des noms ont été recherchées dans la mesure du possible. Le tableau 12 montre des exemples fictifs pour illustrer la situation.

TABLEAU 12 – Exemple illustratifs du processus d'appariement

Simap / Subvention → REE	Résultat	Explications
Entreprise SA → Entreprise SA Fondation X → Fondation X	automatique	Souvent, le nom est identique au nom dans le REE et un appariement automatique est donc très simple.
Entreprise S.A. → Entreprise SA ENTREPRISE SA → Entreprise SA Entreprise SA - Lausanne → Entreprise SA Unternehmung SA → Unternehmung AG	automatique	Il y a des 'erreurs' communes qu'on peut facilement corriger de façon automatisée et effectuer l'appariement.
Entreprise SA → Unternehmung AG	manuel	Quelques entités ont enregistré leur nom dans plusieurs langues sur ZEFIX, mais dans la base de données REE seulement une langue est disponible. A l'aide de ZEFIX, il est relativement facile de trouver le nom en allemand qui correspond en règle générale à celui du REE.
Entreprise Sàrl → Entreprise SA Pepper SA → Pepper Communications SA	manuel	Un certain nombre d'entreprises ont changé de nom ou de forme juridique. A l'aide de ZEFIX et une recherche également parmi les registres radiés permet de trouver le nouveau nom.
Montagne EMS → Fondation La Montagne AVEP → Association vaudoise d'éoliennes publiques	manuel ou impossible	Particulièrement dans la base de données des subventions, des noms raccourcis ou même des abréviations sont enregistrés. Une recherche sur internet et ensuite dans l'une des bases de données du tableau 13 permet souvent de trouver le nom officiel. Parfois, tellement peu d'informations sont saisies qu'il est impossible de parvenir à un résultat sûr.

Les noms de toutes les entités qui n'ont pas été trouvées dans la base de données REE ont été exportés pour un traitement manuel. Dans ce cadre, l'entité a d'abord été recherchée à l'aide de moteurs de recherche courants. Dans de nombreux cas, un nom officiel a pu être trouvé rapidement sur le site web de l'entité. Dans certains cas, il a fallu le rechercher dans les statuts (par exemple pour les associations et les fondations), les mentions légales ou la déclaration de protection des données du site web.

Dès qu'un nom officiel a été trouvé, il a été vérifié dans les bases de données officielles mentionnées dans le tableau 13 ci-après.

TABLEAU 13 – Bases de données officielles utilisées

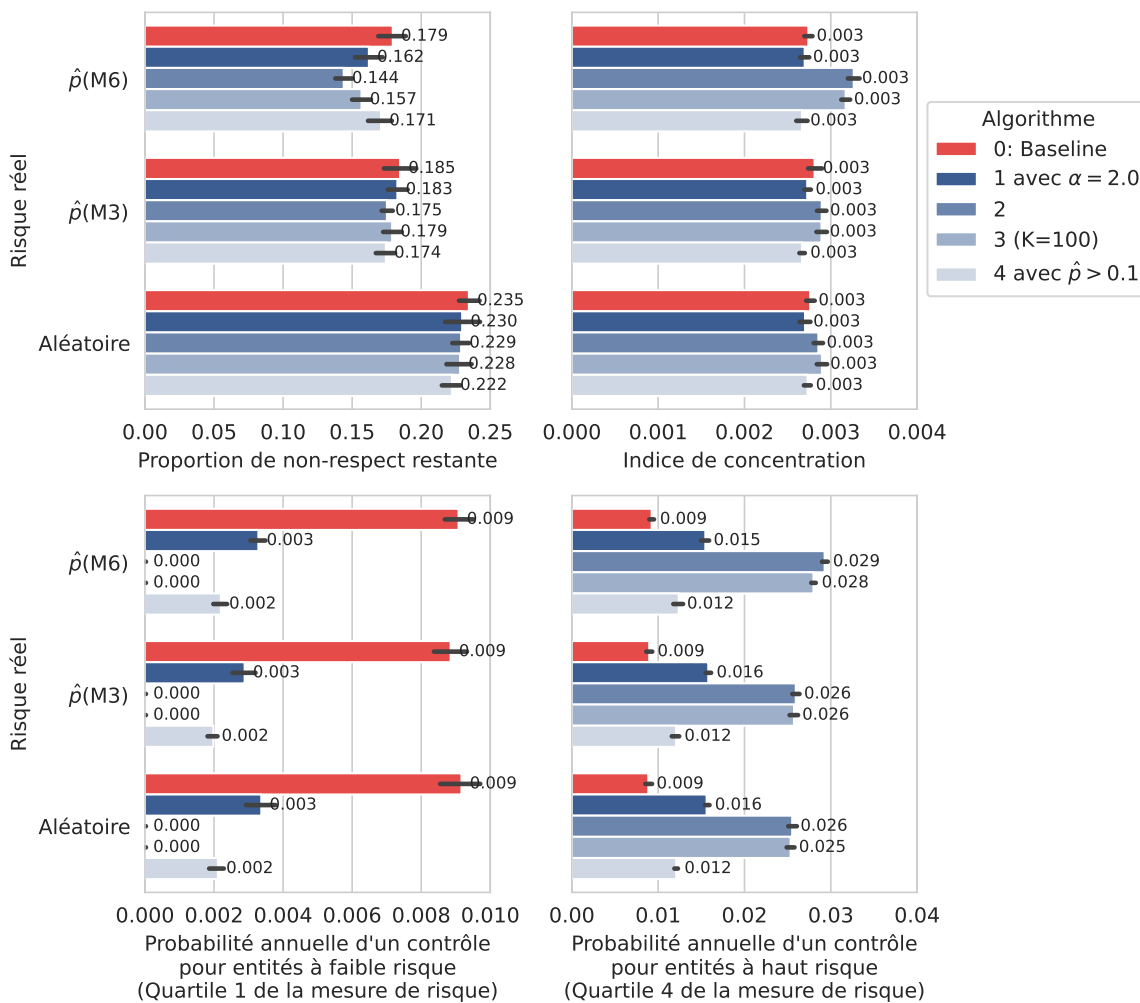
ZEFIX	ZEFIX ( <a href="https://www.zefix.ch">https://www.zefix.ch</a> ) : il s'agit de la source la plus fiable et utile, car en cas de mutation ou reprise d'une entreprise par une autre, le site fournit un lien vers l'entité qui est actuellement active et donc disponible dans la base de données REE.
RC-VD	Le moteur de recherche d'entreprise du canton de Vaud ( <a href="https://prestations.vd.ch/pub/101266/">https://prestations.vd.ch/pub/101266/</a> ) est particulièrement utile car le site trouve les entités aussi en cas d'un nom légèrement différent. Ensuite, le numéro IDE a été repris de ce site pour le vérifier dans la base de données ZEFIX.
IDE	Le site internet du IDE <a href="https://www.uid.admin.ch/">https://www.uid.admin.ch/</a> est aussi très utile, notamment dans le cadre des subventions, car le ZEFIX et le registre d'entreprise VD ne fournissent pas de résultats pour certain types d'entités (communes, églises, etc).

## D Contrôles de robustesse

### D.1 Définir différemment le risque réel de non-respect

Toutes les simulations de la section 7 utilisent le modèle 6 du tableau 4 pour simuler le risque réel de non-respect de l'égalité salariale entre les femmes et les hommes. Cette mesure semble être la plus adéquate, comme indiqué dans la section 4.3. Toutefois, il paraît important d'analyser si les résultats sont robustes à d'autres spécifications. Dans cette annexe, deux mesures alternatives sont utilisées. Tout d'abord, le modèle probit 3, plus simple, est utilisé, ce qui permet de moins bien distinguer les profils à haut risque des profils à faible risque. En outre, une variable tirée au hasard est utilisée pour voir ce qui se passerait dans le cas improbable où le modèle 6 ne capturerait pas du tout le profil de risque. Cette dernière vérification de la robustesse est assez extrême et nous permet de voir si l'un des algorithmes pourrait faire plus de mal que de bien en cas de mauvaise spécification.

FIGURE 44 – Contrôle de robustesse : différents risques réels



La figure 44 illustre les résultats de ce contrôle de robustesse. Pour tous les algorithmes, la probabilité prédite du modèle 6 a été utilisée comme mesure du risque. Pour la proportion de non-respect, il est important de comparer les barres bleues à la barre rouge (algorithme de base) du même bloc, car le niveau global peut être différent en raison des différentes distributions de risque. En ce sens, nous pouvons constater que l'amélioration

de l'efficacité dans la recherche d'entités non respectueuses est évidemment la plus importante lorsque l'on utilise le modèle 6 autant pour la simulation du risque réel que pour la mesure du risque. Si le risque réel est établi à partir du modèle 3 et que le modèle 6 est utilisé dans l'algorithme, les résultats qualitatifs sont similaires, même si l'amélioration est nettement plus faible. Lorsque le risque réel est complètement dissocié du modèle 6, aucune amélioration significative n'est constatée lors de l'utilisation de l'un ou l'autre des algorithmes proposés. Les très faibles différences dans la barre sont probablement dues au facteur d'ajustement du risque utilisé dans les algorithmes, mais pas dans le modèle de base.

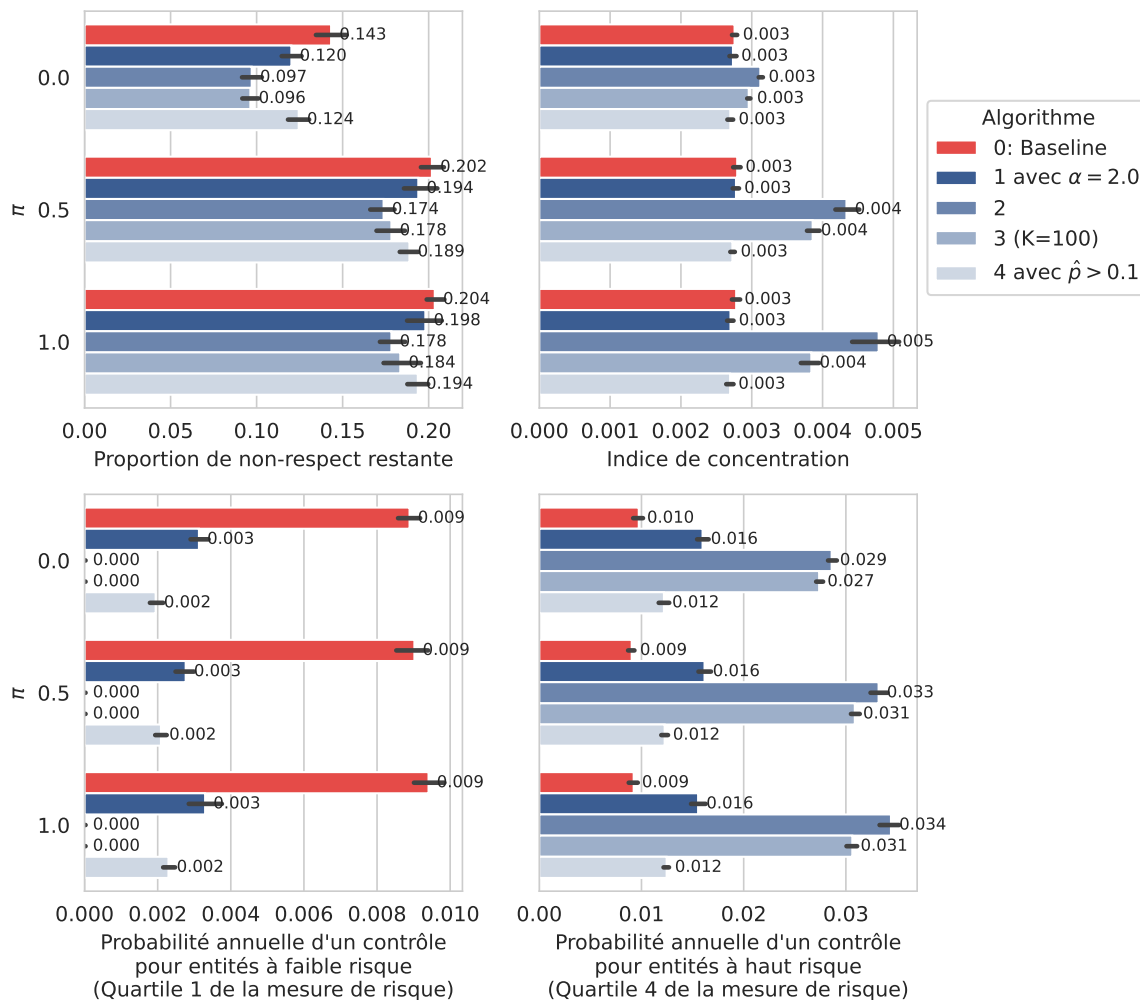
La conclusion de ce premier graphique est que l'utilisation d'algorithmes est, sans surprise, plus efficace lorsque la mesure du risque est aussi proche que possible du risque réel. Toutefois, la bonne nouvelle est que l'utilisation des algorithmes ne nuit pas à l'efficacité, même si l'estimation du risque est complètement erronée.

En termes de concentration et de focalisation sur les profils à haut risque (comme on le croit), le risque réel sous-jacent ne changera pas beaucoup, comme on peut le voir dans les autres graphiques. Bien entendu, si le risque réel est très différent du risque estimé, le problème de la probabilité zéro de contrôle pour ce que l'on croit être une entité à faible risque devient encore plus problématique, car ces entités pourraient ne pas être à faible risque en fin de compte.

## D.2 Volatilité du respect d'égalité salariale au sein des entités

Un deuxième contrôle de robustesse concerne l'hypothèse, dans toutes les simulations de la section 7, selon laquelle 5 % des entités font l'objet d'une réévaluation de leur statut à chaque période. Pour la plupart des entités, la réévaluation aléatoire de leur statut à partir de leur probabilité prédite de non-respect n'entraînera aucun changement, et la volatilité est donc assez faible. Dans cette vérification de la robustesse, nous examinons cette volatilité en simulant une situation moins volatile ( $\pi = 0.0$ ) et deux situations plus volatiles ( $\pi = 0.5$  et  $\pi = 1.0$ ), où la moitié ou la totalité des entités peuvent changer de statut à chaque période. Ce contrôle de robustesse est utile, car nous n'avons pas une idée claire de l'ampleur de la volatilité dans la réalité.

FIGURE 45 – Contrôle de robustesse : volatilité du respect de l'égalité salariale au sein des entités



La figure 45 montre les principaux résultats de cette vérification de la robustesse. Bien que l'on parte de la même population, la proportion de non-respect de l'égalité après 50 cycles est beaucoup plus faible lorsque l'on ne suppose pas de volatilité. Ce résultat est logique, car toutes les unités qui passent un contrôle deviennent conformes et le restent tout au long de la simulation. Cela a deux effets positifs sur le taux de non-conformité. L'effet direct est que les unités ne peuvent pas devenir non conformes une fois qu'elles le sont. L'effet indirect est que le facteur d'ajustement du risque utilisé dans l'algorithme devient très efficace, puisque les entités déjà conformes ne sont plus considérées (ou ont très peu de chances de l'être).

En revanche, la proportion globale de non-respect reste assez élevée dans l'hypothèse d'une forte volatilité. La bonne nouvelle est que même dans une situation aussi volatile, les algorithmes proposés, en particulier les algorithmes 2 et 3, peuvent améliorer la situation par rapport à l'algorithme de base. Par conséquent, même si la volatilité au niveau de l'entité est plus élevée que ce qui a été supposé dans la section 7, les résultats qualitatifs devraient rester valables et l'utilisation d'algorithmes établis sur le risque est potentiellement bénéfique.





DÉPARTEMENT DE L'ÉCONOMIE, DE L'INNOVATION,  
DE L'EMPLOI ET DU PATRIMOINE  
Bureau de l'égalité  
entre les femmes et les hommes