

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTE DE MEDECINE

ANNEE 2022

N° : 01

THESE

PRÉSENTÉE POUR LE DIPLÔME DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Diplôme d'Etat

Mention D.E.S de Médecine du travail

Par

GRIMAULT Cécilia

Née le 22 octobre 1991 à Colmar (68) en FRANCE

**Évaluation de l'exposition au benzène lors de l'utilisation de petits engins thermiques :
essences sans plomb versus essences alkylées**

Président de thèse : Madame le Professeur Maria GONZALEZ

Directrice de thèse : Madame le Docteur Pascale HERBRECHT

Co-directrice de thèse : Madame le Docteur Stéphanie KLEINLOGEL

Assesseurs : Madame le Professeur Anne CHARLOUX
Madame le Docteur Audrey FARRUGIA

Invitée : Madame le Docteur Christine TOURNOUD



1
FACULTÉ DE MÉDECINE
(U.F.R. des Sciences Médicales)

Edition OCTOBRE 2020
Année universitaire 2020-2021

**HOPITAUX UNIVERSITAIRES
DE STRASBOURG (HUS)**

Directeur général :
M. GALY Michaël

- **Président de l'Université** M. DENEKEN Michel
- **Doyen de la Faculté** M. SIBILIA Jean
- **Asseur du Doyen (13.01.10 et 08.02.11)** M. GOICHOT Bernard
- **Doyens honoraires :** (1976-1983) M. DORNER Marc
- (1983-1989) M. MANTZ Jean-Marie
- (1989-1994) M. VINCENDON Guy
- (1994-2001) M. GERLINGER Pierre
- (2001-2011) M. LUDES Bertrand
- **Chargé de mission auprès du Doyen** M. VICENTE Gilbert
- **Responsable Administratif** M. BITSCH Samuel



A1 - PROFESSEUR TITULAIRE DU COLLEGE DE FRANCE

MANDEL Jean-Louis Chaire "Génétique humaine" (à compter du 01.11.2003)

A2 - MEMBRE SENIOR A L'INSTITUT UNIVERSITAIRE DE FRANCE (I.U.F.)

BAHRAM Séiamak Immunologie biologique (01.10.2013 au 31.09.2018)
DOLLFUS Hélène Génétique clinique (01.10.2014 au 31.09.2019)

A3 - PROFESSEUR(E)S DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS (PU-PH)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
ADAM Philippe P0001	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Hospitalisation des Urgences de Traumatologie / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
AKLADIOS Cherif P0191	NRPô CS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique/ HP	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique
ANDRES Emmanuel P0002	RPô CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques / HC	53.01 Option : médecine Interne
ANHEIM Mathieu P0003	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou-CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
ARNAUD Laurent P0186	NRPô NCS	• Pôle MIRNED - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
BACHELLIER Philippe P0004	RPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	53.02 Chirurgie générale
BAHRAM Seiamak P0005	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil - Institut d'Hématologie et d'Immunologie / Hôpital Civil / Faculté.	47.03 Immunologie (option biologique)
BALDAUF Jean-Jacques P0006	NRPô NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre.	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique
BAUMERT Thomas P0007	NRPô CS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Institut de Recherche sur les Maladies virales et hépatiques / Faculté	52.01 Gastro-entérologie ; hépatologie Option : hépatologie
Mme BEAU-FALLER Michèle M0007 / PO170	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
BEAUJEU Rémy P0008	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - CME / Activités transversales - Unité de Neuroradiologie interventionnelle / Hôpital de Hautepierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
BECMEUR François P0009	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
BERNA Fabrice P0192	NRPô CS	• Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes ; Addictologie Option : Psychiatrie d'Adultes
BERTSCHY Gilles P0013	RPô CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie II / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
BIERRY Guillaume P0175	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie II - Neuroradiologie-imagerie ostéoarticulaire-Pédiatrie / Hôpital Hautepierre	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
BILBAULT Pascal P0014	RPô CS	• Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAP - Service des Urgences médico-chirurgicales Adultes / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation : Médecine d'urgence Option : médecine d'urgence
BLANC Frédéric P0213	NRPô NCS	• Pôle de Gériatrie - Service Evaluation - Gériatrie - Hôpital de la Robertsau	53.01 Médecine interne ; addictologie Option : gériatrie et biologie du vieillissement
BODIN Frédéric P0187	NRPô NCS	• Pôle de Chirurgie Maxillo-faciale, morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Plastique et maxillo-faciale / Hôpital Civil	50.04 Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique ; Brûlologie
BONNEMAINS Laurent M0009 / PO215	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie 1 - Hôpital de Hautepierre.	54.01 Pédiatrie
BONNOMET François P0017	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du Membre inférieur / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
BOURCIER Tristan P0018	NRPô NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
BOURGIN Patrice P0020	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie - Unité du Sommeil / Hôpital Civil	49.01 Neurologie
Mme BRIGAND Cécile P0022	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale

NHC = Nouvel Hôpital Civil HC = Hôpital Civil HP = Hôpital de Hautepierre PTM = Plateau technique de microbiologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
BRUANT-RODIER Catherine P0023	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie Plastique et Maxillo-faciale / HP	50.04 Option : chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique
Mme CAILLARD-OHLMANN Sophie P0171	NRPô NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie-Transplantation / NHC	52.03 Néphrologie
CASTELAIN Vincent P0027	NRPô NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital Hautepierre	48.02 Réanimation
CHAKFE Nabil P0029	NRPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
CHARLES Yann-Philippe M0013 / P0172	NRPô NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Chirurgie B / HC	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CHARLOUX Anne P0028	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
Mme CHARPIOT Anne P0030	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
Mme CHENARD-NEU Marie-Pierre P0041	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques (option biologique)
CLAVERT Philippe P0044	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du Membre supérieur / HP	42.01 Anatomie (option clinique, orthopédie traumatologique)
COLLANGE Olivier P0193	NRPô NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / NHC	48.01 Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence (option Anesthésiologie-Réanimation - Type clinique)
CRIBIER Bernard P0045	NRPô CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
de BLAY de GAIX Frédéric P0048	RPô CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
de SEZE Jérôme P0057	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Centre d'Investigation Clinique (CIC) - AX5 / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
DEBRY Christian P0049	RPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
DERUELLE Philippe P0192	RPô NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique; gynécologie médicale: option gynécologie-obstétrique
DIEMUNSCH Pierre P0051	NRPô NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Hautepierre	48.01 Anesthésiologie-réanimation (option clinique)
Mme DOLLFUS-WALTMANN Hélène P0054	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Hautepierre	47.04 Génétique (type clinique)
EHLINGER Matthieu P0188	NRPô NCS	• Pôle de l'Appareil Locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du membre inférieur / Hautepierre	50.02 Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Mme ENTZ-WERLE Natacha P0059	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme FACCA Sybille P0179	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la Main - SOS Main / Hôpital de Hautepierre	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme FAFI-KREMER Samira P0060	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-Virologie biologique
FAITOT François P0216	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie digestives, hépatiques et de la transplantation - Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	53.02 Chirurgie générale
FALCOZ Pierre-Emmanuel P0052	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
FORNECKER Luc-Matthieu P0208	NRPô NCS	• Pôle d'Oncolo-Hématologie - Service d'hématologie / ICANS	47.01 Hématologie ; Transfusion Option : Hématologie
GALLIX Benoit P0214	NCS	• IHU - Institut Hospitalo-Universitaire - Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale
GANGI Afshin P0062	RPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie à Interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
GAUCHER David P0063	NRPô NCS	• Pôle des Spécialités Médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
GENY Bernard P0064	NRPô CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
GEORG Yannick P0200	NRPô NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
GICQUEL Philippe P0065	NRPô CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
GOICHOT Bernard P0066	NRPô CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et de nutrition / HP	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme GONZALEZ Maria P0067	NRPô CS	• Pôle de Santé publique et santé au travail - Service de Pathologie Professionnelle et Médecine du Travail / HC	46.02 Médecine et santé au travail Travail
GOTTENBERG Jacques-Eric P0068	NRPô CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01 Rhumatologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
HANNEDOUCHE Thierry P0071	NRPô CS	- Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Dialyse / Nouvel Hôpital Civil	62.03	Néphrologie
HANSMANN Yves P0072	RPô NCS	- Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / Nouvel Hôpital Civil	45.03	Option : Maladies infectieuses
Mme HELMS Julie M0114 / P0208	NRPô NCS	- Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Médecine Intensive-Réanimation
HERBRECHT Raoul P0074	NRPô CS	- Pôle d'Oncolo-Hématologie - Service d'hématologie / ICANS	47.01	Hématologie ; Transfusion
HIRSCH Edouard P0075	NRPô NCS	- Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Haute-pierre	49.01	Neurologie
IMPERIALE Alessio P0194	NRPô NCS	- Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
ISNER-HOROBETI Marie-Eve P0198	RPô CS	- Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémenceau	49.05	Médecine Physique et Réadaptation
JAULHAC Benoît P0078	NRPô CS	- Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Méd.	45.01	Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme JEANDIDIER Nathalie P0079	NRPô CS	- Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, diabète et nutrition / HC	54.04	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme JESEL-MOREL Laurence P0201	NRPô NCS	- Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
KALTENBACH Georges P0081	RPô CS	- Pôle de Gériatrie - Service de Médecine Interne - Gériatrie / Hôpital de la Robertsau - Secteur Evaluation - Gériatrie / Hôpital de la Robertsau	53.01	Option : gériatrie et biologie du vieillissement
Mme KESSLER Laurence P0084	NRPô NCS	- Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition et Addictologie / Méd. B / HC	54.04	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
KESSLER Romain P0085	NRPô NCS	- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01	Pneumologie
KINDO Michel P0195	NRPô NCS	- Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme KORGANOW Anne-Sophie P0087	NRPô CS	- Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03	Immunologie (option clinique)
KREMER Stéphane M0036 / P0174	NRPô CS	- Pôle d'Imagerie - Service Imagerie II - Neuroradio Ostéoarticulaire - Pédiatrie / HP	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
KÜHN Pierre P0175	NRPô CS	- Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Néonatalogie et Réanimation néonatale (Pédiatrie II) / HP	54.01	Pédiatrie
KURTZ Jean-Emmanuel P0089	RPô NCS	- Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'hématologie / ICANS	47.02	Option : Cancérologie (clinique)
Mme LALANNE-TONGIO Laurence P0202	NRPô CS	- Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03	Psychiatrie d'adultes ; Addictologie (Option : Addictologie)
LANG Hervé P0090	NRPô NCS	- Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04	Urologie
LAUGEL Vincent P0092	RPô CS	- Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie 1 / Hôpital Haute-pierre	54.01	Pédiatrie
Mme LEJAY Anne M0102 / P0217	NRPô NCS	- Pôle d'activité médico-chirurgicale cardiovasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de Transplantation rénale / NHC	51.04	Option : Chirurgie vasculaire
LE MINOR Jean-Marie P0190	NRPô NCS	- Pôle d'Imagerie - Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine - Service de Neuroradiologie, d'Imagerie Ostéoarticulaire et Interventionnelle / Hôpital de Haute-pierre	42.01	Anatomie
LESSINGER Jean-Marc P0	RPô CS	- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie générale et spécialisée / LBGS / NHC - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / Hôp. de Haute-pierre	82.00	Sciences Biologiques de Pharmacie
LIPSKER Dan P0093	NRPô NCS	- Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03	Dermato-vénéréologie
LIVERNEAUX Philippe P0094	RPô NCS	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la Main - SOS Main / Hôpital de Haute-pierre	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
MALOUF Gabriel P0203	NRPô NCS	- Pôle d'Onco-hématologie - Service d'Oncologie médicale / ICANS	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie Option : Cancérologie
MARK Manuel P0098	NRPô NCS	- Pôle de Biologie - Département Génétique fonctionnelle et cancer / IGBC	54.05	Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MARTIN Thierry P0099	NRPô NCS	- Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03	Immunologie (option clinique)
Mme MASCAUX Céline P0210	NRPô NCS	- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01	Pneumologie ; Addictologie
Mme MATHELIN Carole P0101	NRPô CS	- Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Unité de Sénologie / ICANS	54.03	Gynécologie-Obstétrique ; Gynécologie Médicale

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
MAUVIEUX Laurent P0102	NRPô CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Haute-pierre - Institut d'Hématologie / Faculté de Médecine	47.01 Hématologie ; Transfusion Option Hématologie Biologique.
MAZZUCOTELLI Jean-Philippe P0103	NRPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
MERTES Paul-Michel P0104	RPô CS	• Pôle d'Anesthésiologie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation chirurgicale / Nouvel Hôpital Civil	48.01 Option : Anesthésiologie-Réanimation (type mixte)
MEYER Nicolas P0105	NRPô NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / Hôpital Civil	48.04 Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication (option biologique)
MEZIANI Ferhat P0106	NRPô CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02 Réanimation
MONASSIER Laurent P0107	NRPô CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie - Labo. de Neurobiologie et Pharmacologie cardio-vasculaire- EA7295 / Fac	48.03 Option : Pharmacologie fondamentale
MOREL Olivier P0108	NRPô NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
MOULIN Bruno P0109	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie - Transplantation / Nouvel Hôpital Civil	52.03 Néphrologie
MUTTER Didier P0111	RPô NCS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / NHC	52.02 Chirurgie digestive
NAMER Izzie Jacques P0112	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
NOEL Georges P0114	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Service de radiothérapie / ICANS	47.02 Cancérologie ; Radiothérapie Option Radiothérapie biologique
NOLL Eric M0111 / P0218	NRPô NCS	• Pôle d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale SAMU-SMUR - Service Anesthésiologie et de Réanimation Chirurgicale - HP	48.01 Anesthésiologie-Réanimation
OHANA Mickael P0211	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Serv. d'Imagerie B - Imagerie viscérale et cardio-vasculaire / NHC	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
OHLMANN Patrick P0115	RPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
Mme OLLAND Anne P0204	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie Thoracique - Service de Chirurgie thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme PAILLARD Catherine P0180	NRPô CS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Haute-pierre	54.01 Pédiatrie
PELACCIA Thierry P0205	NRPô NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR - Centre de formation et de recherche en pédagogie des sciences de la santé / Faculté	48.05 Réanimation ; Médecine d'urgence Option : Médecine d'urgences
Mme PERRETTA Silvana P0117	NRPô NCS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / Nouvel Hôpital Civil	52.02 Chirurgie digestive
PESSAUX Patrick P0118	NRPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / Nouvel Hôpital Civil	52.02 Chirurgie Digestive
PETIT Thierry P0119	CDp	• ICANS - Département de médecine oncologique	47.02 Cancérologie ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
PIVOT Xavier P0206	NRPô NCS	• ICANS - Département de médecine oncologique	47.02 Cancérologie ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
POTTECHER Julien P0181	NRPô CS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie et de Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Haute-pierre	48.01 Anesthésiologie-réanimation ; Médecine d'urgence (option clinique)
PRADIGNAC Alain P0123	NRPô NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et nutrition / HP	44.04 Nutrition
PROUST François P0182	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Haute-pierre	49.02 Neurochirurgie
Pr RAUL Jean-Sébastien P0125	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et NHC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	48.03 Médecine Légale et droit de la santé.
REIMUND Jean-Marie P0126	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépat-Gastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01 Option : Gastro-entérologie
Pr RICCI Roméo P0127	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Département Biologie du développement et oeulules souches / IG BMC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
ROHR Serge P0128	NRPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
Mme ROSSIGNOL-BERNARD Sylvie P0186	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Haute-pierre	54.01 Pédiatrie
ROUL Gérald P0129	NRPô NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
Mme ROY Catherine P0140	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - Serv. d'Imagerie B - Imagerie viscérale et cardio-vasculaire / NHC	43.02 Radiologie et imagerie médicale (opt clinique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
SANANES Nicolas P0212	NRPô NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique/ HP	54.03 <u>Gynécologie-Obstétrique</u> ; gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique
SAUER Arnaud P0183	NRPô NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
SAULEAU Erik-André P0184	NRPô NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Santé Publique / Hôpital Civil • Biostatistiques et informatique / Faculté de médecine / HC	48.04 Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication (option biologique)
SAUSSINE Christian P0143	RPô CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
Mme SCHATZ Claude P0147	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
SCHNEIDER Francis P0144	NRPô CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Haute-pierre	48.02 Réanimation
Mme SCHRÖDER Carmen P0185	NRPô CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychothérapie pour Enfants et Adolescents / Hôpital Civil	49.04 <u>Pédopsychiatrie</u> ; Addictologie
SCHULTZ Philippe P0146	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
SERFATY Lawrence P0197	NRPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépatogastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01 Gastro-entérologie ; Hépatologie ; Addictologie Option : <u>Hépatologie</u>
SIBILIA Jean P0148	NRPô NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Haute-pierre	50.01 Rhumatologie
STEIB Jean-Paul P0149	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Hôpital de Haute-pierre	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
STEPHAN Dominique P0150	NRPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires - HTA - Pharmacologie clinique / NHC	51.04 Option : Médecine vasculaire
THAVEAU Fabien P0152	NRPô NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Option : Chirurgie vasculaire
Mme TRANCHANT Christine P0153	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Haute-pierre	49.01 Neurologie
VEILLON Francis P0155	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie 1 - Imagerie viscérale, ORL et mammaire / HP	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
VELTEN Michel P0158	NRPô NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Département de Santé Publique / Secteur 3 - Epidémiologie et Economie de la Santé / Hôpital Civil • Laboratoire d'Epidémiologie et de santé publique / HC / Fac de Médecine	46.01 Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
VETTER Denis P0157	NRPô NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques/HC	52.01 Option : Gastro-entérologie
VIDAILHET Pierre P0156	NRPô CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
VIVILLE Stéphane P0159	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Pathologies tropicales / Fac. de Médecine	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
VOGEL Thomas P0160	NRPô CS	• Pôle de Gériatrie - Service de soins de suite et réadaptation gériatrique / Hôpital de la Robertsau	51.01 Option : Gériatrie et biologie du vieillissement
WEBER Jean-Christophe Pierre P0162	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne / Nouvel Hôpital Civil	53.01 Option : Médecine Interne
WOLF Philippe P0207	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Générale et de Transplantations multiorganes / HP - Coordonnateur des activités de prélèvements et transplantations des HU	53.02 Chirurgie générale
Mme WOLFF Valérie P0001	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - Unité Neurovasculaire / Hôpital de Haute-pierre	49.01 Neurologie

HC : Hôpital Civil - HP : Hôpital de Haute-pierre - NHC : Nouvel Hôpital Civil

* : CS (Chef de service) ou NCS (Non Chef de service hospitalier) Cspi : Chef de service par intérim CSp : Chef de service provisoire (un an)

CU : Chef d'unité fonctionnelle

Pô : Pôle

RPô (Responsable de Pôle) ou NRPô (Non Responsable de Pôle)

Cons. : Consultant hospitalier (poursuite des fonctions hospitalières sans chefferie de service) Dir : Directeur

(1) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2018

(7) Consultant hospitalier (pour un an) éventuellement renouvelable -> 31.08.2017

(2) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2019

(8) Consultant hospitalier (pour une 2ème année) -> 31.08.2017

(3) En surnombre universitaire jusqu'au 31.08.2017

(9) Consultant hospitalier (pour une 3ème année) -> 31.08.2017

A4 - PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
CALVEL Laurent	NRPô CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO Service de Soins palliatifs / NHC	46.05 Médecine palliative
HABERSETZER François	CS	• Pôle Hépato-digestif Service de Gastro-Entérologie - NHC	52.01 Gastro-Entérologie
MIYAZAKI Toru		• Pôle de Biologie Laboratoire d'Immunologie Biologique / HC	
SALVAT Eric	CS	• Pôle Tête-Cou Centre d'Evaluation et de Traitement de la Douleur / HP	

MO135 B1 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (MCU-PH)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
AGIN Arnaud M0001		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01	Biophysique et Médecine nucléaire
Mme ANTAL Maria Cristina M0003		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Haute-pierre - Institut d'Histologie / Faculté de Médecine	42.02	Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme ANTONI Delphine M0109		• Pôle d'Imagerie - Service de Radiothérapie / ICANS	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie
Mme AYME-DIETRICH Estelle M0117		• Pôle de Pharmacologie - Unité de Pharmacologie clinique / Faculté de Médecine	48.03	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie Option : pharmacologie fondamentale
Mme BIANCALANA Valérie M0008		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04	Génétique (option biologique)
BLONDET Cyrille M0091		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01	Biophysique et médecine nucléaire (option clinique)
BOUSIGES Olivier M0092		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
Mme BUND Caroline M0129		• Pôle d'Imagerie - Service de médecine nucléaire et imagerie moléculaire / ICANS	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
CARAPITO Raphaël M0113		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03	Immunologie
CAZZATO Roberto M0118		• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A Interventionnelle / NHC	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
Mme CEBULA Hélène M0124		• Pôle Tête-Cou - Service de Neurochirurgie / HP	49.02	Neurochirurgie
CERALINE Jocelyn M0012		• Pôle de Biologie - Département de Biologie structurale Intégrative / IGBMC	47.02	Cancérologie ; Radiothérapie (option biologique)
CHOQUET Philippe M0014		• Pôle d'Imagerie - UF8237 - Imagerie Préclinique / HP	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
COLLONGUES Nicolas M0016		• Pôle Tête et Cou-CETD - Centre d'Investigation Clinique / NHC et HP	49.01	Neurologie
DALI-YOUCHEF Ahmed Nassim M0017		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
DELHORME Jean-Baptiste M0130		• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02	Chirurgie générale
DEVY'S Didier M0019		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04	Génétique (option biologique)
Mme DINKELACKER Véra M0131		• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Haute-pierre	49.01	Neurologie
DOLLÉ Pascal M0021		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
Mme ENACHE Irina M0024		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / IGBMC	44.02	Physiologie
Mme FARRUGIA-JACAMON Audrey M0034		• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et - Laboratoire de Toxicologie / Faculté et HC - Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03	Médecine Légale et droit de la santé
FILISSETTI Denis M0026	CS	• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Faculté	45.02	Parasitologie et mycologie (option biologique)
FOUCHER Jack M0027		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	44.02	Physiologie (option clinique)
GANTNER Pierre M0132		• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01	Bactériologie-Virologie ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-Virologie biologique
GRILLON Antoine M0133		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté de Méd.	45.01	Option : Bactériologie -virologie (biologique)
GUERIN Eric M0032		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03	Biologie cellulaire (option biologique)
GUFFROY Aurélien M0125		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine interne et d'Immunologie clinique / NHC	47.03	Immunologie (option clinique)
Mme HARSAN-RASTEI Laura M0119		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
HUBELE Fabrice M0033		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et imagerie Moléculaire / ICANS - Service de Biophysique et de Médecine Nucléaire / NHC	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
JEHL François M0035		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01	Option : Bactériologie -virologie (biologique)
KASTNER Philipp M0089		• Pôle de Biologie - Département Génomique fonctionnelle et cancer / IGBMC	47.04	Génétique (option biologique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
Mme KEMMEL Véronique M0030		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
KOCH Guillaume M0120		- Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine	42.01	Anatomie (Option clinique)
Mme KRASNY-PACINI Agata M0134		- Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémenceau	49.05	Médecine Physique et Réadaptation
Mme LAMOUR Valérie M0040		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
Mme LANNES Béatrice M0041		- Institut d'Histologie / Faculté de Médecine - Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Haute-pierre	42.02	Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
LAVAUX Thomas M0042		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03	Biologie cellulaire
LENORMAND Cédric M0103		- Pôle de Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03	Dermato-Vénérologie
Mme LETSCHER-BRU Valérie M0045		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS - Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02	Parasitologie et mycologie (option biologique)
LHERMITTE Benoît M0115		- Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Haute-pierre	42.03	Anatomie et cytologie pathologiques
LUTZ Jean-Christophe M0040		- Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Plastique et Maxillo-faciale / Hôpital Civil	55.03	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
MEYER Alain M0063		- Institut de Physiologie / Faculté de Médecine - Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02	Physiologie (option biologique)
MIGUET Laurent M0047		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hôpital de Haute-pierre et NHC	44.03	Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
Mme MOUTOU Céline ép. GUNTNER M0049	CS	- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic préimplantatoire / CMCO Schiltigheim	54.05	Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MULLER Jean M0050		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04	Génétique (option biologique)
Mme NICOLAE Alina M0127		- Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Haute-pierre	42.03	Anatomie et Cytologie Pathologiques (Option Clinique)
Mme NOURRY Nathalie M0011		- Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Pathologie professionnelle et de Médecine du travail - HC	46.02	Médecine et Santé au Travail (option clinique)
PENCREACH Erwan M0052		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / Nouvel Hôpital Civil	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
PFAFF Alexander M0053		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS	45.02	Parasitologie et mycologie
Mme PITON Amélie M0094		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04	Génétique (option biologique)
Mme PORTER Louise M0135		- Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Haute-pierre	47.04	Génétique (type clinique)
PREVOST Gilles M0057		- Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01	Option : Bactériologie -virologie (biologique)
Mme RADOSAVLJEVIC Mirjana M0058		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03	Immunologie (option biologique)
Mme REIX Nathalie M0085		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC - Service de Chirurgie / ICANS	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
ROGUE Patrick (cf. A2) M0080		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie Générale et Spécialisée / NHC	44.01	Biochimie et biologie moléculaire (option biologique)
Mme ROLLAND Delphine M0121		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Haute-pierre	47.01	Hématologie : transfusion (type mixte : Hématologie)
ROMAIN Benoît M0061		- Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	63.02	Chirurgie générale
Mme RUPPERT Elisabeth M0106		- Pôle Tête et Cou - Service de Neurologie - Unité de Pathologie du Sommeil / Hôpital Civil	49.01	Neurologie
Mme SABOU Alina M0086		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS - Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02	Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme SCHEIDECKER Sophie M0122		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04	Génétique
SCHRAMM Frédéric M0068		- Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01	Option : Bactériologie -virologie (biologique)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
Mme SOLIS Morgane M0123		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital de Haute-pierre	45.01 Bactériologie-Virologie : hygiène hospitalière Option : Bactériologie-Virologie
Mme SORDET Christelle M0069		- Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Haute-pierre	50.01 Rhumatologie
TALHA Samy M0070		- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option clinique)
Mme TALON Isabelle M0039		- Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Haute-pierre	54.02 Chirurgie infantile
TELETIN Marius M0071		- Pôle de Biologie - Service de Biologie de la Reproduction / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
VALLAT Laurent M0074		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie Biologique - Hôpital de Haute-pierre	47.01 Hématologie : Transfusion Option Hématologie Biologique
Mme VELAY-RUSCH Aurélie M0128		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital Civil	45.01 Bactériologie-Virologie : Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-Virologie biologique
Mme VILLARD Odile M0076		- Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Fac	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme WOLF Michèle M0010		- Chargé de mission - Administration générale - Direction de la Qualité / Hôpital Civil	48.03 Option : Pharmacologie fondamentale
Mme ZAŁOSZYC Ariane ép. MARCANTONI M0116		- Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Haute-pierre	54.01 Pédiatrie
ZOLL Jeffrey M0077		- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / HC	44.02 Physiologie (option clinique)

B2 - PROFESSEURS DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Pr BONAHE Christian	P0166	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des sciences et des techniques
---------------------	-------	---	---

B3 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Mr KESSEL Nils		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mr LANDRE Lionel		ICUBE-JMR 7357 - Equipe IMIS / Faculté de Médecine	69. Neurosciences
Mme THOMAS Marion		Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques
Mme SCARFONE Marianna	M0082	Département d'Histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72. Epistémologie - Histoire des Sciences et des techniques

C - ENSEIGNANTS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE
C1 - PROFESSEURS ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Pr Ass. GRIES Jean-Luc	M0084	Médecine générale (01.09.2017)
Pr GUILLOU Philippe	M0089	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Pr HILD Philippe	M0090	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr ROUGERIE Fabien	M0097	Médecine générale (01.09.2014 au 31.08.2017)

C2 - MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE - TITULAIRE

Dre CHAMBE Juliette	M0108	53.03 Médecine générale (01.09.2015)
Dr LORENZO Mathieu		

C3 - MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Dre BREITWILLER-DUMAS Claire		Médecine générale (01.09.2018 au 31.08.2019)
Dre GROS-BERTHOU Anne	M0109	Médecine générale (01.09.2015 au 31.08.2018)
Dre SANSELME Anne-Elisabeth		Médecine générale
Dr SCHMITT Yannick		Médecine générale

D - ENSEIGNANTS DE LANGUES ETRANGERES
D1 - PROFESSEUR AGREGE, PRAG et PRCE DE LANGUES

Mme ACKER-KESSLER Pia	M0085	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.03)
Mme CANDAS Peggy	M0088	Professeure agrégée d'Anglais (depuis le 01.09.99)
Mme SIEBENBOUR Marie-Noëlle	M0087	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.11)
Mme JUNGER Nicole	M0088	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.09)
Mme MARTEN Susanne	M0098	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.14)

E - PRATICIENS HOSPITALIERS - CHEFS DE SERVICE NON UNIVERSITAIRES

Dr ASTRUC Dominique	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Réanimation pédiatrique spécialisée et de surveillance continue / Hôpital de Hautepierre
Dr DE MARCHI Martin	• Pôle Oncologie médico-chirurgicale et d'Hématologie - Service d'Oncologie Médicale / ICANS
Mme Dre GERARD Bénédicte	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dre GOURIEUX Bénédicte	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie - Service de Pharmacie-Stérilisation / Nouvel Hôpital Civil
Dr KARCHER Patrick	• Pôle de Gériatrie - Service de Soins de suite de Longue Durée et d'hébergement gériatrique / EHPAD / Hôpital de la Robertsau
Mme Dre LALLEMAN Lucie	• Pôle Urgences - SAMU67 - Médecine Intensive et Réanimation - Permanence d'accès aux soins de santé - La Boussole (PASS)
Dr LEFEBVRE Nicolas	• Pôle de Spécialités Médicales - Ophtalmologie - Hygiène (SMO) - Service des Maladies Infectieuses et Tropicales / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dre LICHTBLAU Isabelle	• Pôle de Biologie - Laboratoire de biologie de la reproduction / CMCO de Schiltigheim
Mme Dre MARTIN-HUNYADI Catherine	• Pôle de Gériatrie - Secteur Evaluation / Hôpital de la Robertsau
Dr NISAND Gabriel	• Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service de Santé Publique - DIM / Hôpital Civil
Mme Dre PETIT Flore	• Pôle de Spécialités Médicales - Ophtalmologie - Hygiène (SMO) - UCSA
Dr PIRRELLO Olivier	Pôle de Gynécologie et d'Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / CMCO
Dr REY David	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - «Le trait d'union» - Centre de soins de l'infection par le VIH / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dre RONDE OUSTEAU Cécile	• Pôle Locomax - Service de Chirurgie Séptique / Hôpital de Hautepierre
Mme Dre RONGIERES Catherine	• Pôle de Gynécologie et d'Obstétrique - Centre Clinico Biologique d'AMP / CMCO
Dr TCHOMAKOV Dimitar	• Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service des Urgences Médico-Chirurgicales pédiatriques / Hôpital de Hautepierre
Mme Dre WEISS Anne	• Pôle Urgences - SAMU67 - Médecine Intensive et Réanimation - SAMU

F1 - PROFESSEURS ÉMÉRITES

- o *de droit et à vie (membre de l'Institut)*
 - CHAMBON Pierre (Biochimie et biologie moléculaire)
 - MANDEL Jean-Louis (Génétique et biologie moléculaire et cellulaire)
- o *pour trois ans (1er septembre 2019 au 31 août 2021)*
 - Mme DANION-GRILLIAT Anne (Pédopsychiatrie, addictologie)
- o *pour trois ans (1er avril 2019 au 31 mars 2022)*
 - Mme STEIB Annick (Anesthésie, Réanimation chirurgicale)
- o *pour trois ans (1er septembre 2019 au 31 août 2022)*
 - DUFOUR Patrick (Cancérologie clinique)
 - NISAND Israël (Gynécologie-obstétrique)
 - PINGET Michel (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques)
 - Mme QUOIX Elisabeth (Pneumologie)
- o *pour trois ans (1er septembre 2020 au 31 août 2023)*
 - BELLOCQ Jean-Pierre (Service de Pathologie)
 - DANION Jean-Marc (Psychiatrie)
 - KEMPF Jean-François (Chirurgie orthopédique et de la main)
 - KOFFERSCHMITT Jacques (Urgences médico-chirurgicales Adultes)

F2 - PROFESSEUR des UNIVERSITES ASSOCIE (mi-temps)

M. SOLER Luc CNU-31 IRCAD (01.09.2009 - 30.09.2012 / renouvelé 01.10.2012-30.06.2015-30.09.2021)

F3 - PROFESSEURS CONVENTIONNÉS* DE L'UNIVERSITE

Pr CHARRON Dominique	(2019-2020)
Pr KINTZ Pascal	(2019-2020)
Pr LAND Walter G.	(2019-2020)
Pr MAHE Antoine	(2019-2020)
Pr MASTELLI Antoine	(2019-2020)
Pr REIS Jacques	(2019-2020)
Pr RONGIERES Catherine	(2019-2020)

(* 4 années au maximum)

G1 - PROFESSEURS HONORAIRES

ADLOFF Michel (Chirurgie digestive) / 01.09.94	KURTZ Daniel (Neurologie) / 01.09.98
BABIN Serge (Orthopédie et Traumatologie) / 01.09.01	LANG Gabriel (Orthopédie et traumatologie) / 01.10.98
BAREISS Pierre (Cardiologie) / 01.09.12	LANG Jean-Marie (Hématologie clinique) / 01.09.11
BATZENSCHLAGER André (Anatomie Pathologique) / 01.10.95	LANGER Bruno (Gynécologie) / 01.11.19
BAUMANN René (Hépatogastro-entérologie) / 01.09.10	LEVY Jean-Marco (Pédiatrie) / 01.10.95
BERGERAT Jean-Pierre (Cancérologie) / 01.01.16	LONSDORFER Jean (Physiologie) / 01.09.10
BERTHEL Marc (Gériatrie) / 01.09.18	LUTZ Patrick (Pédiatrie) / 01.09.16
BIENTZ Michel (Hygiène Hospitalière) / 01.09.04	MAILLOT Claude (Anatomie normale) / 01.09.03
BLICKLE Jean-Frédéric (Médecine interne) / 15.10.17	MAITRE Michel (Biochimie et biol. moléculaire) / 01.09.13
BLOCH Pierre (Radiologie) / 01.10.95	MANDEL Jean-Louis (Génétique) / 01.09.10
BOEHM-BÜRGER Nelly (Histologie) / 01.09.20	MANGIN Patrice (Médecine Légale) / 01.12.14
BOURJAT Pierre (Radiologie) / 01.09.03	MANTZ Jean-Marie (Réanimation médicale) / 01.10.94
BOUSQUET Pascal (Pharmacologie) / 01.09.19	MARESCAUX Christian (Neurologie) / 01.09.19
BRECHENMACHER Claude (Cardiologie) / 01.07.99	MARESCAUX Jacques (Chirurgie digestive) / 01.09.16
BRETTES Jean-Philippe (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.10	MARK Jean-Joseph (Biochimie et biologie cellulaire) / 01.09.99
BURGHARD Guy (Pneumologie) / 01.10.88	MESSER Jean (Pédiatrie) / 01.09.07
BURSZEJN Claude (Pédopsychiatrie) / 01.09.18	MEYER Christian (Chirurgie générale) / 01.09.13
CANTINEAU Alain (Médecine et Santé au travail) / 01.09.15	MEYER Pierre (Biostatistiques, informatique méd.) / 01.09.10
CAZENAVE Jean-Pierre (Hématologie) / 01.09.15	MINCK Raymond (Bactériologie) / 01.10.93
CHAMPY Maxime (Stomatologie) / 01.10.95	MONTEIL Henri (Bactériologie) / 01.09.11
CHAUVIN Michel (Cardiologie) / 01.09.18	MORAND Georges (Chirurgie thoracique) / 01.09.09
CHELLY Jameleddine (Diagnostic génétique) / 01.09.20	MOSSARD Jean-Marie (Cardiologie) / 01.09.09
CINQUALBRE Jacques (Chirurgie générale) / 01.10.12	OUDET Pierre (Biologie cellulaire) / 01.09.13
CLAVERT Jean-Michel (Chirurgie infantile) / 31.10.15	PASQUALI Jean-Louis (Immunologie clinique) / 01.09.15
COLLARD Maurice (Neurologie) / 01.09.00	PATRIS Michel (Psychiatrie) / 01.09.15
CONRAUX Claude (Oto-Rhino-Laryngologie) / 01.09.98	Mme PAULI Gabrielle (Pneumologie) / 01.09.11
CONSTANTINESCO André (Biophysique et médecine nucléaire) / 01.09.11	PINGET Michel (Endocrinologie) / 01.09.18
DIETEMANN Jean-Louis (Radiologie) / 01.09.17	POTTECHER Thierry (Anesthésie-Réanimation) / 01.09.18
DOFFOEL Michel (Gastroentérologie) / 01.09.17	REYS Philippe (Chirurgie générale) / 01.09.86
DUCLOS Bernard (Hépatogastro-Hépatologie) / 01.09.19	RITTER Jean (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.02
DUPEYRON Jean-Pierre (Anesthésiologie-Réa.Chir.) / 01.09.13	RIUMPLER Yves (Biol. développement) / 01.09.10
EISENMANN Bernard (Chirurgie cardio-vasculaire) / 01.04.10	SANDNER Guy (Physiologie) / 01.09.14
FABRE Michel (Cytologie et histologie) / 01.09.02	SAUDER Philippe (Réanimation médicale) / 01.09.20
FISCHBACH Michel (Pédiatrie) / 01.10.18	SAUVAGE Paul (Chirurgie infantile) / 01.09.04
FLAMENT Jacques (Ophtalmologie) / 01.06.09	SCHAFF Georges (Physiologie) / 01.10.95
GAY Gérard (Hépatogastro-entérologie) / 01.09.13	SCHLAEDER Guy (Gynécologie-Obstétrique) / 01.09.01
GERLINGER Pierre (Biol. de la Reproduction) / 01.09.04	SCHLIENGER Jean-Louis (Médecine Interne) / 01.08.11
GRENIER Jacques (Chirurgie digestive) / 01.09.97	SCHRAUB Simon (Radiothérapie) / 01.09.12
GROSSHANS Edouard (Dermatologie) / 01.09.03	SCHWARTZ Jean (Pharmacologie) / 01.10.87
GRUCKER Daniel (Biophysique) / 01.09.18	SICK Henri (Anatomie Normale) / 01.09.06
GUT Jean-Pierre (Virologie) / 01.09.14	STIERLE Jean-Luc (ORL) / 01.09.10
HASSELMANN Michel (Réanimation médicale) / 01.09.18	STOLL Claude (Génétique) / 01.09.09
HAUPTMANN Georges (Hématologie biologique) / 01.09.06	STOLL-KELLER Françoise (Virologie) / 01.09.15
HEID Ernest (Dermatologie) / 01.09.04	STORCK Daniel (Médecine interne) / 01.09.03
IMBS Jean-Louis (Pharmacologie) / 01.09.09	TEMPE Jean-Daniel (Réanimation médicale) / 01.09.06
IMLER Marc (Médecine interne) / 01.09.96	TONGIO Jean (Radiologie) / 01.09.02
JACQMIN Didier (Urologie) / 09.08.17	TREISSER Alain (Gynécologie-Obstétrique) / 24.03.08
JAECK Daniel (Chirurgie générale) / 01.09.11	VAUTRAVERS Philippe (Médecine physique et réadaptation) / 01.09.16
JAEGER Jean-Henri (Chirurgie orthopédique) / 01.09.11	VETTER Jean-Marie (Anatomie pathologique) / 01.09.13
JESEL Michel (Médecine physique et réadaptation) / 01.09.04	VINCENDON Guy (Biochimie) / 01.09.08
KAHN Jean-Luc (Anatomie) / 01.09.18	WALTER Paul (Anatomie Pathologique) / 01.09.09
KEHR Pierre (Chirurgie orthopédique) / 01.06.08	WEITZENBLUM Emmanuel (Pneumologie) / 01.09.11
KEMPF Jules (Biologie cellulaire) / 01.10.95	WILHM Jean-Marie (Chirurgie thoracique) / 01.09.13
KREMER Michel / 01.05.98	WILK Astrid (Chirurgie maxillo-faciale) / 01.09.15
KRETZ Jean-Georges (Chirurgie vasculaire) / 01.09.18	WILLARD Daniel (Pédiatrie) / 01.09.96
KRIEGER Jean (Neurologie) / 01.01.07	WOLFRAM-GABEL Renée (Anatomie) / 01.09.96
KUNTZ Jean-Louis (Rhumatologie) / 01.09.08	
KUNTZMANN Francis (Gériatrie) / 01.09.07	

Légende des adresses :

FAC : Faculté de Médecine - 4, rue Kirschleger - F - 67085 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.85.35.20 - Fax : 03.88.85.35.18 ou 03.88.85.34.87

HOPITAUX UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG (HUS) :

- NHC : *Nouvel Hôpital Civil* : 1, place de l'Hôpital - BP 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél. : 03 89 55 07 08
- HC : *Hôpital Civil* : 1, Place de l'Hôpital - B.P. 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.11.67.68
- HP : *Hôpital de Haute-pierre* : Avenue Molière - B.P. 46 - F - 67098 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.12.80.00
- *Hôpital de La Robertsau* : 83, rue Himmerich - F - 67015 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.11.55.11
- *Hôpital de l'Elsau* : 15, rue Cranach - 67200 Strasbourg - Tél. : 03.88.11.67.68

CMCO - Centre Médico-Chirurgical et Obstétrical : 19, rue Louis Pasteur - BP 120 - Schiltigheim - F - 67303 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.62.83.00

C.C.O.M. - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main : 10, avenue Baumann - B.P. 96 - F - 67403 Illkirch Graffenstaden Cedex - Tél. : 03.88.55.20.00

E.F.S. : Etablissement Français du Sang - Alsace : 10, rue Spielmann - BP N°36 - 67085 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.21.25.25

Centre Régional de Lutte contre le cancer "Paul Strauss" - 3, rue de la Porte de l'Hôpital - F-67085 Strasbourg Cedex - Tél. : 03.88.25.24.24

IURC - Institut Universitaire de Réadaptation Clemenceau - CHU de Strasbourg et UGECAM (Union pour la Gestion des Etablissements des Caisses d'Assurance Maladie) - 45 boulevard Clemenceau - 67082 Strasbourg Cedex

RESPONSABLE DE LA BIBLIOTHÈQUE DE MÉDECINE ET ODONTOLOGIE ET DU DÉPARTEMENT SCIENCES, TECHNIQUES ET SANTÉ DU SERVICE COMMUN DE DOCUMENTATION DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Monsieur Olivier DIVE, Conservateur

LA FACULTÉ A ARRÊTÉ QUE LES OPINIONS ÉMISES DANS LES DISSERTATIONS QUI LUI SONT PRÉSENTÉES DOIVENT ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME PROPRES À LEURS AUTEURS ET QU'ELLE N'ENTEND NI LES APPROUVER, NI LES IMPROUVER

Table des matières

Serment d’Hippocrate	15
Remerciements.....	16
Liste des tableaux, figures et annexes.....	18
Liste des abréviations	20
1. INTRODUCTION	21
2. HYPOTHESE	22
3. OBJECTIFS	23
4. METHODOLOGIE	23
4.1 Eléments de contexte	23
4.1.1. Les petits engins à moteur	23
4.1.2. Le benzène : agent cancérogène reconnu	30
4.1.3. Les essences : classiques et alkylées	43
4.2. Description des métiers étudiés	49
4.2.1. Le bûcheron	49
4.2.2. Le paysagiste.....	58
4.3. Justification du choix de marqueur : le benzène urinaire	60
4.4. Déroulement pratique de l’étude	62
4.4.1. Recrutement	62
4.4.2. Rédaction d’une fiche de consignes	63
4.4.3. Rédaction d’une fiche de recueil des conditions de travail le jour de prélèvement.....	63
4.4.4. Préparation des lots de matériel.....	64
4.4.5. Organisation de la campagne de prélèvements par secteurs	66
4.4.6. Dépôt et récupération du matériel de prélèvement, puis envoi au laboratoire	67
5. RESULTATS	68
5.1. Analyse qualitative de la population étudiée et des conditions de recueil	68
5.1.1. Effectifs	68
5.1.2. Age	68
5.1.3. Métier et fonction	68
5.1.4. Consommation tabagique	69
5.1.5. Carburant utilisé.....	70
5.1.6. Utilisation de l’engin thermique	70
5.1.7. Conditions météorologiques	71

5.2. Résultats des prélèvements	72
5.3. Analyses statistiques inférentielles.....	73
6. DISCUSSION	74
Interprétation des résultats et analyse des biais	74
Freins et leviers à la substitution de l'essence sans plomb	77
Pistes d'amélioration de l'étude	78
7. CONCLUSION	80
ANNEXES	82
Bibliographie	89
Déclaration de non plagiat	93
RÉSUMÉ.....	94

Serment d'Hippocrate

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Être suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admise à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Respectueuse et reconnaissante envers mes maîtres je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis restée fidèle à mes promesses. Que je sois couverte d'opprobre et méprisée de mes confrères si j'y manque.

Remerciements

Au Professeur Maria Gonzalez, pour votre accompagnement tout au long de ces longues années d'études, jusqu'à assurer la présidence de ma thèse au terme de ce parcours. Vous m'avez fait découvrir l'expertise de la Santé au Travail au sein du service de Pathologie Professionnelle, qui restera un stage chargé d'enseignements et de souvenirs. Merci de partager la sagesse de votre expérience, merci pour votre écoute attentive et vos conseils toujours avisés.

Au docteur Pascale Herbrecht, pour m'avoir accompagnée dans la justification de cette étude auprès de la CCMSA et pour son financement. Pour avoir dirigé, corrigé, lu et relu ce travail. Tu m'as fait découvrir la Santé au Travail et ses spécificités dans le milieu agricole, au travers de ton enseignement, ton énergie et ta bonne humeur communicatives, ponctuées d'un humour décalé et ravageur, rendant nos échanges si agréables.

Au docteur Stéphanie Kleinlogel, pour tes relectures attentives, ta disponibilité, ta sympathie, ta réactivité et tes conseils, que ce soit pour la co-direction de ce travail de thèse ou pour ma formation d'interne en santé au travail.

Au Professeur Anne Charloux, pour votre positivité, votre patience et votre sens de la pédagogie, qui font de vous une vraie source d'inspiration... L'hôpital de Strasbourg, la Faculté de Médecine et ses étudiants peuvent être fiers de disposer à travers vous d'un enseignement de qualité, teinté d'une bienveillance chaleureuse.

Aux docteurs Audrey Farrugia et Christine Tournoud, merci de me faire l'honneur de participer à mon jury de thèse. Soyez assurées de mon profond respect.

Merci beaucoup à Marc-André, voisin d'ECN et de microscope, pour ton analyse statistique aussi fine que ton humour.

Je tiens également à remercier mes collègues de la MSA, notamment mes confrères d'aventure Denis et son équipe de préventeurs, pour votre soutien sur les parties communication et logistique. Merci à Marie Mallard pour m'avoir accompagnée dans l'expérimentation du travail à la chaîne lors de la préparation des lots de matériel de prélèvement.

Au docteur Michèle Weber, merci pour ton enseignement et tes conseils, pour l'encadrement de mon mémoire de DES, et le SAV. Tu as su me montrer en un temps record – a fortiori pendant la période Covid19 et les examens de tes enfants – une pratique affirmée mais bienveillante de la Santé au Travail, ponctuée d'un brin de malice. Reçois toute ma gratitude.

Au docteur Marie-Odile Stempffer, pour m'avoir fait découvrir d'un œil expert les dessous de l'organisation de la grande fourmilière qu'est la fonction publique au service de la Ville de Strasbourg, et pour m'avoir permis (je ne sais toujours pas si je dois te remercier pour ça !) de monter au plus haut de notre magnifique Cathédrale. Merci pour ta gentillesse et ton humanité.

A mes collègues de l'ACST, je me réjouis de poursuivre ma carrière auprès de vous.

A mes amis et co-internes, Ludmilla, Emma, Olivier, Elisa, pour ces moments de liesse et de respect, même dans les périodes les plus sombres de ces longues études, qui auraient été bien fades sans vous. A Sarah, pour cette amitié particulière que nous entretenons depuis si longtemps et qui m'est chère.

Je remercie évidemment mes parents, Chantal et Gilles Grimault, pour votre soutien sans faille, moral et matériel, et pour votre confiance indéfectible en mes choix. Par contre, il faudra penser à vous équiper en pneus neige pour ma prochaine thèse !

Une pensée toute particulière à François, à qui je dois tout, mais surtout la joie de vivre. Tu es mon repère, mon modèle, mon pilier, mon coup de boost multivitaminé. Mes journées avec toi, c'est du full momentum.

Liste des tableaux, figures et annexes

Tableau n°1 : Différences entre moteurs 2T et 4T.

Tableau n°2 : Tableau n°19 du Régime Agricole “Hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant” depuis 1988.

Tableau n°3 : Tableau n°19 du Régime Agricole modifié par le Décret n°2021-189 du 19 février 2021, révisant et complétant les tableaux de maladies professionnelles annexés au livre VII du code rural et de la pêche maritime.

Tableau n°4 : Résultats des analyses du benzène urinaire (valeurs brutes, rapportées à la créatinine, et après précision des valeurs inférieures au seuil de détection de l’automate, en rouge) chez les 26 professionnels, en début (DP) et fin (FP) de poste, carburant utilisé (Sans-Plomb=SP, Alkyle=A), statut tabagique (Fumeur=F, Non Fumeur=NF).

Tableau n°5 : Régression linéaire multivariée pour évaluation de l’évolution de la concentration urinaire de benzène au cours d’une journée de travail en fonction du type d’essence utilisée, avec ajustement sur la consommation tabagique.

Figure n°1 : Principe de fonctionnement du moteur 2 temps.

Figure n°2 : Tronçonneuse professionnelle.

Figure n°3 : Débroussailleuse.

Figure n°4 : Structure chimique simplifiée du benzène.

Figure n°5 : Pictogrammes de danger concernant les produits renfermant du benzène : inflammable, risque grave pour la santé humaine, danger pour la santé humaine/danger pour la couche d’ozone.

Figure n°6 : Différentes voies d’élimination du benzène

Figure n°7 : Marquage d’un arbre par un technicien forestier territorial de l’ONF

Figure n°8 : Schéma d’un tronc pendant l’abattage

Figure n°9 : Ébranchage au sol et utilisation du tournebille

Figure n°10 : Contraintes posturales déjà importantes en terrain plat

Figure n°11 : Bidon mixte à clapet anti-débordement

Figure n°12 : Ceinture porte-accessoires (limes, clés diverses, tournevis, crochet de retournement, mètre dérouleur, ...)

Figure n°13 : Poignée anti-vibratile isolée du bloc moteur par des blocs de caoutchouc

Figure n°14 : casque de bûcheron

Figure n°15 : Marquage de conformité CE, pictogramme et niveau de performance

Figure n°16 : Débroussaillage thermique et taille-haie électrique

Figure n°17 : Réception du matériel envoyé par le laboratoire

Figure n°18 : Préparation des flacons et sachets

Figure n°19 : Etiquetage.

Figure n°20 : Différentes fiches annexées

Figure n°21 : Un “lot” complet destiné à un candidat.

Figure n°22 : Répartition des lots par “distributeur”

Figure n°23 : Acheminement des lots au domicile des candidats

Figure n°24 : Répartition des effectifs selon leur âge.

Figures n°s 25 et 26 : Répartition des effectifs selon le métier, et selon la fonction.

Figure n°27 : Répartition des effectifs selon le statut tabagique.

Figure n°28 : Proportions respectives d'utilisateurs d'essence alkylée vs essence sans-plomb.

Figure n°29 : Durée d'utilisation de l'engin thermique : tronçonneuse vs débroussailleuse.

Figure n°30 : Répartition de la température moyenne la journée des prélèvements.

Figure n°31 : Météo prédominante le jour des prélèvements.

Figure n°32 : Présence ou non de vent le jour des prélèvements.

Figure n°33 : Pyramide des âges concernant les bûcherons et ouvriers forestiers suivis à la MSA Alsace (âge moyen = 33 ans pour les femmes, 42 ans pour les hommes)

Figure n°34 : Pyramide des âges concernant les paysagistes suivis à la MSA Alsace (âge moyen = 29 ans quel que soit le sexe).

Annexe 1 : Courrier explicatif à destination des populations de bûcherons.

Annexe 2 : Fiche de consignes pour les candidats.

Annexe 3 : Fiche de prélèvement biologique de fin de poste.

Annexe 4 : Fiche des conditions des prélèvements, remplie par chaque sujet.

Liste des abréviations

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists

CAAA : Caisse Assurance Accidents Agricoles

CCMSA : Caisse Centrale de la Mutualité Sociale Agricole

CLP : Classification, Labelling and Packaging

CMR : Cancérogène, Mutagène ou Reprotoxique

COV : Composé Organique Volatile

CRAMIF : Caisse d'Assurance Maladie d'Ile de France

CRRMP : Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles

DUERP : Document Unique d'Evaluation des Risques Professionnels

EPI : Equipement de Protection Individuelle

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

INCa : Institut National du Cancer

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

IRSTEA : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

LLC : Leucémie lymphoïde chronique

LMA : Leucémie myéloïde aigüe

LNH : Lymphome non hodgkinien

Moteur 2T : moteur deux temps

Moteur 4T : moteur quatre temps

MSA : Mutualité Sociale Agricole

ONF : Office National des Forêts

ppm : partie par million

RNV3P : Réseau national de vigilance et de prévention des pathologies professionnelles

SMD : Syndrome myélodysplasique

SPMA : Acide S-phénylmercapturique

SUMER : Surveillance médicale des expositions des salariés aux risques professionnels

t-t-MA : Acide trans-trans-muconique

VLB : Valeur Limite Biologique

VLE : Valeur Limite d'Exposition

VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

1. INTRODUCTION

Les petits engins thermiques, c'est-à-dire alimentés par un moteur à essence, sont largement utilisés dans de nombreux secteurs professionnels : engins de chantier (marteau-piqueur, disqueuse, décapeur thermique,...), balayeuse, tarière, tronçonneuses, débroussailleuses, souffleurs à feuilles, taille-haies et tondeuses, par exemple.

Ces outils nécessitent une puissance maximale immédiate. De ce fait, la consommation de carburant est importante, avec une combustion incomplète : les moteurs deux temps éjectent environ 30% de gaz imbrûlés.

Les fumées d'échappement des petits engins thermiques sont en général directement en contact avec les voies respiratoires de l'utilisateur du fait du transport de l'appareil (maintenu en main ou sur le dos de l'opérateur). Dans les garages automobiles en revanche, l'exposition professionnelle à ces gaz est principalement contrôlée par la mise à disposition d'un système d'aspiration à la source dirigée sur les pots d'échappement.

Le rapport 2019 de l'Assurance Maladie (1) notait que l'exposition professionnelle représentait 5,7% des cancers chez l'homme et 1% chez la femme. 1800 cancers par an seraient reconnus d'origine professionnelle, avec comme principaux responsables l'amiante, puis les poussières de bois et enfin le benzène.

L'Institut National du Cancer (INCA) rapportait en 2010 que 5 à 18% des leucémies étaient liées à une exposition professionnelle au benzène. Pour Santé Publique France, ces chiffres se situeraient autour de 1,9 à 10,4% pour les hommes et entre 0,42 et 0,46% pour les femmes (2).

En outre, selon l'étude SUMER (Surveillance Médicale des risques professionnels) 2017 (3), 10% des salariés seraient exposés à au moins un agent Cancérogène, Mutagène ou Reprotoxique (CMR). Ces chiffres sont stables depuis 2010.

Enfin, d'après C.Pilorget, R.Lagarrigue, et M.Houot dans leur article publié en 2018 au Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire de Santé Publique France (4), en 2013, 0,76% des salariés français (soit 1,38% des hommes et 0,08% des femmes) étaient exposés au benzène dans le cadre professionnel. Cette prévalence apparaît en baisse puisqu'elle était de 0,83% en 2007 et de 0,96% en 1999.

La diminution de l'incidence de l'exposition professionnelle aux agents CMR est une priorité pour l'Assurance Maladie (1) a justifié l'instauration du "programme CMR 2014-2017" ciblant l'exposition aux fumées de soudage, au perchloréthylène, au styrène et aux émissions diesel. L'Assurance Maladie propose aux petites entreprises des aides financières afin de permettre une réduction de l'exposition à ces substances. Par ailleurs, les employeurs disposent gratuitement de l'outil "SEIRICH", disponible sur Internet, permettant une évaluation du risque chimique dans leur entreprise et des solutions de substitution des produits retenus comme dangereux. Cet outil propose des pistes de prévention et peut participer à la rédaction du Document Unique d'Evaluation des Risques Professionnels de l'entreprise (DUERP).

Une alternative à l'utilisation de l'essence sans plomb dans les petits engins à moteur, consiste à substituer le carburant par de l'essence dite "alkylée", plus raffinée, et contenant moins de benzène.

En outre, la Caisse d'Assurance Maladie d'Ile de France (CRAMIF) a produit un dépliant d'informations sur les essences alkyles (5), à destination des employeurs qui se voient recommandés de privilégier l'utilisation de moteurs électriques, puis en seconde intention de carburants alkylates pour les moteurs thermiques à deux et quatre temps. Des mesures d'hygiène (exemples : utilisation de gants vinyles lors du remplissage du réservoir) sont préconisées en complément

Quelques années en amont de la présente étude, la Mutualité Sociale Agricole (MSA) avait engagé une étude nationale en collaboration avec IRSTEA sur le risque lié à l'exposition aux gaz d'échappement chez les bûcherons, mais les fondements en avaient été jugés trop peu solides.

2. HYPOTHESE

Les professionnels utilisateurs de tronçonneuses et de débroussailleuses sont exposés de façon moindre au benzène s'ils utilisent des carburants alkylés que s'ils utilisent des essences sans plomb.

3. OBJECTIFS

L'objectif principal de ce travail était d'évaluer l'exposition au benzène dans une population de bûcherons et de paysagistes, puis de rechercher si une différence significative apparaissait entre les utilisateurs d'essences alkyles et ceux préférant les essences sans plomb classiques.

Les objectifs secondaires étaient, si les résultats des analyses le justifiaient, d'ajuster les moyens de prévention dans les entreprises de travaux forestiers, en proposant une alternative de choix de carburant, et de justifier éventuellement un suivi médical plus ajusté voire un suivi post-professionnel à l'issue de la carrière professionnelle.

4. METHODOLOGIE

La population étudiée, à savoir bûcherons et paysagistes, est suivie par la MSA. Cette étude a donc été menée en partenariat avec la MSA et la CAAA.

4.1 Eléments de contexte

4.1.1. Les petits engins à moteur

a) Généralités et fonctionnement des petits moteurs

Parmi les petits engins à moteurs couramment utilisés dans les travaux forestiers et en entretien des espaces verts (tronçonneuses, mais aussi taille-haies, souffleurs, débroussailleuses, tondeuses, etc...), on distingue les engins électroportatifs dotés d'une batterie et les engins à moteur thermique. Ces derniers sont de deux types : les moteurs dits "2T" (pour "deux temps") et dits "4T" (pour "quatre temps").

Les petits moteurs thermiques sont constitués de différents composants, décrit ici selon une logique de cheminement du carburant (6) :

- le filtre à air, qui limite l'entrée de particules dans le carburateur pour empêcher la perturbation du mélange air/carburant ;
- le carburateur relié à la gâchette d'accélération, dont le rôle est d'alimenter le moteur en un mélange gazeux air/carburant réalisé par la pompe à carburant ;

- le canal d'admission permet l'acheminement du mélange gaz/carburant à la cellule moteur ;
- la cellule moteur, qui convertit le mélange carburé en énergie mécanique exploitable et transmise à un système de bielle et vilebrequin (pièce reliée par des bielles aux pistons permettant une transformation du mouvement linéaire en mouvement rotatoire), puis à la chaîne de la tronçonneuse ou à la pièce mobile de la machine par l'intermédiaire d'un système d'embrayage ;
- le pot d'échappement des gaz moteur, dont le rôle est de limiter les émissions de bruit du moteur. Un encrassement du pot par dépôt de calamine est inéluctable et est fonction du carburant et de l'huile moteur utilisés, avec un effet de bridage du moteur (diminution de la vitesse) lié à la réduction du calibre du pot.

Le tableau suivant représente un comparatif entre les moteurs deux et quatre temps (7,8) :

Moteur 2T	Moteur 4T
Brûle l'essence et l'huile moteur	Brûle l'essence (huile moteur dans un circuit séparé)
Beaucoup d'imbrûlés	Moins d'imbrûlés (soupapes)
Léger, fonctionne en position inclinée	Lourd, ne fonctionne qu'à l'horizontale (car présence d'un circuit fermé parallèle pour la lubrification du moteur)
Gaz d'échappement importants	Peu de fumées car consommation moindre
Mécanique simple, entretien simple	Entretien plus complexe (soupapes)
Bruyant	Moins d'émissions sonores

Tableau n°1 : Différences entre moteurs 2T et 4T.

Au sein des moteurs 2T, d'utilisation plus répandue dans la population concernée par ce travail, l'admission se fait concomitamment avec la compression (contrairement aux moteurs 4T équipés de soupapes d'admission et d'échappement), et l'échappement des gaz se fait en même temps que le transfert du mélange air/carburant :

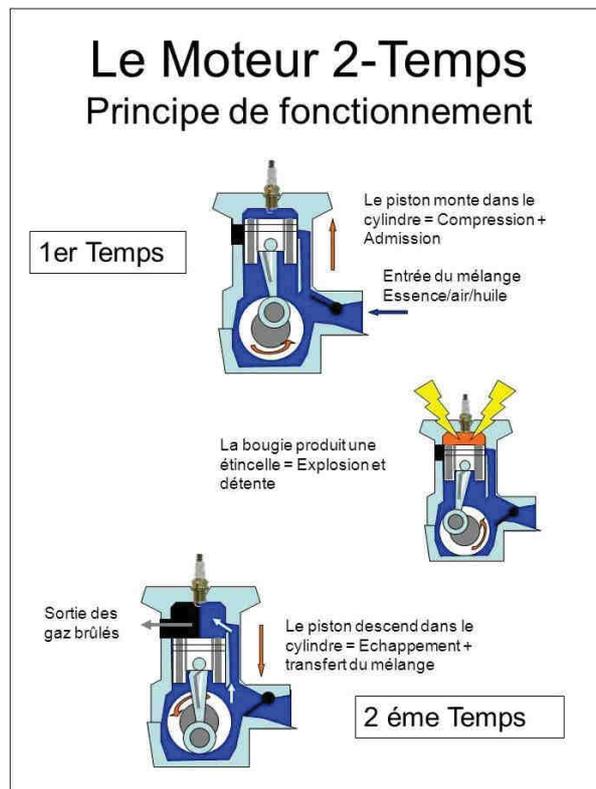


Figure n°1 : Principe de fonctionnement du moteur 2 temps (9)

Ceci implique une part importante de carburant imbrûlé. Cette proportion est estimée entre 20 et 25% (10), un rapport encore réduit depuis l'introduction de moteurs 2T équipés de quatre canaux de transfert de mélange carburé au lieu de deux, limitant les turbulences dans la chambre de combustion. En découlent une optimisation de la combustion et donc une réduction de l'éjection d'essence imbrûlée par le canal d'échappement.

Le rapport stoechiométrique, c'est à dire le rapport entre les quantités de carburant et d'air, approche 7% dans ce type de moteurs (soit 1g de carburant pour 15 d'air).

Dans le milieu agricole, ces petits engins à moteur portatifs sont représentés par les tronçonneuses et élagueuses, les débroussailleuses, les tondeuses, les taille-haies et les souffleurs à feuilles. Ces engins sont utilisés couramment par les bûcherons et paysagistes, qui font l'objet de cette étude.

b) Tronçonneuses

Les tronçonneuses, ou scies à chaîne, sont des engins à moteur utilisés dans différents types d'activités essentiellement en lien avec le travail du bois : abattage, élagage, découpe de bois de chauffage et débitage de bois, taille de buissons et haies, voire sculpture sur bois ou sur glace.

Le principe de fonctionnement est simple, il s'agit d'une chaîne composée de maillons rivetés équipés d'éléments de coupe, et entraînée en rotation par un moteur.

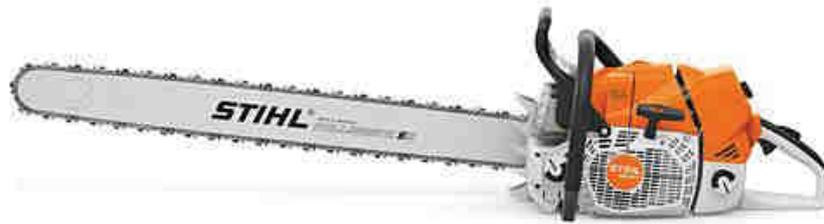


Figure n°2 : Tronçonneuse professionnelle (11)

Plusieurs gabarits, poids et puissances de tronçonneuses sont disponibles sur le marché, en fonction de l'utilisation visée.

Les petites tronçonneuses légères sont facilement maniables et permettent des travaux de type élagage ou de petit entretien. Ces travaux peuvent être réalisés avec un engin sur batterie, car une puissance et une autonomie modérées suffisent.

Il existe des modèles de tronçonneuses très légères montées sur perche, permettant d'atteindre aisément des branches haut situées et de faible calibre, sans déployer de nacelle élévatrice de personnes ni mobiliser un grimpeur pour l'élagage d'arbres de grande hauteur.

Pour le débitage de bûches et l'ébranchage, il est nécessaire d'adapter la taille du guide de chaîne et la puissance du moteur à la densité et au diamètre du bois. Un engin électrique peut suffire.

En revanche, en ce qui concerne l'abattage d'arbres, un moteur puissant est préconisé, les engins sur batterie existants sur le marché sont insuffisants en termes de puissance et d'autonomie et ne permettent que le travail sur jeunes troncs tendres. Les moteurs thermiques offrent des paramètres plus adaptés à cette activité, surtout en milieu professionnel pour l'abattage intensif de tronc parfois très larges, avec des guides de chaîne pouvant mesurer jusqu'à 60cm. Les tronçonneuses thermiques à moteurs 2T sont plus répandues sur le marché car plus légères (maniabilité accrue comparée aux moteurs 4T) et plus faciles à démarrer.

c) Débroussailleuses

Sur un autre registre, les débroussailleuses sont largement utilisées lors de l'entretien des espaces verts par les ouvriers paysagistes. Elles permettent de faucher herbes, broussailles et ronces et sont relativement maniables.



Figure n°3 : Débroussailleuse (12)

La tête de fauche, protégée par un carter, est constituée soit d'une lame, soit d'un fil, entraînés en rotation rapide par un moteur fixé sur le manche de l'engin. L'opérateur manipule l'outil au moyen de poignées équipées de gâchettes.

Là aussi, différents modèles existent sur le marché, selon le travail effectué. Pour une utilisation intensive comme celle des ouvriers paysagistes, les moteurs thermiques, plus puissants et autonomes, sont préférés aux engins électroportatifs, plutôt destinés aux particuliers pour l'entretien occasionnel de leur jardin.

De nombreux modèles sont équipés d'un système de harnais pour transmettre une partie du poids de l'outil des membres supérieurs au dos de l'utilisateur, permettant également une maniabilité et donc une précision accrues.

d) Les moteurs électriques : avantages et inconvénients

Parmi les avantages de l'utilisation d'un moteur électrique, qu'il soit sur batterie ou branché sur secteur, on retient un poids global de l'appareil moins élevé, moins d'émissions toxiques, bruyantes et/ou polluantes pour l'environnement, et une maintenance moins contraignante que sur les moteurs thermiques, où un entretien plus régulier est nécessaire (huile, filtres, bougies, pièces caoutchouc,...).

Notons que l'avantage indéniable des tronçonneuses sur secteur réside dans l'autonomie, illimitée en théorie, contre maximum quelques heures pour les engins sur batterie. Néanmoins, la maniabilité de l'outil reste largement limitée par le cordon secteur dont la présence est inadaptée sur des chantiers de type forêt.

La présence d'une batterie électrique de type Lithium-ion dans les appareils électroportatifs non reliés au secteur impose des risques spécifiques à leur utilisation (13) :

- le risque électrique : création d'arcs électriques, d'incendie d'origine électrique, risque d'électrisation
- le risque chimique lié à l'instabilité des électrodes lors d'une surchauffe de l'appareil.

En pratique, ces accidents sont rarement rencontrés, et essentiellement en cas de mésusage, de défaut technique ou de maintenance insuffisante ou de mauvaise qualité.

L'autonomie limitée des batteries représente un des inconvénients essentiels de ces engins. Cette contrainte impose à l'utilisateur de prévoir impérativement une batterie de rechange à proximité. Par ailleurs, et il s'agit du frein principal à l'utilisation de l'énergie électrique, la puissance générée par les tronçonneuses électriques est moins importante que celle fournie par un moteur à essence, et ne permettra pas un abattage intensif comme c'est souvent le cas en milieu professionnel.

Enfin, la durée de vie limitée des batteries constitue un inconvénient en termes de maintenance car un remplacement régulier peut s'avérer nécessaire.

Ainsi, les outils électriques sont plus adaptés aux petits travaux d'entretien (élagage, taille de petits arbustes, ébranchage) d'autant plus s'ils nécessitent une prise secteur à proximité, le câble d'alimentation représentant une contrainte supplémentaire en termes de maniabilité et de déplacements.

e) Huiles moteur :

Les utilisateurs de carburants dits "classiques" pour les moteurs 2T (tronçonneuses, débroussailleuses, taille-haie, etc...) doivent y ajouter une part d'huile moteur, contrairement aux carburants alkyles qui se présentent sous forme de mélanges prêts à l'emploi.

L'adjonction d'huile moteur dans l'essence sans plomb, à une proportion approximative de 2 à 3% d'huile, se fait dans le réservoir le plus souvent au moyen de jerricans à double compartiment (un côté pour l'huile, un pour l'essence), équipés d'une dosette intégrée au bouchon.

Les huiles minérales sont plus chères que les huiles de synthèse ou semi-synthétiques et donc moins utilisées, pourtant elles limitent les dépôts de calamine dans le moteur.

Le plus souvent, des huiles "biologiques" sont utilisées.

Les professionnels rapportent des dégagements de fumées irritantes lorsqu'ils utilisent des huiles d'adjonction.

f) Toxicité de l'essence :

De par leur teneur en composés aromatiques, les essences sans plomb ont une toxicité neurologique et peuvent entraîner des symptômes variés jusqu'aux troubles de la conscience.

En cas d'ingestion massive (accidentelle ou intentionnelle en situation de crise suicidaire par exemple), une pneumopathie dite "pétrolière" peut être observée, avec des séquelles potentiellement lourdes à type de fibrose pulmonaire irréversible.

Des mesures de prévention existent afin de limiter le risque d'exposition accidentelle de l'utilisateur de l'engin thermique aux essences dans leur état liquide (14) :

- manipulation du pistolet de la pompe à essence, du jerrican et du bouchon du réservoir de l'engin en portant des gants pour éviter un contact cutané
- optimisation des jerricans avec bouche de remplissage à diamètre large, équipement d'un bec verseur orientable automatique, jauge de remplissage pour éviter les débordements
- Identification précise du produit sur son contenant en cas de reconditionnement.

Autres propriétés des solvants aromatiques :

- Risque d'incendie (de par leur caractère inflammable) et d'explosion
- Risque pour l'environnement par production d'ozone et toxicité pour les organismes vivants (15)

4.1.2. Le benzène : agent cancérogène reconnu

a) Présentation

Le benzène est un composé chimique liquide, incolore, avec une odeur perceptible à partir d'une concentration de 5ppm, et de formule C_6H_6 (16) :



Figure n°4 : Structure chimique simplifiée du benzène

Obtenu par distillation de la houille et du pétrole, il est très largement utilisé dans le milieu industriel et en laboratoires pour ses propriétés de solvant, et comme intermédiaire de synthèse dans l'industrie chimique (production de diverses substances utilisées pour la fabrication de matières plastiques, colorants et textiles) (17), en parfumerie pour la synthèse d'arômes, comme dégraissant dans l'industrie électronique ou en garage automobile. Interdit dans les vernis, peintures et colles, il est de plus en plus remplacé par des éthers de glycol, fortement reprotoxiques et ayant une pénétration percutanée importante (aggravée par l'absence fréquente de protection cutanée, car les peintures dites "à l'eau" sont plus facilement lavables).

Le benzène, de numéro CAS 71-43-2, a remplacé le plomb dans les essences pour en augmenter l'indice d'octane et de ce fait la qualité antidétonante du carburant.

Sur le plan réglementaire, l'étiquetage des produits contenant du benzène doit comporter les pictogrammes de danger suivants :

- Inflammable
- Risque grave pour la santé humaine
- Danger pour la santé humaine/danger pour la couche d'ozone



Figure n°5 : Pictogrammes de danger concernant les produits renfermant du benzène : inflammable, risque grave pour la santé humaine, danger pour la santé humaine/danger pour la couche d'ozone.

Ainsi que les mentions de danger (phrases H) suivantes :

- H225 - liquide et vapeurs très inflammables
- H350 - peut provoquer le cancer
- H340 - peut induire des anomalies génétiques
- H372 - risque avéré d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
- H304 - peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H319 - provoque une sévère irritation des yeux
- H315 - provoque une irritation cutanée

De ces informations découlent des mesures techniques de conservation, stockage (notamment vis-à-vis des propriétés inflammables) et manipulation à respecter. Ces consignes sont précisées dans les fiches de données de sécurité des produits.

Le Ministère du Travail recommande (17) une substitution du benzène chaque fois que cela est possible, de travailler en vase clos ou d'utiliser un appareil respiratoire isolant en cas d'exposition à une concentration atmosphérique supérieure à 1ppm. Ces mesures sont indissociables de règles d'hygiène simple (précautions vis-à-vis de la manipulation des habits de travail sales, lavage des mains à l'eau et au savon et éviter le contact avec le visage pour éviter une contamination digestive par manuportage, port de gants et de tenues couvrantes, ...).

b) Toxicocinétique

Le benzène est un toxique volatil qui provient de la combustion incomplète de composés riches en carbone.

Absorption :

Différentes voies d'absorption sont décrites :

- La principale reste la voie respiratoire, par inhalation des gaz d'échappement de moteurs thermiques.
- La voie cutanée, notamment lors de projections de gouttelettes pendant les phases de remplissage du réservoir ou de mélange avec l'huile moteur, ou encore lors de la manipulation d'un torchon imbibé d'essence utilisé pour le nettoyage du matériel. Le lavage des mains à l'essence, habitude décrite antérieurement chez les mécaniciens automobiles entre autres, n'est pas une pratique courante chez les bûcherons et les paysagistes.
- Quant à l'exposition par voie digestive, elle est rare et entre en jeu en cas d'ingestion accidentelle lors de manœuvres de siphonnage, ou d'erreur lors de l'ingestion d'essence reconditionnée en bouteille de boisson pour le transport ou le stockage par exemple.

Les effets sur le corps humain sont dépendants du patrimoine génétique, de l'état de santé général, du statut nutritionnel, mais également d'une éventuelle consommation d'alcool qui potentialiserait les effets du benzène sur le système hématopoïétique (18).

Distribution :

Le benzène est distribué principalement dans les tissus riches en cellules lipidiques (cerveau, moelle osseuse), et est capable de traverser la barrière materno-fœtale (16).

Métabolisme :

Le foie joue un rôle privilégié dans le métabolisme du benzène, par la voie du cytochrome P450 2E1 créant ainsi le benzène-époxyde, première étape de la dégradation du benzène (19).

Le benzène-époxyde peut ensuite emprunter plusieurs voies de transformation :

- Une conversion en phénols, ensuite oxydés en métabolites actifs 1,2- et 1,4-benzoquinone et 1,2,4-benzène-triol, qui pourront se glucurono- ou se sulfo-conjuguer en métabolites éliminés par voie urinaire.
- Une transformation en benzène-dihydrodiol, qui sera à son tour transformé en l'un des trois métabolites actifs précédents ou en trans-muconaldéhyde, à son tour oxydé en acide trans-trans-muconique.
- Une conjugaison au glutathion produit l'acide S-phénylmercapturique.

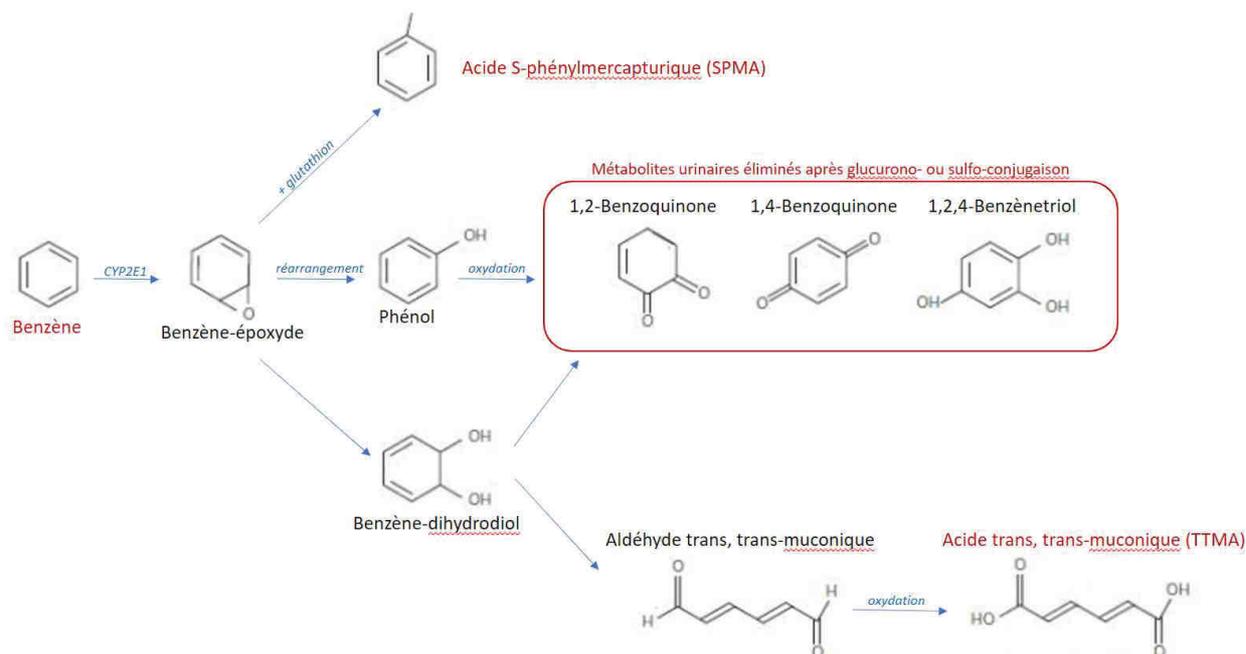


Figure n°6 : Différentes voies d'élimination du benzène

Elimination :

Celle-ci se fait essentiellement par exhalaison (16), et par voie urinaire sous forme de phénols sulfoconjugués. Environ 1% de l'élimination se fait sous la forme de benzène urinaire non métabolisé.

c) Toxicité

De façon générale, les hydrocarbures aromatiques, dont le benzène, présentent une toxicité (20):

- Pulmonaire, par inhalation du fait d'une volatilité importante, donnant lieu à une destruction des membranes alvéolaire et capillaire aboutissant à un oedème.
- Cardiaque : des troubles du rythme tels que tachycardie ventriculaire ou fibrillation ventriculaire sont décrits
- Hématologique, notamment pour les métabolites du benzène (benzoquinone, malonaldéhyde).
- Neurologique : somnolence, céphalées, vertiges, troubles de la conscience voire coma
- Cutanéomuqueuse : irritation (15)

Selon M. TESTUD au Centre Anti-Poison, sollicité par l'ONF (Office National des Forêts) vis-à-vis du risque lié à l'utilisation de carburants (21), la toxicité aigüe liée à l'utilisation d'essence

(qu'elle soit sans plomb ou alkyle) est surtout accidentelle, avec la survenue (très rare) de pneumopathies pétrolières chimiques lors d'activités à risque d'exposition massive, telle que le siphonnage.

La toxicité aiguë par inhalation se manifeste essentiellement par des céphalées, des nausées, voire des troubles de la conscience et des convulsions en cas d'intoxication massive.

Une intoxication prolongée peut provoquer :

- un syndrome psycho-organique, regroupant irritabilité, troubles de l'attention, de la mémoire et du sommeil,...(16)
- des effets irritatifs sur la peau et les muqueuses, notamment en cas de contact avec une tenue de travail ou des chiffons souillés
- des troubles digestifs
- des atteintes hématologiques qui seront détaillées dans un autre chapitre, avec perturbation de la numération formule sanguine voire développement de cancers.

Mécanismes toxicologiques :

Les mécanismes toxicologiques précis du benzène restent mal connus.

Des processus de stress oxydatif sur les cellules aboutissent à des lésions de l'ADN, des ruptures de brins, des mutations génétiques, des aberrations chromosomiques et des micronoyaux (22).

L'un des métabolites du benzène, le 1,2,4-benzène-triol, semblerait avoir un effet génotoxique sur les lymphocytes (23), dont la population tendrait à diminuer de façon corrélée avec la durée d'exposition selon une étude indienne sur 428 employés de station essence.

Dans l'article de E. Salem (23), les auteurs ne retrouvaient pas d'influence de l'âge, de la durée d'exposition et du tabagisme sur les paramètres étudiés pour la génotoxicité.

G.S.Keretetse a analysé dans une étude exposés-non exposés de 2008 (24) les effets génotoxiques du benzène sur les lymphocytes de 20 employés de trois stations essence africaines. Une technique d'électrophorèse permettait d'évaluer les dégâts sur l'ADN et les capacités de réparation des cellules après une journée de 8h de travail. Ces dégâts semblaient plus fréquents chez les salariés exposés aux COV (les concentrations atmosphériques en COV étaient significativement corrélées à la quantité d'essence vendue). Le tabac et l'âge

influençaient positivement le niveau de dégâts sur l'ADN, et les capacités de réparation génomiques semblaient différées chez les fumeurs, qu'ils soient exposés ou non aux COV.

La comparaison, en 2018, des leucocytes du sang périphérique de 62 employés de station essence (23) exposés et non exposés à l'essence et aux gaz d'échappement des véhicules (benzène, toluène, ethylbenzène classé CIRC 2B, et xylène) à des taux atmosphériques élevés, a permis à E. Salem et ses collègues d'identifier la présence plus importante de fragmentations de l'ADN, de micronoyaux et d'apoptose induite dans les cellules des salariés du groupe "exposés".

d) Cancérogénicité :

Une revue de la littérature réalisée en 2004 par A.R.Schnatter (25) sur 22 études (9 études de cohorte, 13 études cas-témoins) étalées sur 40 ans de recherche, exposait les constats suivants :

- les salariés les plus exposés au benzène (travailleurs de l'industrie du caoutchouc, de la chaussure et de la peinture) présentaient un risque élevé et significatif de LMA.
- le risque de LLC avait une tendance à l'augmentation dans les études cas-témoins, et était suggéré dans les études de cohortes.
- en ce qui concerne les LLA et les LMC, les résultats étaient peu concluants, du fait du manque de cas recensés mais également de l'évolution de la caractérisation et de la classification des leucémies en 40 ans.

Dans sa méta-analyse de 2010 (26), E.V.Kane ne retrouvait pas d'association significative entre exposition professionnelle au benzène et survenue de lymphomes non Hodgkiniens, que ce soit à faible exposition ou à exposition élevée.

Une autre méta-analyse menée en 2010 par A. Khalade (27) sur 15 études entre 1950 et 2009, retrouvait un effet dose-réponse entre une exposition au benzène et un risque de survenue de leucémies. Néanmoins, l'hétérogénéité des résultats et leur tendance à la non significativité (IC95 souvent incluant la valeur 1) ne permettent pas de conclure avec certitude sur la puissance d'une telle relation.

Une cohorte de grande envergure (28) menée en 2012 par A.R. Schnatter a permis d'identifier une augmentation du risque de SMD chez les travailleurs de stations essences exposés à de faibles concentrations de benzène (<0.348 ppm-années).

En 2015, l'étude de cohorte de Linet MS, Yin SN, Gilbert ES, et al. (29) comparait 74000 travailleurs chinois exposés au benzène et 35000 non exposés. De façon globale, une exposition au benzène augmentait le risque de mortalité, surtout liée aux cancers de tous types (dont hématologiques avec augmentation de la fréquence des LMA, SMD et LNH), et aux maladies respiratoires.

La cohorte de grande envergure menée en 2015 par l'équipe de J.S.Stenehjem (30) a permis de diagnostiquer 112 cas de cancers hématopoïétiques parmi 24917 travailleurs off-shore, exposés au benzène en moyenne à 0.040ppm/jour (soit une exposition cumulée de 0.948ppm-années). Cette étude suggère une augmentation du risque hématopoïétique avec l'intensité de l'exposition, avec un effet dose-réponse selon l'exposition cumulée observée dans les LMA et les MM (et suggérée pour les LLC).

Ces résultats semblaient concorder avec ceux d'autres études, qui retrouvaient un risque de LMA majoré de 7 fois lors d'une exposition supérieure à 8 ppm-années, suggéraient le lien entre une exposition professionnelle au benzène et survenue de LLC, ou encore observaient que le risque de survenue de MM augmentait avec l'exposition professionnelle cumulative au benzène.

Un Groupe de Travail a évalué la cancérogénicité du benzène pour le CIRC en 2017 (22). Les chercheurs concluaient, après revue de la littérature, à une corrélation positive entre exposition professionnelle ou environnementale et survenue de leucémies aiguës non lymphoïdes dont la LMA. Une relation était établie également avec la leucémie lymphoïde chronique, le myélome multiple et le lymphome non hodgkinien.

e) Revue de la littérature sur l'exposition professionnelle au benzène :

Dans la littérature, le benzène est associé à une augmentation du risque de leucémie myéloïde aiguë (LMA), de leucémie lymphoïde chronique (LLC), voire de syndrome myélodysplasique (SMD) et de lymphome non hodgkinien (LNH).

Cependant les résultats retrouvés dans les différentes études sont parfois discordants, ou non concluants (intervalle de confiance à 95% incluant 1).

La bibliographie réalisée dans le cadre de cette étude retrouvait essentiellement des études sur l'exposition professionnelle en raffineries, plateformes off-shore, chez les citernistes ou mécaniciens automobile, et quelques-unes chez les paysagistes utilisant des tailles-haies. Les résultats montraient surtout des expositions aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), rarement au benzène seul.

En revanche, peu d'études de l'exposition professionnelle au benzène ont été réalisées chez les bûcherons.

Une étude menée en 1999-2000 par l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) (31) en collaboration avec la MSA Lorraine analysait les taux urinaires de t-t-MA chez 55 sylviculteurs et bûcherons, en début et en fin de poste. Les auteurs concluaient à une influence majeure du tabagisme sur les résultats (que ce soit avant ou après exposition au cours de la journée de travail). Une relation dose-effet était également rapportée, l'intensité de l'exposition au benzène étant estimée au travers de la quantité d'essence utilisée.

Avec une moyenne à 0.14mg/L, la médiane des résultats était de 0,11mg/L (soit 0,09mg/g de créatinine ; la concentration de t-t-MA rapportée au taux de créatinine tient compte de la diurèse et donc de la fonction rénale), ce qui équivaut à une exposition inférieure à 1ppm (soit 1.2mg/L), valeur correspondant à la Valeur Moyenne d'Exposition maximale *autorisée* pour 8h de travail (Décret n°2001-97, Journal Officiel n°29, 3 février 2001). L'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) retient que 0.5mg/g de créatinine correspond à une exposition de 0.5ppm.

En comparaison, les témoins non exposés présentaient une médiane de valeurs à 0.020mg/L.

Une étude italienne de 2001 (32) comparait sur 4h de travail, l'exposition au carburant pour cinq tronçonneuses à moteurs 2T, dont une fonctionnant à l'essence alkyle. A cette dernière correspondait une exposition au benzène de 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, contre 72 à 491 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'essence sans plomb. Aucune différence n'était observée entre les tronçonneuses utilisant de l'essence sans plomb et équipées d'un catalyseur et les autres. Ces résultats restaient inférieurs à la limite réglementaire italienne d'exposition au benzène de 3,25mg/m³ (1ppm, valeur identique à la VLEP 8h retenue par la France), mais ne reflètent pas l'intoxication réelle (contrairement à la biométrie). Les auteurs recommandaient alors l'utilisation des carburants alkyles en raison

des propriétés cancérogènes du benzène, et suggéraient de diriger le pot d'échappement des engins à distance des voies respiratoires de l'utilisateur et de ses collègues sur le chantier.

En 2002, R. GAUDIN comparait (33) les concentrations atmosphériques et urinaires en benzène pour 114 mécaniciens par rapport à des témoins non exposés. L'exposition semblait plus importante chez les mécaniciens intervenant sur des engins de motoculture (l'hypothèse avancée étant un contact souvent plus direct avec l'essence), puis sur des motocyclettes et enfin sur des automobiles.

Selon F.Neri en 2016 (34), l'exposition professionnelle aux HAP et aux benzène, toluène, éthylbenzène et xylène est moins importante chez les sylviculteurs utilisant des tronçonneuses fonctionnant à l'essence alkyle.

Toutes ces études retrouvaient des valeurs d'exposition au benzène inférieures aux valeurs réglementaires pour les professionnels concernés.

En 2010, dans son mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de médecine agricole (35), M-M. LAGNEAU a identifié les tâches de réglage, d'entretien et de réparation des outils thermiques de dix travailleurs en espaces verts comme exposantes au benzène, en particulier lors de l'utilisation des taille-haies dont le pot d'échappement, à l'inverse des tronçonneuses, souffleurs et débroussailleuses, débouche à hauteur de poitrine et non pas dans le dos. Lors de cette étude, une évaluation de la concentration atmosphérique en benzène par mesurage au niveau des voies respiratoires (capteur placé au niveau du nez) avait été réalisée en parallèle du dosage de t-t-MA urinaire chez les salariés, et retrouvait des doses inférieures à 3.25mg/m³ (soit la VLEP sur 8h de travail), mais supérieures à 5µg/m³ qui est la valeur maximale retenue par l'Union Européenne pour la population générale (article R.4412-149 du Code du Travail). L'auteur suggérait l'intérêt d'une mention de cette exposition lors du départ de l'entreprise, voire d'une surveillance de la numération formule sanguine par le Médecin du Travail ou de Prévention.

Plus récemment, en 2017, A.Calcante (8) a analysé différentes expositions professionnelles chez les travailleurs forestiers, lors de l'utilisation de tronçonneuses fonctionnant à l'essence sans plomb 95 ou à l'essence alkyle. Il ne retrouvait pas de différence significative sur les

risques bruit et vibration, en revanche l'émission de composés organiques volatiles (COV) apparaissait nettement réduite pour les travailleurs utilisant l'essence alkyle (entre 23 et 77%). Cette différence semblait être expliquée par la meilleure combustion de l'essence alkyle par rapport à l'essence sans plomb, lié à l'indice d'octane moins élevé dans ce dernier carburant. Ce constat pourrait être probablement encore plus marqué à l'utilisation de moteurs 4T, qui relarguent moins de COV que les moteurs 2T du fait du relargage moindre de fumées d'échappement.

L'émission de COV n'était en revanche pas influencée par la cadence de travail.

Dans l'étude de 2019 de A.A.Zardini (36), les émissions de benzène par les engins à petits moteurs semblaient moins importantes dans les moteurs fonctionnant à l'essence alkyle (0,44 à 0,7g/h pour les moteurs deux temps, moins de 0,10g/h pour les moteurs quatre temps) que dans ceux alimentés en essence classique sans plomb (1,7 à 3g/h).

f) Réglementation

Classification :

Le benzène est classé CIRC 1 (cancérogène avéré) depuis 1979 (37).

La réglementation européenne CLP relative à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances et des mélanges identifie le benzène comme produit cancérogène de classe 1A (potentiel cancérogène pour l'homme avéré), avec une mutagénicité supposée sur les cellules germinales (classe 1B) (38).

Sur le plan réglementaire, la teneur maximale en benzène autorisée dans les substances est de 0.1% (Décret n°2001-97, Journal Officiel n°29, 3 février 2001), et de 1% dans l'essence depuis le 1er janvier 2001 (Journal Officiel des Communautés Européennes, n°L350 du 28/12/98 pp58-68) contre 5% auparavant (16).

Du fait de l'action cancérogène du benzène, le principe de précaution suppose qu'il n'est pas possible de définir un seuil de concentration sous lequel l'absence de risque pour la santé peut être garantie. Il n'existe pas à ce jour de Valeur Limite Biologique (VLB) de référence pour le benzène. Les valeurs limites d'exposition (VLE) doivent donc être considérées comme un

objectif minimal de prévention. La valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) est fixée en France (Article R.4412-149 du Code du Travail fixé par le Décret n°2016-344 du 23 mars 2016) et dans l'Union Européenne à une concentration de 3,25mg/m³ pour 8h de travail. On admet que cela correspond, pour une température de 20°C et une pression atmosphérique de 1013hPa, à 1ppm (16).

g) Réparation

Les tableaux n°4 du Régime Général et n°19 du Régime Agricole concernent la reconnaissance des hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant.

Notons que le tableau n°19 du Régime Agricole, créé en 1973 et mis à jour en 1988, a été récemment modifié par le Décret n°2021-189 du 19 février 2021 (publié au Journal Officiel de la République Française le 21 février 2021).

La désignation des maladies prises en charge reste sensiblement la même : l'hypercytose d'origine myélodysplasique devient le syndrome myélodysplasique acquis, la notion d'irréversibilité vient préciser les troubles hypoplasiques et aplasiques médullaires, et les leucémies deviennent des leucémies aiguës myéloblastiques ou lymphoblastiques. La notion de durée d'exposition d'un an disparaît pour cette dernière affection.

Le principal changement apporté par ce nouveau tableau concerne la durée de prise en charge, passant de 15 à 20 ans pour les leucémies et les syndromes myéloprolifératifs.

Par ailleurs, la liste indicative des travaux susceptibles de provoquer ces affections inclut à présent la manipulation de carburants renfermant du benzène, avec notamment "l'emploi et l'entretien mécanique d'engins ou d'outils à moteur thermique utilisant ce type de carburants".

Régime agricole tableau 19

Hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant

Tableaux équivalents : RG 4

Date de création : Décret du 22/05/1973 | Dernière mise à jour : Décret du 22/01/1988

DÉSIGNATION DES MALADIES	DÉLAI DE PRISE EN CHARGE	LISTE INDICATIVE DES PRINCIPAUX TRAVAUX SUSCEPTIBLES DE PROVOQUER CES MALADIES
Affections acquises isolées ou associées de type hypoplasique, aplasique ou dysplasique : - anémie ; - leuconéutropénie ; - thrombopénie.	3 ans	Emplois du benzène ou des produits en renfermant comme agent d'extraction, d'éluion, d'imprégnation, d'agglomération ou de nettoyage, de décapage, de dissolution ou de dilution, Opérations de séchage de tous les produits, articles, préparations, substances où le benzène (ou les produits en renfermant) est intervenu au cours des opérations ci-dessus énumérées. Préparation et emploi des vernis, peintures, émaux, mastics, colles, encres, produits d'entretien renfermant du benzène.
Hypercytoses d'origine myéodysplasique.	3 ans	
Syndrome myéoprolifératif.	15 ans	
Leucémies (sous réserve d'une durée d'exposition de 1 an).	15 ans	

Tableau n°2 : Tableau n°19 du Régime Agricole "Hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant" depuis 1988 (39)

Désignation de la maladie	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Hypoplasies et aplasies médullaires isolées ou associées (anémie, leuconéutropénie, thrombopénie), acquises, non réversibles	3 ans	Opérations de production, transport et utilisation du benzène et autres produits contenant du benzène, notamment : - Préparation, transport, utilisation de carburants renfermant du benzène ; transvasement, manipulation de ces carburants, travaux en citerne ; emploi et entretien mécanique de véhicules, d'engins ou d'outils à moteur thermique utilisant ce type de carburants. - Emploi du benzène comme solvant, éluant ou réactif de laboratoire.
Syndromes myéodysplasiques acquis	3 ans	
Leucémies aiguës myéloblastiques et lymphoblastiques	20 ans	
Syndrome myéoprolifératif	20 ans	

Tableau n°3 : Tableau n°19 du Régime Agricole modifié par le Décret n°2021-189 du 19 février 2021, révisant et complétant les tableaux de maladies professionnelles annexés au livre VII du code rural et de la pêche maritime

Le rapport 2019 de l'Assurance Maladie (1) rapporte une moyenne d'âge de 56,5 ans pour ces hémopathies malignes, tandis que le Réseau National de Vigilance et de Prévention des Pathologies Professionnelles (RNV3P) recense (2) en 2016 le nombre de cas reconnus au titre du tableau n°4 du RG suivant entre 2012 et 2016 :

- Leucémies : 0 à 3 cas/an entre 2012 et 2016 ;

- Leucémies aigües lymphoblastiques (à l'exclusion des leucémies aigües avec des antécédents d'hémopathies : 3 à 8 cas/an ;
- Leucémie aiguë myéloblastique à l'exclusion des leucémies aigües avec des antécédents d'hémopathies : 10 à 22 cas /an.

Pour le Régime Agricole, un rapport national établi en 2019 par la Caisse Centrale de la MSA (CCMSA) recensait entre 3 et 12 déclarations par an (moyenne = 6/an) au titre du tableau n°19 du RA, entre 2009 et 2017. Au total, 24 reconnaissances de Maladie Professionnelle ont été attribuées entre 2015 et 2019 pour les salariés agricoles et les non-salariés agricoles (exploitants). Pour le secteur Alsace-Lorraine, un seul cas a été reconnu en 5 ans dans le Haut-Rhin (68). Ces chiffres sont probablement le reflet d'une sous-déclaration des pathologies concernées, du fait d'une méconnaissance des modalités pratiques et des intérêts d'une telle démarche d'une part, et d'autre part de la difficulté à établir un lien avec le travail.

Les tableaux n°4bis du RG et 19bis du RA permettent la reconnaissance des affections gastro-intestinales provoquées par le benzène, le toluène, les xylènes et tous les produits en renfermant, relatif donc aux intoxications aigües.

Dans son rapport d'activité 2016 (2), le RNV3P retenait que sur 559 leucémies myéloïdes enregistrées sur le réseau entre 2001 et 2016, 338 étaient retenues comme étant d'origine professionnelle. Dans 225 des cas était retenue une probabilité moyenne ou forte, et le benzène apparaissait comme facteur de risque principal dans 66% de ces cas (LMA et LMC étaient représentées de façon équivalente).

Rappelons que ce réseau ne concerne que les pathologies déclarées au Régime Général de la Sécurité Sociale et est principalement alimenté par les services de Pathologie Professionnelle.

On note que, sur les 35 dossiers d'hémopathies lymphoïdes matures ayant obtenu un avis favorable de la part du CRRMP entre 2012 et 2016, 11 ont été reconnus en lien avec une exposition professionnelle au benzène : 4 lymphomes diffus non hodgkiniens, 3 lymphomes folliculaires non hodgkiniens, 2 lymphomes non hodgkiniens autres, et 2 leucémies lymphoïdes (2).

Sur le plan des leucémies myéloïdes entre 2001 et 2016, 225 cas étaient rapportés en relation avec le travail avec au moins une exposition estimée d'imputabilité moyenne ou forte, dont 138 cas de leucémies myéloïdes aiguës (LMA), 74 cas de leucémies myéloïdes chroniques (LMC), et 13 cas de leucémies myéloïdes (LM) sans précision ou autres.

Le secteur le plus représenté pour les LMA était celui de la culture et reproduction animale, la chasse et les services annexes, suivi de la réparation automobile, la construction et la métallurgie.

Pour les LMC, il s'agissait de l'administration publique et défense.

h) Mesures de prévention recommandées aux utilisateurs d'engins thermiques

Des mesures sont recommandées pour diminuer l'exposition aux gaz d'échappement des débroussailleuses et tronçonneuses thermiques : éteindre le moteur lorsque l'engin n'est pas utilisé plutôt que de le laisser fonctionner au ralenti (ceci permet également de limiter la consommation de carburant et l'usure du moteur), limiter la durée d'exposition dans la mesure du possible, et éviter de diriger le pot d'échappement vers l'utilisateur ou les collègues (7).

Des aides au remplissage des réservoirs d'engins thermiques existent, citons par exemple l'embout de remplissage automatique fixé sur les bidons, permettant un ravitaillement contrôlé et hermétique empêchant les débordements, coulures et éclaboussures, limitant ainsi le risque de contact cutané avec le carburant (40). Les embouts flexibles (becs verseurs ou tuyaux de remplissage) et les robinets de bidons peuvent faciliter le remplissage des réservoirs, mais n'assurent pas l'absence de contact avec la peau de l'utilisateur.

4.1.3. Les essences : classiques et alkylées

a) Généralités sur les essences

Impact écologique :

Utilisée comme carburant dans les moteurs thermiques à combustion, l'essence est un combustible fossile dérivé du pétrole. Un carburant d'origine fossile est produit à partir de la biomasse sédimentée issue de la décomposition de la matière organique, et donc dit "non renouvelable". Ainsi, le pétrole et ses dérivés constituent une source d'énergie épuisable, dont il conviendrait, dans une logique de préservation du climat et de l'écosystème, d'équilibrer la consommation avec celle des énergies renouvelables telles que l'énergie éolienne, hydraulique, solaire, ou issue de la fermentation végétale (bioéthanol) sous réserve que les procédés de

fabrication de ces biocarburants ne produisent pas davantage de pollution atmosphérique et de dégâts vis-à-vis de la biodiversité (notamment lors d'activités de défrichage, déforestation, désherbage chimique et récolte mécanique).

Après extraction, le pétrole est acheminé par voie maritime ou terrestre (pipeline ou bateau pétrolier) vers des lieux de stockage souterrains ou en raffineries, où les étapes de transformation sont variables en fonction de la composition recherchée du produit fini.

La combustion des carburants fossiles libère des polluants toxiques pour l'homme et l'environnement, tels que des composés organiques volatiles (COV) dont les hydrocarbures, des particules fines, du monoxyde de carbone (CO), des métaux lourds (plomb, mercure, cadmium), du dioxyde de soufre, ou des oxydes d'azote.

Il semble important de rappeler également la production importante de dioxyde de carbone (CO₂) lors de la combustion des carburants fossiles (que ce soit l'essence, le diesel, ou le gaz naturel). Le CO₂ représente le principal gaz à effet de serre et est responsable de conséquences climatiques non négligeables.

Ces émissions polluantes sont aujourd'hui partiellement limitées par le développement de moyens techniques ou chimiques, comme l'obligation d'équiper les moteurs diesel d'un filtre à particules, la désulfuration ou la dénitrification.

L'INRS a développé une plaquette d'informations sur les bonnes pratiques à adopter pour les citernistes, qui sont exposés de façon quotidienne à des concentrations bien plus importantes que les bûcherons et paysagistes (41).

Composition chimique :

Les additifs ajoutés aux essences permettent d'en modifier les caractéristiques. Le benzène a remplacé le plomb dans les essences en Europe, dans un but d'augmenter la qualité anti-détonante du carburant par augmentation de l'indice d'octane, mais également dans une logique de substitution du plomb (toxique pour les systèmes nerveux et digestif).

Par ailleurs, l'adjonction de solvants dans les carburants permet d'en limiter les dépôts dans le moteur.

La teneur en benzène des essences sans plomb est réglementée et depuis 2000 elle ne doit pas dépasser 1% en volume, selon la Directive européenne 98/70/CE modifiée et relative à la qualité de l'essence et des carburants diesel.

Sur le plan purement chimique, l'essence est composée de (13) :

- 30 à 45% d'alcènes (hydrocarbures non saturés)
- 30 à 45% d'hydrocarbures aromatiques de la famille du benzène (benzène, toluène, n-hexane), de C4 à C12 (42,43)
- 20 à 30% d'alcanes (hydrocarbures saturés de formule générique C_nH_{2n+2})
- 5% de cycloalcanes (hydrocarbures saturés cycliques)

En ce qui concerne la composition des gaz d'échappement, classés CIRC 2B en 2013 (7), elle est variable en fonction du carburant, du type de moteur et de ses réglages. Ainsi, en dehors des hydrocarbures imbrûlés comme décrit plus tôt, on retrouve principalement du monoxyde de carbone (CO), de l'oxyde d'azote (Nox), des composés soufrés (sulfure de dihydrogène H₂S, dioxyde de soufre SO₂), mais également des gaz ayant un impact sur le climat (diazote N₂, dioxyde de carbone CO₂), et du dioxygène (O₂) (8).

A.A.Sardini observait en 2019 les émissions de machines portatives utilisées dans les jardins et forêts (36). Les engins fonctionnant à l'essence standard rejetaient 8 à 103g par heure d'hydrocarbures, 162 à 275g/h de monoxyde de carbone, 5 à 10g/h de toluène, et 1,7 à 3g/h de benzène (pour les moteurs 2T, contre 0,3g/h pour les moteurs 4T).

En revanche, pour les appareils alimentés en essence alkyle, les émissions de benzène étaient abaissées à 0,44 à 0,7g/h (moins de 0,10g/h pour les moteurs 4T). On observait une discrète augmentation des émissions de CO et une baisse considérable des rejets de toluène (moins 98%) et des émissions totales de composés aromatiques (moins 91%).

Dans cette étude, le type d'huile moteur avait peu d'influence sur les résultats.

La phase solide des gaz d'échappement comporte des particules de carbone, des cendres, des sulfates et métaux, ainsi que des particules organiques de haut poids moléculaire (44). Les HAP se retrouvent dans les deux phases, gazeuse et solide.

b) L'essence alkyle : production et composition, avantages, utilisation

Présentation

L'essence alkylée, ou alkylate, est un carburant fossile dérivé des gaz de craquage du pétrole. Du fait de son procédé de synthèse (polymérisation), elle présente un indice d'octane élevé, ce qui reflète de l'efficacité du procédé de combustion.

Ce procédé de fabrication plus complexe que celui utilisé pour les essences classiques (raffinage plus important) explique son prix d'achat entre 2 et 2.5 fois plus élevé.

Sur le plan chimique, outre le naphta alkylé (composant liquide obtenu par distillation du pétrole en raffinerie), c'est un composé contenant des oxydes de tert-butyle et de méthyle, mais peu d'éthanol, et de composés soufrés et aromatiques (8). En effet, selon les distributeurs, on note une teneur en benzène à moins de 0,1% du volume (45–47), voire 0,05% (48,49).

Avantages retenus

De nombreux avantages à moyen et long terme sont relevés.

Tout d'abord en termes de maintenance :

- Un calaminage moins marqué : il s'agit de l'encrassement du moteur, qui représente une part importante de la maintenance des petits moteurs. Les dépôts de calamine liés à la présence d'huile dans le carburant entraînent à terme une réduction des performances du moteur ainsi qu'une augmentation de la proportion de carburant imbrûlé, et est maximal en cas d'utilisation d'huile moteur minérale qui présente un effet détergent moindre par rapport aux huiles de synthèse ou semi-synthétiques (10,50).
- Un durcissement moindre des pièces en caoutchouc (rondelles, tuyaux flexibles, joints, membranes,...), avec une répercussion évidente sur les besoins de maintenance de l'appareil et sa durée de vie.

Sur le plan pratique :

- Les carburants alkyles se présentent sous forme de mélanges prêts à l'emploi. Aucun ajout n'est à faire par l'utilisateur, contrairement aux essences SP qui nécessitent une adjonction manuelle d'huile de moteur. Cette manipulation implique une exposition plus fréquente à l'essence, avec risque d'éclaboussures et contact cutané, et d'inhalation

de vapeurs. Le risque d'erreurs de dosage avec cette pratique n'est pas négligeable, et directement corrélé au risque de dégradation du moteur.

De plus, lors de la réalisation du mélange essence SP-huile moteur, une agitation du jerrican est essentielle afin de mélanger les deux phases.

- Le stockage de l'essence alkyle peut se faire jusqu'à trois à cinq ans en raison de sa haute stabilité chimique. En comparaison, les mélanges essence sans plomb-huile moteur ne se conservent que quelques mois (51) du fait du procédé de fabrication différent : l'essence sans plomb est obtenue par procédé de craquage tandis que l'essence alkyle est un produit de distillation, plus stable. Ainsi, les dommages moteurs au redémarrage après une période de pause prolongée (trêve hivernale par exemple) sont limités (10).
- Le démarrage à froid est plus efficace, du fait d'un risque moindre d'oxydation dans le réservoir.

Sur le plan de la santé : nous verrons plus loin que les bûcherons utilisateurs de carburants alkylés interrogés lors de l'étude rapportent une diminution nette des effets irritatifs comparé aux essences sans plomb. Parmi ces effets, on notait essentiellement des symptômes ORL à type de gorge irritée, de nez sec, voire d'épistaxis, associés à une sécheresse et un inconfort oculaire.

Ces effets irritatifs seraient liés à une composition moins chargée en oxydes de soufre dans l'essence alkyle par rapport aux carburants sans plomb.

Et enfin, l'essence alkyle étant constitutivement moins chargée en benzène, l'avantage principal, qui intéresse et motive ce travail de recherche, concerne une exposition au benzène hypothétiquement moindre pour les utilisateurs de ce type de carburant versus les essences classiques sans plomb.

Inconvénients retenus

Le surcoût apporté par l'achat et la consommation d'essence alkylée par rapport au classique sans plomb apparaît comme le principal frein au changement de carburant. Ce constat a également été rapporté par les producteurs d'essence alkyle.

Une estimation du surcoût (52) avait été faite en 2009 à 3-4 francs suisses par heure (soit environ 2€50) pour les professionnels, et environ à 25 francs suisses (17€50) par an pour les tondeuses des particuliers.

Un changement de carburant doit respecter des mesures particulières, notamment en termes de réglages du moteur (10). En effet, la densité diffère entre ces deux carburants et nécessite un réglage fin du carburateur en cas de substitution. Néanmoins, les machines récentes semblent autoriser plus facilement le changement de carburant.

En outre, les dépôts de calamine accumulés dans le moteur et l'échappement ont une forte tendance à brûler lors d'un changement de carburant.

Notons d'ailleurs, qu'après échanges avec certains bûcherons, leur réticence à changer de carburant en faveur de l'essence alkyle viendrait d'une curieuse forme "d'addiction" aux odeurs de sans-plomb imprégnant les vêtements de travail.

Utilisation en Europe

La Suisse, où le cadre réglementaire semble plus avancé que dans les autres pays d'Europe, estimait ses émissions de benzène par les moteurs à essences à environ 1300 tonnes en 2015 (52).

Les autorités suisses avaient mené une campagne en faveur de l'utilisation de l'essence alkylée dans les moteurs 2T, soutenue par l'Office Fédéral de l'Environnement, la Ligue contre le Cancer, les Industries Stihl et Honda, l'Union Suisse du Métal, et les autorités cantonales pour la protection de l'air, à destination des professionnels mais également des particuliers pour l'entretien des espaces verts privés.

Dans un communiqué de décembre 2016 (53), l'Office Fédéral de Santé Publique suisse mettait en garde contre les risques liés à l'exposition cutanée ou accidentelle par ingestion d'essence, et recommandait sa substitution en faveur de l'essence alkylée, dont l'utilisation a triplé entre 2006 et 2009 (51).

Le règlement 2016/1628 du Parlement Européen et du Conseil du 14 septembre 2016 relatif aux exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers publié au Journal officiel de l'Union européenne (54), encourage

l'utilisation de "carburants alternatifs susceptibles d'émettre peu d'oxydes d'azote et de particules polluantes" et suggère une surveillance cyclique des mesures des "émissions effectives en service". Ainsi, la Belgique et la Suède rendent obligatoire l'utilisation de carburants alkyles lors de l'exploitation de certains secteurs sensibles sur le plan écologique (proximité d'un lac par exemple) dans les marchés publics.

En France en revanche, sur le plan réglementaire, les recommandations restent très limitées. Les producteurs d'essence alkyle contactés (ASPEN - société suédoise, leader du marché mondial sur la vente de carburants alkylés depuis 1988 - et Marline) rapportent une tendance à l'augmentation constante des ventes en France sur les dernières années, notamment sur le marché du paysagisme. Le principal frein semble être le surcoût de ce carburant plus raffiné, car beaucoup d'exploitants interviendraient sur des marchés publics à moindre coût.

L'INRS a produit en 2012 une fiche d'aide à la substitution pour les essences (55). Les alternatives conseillées sont, outre les carburants alkylés, les biocarburants issus de la filière végétale (éthanol, éthyltertiobutylether, ester méthylique d'huile végétale, ...), mais aussi lorsque c'est possible, les engins électroportatifs.

4.2. Description des métiers étudiés :

4.2.1. Le bûcheron

Le métier de bûcheron peut être accessible après un baccalauréat professionnel forêts, un brevet professionnel travaux forestiers, ou un CAP agricole travaux forestiers.

En termes de statuts, on retrouve essentiellement des exploitants et salariés d'entreprises de travaux forestiers, des bûcherons et sylviculteurs salariés de l'Office National des Forêts ou de communautés de communes (particularité de l'Alsace-Moselle), des bûcherons salariés de scieries. En dehors de ces catégories, certains professionnels peuvent intervenir sur des tâches de bûcheronnage : des exploitants agricoles (pour 20% de leur activité au maximum) et des entrepreneurs en entreprises unipersonnelles fournissant du bois de chauffage.

Il s'agit d'un métier de niche très majoritairement masculin, dévalorisé (rémunération faible, perception négative des usagers de la forêt), très dépendant de l'offre et de la demande, et avec une accidentologie très lourde en termes de fréquence et de gravité.

L'abattage représente une part importante des tâches habituelles du bûcheron. En plus d'être abattu, un arbre peut être écorcé, étêté, ou ébranché. Le bûcheron peut être amené à effectuer des tâches ne requérant pas nécessairement l'utilisation de la tronçonneuse thermique, à savoir le cubage, le débardage avant chargement du camion-grumier, le débitage de troncs, sans oublier l'entretien du matériel ou l'encadrement d'une équipe.

Pour procéder à l'abattage d'un arbre, le bûcheron doit dans un premier temps repérer l'arbre concerné, marqué au préalable au marteau ou à la peinture.



Figure n°7 : Marquage d'un arbre par un technicien forestier territorial de l'ONF (Crédit photo : MSA).

Le bûcheron détermine la direction dans laquelle il veut faire tomber l'arbre puis en déduit un chemin de retraite sans obstacle et une zone de repli pour sa propre sécurité.

Il doit ensuite effectuer un écorçage grossier de la base du tronc, puis réaliser l'entaille de direction (56), du côté prévu de la chute de l'arbre : pour ce faire, une première incision horizontale basse (plancher de l'entaille) est faite jusqu'au quart de l'épaisseur du tronc, puis une seconde (plafond de l'entaille), inclinée à environ 45° et amputant la base du tronc d'un « coin ». A l'opposé de cette entaille, le bûcheron réalise une nouvelle incision horizontale, le « trait d'abattage », dans lequel il viendra éventuellement appliquer un levier d'abattage pour amorcer la chute de l'arbre, avant de se replier en contrôlant visuellement la chute et en l'annonçant par un cri d'alerte. Certains arbres sont plus délicats à abattre : arbres jumelés, cassés ou courbés, déracinés ou encroués, creux ou pourris, de gros diamètre, déséquilibrés ou penchés et dont la direction de chute doit être contrariée, ce qui nécessite la mise en oeuvre de

moyens techniques plus complexes (treuil ou tracteur de débardage, coins d'abattage, traits d'abattage multiples, mortaise,...). Ces techniques imposent des postures plus contraignantes et un effort physique plus important.

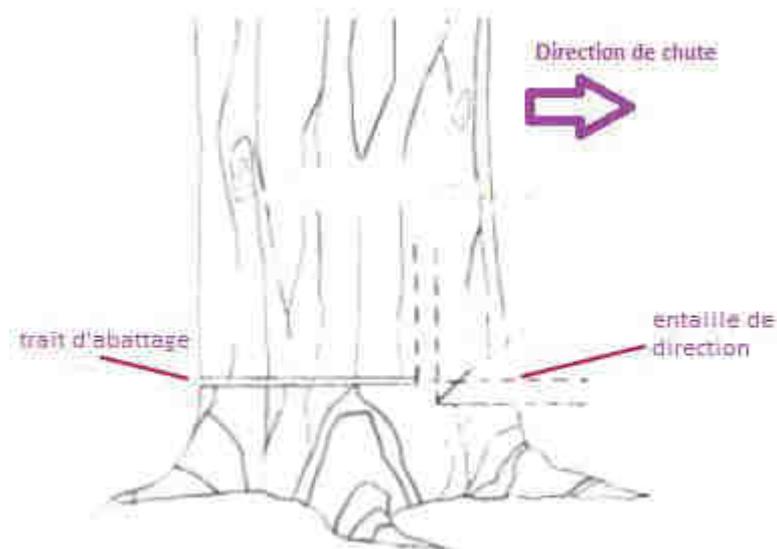


Figure n°8 : Schéma d'un tronc pendant l'abattage (56)



Figure n°9 : Entaille de direction (57)

Une fois l'arbre à terre, le bûcheron viendra élaguer l'ensemble des branches, en s'aidant d'un tournebille, d'une sapie ou d'un crochet de manutention pour retourner mécaniquement ou déplacer la grume.



Figure n°9 : Ébranchage au sol (58) et utilisation du tournebille (56)

Durant la phase d'abattage concentrée sur la base du tronc, des contraintes posturales sont souvent imposées au bûcheron, accroupi et/ou le tronc penché en avant ou en torsion, ce qui diminue la distance entre les voies respiratoires de l'opérateur et le pot d'échappement de la tronçonneuse. Cette tâche génère également une contrainte physique et une activité respiratoire plus intenses.



Figure n°10 : Contraintes posturales déjà importantes en terrain plat (56)

En revanche, lors de l'élagage qui est réalisé majoritairement en position debout, la distance entre pot d'échappement et voies respiratoires est plus importante et l'activité respiratoire moins intense.

Risques professionnels auxquels peuvent être exposés les bûcherons lors de travaux sur des chantiers forestiers :

Risques physiques :

- Risque d'accident lié à la chute d'arbres, et de branches lors des activités d'élagage, avec parfois rebond ou entraînement inattendu de troncs de bois pourri dans la chute de l'arbre visé. Un ensevelissement peut survenir en cas de travaux en pente par exemple si le travailleur se place en aval du tronc, ou lors de la chute inopinée de bois mort ou de bris de cime.

Lors des visites médicales, les bûcherons précisent qu'ils ont pour habitude de contrôler visuellement le niveau de remplissage de leur réservoir (réservoir transparent ou ouverture du bouchon) avant d'entamer l'abattage d'un nouvel arbre, voire de remplir leur réservoir systématiquement afin d'éviter un arrêt inopiné du moteur en pleine phase d'abattage.

- Risque de blessure en lien avec la manipulation de machines et d'outils dangereux (tronçonneuses et meule d'affûtage, haches, masses et merlins) et de contact avec les végétaux (coupure, éraflure, écharde). L'effet de rebond de la chaîne est un phénomène dangereux, limité par le développement de dispositifs anti-rebond sur les machines par les constructeurs.
- Risque de chute car travaux souvent en terrain accidenté ou en pente, souvent encombré de branches, troncs, buissons, broussailles, rochers, pommes de pin, voire parfois glissant en cas de pluie (feuilles humides, mousse).
- Risque de blessures du fait de contraintes posturales extrêmes et de manutention manuelle de charges (outillage, jerricans d'essence et d'huile, branches, grumes, ...) : la plupart des tronçonneuses pèsent entre 4 et 9kg et sont maintenues d'un côté du bassin, induisant une posture du tronc asymétrique. Certains jerricans à double compartiment permettent de transporter simultanément l'essence et l'huile moteur, avec deux goulots distincts :



Figure n°11 : Bidon mixte à clapet anti-débordement (56)

Ces jerricans doubles sont remplis par les bûcherons à leur camionnette puis transportés en forêt.



Figure n°12 : Ceinture porte-accessoires (limes, clés diverses, tournevis, crochet de retournement, mètre dérouleur, ...)(56)

- Risque lié aux vibrations transmises dans le système main-bras (syndrome de Raynaud), moindre du fait de l'évolution technique des outils et de l'introduction des poignées antivibratiles.



Figure n°13 : Poignée anti-vibratile isolée du bloc moteur par des blocs de caoutchouc (56)

- Ambiances thermiques extrêmes liées aux conditions météorologiques des travaux en milieu extérieur exposant aux intempéries (chaleur, froid, neige, vent, pluie, neige).
- Risque lié à l'exposition à une ambiance bruyante (une centaine de décibels selon les tronçonneuses, parfois aggravation par une co-activité à plusieurs machines sur une même parcelle) et à des vibrations transmises au rachis lors de l'utilisation ou la conduite d'engins forestiers.
- Risque de chute de hauteur en cas de grimpe.
- Risque électrique du fait de la potentielle présence de lignes électriques aériennes sur la parcelle.
- Risque de brûlure par contact avec la scie à chaîne ou le pot d'échappement.
- Risque routier lié à la conduite d'engins forestiers, de tracteurs de débardage, et aux déplacements domicile-chantier, avec parfois des chantiers multiples.
- Risque lié à l'exposition aux poussières de bois (cancer de l'ethmoïde)
- Risque de cancer cutané (exposition aux UV en extérieur).

Risques biologiques :

- Risque de zoonoses par morsures de tiques (borréliose, encéphalite à tiques...) ou de mammifères, hantavirose, leptospirose, ou en cas de contact avec des animaux morts ou leurs excréments (échinococcose, rage,...)
- Risque infectieux par infection d'un site de blessure par écharde, ou contraction du tétanos notamment chez les salariés ayant une couverture vaccinale insuffisante.
- Risque allergique en cas de contact avec des hyménoptères (guêpes, frelons, abeilles) ou des chenilles processionnaires, ou des pollens.

Risques chimiques :

- Exposition aux fumées de gaz d'échappement des tronçonneuses, probablement majorée lors de tâches pénibles telles que celles des bûcherons, du fait d'une hyperventilation liée à l'effort physique important et augmentant la fréquence respiratoire et la charge cardiovasculaire.

Remarque : en définissant le taux d'HbCO comme déterminant de l'exposition professionnelle aux fumées d'échappement des tronçonneuses chez 7 bûcherons, J. Büniger et ses collègues ont identifié (59), en 1997, des conditions de travail et des tâches particulièrement exposantes : le remplissage des réservoirs, la position penchée ou accroupie, le débitage de sommets épais de conifères, un vent de faible vitesse (diminuant la dispersion des fumées d'échappement), et le travail en forêts épaisses, les chantiers étant alors assimilés à un travail en milieu quasi-confiné.

- Exposition à l'essence liquide lors de remplissages du réservoir ou du jerrican, ou de tâches d'entretien du matériel
- Exposition aux huiles moteur ou de chaîne, ou à des solvants de nettoyage lors de la petite maintenance de l'engin.

Risques psycho-sociaux :

- Nécessité d'une bonne organisation logistique, notamment pour les déplacements sur les différents chantiers parfois éloignés, et en lien avec la co-activité avec d'autres intervenants sur le chantier (débardeurs, ...)
- Adaptation nécessaire aux contraintes saisonnières (pause estivale pour la pousse des jeunes arbres) et liées aux intempéries
- Risque de stress en cas de rendement imposé ou de deadlines (travail dans l'urgence pour respecter les engagements)
- Vigilance constante, respect des règles de sécurité du fait du risque élevé d'accident grave ou mortel
- Absence de voies de "garage" en cas d'inaptitude dans le secteur privé
- Travail isolé.

Equipements de protection individuels :

De ces risques potentiels découlent les équipements de protection individuels dont doit être équipé classiquement le bûcheron :

- casque de sécurité pour travaux forestiers, avec casque antibruit et visière grillagée intégrés :



Figure n°14 : casque de bûcheron (60)

- veste haute visibilité avec manchettes anti-coupures
- gants anti-coupures et anti-perforations, renforcés au niveau de la prise de poignée pour amortir les vibrations
- pantalon anti-coupure spécial pour l'utilisation de scies à chaîne tenues à la main répondant aux normes AFNOR NF EN 381.

Le pictogramme “tronçonneuse” doit être apposé sur le vêtement, le type de classe reflète la protection en fonction de la vitesse de rotation de la chaîne.

- chaussures de sécurité montantes pour la protection des chevilles avec doublure de protection anti-coupure surmontées du même pictogramme “tronçonneuse” :



Figure n°15 : Marquage de conformité CE, pictogramme et niveau de performance (56)

Tableaux de maladies professionnelles pouvant concerner les bûcherons :

- *Au titre du Régime Général :*

T36 : Affections provoquées par les huiles et graisses d'origine minérale ou de synthèse

T42 : Atteinte auditive provoquée par les bruits lésionnels

T47 : Affections professionnelles provoquées par les bois

T57 : Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail

T97 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par les vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier

T98 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes

- *Au titre du Régime Agricole :*

T1 : Tétanos professionnel

T5bis : Maladie de Lyme

T25 : Affections provoquées par les huiles et graisses d'origine minérale ou de synthèse

T36 : Affections professionnelles provoquées par les bois

T39 : Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail

T45 : Affections respiratoires professionnelles de mécanisme allergique

T46 : Affections professionnelles provoquées par les bruits

T53 : Lésions chroniques du ménisque

T57 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier

T57bis : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle habituelle de charges lourdes

4.2.2. Le paysagiste

Les ouvriers paysagistes effectuent des travaux de création et/ou d'entretien d'espaces verts.

La création concerne par exemple le terrassement d'une zone, la plantation d'éléments végétaux ou la disposition d'éléments minéraux. Ces missions ne sont pas intéressées par la présente étude.

L'entretien comporte des tâches variées, telles que le débroussaillage (mécanique, manuel ou chimique), l'élagage ou le tronçonnage, la taille de haies, le soufflage de feuilles, ou la tonte.



*Figure n°16 : Débroussaillage thermique (61) et
taille-haie électrique (62)*

Notons que le recours aux engins électro-portatifs est déjà plus développé chez ces professionnels que chez les bûcherons.

Les risques professionnels auxquels peuvent être exposés les ouvriers paysagistes sont d'ordre :

- Physique : intempéries et exposition aux UV, chutes de hauteur ou d'échelle lors de la taille de haies ou l'élagage, bruit des engins, vibrations transmises au corps entier ou au système main-bras, risque de blessure accidentelle par l'utilisation d'engins dangereux et la manutention manuelle de charges ;
- Biologique au même titre que les bûcherons ;
- Chimique également, en ajoutant l'exposition potentielle aux produits phytosanitaires ;
- Organisationnel : stress de la validation du chantier par le client, vigilance et respect des règles de sécurité, adaptation aux intempéries, travail isolé (dans une moindre mesure).

Equipements de Protection Individuels :

Les paysagistes disposent du même type de casque avec protection antibruit intégrée que les bûcherons, avec des visières amovibles pouvant être ôtées pour certaines tâches. Ils sont équipés de gants, parfois de vêtements haute visibilité ou de pantalons anti-coupures. Le port des EPI dans cette profession est, contrairement aux bûcherons, variable selon les tâches effectuées voire la taille de l'entreprise ou du chantier.

Tableaux de maladies professionnelles pouvant concerner les ouvriers paysagistes :

- *Au titre du Régime Général :*

T36 : Affections provoquées par les huiles et graisses d'origine minérale ou de synthèse

T42 : Atteinte auditive provoquée par les bruits lésionnels

T57 : Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail

T97 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par les vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier

T98 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes

- *Au titre du Régime Agricole :*

T5bis : Maladie de Lyme

T25 : Affections provoquées par les huiles et graisses d'origine minérale ou de synthèse

T39 : Affections périarticulaires provoquées par certains gestes et postures de travail

T45 : Affections respiratoires professionnelles de mécanisme allergique

T46 : Affections professionnelles provoquées par les bruits

T53 : Lésions chroniques du ménisque

T57 : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par des vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier

T57bis : Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle habituelle de charges lourdes

4.3. Justification du choix de marqueur : le benzène urinaire

La biométrie intègre toutes les voies de pénétration de la substance étudiée (63), ainsi que toutes les sources d'exposition, sans les différencier (environnementale, professionnelle, alimentaire, liée aux loisirs ou au tabagisme actif ou passif). En outre, les biomarqueurs sont le

reflet de l'exposition réelle, car ils intègrent également les Equipements de Protection Individuelle (EPI).

Dans le cadre de cette étude, l'utilisation d'un biomarqueur à demi-vie courte était cohérente, afin d'estimer l'exposition récente au benzène.

Différents biomarqueurs, sanguins ou urinaires, sont à disposition afin d'évaluer l'exposition, professionnelle ou non, au benzène :

- *Acide trans-trans-muconique (t-t-MA)* : ce marqueur, dosé dans le sang en fin de poste, présente une bonne corrélation avec la concentration atmosphérique en benzène (35), mais son interprétation est fortement influencée par le régime alimentaire. En effet, le sorbitol et l'acide sorbique utilisés comme additifs dans certains conservateurs en industrie alimentaire, pharmaceutique et cosmétique, se métabolisent également en t-t-MA. De ce fait, la sensibilité et la spécificité de ce marqueur sont insuffisantes pour les expositions faibles, en deçà de 0,1ppm, malgré des facilités techniques de dosage.
Son utilisation pour l'évaluation de l'exposition au benzène ne semble pas recommandée en fin de poste où les activités exposent à une concentration inférieure à 0,1ppm (7,35,64).
A noter que le tabagisme influence également l'excrétion urinaire d'acide trans-trans-muconique (33).
- *Acide S-phénylmercapturique (SPMA)* : bon indicateur quel que soit le niveau d'exposition, ce biomarqueur dosé dans les urines est également issu du métabolisme du benzène. En revanche, on note une possible sous-estimation de l'exposition au benzène en cas de co-exposition au toluène, car ce solvant inhibe le métabolisme du benzène en SPMA.
- *Le benzène urinaire* est un bon indicateur de l'exposition au benzène quelle que soit son importance, à condition de tenir compte de différents facteurs pouvant biaiser l'analyse :
 - une demi-vie d'élimination courte, avec nécessité de conservation à température basse (moins de 4°C)
 - une tendance à être facilement volatile et contaminé, nécessitant des consignes strictes pour le recueil, qui seront détaillées dans la section « méthodologie »

- une influence marquée par le tabagisme (65) ; en effet, une cigarette contient environ 15µg de benzène.

Au total, le SPMA et le benzène urinaire semblent être de bons indicateurs pour une exposition au benzène, même faible, avec une bonne corrélation entre les valeurs biométriologiques et l'exposition professionnelle réelle.

Le tabac reste le facteur confondant principal pour ces deux marqueurs.

Remarque : La modélisation toxicocinétique permet de prédire les voies d'exposition principales au produit en fonction du profil excrétoire urinaire au cours d'une journée de travail au moyen d'un journal des tâches, puis d'en déduire les mesures de prévention les plus adaptées (66). Cette technique n'a pas sa place dans cette étude car elle nécessite des mesures en continu.

4.4. Déroulement pratique de l'étude

4.4.1. Recrutement

Le recrutement des candidats à l'étude a été piloté par l'équipe de conseillers en prévention de la CAAA Grand Est. La sensibilisation et le recrutement se sont faits au travers de réunions d'informations, puis de la diffusion d'un courrier à l'ONF, aux entreprises de travaux forestiers, et aux communes du Bas-Rhin, du Haut-Rhin et de la Moselle.

Ce courrier (annexe 1) exposait le contexte de l'étude et proposait aux bûcherons non-fumeurs volontaires d'y participer en précisant les modalités des analyses.

Il était accompagné d'un coupon-réponse court recueillant les coordonnées du candidat et de l'entreprise concernée, son statut fumeur / non-fumeur et le type de bois habituellement rencontré sur les chantiers (résineux ou feuillus).

Dans un second temps, au vu des faibles effectifs de candidats, une procédure de recrutement par téléphone avait été engagée par le même groupe de travail de la CAAA, en élargissant les populations cibles aux travailleurs des espaces verts utilisant des débroussailleuses thermiques fonctionnant à l'essence alkyle. L'intégration de candidats fumeurs a été également discutée puis validée, dans un but d'objectiver l'influence importante du tabac sur l'excrétion de benzène dans les urines sous forme métabolisée ou non, hypothèse déjà exposée dans la littérature (31,33,64,65).

4.4.2. Rédaction d'une fiche de consignes

La fiche de consignes destinée aux candidats (annexe 2) a été rédigée sur la base des bonnes pratiques de prélèvement urinaire, transmises par le laboratoire d'analyses biologiques.

Les sujets avaient pour instruction de ne pas faire de bûcheronnage ni le plein de leur véhicule le weekend précédent le lundi des prélèvements, ceci dans le but d'écartier une potentielle contamination des échantillons par une exposition antérieure au benzène des carburants puisque le benzène est éliminé en partie dans les urines sur une période pouvant aller de 24 à 36h (16).

Le prélèvement du matin devait se faire en tenue civile : après avoir pratiqué une hygiène des mains le candidat devait uriner dans le flacon en polypropylène non stérile (nécessaire pour la mesure quantitative de créatinine urinaire et la détermination de la fonction rénale), puis transvaser immédiatement une partie de l'échantillon dans le flacon en verre dédié à l'analyse du benzène urinaire afin de le remplir à ras bord. Les deux flacons devaient être rebouchés soigneusement avant d'être étiquetés puis placés au réfrigérateur.

Le soir, le candidat devait ôter sa tenue de travail et se laver les mains avant d'effectuer la même démarche et de remplir la fiche de recueil des conditions de travail du jour.

4.4.3. Rédaction d'une fiche de recueil des conditions de travail le jour de prélèvement

Plusieurs éléments ont été recueillis en parallèle sur cette fiche, afin d'objectiver une éventuelle influence et pouvoir interpréter les résultats d'analyse (annexe 3) :

- L'horaire des prélèvements, de prise et de fin de poste
- L'éventuelle consommation tabagique avant le prélèvement du matin et entre les deux prélèvements
- Le type de bois prédominant sur le chantier
- Les conditions météorologiques : pluie, brouillard, temps clair, ou neige
- La présence de vent, léger ou fort
- La température moyenne de la journée (l'objectif était de recueillir des échantillons prélevés dans des conditions climatiques et de température similaires afin d'éviter des biais de conservation)
- Le port d'une tenue de travail propre ou déjà utilisée depuis plusieurs jours
- Le port d'un masque respiratoire éventuel

- La quotité horaire d'utilisation de l'engin thermique
- La nature du carburant (essence sans plomb ou essence alkylée) et la quantité approximative utilisée
- Le nombre de remplissages du réservoir de l'engin

4.4.4. Préparation des lots de matériel



Figure n°17 : Réception du matériel envoyé par le laboratoire.

Le matériel a été organisé en lots à distribuer aux bûcherons, chaque lot comportant :

- Une fiche de consignes (cf annexe)
- Un sachet identifié "MATIN" :
 - flacon en polypropylène non stérile pour le recueil d'urines avant la prise de poste



Figure n°18 : Préparation des flacons et sachets.

- un flacon en verre ambré de 15mL pour y transvaser une partie des urines à partir du flacon plastique
- deux étiquettes numérotées à compléter (NOM / Prénom et date de naissance) et à coller sur les flacons



Figure n°19 : Etiquetage.

- une fiche de prélèvement avant prise de poste, numérotée, à compléter avec l'identité du candidat (cf annexe)

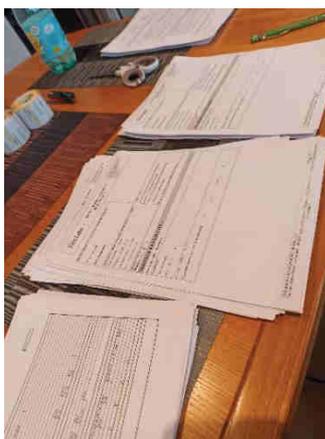


Figure n°20 : Différentes fiches annexées.

- *Un sachet identifié "SOIR" :*

- flacon en polypropylène non stérile pour le recueil d'urines après la journée de travail
- un flacon en verre ambré de 15mL pour y transvaser une partie des urines à partir du flacon plastique
- deux étiquettes numérotées à compléter (NOM / Prénom et date de naissance) et à coller sur les flacons

- une fiche de prélèvement de fin de poste, numérotée, à compléter avec l'identité du candidat
- *Une fiche de recueil des conditions de prélèvements (cf annexe)*



Figure n°21 : Un "lot" complet destiné à un candidat.

4.4.5. Organisation de la campagne de prélèvements par secteurs

En février 2020, après réception du matériel commandé au laboratoire (flacons plastiques et en verre, et boîtes isothermes accompagnées chacune de deux pains de glace), la campagne de prélèvements a pu être organisée, avec attribution de secteurs géographiques aux différents acteurs de la campagne.

Au total, cinq personnes ont pu être mobilisées sur l'Alsace-Moselle pour les déplacements sur le terrain. Chacun disposait d'une liste de candidats à l'étude, qu'il devait contacter pour organiser le dépôt du matériel de prélèvement le vendredi et sa récupération le lundi suivant, en rappelant individuellement le contexte de l'étude et les détails logistiques.



Figure n°22 : Répartition des lots par "distributeur".

4.4.6. Dépôt et récupération du matériel de prélèvement, puis envoi au laboratoire

Une première campagne de prélèvements a été planifiée pour le lundi 2 mars 2020. Les lots de matériel ont été distribués aux candidats le vendredi 28 février 2020, puis récupérés la soirée du lundi 2 mars et placés au réfrigérateur.



Figure n°23 : Acheminement des lots au domicile des candidats

Le mercredi matin suivant la récupération des lots d'échantillons, ceux-ci ont dû se soumettre à une étape de vérification ultime du bon remplissage des flacons. Les fiches de prélèvement biologique ont été complétées après analyse de la bonne conformité des renseignements inscrits et de la numérotation des flacons.

Malgré la présence ponctuelle de flacons plastiques vides, tous les lots ont été envoyés en boîtes isothermes au laboratoire et réceptionnés l'après-midi même par les techniciens.

Remarque : à noter qu'une deuxième vague de prélèvements était prévue pour le lundi 16 mars 2020, soit deux semaines plus tard pour les prélèvements du reste des candidats.

Le matériel a été distribué le vendredi 13 mars 2020 mais l'analyse a dû être annulée en raison du premier confinement lié à la crise Covid-19, du fait de l'impossibilité d'acheminer les échantillons au laboratoire dans le temps imparti.

5. RESULTATS

5.1. Analyse qualitative de la population étudiée et des conditions de recueil

5.1.1. Effectifs

Au total pour la première et unique vague de prélèvements, 26 candidats ont pu être recrutés.

Tous étaient des hommes, représentatif de ce secteur professionnel globalement masculin, surtout pour les bûcherons.

En effet, sur la population de 503 bûcherons et 1705 paysagistes suivis à la MSA Alsace, les femmes représentent respectivement 1% (N=5) et 4.6% (N=79) des salariés.

5.1.2. Age

La population étudiée regroupait des hommes âgés de 17 à 66 ans, pour une moyenne d'âge de 41 ans, tous métiers confondus. La classe d'âge la plus représentée était celle des 25-29 ans (6 personnes, soit 23% de l'effectif total retenu), les moins représentées concernaient les 20-24 ans, les 35-39 ans, 40-44 ans, 45-49 ans et 65-69 ans (1 personne dans chaque classe d'âge, soit 4% de l'effectif).

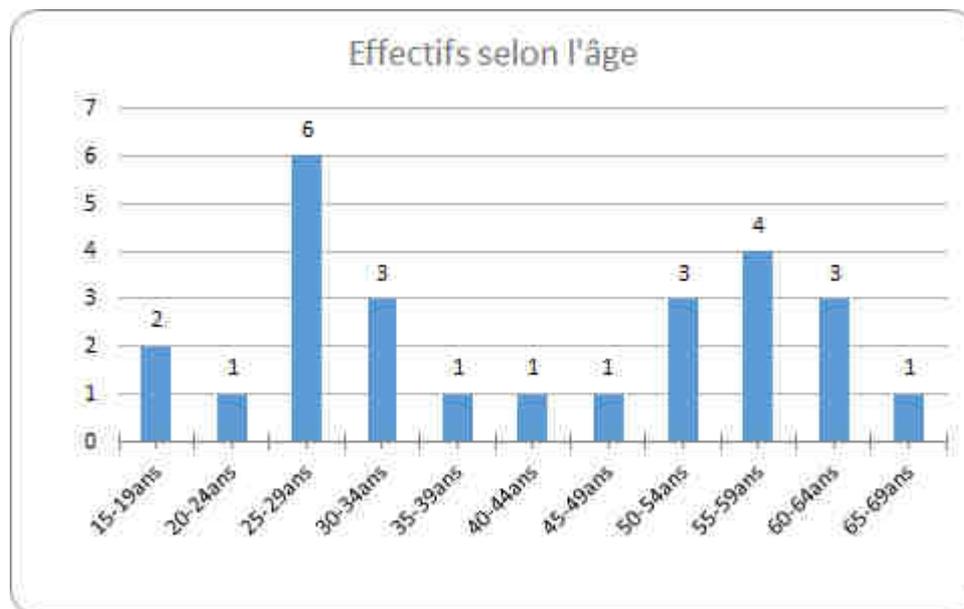
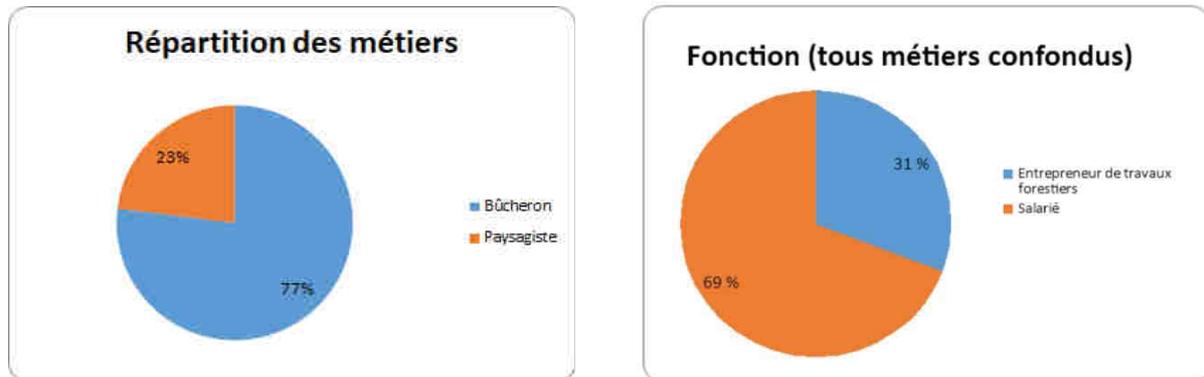


Figure n°24 : Répartition des effectifs selon leur âge.

5.1.3. Métier et fonction

Sur le plan de la profession, 20 (77% de l'effectif) étaient bûcherons et 6 (23%) étaient paysagistes et utilisaient une débroussailleuse lors de l'étude.

Tous les paysagistes occupaient une position de salarié, tandis que 8 (40%) des bûcherons avaient le rôle d'entrepreneurs de travaux forestiers.



Figures n^{os} 25 et 26 : Répartition des effectifs selon le métier, et selon la fonction.

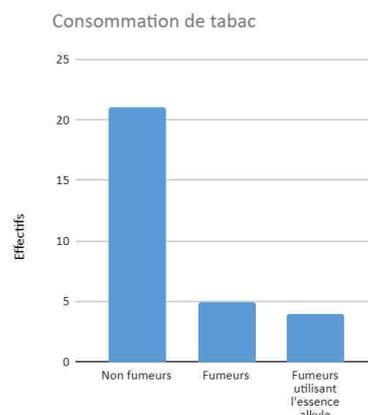
5.1.4. Consommation tabagique

21 (81%) candidats étaient non-fumeurs.

Parmi les 5 (19%) fumeurs :

- 3 (60%) étaient des paysagistes utilisant l'essence alkyle dans leur débroussailluse
- 2 (40%) étaient bûcherons mais un seul utilisait l'essence alkyle pour sa tronçonneuse.
- 3 (60%) avaient consommé moins de cinq cigarettes avant leur prélèvement avant prise de poste
- 1 (20%) avait consommé entre 5 et 10 cigarettes avant le prélèvement du matin
- 1 (20%) avait consommé entre 10 et 20 cigarettes avant le premier prélèvement
- Parmi les 3 candidats ayant consommé moins de 5 cigarettes avant le premier prélèvement, 2 ont déclaré en avoir fumé entre 5 et 10 entre les deux prélèvements (les autres fumeurs ont eu une consommation plus importante à savoir entre 10 et 20 cigarettes).

Figure n^o 27 : Répartition des effectifs selon le statut tabagique.



5.1.5. Carburant utilisé

Tous métiers confondus, une bonne répartition de l'utilisation de carburant est observée, puisque 14 (54%) travailleurs ont déclaré utiliser de l'essence sans plomb, contre 12 (46%) pour l'essence alkylée.

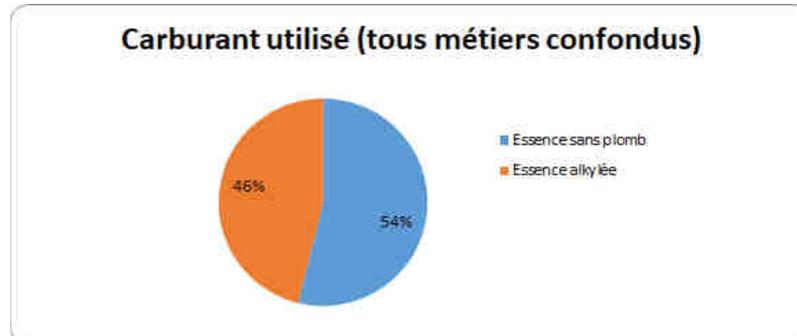


Figure n°28 : Proportions respectives d'utilisateurs d'essence alkylée vs essence sans-plomb.

Les travailleurs interrogés en visite médicale et au cours de l'étude décrivaient une diminution des symptômes ORL lorsqu'ils choisissaient de passer à l'essence alkyle. Il s'agissait essentiellement de gorge irritée, de nez sec, voire d'épistaxis, associés à une sécheresse et un inconfort oculaire.

5.1.6. Utilisation de l'engin thermique

En ce qui concerne la durée d'utilisation de la tronçonneuse ou de la débroussailleuse :

Les tronçonneuses sont utilisées sur des durées journalières globalement plus longues que les débroussailleuses : en effet, 7 (35%) bûcherons ont déclaré avoir utilisé leur outil entre 6 et 8h par jour, 5 (25%) entre 4 et 6h, 6 (30%) entre 2 et 4h, et enfin 2 (10%) l'ont utilisé moins de 2h.

Parmi les paysagistes, 2 (33%) ont déclaré avoir utilisé leur débroussailleuse entre 4 et 6h, et 4 (66%) entre 2 et 4h.

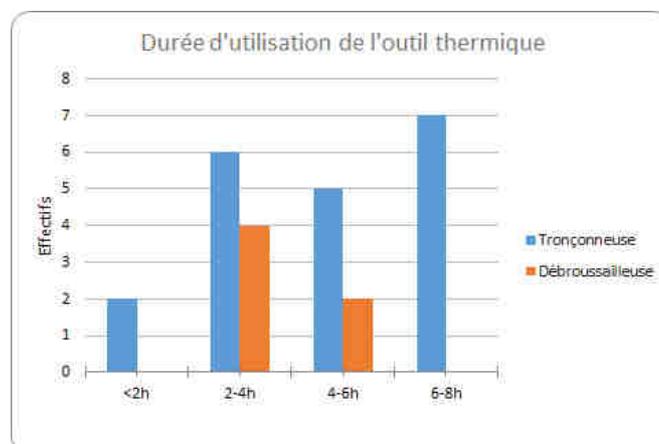


Figure n°29 : Durée d'utilisation de l'engin thermique : tronçonneuse vs débroussailleuse.

5.1.7. Conditions météorologiques

- Sur le plan de la température sur la journée de travail, 4 (15%) des candidats étaient exposés à une température moyenne de 4°C, 13 (50%) ont travaillé à 5°C, 5 (19%) à 7°C, 2 (8%) à 8°C, et 2 (8%) à 10°C.

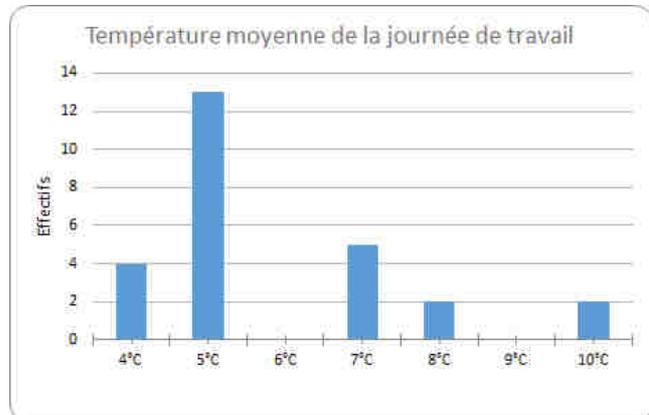


Figure n°30 : Répartition de la température moyenne la journée des prélèvements.

- La météo du jour était pluvieuse, pour tous les travailleurs. De plus, 2 (8%) participants ont décrit également du brouillard, et 1 (4%) des chutes de neige.

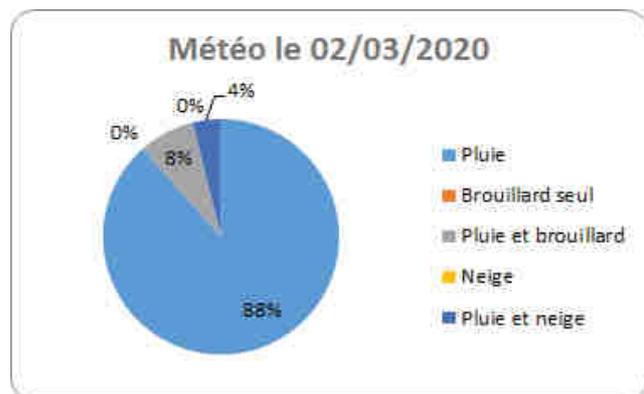


Figure n°31 : Météo prédominante le jour des prélèvements.

- Concernant la présence de vent, la plupart (18, soit 69%) des travailleurs ont décrit un vent léger, les 8 autres (31%) n'ont pas constaté de vent lors de leur journée de travail. Aucun n'a signalé de vent fort.

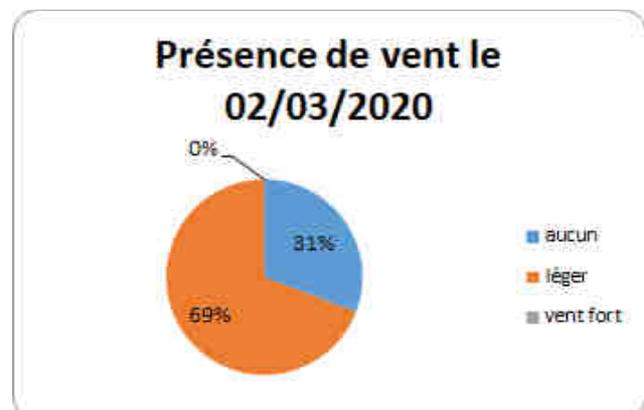


Figure n°32 : Présence ou non de vent le jour des prélèvements.

5.2. Résultats des prélèvements

Candidat	Carburant : Sans-Plomb/ Alkyle	Fumeur/Non Fumeur	Début poste/Fin poste	Créatinine urinaire (g/L)	Benzène urinaire (ng/L)	Benzène urinaire (ng/g de créatinine)	Benzène urinaire après précision des valeurs < 50 ng/L (ng/L)	Benzène urinaire après précision des valeurs < 50 ng/L (ng/g de créatinine)
1	SP	NF	DP	1,88	148	78,7	148	78,7
			FP	0,96	< 50,0	< 52,1	49	51
2	SP	NF	DP	0,48	102	213	102	213
			FP	0,32	< 50,0	< 156	12	37
3	A	NF	DP	1,78	73,3	41,2	73,3	41,2
			FP	2,09	< 50,0	< 25,9	33	18
4	SP	NF	DP	1,3	< 50,0	< 38,5	41	31
			FP	1,08	191	177	191	177
5	SP	NF	DP	1,86	109	58,6	109	58,6
			FP	0,98	50,6	51,6	50,6	51,6
6	A	NF	DP	2,03	61,3	30,2	61,3	30,2
			FP	0,52	< 50,0	< 96,2	18	35
7	SP	NF	DP	1,84	< 50,0	< 27,2	41	23
			FP	0,52	< 50,0	< 96,2	< 25	48
8	SP	F	DP	1,63	1312	805	1312	805
			FP	1,43	2103	1471	2103	1471
9	A	F	DP	3,74	623	167	623	167
			FP	1,24	297	240	297	240
10	SP	NF	DP	1,57	< 50,0	< 31,8	42	27
			FP	1,79	338	189	338	189
11	SP	NF	DP	1,1	83,3	75,7	83,3	75,7
			FP	1,18	63,9	54,2	63,9	54,2
12	A	F	DP	2,21	6531	2955	6531	2955
			FP	2,91	7953	2733	7953	2733
13	A	NF	DP	0,82	60,1	73,3	60,1	73,3
			FP	0,41	< 50,0	< 122	29	71
14	A	NF	DP	1,55	79,8	51,5	79,8	51,5
			FP	2,65	126	47,5	126	47,5
15	SP	NF	DP	2,03	145	71,4	145	71,4
			FP	1,37	112	81,8	112	81,8
16	SP	NF	DP	1,49	73,6	49,4	73,6	49,4
			FP	1,89	344	182	344	182
17	A	NF	DP	1,94	105	54,1	105	54,1
			FP	0,6	< 50,0	< 83,3	< 10	< 60
18	A	NF	DP	1,83	< 50,0	< 27,3	24	13
			FP	1,39	< 50,0	< 36,0	22	16
19	A	F	DP	2,02	2359	1168	2359	1168
			FP	1,09	290	266	290	266
20	SP	NF	DP	1,41	< 50,0	< 35,5	48	34
			FP	0,41	< 50,0	< 122	18	44
21	A	NF	DP	1,69	64,6	38,2	64,6	38,2
			FP	0,31	< 50,0	< 161	39	126
22	A	NF	DP	2,47	< 50,0	< 20,2	24	10
			FP	1,42	< 50,0	< 35,2	24	17
23	SP	NF	DP	0,78	72,2	92,6	72,2	92,6
			FP	0,95	122	128	122	128
24	A	F	DP	2,22	244	110	244	110
			FP	0,68	152	224	152	224
25	SP	NF	DP	1,89	61,3	32,4	61,3	32,4
			FP	0,92	196	213	196	213
26	SP	NF	DP	1,92	< 50,0	< 26,0	37	19
			FP	0,62	< 50,0	< 80,6	15	24

Tableau n°4 : Résultats des analyses du benzène urinaire (valeurs brutes, rapportées à la créatinine, et après précision des valeurs inférieures au seuil de détection de l'automate, en rouge) chez les 26 professionnels, en début (DP) et fin (FP) de poste, carburant utilisé (Sans-Plomb=SP, Alkyle=A), et statut tabagique (Fumeur=F, Non-Fumeur=NF).

Un nombre important de valeurs de benzène urinaire transmises par le laboratoire après analyse apparaissait comme inférieur à une valeur seuil de détection (concentration urinaire en benzène inférieure à 50 ng/L d'urine, en rouge dans le Tableau n°4). En effet, afin de tenir compte de la fonction rénale, l'analyse des résultats a porté sur des valeurs de benzénurie converties de ng/L d'urine en ng/gramme de créatinine. Ceci a été rendu possible par l'envoi des flacons en polypropylène secs, destinés au dosage de la créatinine urinaire des candidats et permettant une estimation de leur fonction rénale. Cependant, sur les urines les plus diluées (créatinine urinaire < 0,5 g/L), nous étions confrontés à une imprécision importante puisque le benzène urinaire était exprimé comme inférieur à 100 ng/g de créatinine. Par exemple, le candidat n°21 présentait une créatinine urinaire de fin de poste à 0,31 g/L, le benzène urinaire rapporté à la fonction rénale était donc estimé inférieur à 161 ng/g de créatinine.

Il a donc été demandé à la responsable du laboratoire de nous indiquer une valeur chiffrée approximative en remplacement, pour diminuer l'imprécision de ces valeurs et en faciliter l'analyse statistique.

Néanmoins, cette nouvelle estimation de ces concentrations majorait l'incertitude sur les valeurs les plus basses (inférieures à 25 ng/L).

Trois sujets ont été exclus de l'analyse statistique du fait de l'observation de valeurs aberrantes pour les dosages de benzène urinaire, à savoir une diminution de la concentration urinaire de benzène entre les dosages du matin et du soir de 176 ng/g (candidat n°2), 222 ng/g (candidat n°12) et 902 ng/g (candidat n°19).

5.3. Analyses statistiques inférentielles

Le critère de jugement principal, à savoir le taux de benzène urinaire rapporté à la concentration urinaire en créatinine afin de tenir compte de la fonction rénale, a été modélisé à l'aide d'un modèle de régression linéaire multivarié mixte. Un ajustement a été réalisé sur la consommation tabagique. Un effet aléatoire a été défini par sujet pour tenir compte d'une mesure répétée du benzène urinaire chez un même sujet. Le risque alpha a été fixé à 5%.

Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 4.0.2 et des paquets lme4 et lmerTest.

Variable	Coefficient de régression (ng/g de créatinine)	Ecart-type	Valeur de test	p value
<i>Intercept</i>	-8,11	59,56	-0,14	0,893
Essence sans-plomb	89,56	74,03	1,21	0,237
Journée de travail	-36,21	43,46	-0,83	0,415
Consommation tabagique	338,92	107,77	3,15	0,004
Interaction essence x journée	115,81	52,13	2,22	0,039
Interaction tabac x journée	281,94	72,89	3,87	0,001

Tableau n°5 : Régression linéaire multivariée pour évaluation de l'évolution de la concentration urinaire de benzène au cours d'une journée de travail en fonction du type d'essence utilisée, avec ajustement sur la consommation tabagique.

Ce modèle permet de formuler une équation théorique, modélisant l'augmentation supposée de la valeur de la benzénurie en ng/g de créatinine, en fonction des variables étudiées : le type de carburant utilisé, le fait d'avoir travaillé une journée ou non, et le tabagisme. L'"intercept" indique une valeur de base théorique du benzène urinaire lorsque tous ces facteurs sont à zéro, et correspondrait donc à l'ordonnée à l'origine de cette équation.

Néanmoins, l'écart-type observé est important pour toutes ces variables. Il découle directement du faible effectif inclus, et atteste de l'imprécision des chiffres obtenus, qui ne doivent être interprétés qu'à titre indicatif en explication d'une augmentation de la benzénurie.

6. DISCUSSION

Interprétation des résultats et analyse des biais :

Risque benzène : L'objectif principal de ce travail était d'obtenir une estimation de l'exposition au benzène chez les professionnels utilisant de petits engins à moteur. Le dosage du benzène urinaire, marqueur d'exposition au benzène validé après revue de la littérature et échanges avec les équipes de l'INRS et du laboratoire d'analyses médicales, a permis de constater que les

valeurs d'exposition étaient toutes inférieures aux valeurs réglementaires. Les concentrations en benzène urinaire retrouvées sont en faveur d'une exposition professionnelle au benzène réelle mais faible, et ce, quel que soit le carburant utilisé. Cette population est très largement moins exposée au benzène que d'autres professionnels (raffineurs, intervenants en stations-service), et donc raisonnablement acceptable.

Nous pouvons en tirer la conclusion qu'aucun suivi biologique régulier par numération formule sanguine de ces travailleurs exposés ne s'impose, en tout cas en ce qui concerne le risque benzène.

Prélèvements : Ce constat rassurant n'est valable qu'en l'absence de biais de prélèvement : le benzène étant très volatile, une fermeture tardive des flacons pourrait induire une diminution de sa concentration dans les urines. A contrario, une contamination des échantillons liée par exemple à une mauvaise hygiène des mains avant prélèvement serait susceptible de majorer cette concentration. Par ailleurs, un biais de métrologie ne peut être exclu, puisque la différence de concentration des urines entre les candidats et selon le moment de la journée risque de fausser les résultats, a fortiori sur ces degrés de concentration.

Tabac : Nous constatons par ailleurs que la concentration urinaire de benzène est significativement ($p = 0,004$) plus élevée parmi les sujets ayant une consommation tabagique, et ce quel que soit le moment de la journée (avant ou après le travail) et le carburant utilisé. L'augmentation de la concentration urinaire de benzène est par ailleurs significativement ($p = 0,001$) majorée au cours d'une journée de travail chez les sujets ayant une consommation tabagique, et ce quel que soit le type d'essence utilisée. Ces résultats concordent avec ceux retrouvés dans la littérature, où le tabac est considéré comme facteur confondant principal lors de l'étude de l'exposition professionnelle au benzène.

Conditions de travail : Des précisions ont été demandées sur le type de bois travaillé et les conditions météorologiques, dans l'objectif de dégager éventuellement des critères d'exposition plus ou moins fortes au benzène. L'annulation de la deuxième vague de prélèvements à quinze jours d'écart, du fait de la crise sanitaire COVID-19, n'a pas permis de recueillir un nombre d'échantillons suffisamment satisfaisant pour permettre un ajustement sur ces données.

En revanche, les conditions de travail des différents candidats semblent comparables et suggèrent l'absence de biais de sélection sur ce critère.

Age : L'âge moyen des candidats constituant l'échantillon de l'étude (40 ans pour les bûcherons, 43 ans pour les paysagistes) apparaît relativement représentatif de la population étudiée, en tout cas pour les bûcherons. En effet, les pyramides des âges représentant les bûcherons et paysagistes suivis à la MSA Alsace sont présentées ci-après :

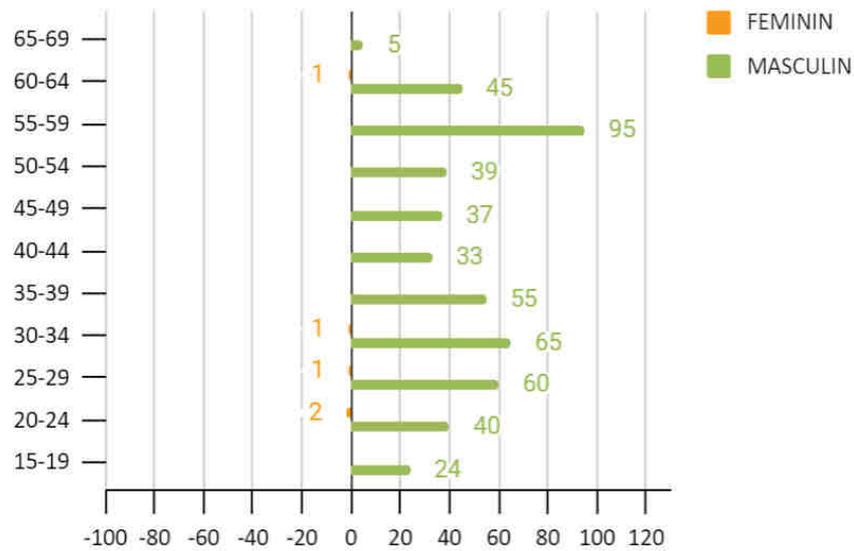


Figure n°33 : Pyramide des âges concernant les bûcherons et ouvriers forestiers suivis à la MSA Alsace (âge moyen = 33 ans pour les femmes, 42 ans pour les hommes)

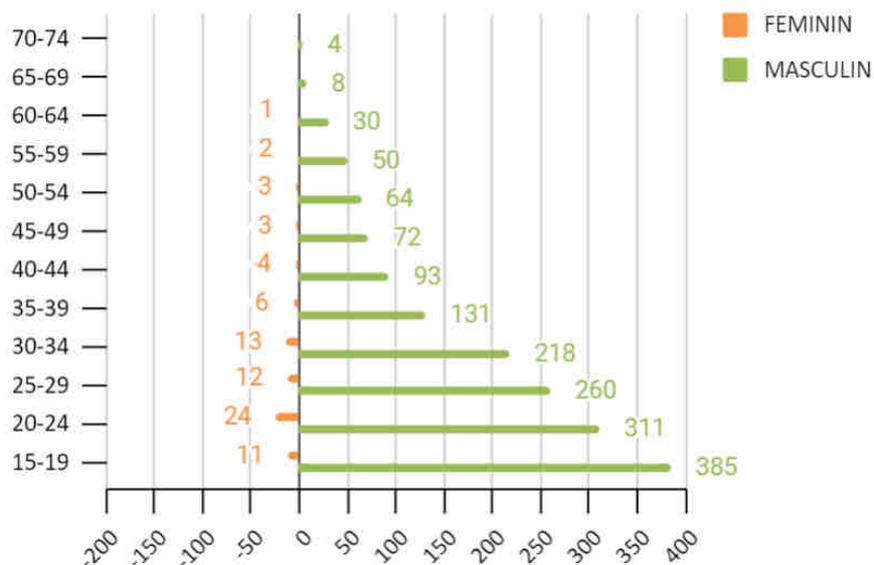


Figure n°34 : Pyramide des âges concernant les paysagistes suivis à la MSA Alsace (âge moyen = 29 ans quel que soit le sexe).

Nous pouvons néanmoins imaginer un biais d'expérience, pouvant influencer l'exposition au benzène : un travailleur plus expérimenté aura tendance à une économie de mouvements, limitant la charge physique de son travail, voire les opérations de maintenance de son engin ou de remplissage du réservoir.

Carburant : Ces résultats mettent aussi en évidence une augmentation significativement ($p = 0,039$) plus importante de la concentration urinaire de benzène (rapportée à la concentration urinaire de créatinine) au cours d'une journée de travail parmi les sujets utilisant de l'essence sans plomb, comparativement aux sujets utilisant de l'essence alkylée, et ce quel que soit le statut tabagique. Ceci tend à confirmer notre hypothèse de départ, qui supposait que l'utilisation d'un carburant alkylé au lieu d'essence sans plomb permettait une exposition moindre au benzène des gaz d'échappement. Ce constat est d'autant plus intéressant qu'il est fait après ajustement sur la consommation tabagique.

Cette étude ne peut se départir d'un possible biais d'échantillonnage d'autant plus que les effectifs inclus sont très modestes, puisqu'une part non négligeable des utilisateurs d'essence alkylée étaient des paysagistes. Le travail de débroussaillage durait en moyenne 4h/jour et donc supposait une exposition de plus courte durée aux gaz d'échappement.

Freins et leviers à la substitution de l'essence sans plomb :

Un des objectifs de ce travail était de déterminer si l'essence alkylée pouvait être conseillée en substitution des essences sans plomb, en prévention primaire des pathologies liées au benzène.

Cette étude ne nous permet pas de dégager d'argument sanitaire franc à rajouter aux avantages et inconvénients relevés plus haut. En revanche, des bénéfices en terme de confort ont pu être relevés sur la base des témoignages, notamment une diminution des symptômes ORL (irritation oculaire, nasale et de la gorge) par l'absence d'adjonction d'huile moteur, et qui pourrait faire l'objet d'un nouveau travail comparatif pour constituer un argument plus facilement acceptable par les utilisateurs d'engins thermiques. Par ailleurs, alors que le surcoût important des carburants alkylés représente le frein le plus évident à leur utilisation, les avantages en termes de maintenance de l'appareil (calaminage et détérioration des éléments caoutchouc moindres) et d'utilisation plus aisée (mélanges prêts-à-l'emploi, stockage prolongé et démarrage à froid facilité) paraissent intéressants mais ne constituent qu'un argument de "confort", au choix de l'utilisateur.

Pistes d'amélioration de l'étude :

Le principal facteur limitant de ce travail est le faible effectif de candidats inclus. Ceci s'expliquait notamment par la grande difficulté à recruter des utilisateurs d'essences alkylées, qui sont en nombre limité surtout parmi les bûcherons, chez qui une perception préconçue des risques prépondérants du métier (risque d'accident mortel de bûcheronnage) a pu limiter l'intérêt pour l'étude. L'impossibilité d'engager une seconde vague de prélèvements dans le contexte sanitaire a également fortement impacté les effectifs inclus, diminuant le poids des conclusions de ce travail (écart-type élevé). Malgré cela, une différence significative entre utilisateurs d'essence sans plomb et d'essence alkylée a néanmoins pu être dégagée après ajustement sur la consommation tabagique, et les valeurs d'exposition faibles s'avèrent rassurantes.

Au vu de la faiblesse de l'échantillon, non tiré au sort, les candidats inclus dans l'étude ne pouvaient pas être totalement représentatifs de la population sur laquelle portait l'étude. Une nouvelle étude à plus grande échelle lorsque l'utilisation de l'essence alkylée sera plus répandue, pourrait permettre d'analyser plus d'échantillons et d'obtenir des conclusions plus fiables, d'autant plus que les valeurs d'exposition restent très faibles.

Cela permettrait également d'ajuster l'analyse statistique aux tâches et déterminer précisément les tâches les plus exposantes (chablis, bois de chauffage, ...), et d'exclure les candidats tabagiques ou n'utilisant que peu leur outil thermique.

D'autres pistes d'amélioration ont pu être dégagées de cette étude a posteriori :

- Clarifier les consignes de prélèvement afin d'éviter tout risque d'erreur (exemples : flacons en plastique absents ou vides, correction de référence ou de numéro par les candidats, ...).
- Mobiliser plus de personnel sur le terrain pour augmenter le nombre de prélèvements simultanés et s'assurer du respect strict des consignes de prélèvement (hygiène des mains, fermeture immédiate des flacons).
- Il n'a pas été retrouvé de corrélation entre les concentrations de benzène dans les urines et dans l'air (valeur-guide de qualité d'air intérieur ou valeur réglementaire pour l'air ambiant). Ainsi, afin d'estimer l'exposition au benzène dans l'air, il faudrait choisir une

technique d'analyse métrologique moins courante et plus contraignante en termes de moyens humains et matériels : par dosage atmosphérique du benzène rejeté par l'engin, associé à un prélèvement dynamique sur tube de charbon actif placé devant les voies respiratoires du sujet, pour obtenir une estimation précise et fine de l'intensité de l'exposition. Cette pratique semble difficilement justifiable sur ces niveaux d'exposition, et nécessite une définition précise des activités étudiées pour garantir la représentativité de l'analyse, qui, en tous les cas, demanderait des effectifs démesurés.

7. CONCLUSION

Une revue de la littérature suggère que l'exposition au benzène (classé CIRC 1, cancérogène avéré, depuis 1979) est importante chez le personnel des stations essence et des plateformes off-shore, avec une majoration du risque de survenue de cancers hématologiques (leucémie myéloïde aigüe principalement). Dans les garages automobiles, l'inhalation des gaz d'échappement est limitée par les systèmes d'aspiration à la source.

En revanche, peu d'études s'intéressent à l'exposition professionnelle au benzène contenu dans les gaz d'échappement de petits engins thermiques utilisés en forêt ou dans le paysagisme, où les voies respiratoires de l'opérateur sont à proximité directe du moteur. En Suisse, plusieurs campagnes militent en faveur de la substitution de l'essence sans-plomb par l'essence alkylée, plus chère mais moins chargée en benzène et présentant des qualités plus intéressantes en termes de maintenance, calaminage, préparation et conservation. Le déploiement de ce carburant semble néanmoins plus timide en France.

Ce travail s'est interrogé sur l'importance de l'exposition professionnelle au benzène dans une population de 26 bûcherons et paysagistes suivis par la MSA Alsace, avec comparaison du benzène urinaire en début et fin de poste entre utilisateurs d'essence sans-plomb classique et utilisateurs d'essence alkylée.

Le recrutement des bûcherons s'est avéré laborieux. En effet, il s'agit d'une population de travailleurs en marge, relativement isolés géographiquement et informatiquement, sans oublier la probable participation d'un biais d'intérêt puisque le risque benzène est fortement éclipsé par le risque accidentogène, très largement prépondérant dans ce métier. De plus, la crise Covid-19 a interrompu les analyses, puisqu'une seconde vague de prélèvements a dû être annulée du fait du premier confinement en mars 2020.

Néanmoins, l'échantillonnage final de l'étude s'est révélé plutôt représentatif de la population étudiée, avec un équilibre entre les individus utilisateurs des deux types de carburant, bien que l'essence alkylée semble plus prisée par les paysagistes que par les bûcherons, vraisemblablement plus « conservateurs ».

Des kits de prélèvement urinaire (flacons, étiquettes, instructions détaillées) ont été apportées en main propre aux candidats par le médecin du travail et l'équipe de prévention de la MSA, afin d'apporter les explications et consignes directement aux intéressés. Certaines erreurs

(flacons de dosage de la créatininurie vides, étiquettes interverties, numéros de lots corrigés) n'ont pas pu être évitées, mais ne semblent pas avoir eu de répercussion sur les analyses et les résultats.

Une différence significative de l'exposition professionnelle au benzène, estimée par le dosage du benzène urinaire rapporté à la fonction urinaire (créatininurie) entre le début et la fin de poste, a pu être démontrée en faveur des utilisateurs d'essence alkylée par rapport aux essences classiques sans-plomb, après ajustement sur la consommation tabagique, considérée comme facteur confondant quel que soit le marqueur biologique choisi pour l'estimation de l'exposition au benzène.

La puissance de ces résultats reste limitée du fait du modeste effectif inclus, mais toutes les valeurs de benzénurie retrouvées dans les conditions de recueil décrites s'avèrent finalement très faibles et inférieures aux valeurs réglementaires, et témoignent d'une exposition bien en-deçà de celle des professionnels énoncés précédemment. Ce constat permet d'admettre raisonnablement qu'aucun ajustement des mesures de prévention et/ou du suivi de la population étudiée ne semble nécessaire.

Par ailleurs, les très faibles valeurs d'exposition ne représentent pas un argument sanitaire suffisamment conséquent pour suggérer une substitution de carburant chez ces professionnels. Un changement de carburant ne pourrait donc être justifié que sur un argument individuel de "confort" (maintenance, facilité d'utilisation, préférences olfactives, ...), à confronter aux exigences budgétaires parfois contraignantes, puisque l'essence alkyle coûte 2 à 2,5 fois plus cher au litre que l'essence sans-plomb.

Un ajustement des analyses sur les conditions météorologiques (température, présence de pluie ou vent), la durée d'utilisation de l'appareil thermique, le statut tabagique, mais aussi sur la nature des tâches effectuées par les bûcherons (chablis, élagage, abattage de troncs larges) et le type de terrain (résineux, forêt dense, terrain accidenté), associé à une évaluation continue et strictement encadrée de l'exposition, pourrait permettre de conclure de façon plus fiable et affinée sur les situations et éléments les plus exposants au benzène.

Au-delà de l'aspect sanitaire évident de cette étude, la production d'autres types de carburants dits "propres" se développe, toujours dans un but de limiter l'impact écologique et sanitaire de leur utilisation massive et très largement répandue dans le cadre professionnel (secteurs

multiples : industrie, transport, agriculture, militaire, ...) mais également privé. Les “biocarburants” sont fabriqués à partir de matières premières renouvelables telles que la betterave sucrière, les céréales, ou encore les déchets agricoles et forestiers.

Nous pouvons espérer le développement des performances (puissance et autonomie) des outils électro-portatifs, qui apporterait la suppression de l’exposition au benzène liée à l’utilisation d’un moteur thermique dans de nombreux milieux professionnels.

VU

Strasbourg, le 5 novembre 2021

Le président du jury de thèse

Professeur Dania GONZALEZ



VU et approuvé

Strasbourg, le 10 NOV. 2021

Le Doyen de la Faculté de

Médecine, Maïeutique et Sciences de la Santé

Professeur Jean SIBILIA



ANNEXES

Annexe 1 : Courrier explicatif à destination des populations de bûcherons

Schiltigheim, le 3 décembre 2019

Dossier suivi par :

Denis LITT, conseiller en prévention

 03.88.19.55.09

Email : denis.litt@caaa67.fr

Carburants classiques : attention au benzène !

Madame, Monsieur,

La combustion d'essence normale dans les petits appareils, tels que tronçonneuses et autres matériels thermiques, libère de grandes quantités de substances toxiques, dont le benzène. Ces gaz d'échappement nuisent à la santé et polluent l'environnement.

Si l'on ne peut se passer de ces équipements de travail, il existe cependant une alternative à l'utilisation d'essence classique : l'essence alkylée.

Compte tenu du nombre important de travailleurs forestiers, les MSA du Grand-Est et les CAAA souhaitent réaliser une étude pour comparer les populations de bûcherons utilisant **exclusivement**, soit des carburants classiques (essence sans plomb), soit des carburants alkylés.

Le principe de cette comparaison repose sur l'analyse quantitative du benzène dans les urines en début et fin de poste de travail.

Les bûcherons volontaires seront obligatoirement non-fumeurs et la mise en œuvre pratique devrait se dérouler au cours du premier semestre 2020.

Afin que nous puissions bénéficier d'un panel de volontaires suffisant pour rendre l'étude la plus objective possible, nous vous proposons de nous en informer en complétant le bulletin-réponse ci-dessous **pour le 20 décembre 2019** :

MSA et CAAA d'Alsace - 2 rue de Rome – Maison de l'agriculture
67300 SCHILTIGHEIM

A l'attention de M. Denis LITT, conseiller en prévention

Tél. 06 07 33 86 83 – E-mail : denis.litt@caaa67.fr

Votre contribution à cette étude nous est précieuse et permettra d'avancer dans l'élaboration d'un plan de prévention contre les risques de cancer liés à l'utilisation de produits toxiques comme le benzène.

Vous remerciant à l'avance pour l'intérêt que vous portez à nos actions, recevez, Madame, Monsieur, nos salutations les meilleures.

Le groupe de travail des MSA Grand-Est/CAAA



Etude ESSENCE ALKYLEE – COUPON REPONSE PARTICIPANT

Nom de l'entreprise :

.....
.....

Nom et prénom de l'assuré :

.....

Adresse :

.....
.....

Code postal : Commune :

.....

Téléphone :

.....
.....

E-mail :

.....
.....

Statut de l'assuré :

chef d'entreprise salarié apprenti

fumeur non-fumeur

Type d'exploitation en général :

résineux feuillus

A faire parvenir à :

MSA et CAAA d'Alsace - 2 rue de Rome – Maison de l'agriculture - 67300 SCHILTIGHEIM

A l'attention de M. Denis LITT, conseiller en prévention : Tél. 06 07 33 86 83

E-mail : denis.litt@caaa67.fr



Annexe 2 : Fiche de consignes pour les candidats

Etude essence alkylée	CONSIGNES	<i>Contact :</i> <i>Cécilia GRIMAUULT</i> <i>06.06.83.00.40</i> <i>cec.grm@gmail.com</i>
-----------------------	------------------	---

IMPORTANT : Le weekend précédant les prélèvements, ne pas faire de bûcheronnage et éviter de faire le plein de la voiture soi-même.

Le lundi matin, utiliser le matériel contenu dans le sachet « MATIN » :

- En tenue civile et après s'être lavé les mains : uriner dans le flacon en plastique, puis transvaser immédiatement les urines dans le flacon en verre brun à ras bord, puis bien reboucher les deux flacons.
- Noter au stylo son nom/prénom sur les deux étiquettes puis les apposer sur les deux flacons.
- Replacer les deux flacons dans le sachet « MATIN » et le placer au frigo.
- Compléter la partie « identification du salarié » sur la fiche de prélèvement biologique « **PRELEVEMENT AVANT PRISE DE POSTE** ».

Le lundi soir, utiliser le matériel contenu dans le sachet « SOIR » :

- Après avoir remis ses habits civils et s'être lavé les mains : uriner dans le flacon en plastique, puis transvaser immédiatement les urines dans le flacon en verre brun à ras bord, puis bien reboucher les deux flacons.
- Noter au stylo son nom/prénom sur les deux étiquettes puis les apposer sur les deux flacons.
- Replacer les deux flacons dans le sachet « SOIR » et le placer au frigo.
- Compléter la partie « identification du salarié » sur la fiche de prélèvement biologique « **PRELEVEMENT DE FIN DE POSTE** ».
- Compléter le tableau des conditions de prélèvement concernant la journée de travail.

Le mardi matin : apporter le tout (sachet « MATIN », sachet « SOIR », 2 fiches de prélèvement biologique, tableau des conditions de prélèvement) à l'entreprise. Nous viendrons récupérer l'ensemble dans la journée afin d'envoyer les échantillons au laboratoire au plus vite.

Merci pour votre collaboration !

Annexe 3 : Fiche de prélèvement biologique de fin de poste

	FICHE DE PRELEVEMENT BIOLOGIQUE	Enregistrement qualité TP/ECH/001/E05 26/11/2013 Révision : 6
PRELEVEMENT DE FIN DE POSTE N° échantillon : Date d'expédition :		
Médecin Travail ou Prescripteur/Destinataire des résultats : Nom : GRIMAULT Cécilia Téléphone : 06.06.83.00.40 Date prescription : 10/02/2020 Email : cec_grm@gmail.com	Facturation : Entreprise/Organisme : Mutualité Sociale Agricole Contact : Dr HERBRECHT Pascale Adresse : 9 Rue de Guebwiller, 68000 Colmar Téléphone : 03 89 20 78 68 E-mail : herbrecht.pascale@alsace.msa.fr	
Analyses urinaires à réaliser Benzène urinaire <input checked="" type="checkbox"/>		
Identification du SALARIE :		
Date et heure du prélèvement :		
Nom/Prénom : _____ Date de naissance : ____/____/____ Sexe : M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>		
Fumeur : NON <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> Cigarettes fumées les 12 heures avant recueil : < 5 <input type="checkbox"/> 5-10 <input type="checkbox"/> 10-20 <input type="checkbox"/> > 20 <input type="checkbox"/>		

Annexe 4 : Fiche des conditions des prélèvements, remplie par chaque sujet

FICHE DES CONDITIONS DE PRELEVEMENT

IDENTIFICATION CANDIDAT/PRELEVEUR						
Nom/Prénom du candidat						
Date de naissance						
Fonction (entourer)	Employeur	Salarié				
Nom de l'entreprise						
Date des prélèvements						
Heure du prélèvement du matin						
Heure de début de poste						
Heure de fin de poste						
Heure du prélèvement du soir						
Nombre de cigarettes fumées avant le prélèvement du matin (entourer)	0	<5	5-10c	10-20c	>20	
Nombre de cigarettes fumées entre les 2 prélèvements (entourer)	0	<5	5-10c	10-20c	>20	
CHANTIER :						
Nom de la forêt						
Type de bois prédominant						
Météo du jour (entourer)	pluie	brouillard	clair	neige		
Vent (entourer)	pas de vent	vent léger	vent fort			
Température moyenne de la journée						
CONDITIONS DE TRAVAIL LE JOUR DES PRELEVEMENTS						
Port d'EPI (entourer)	tenue neuve	tenue portée depuis plusieurs jours		gants neufs	gants usagés	masque
Utilisation de tronçonneuse (entourer)	<2h	2-4h	4-6h	6-8h		
Essence (entourer)	Sans plomb	Alkyle				
Quantité utilisée approximative (en litres)						
Nombre de remplissages du réservoir (entourer)	1	2	3	4	5	6
REMARQUES						

Bibliographie

1. cancers reconnus d'origine professionnelle : rapport de l'Assurance Maladie. CNAM; 2019.
2. Rapport d'activité 2016 du RNV3P. ANSES; 2018.
3. S.Memmi, E. Rosankis, N. Sandret. Premiers résultats de l'enquête SUMER 2017 : comment ont évolué les expositions des salariés aux risques professionnels sur les vingt dernières années ? [Internet]. 2019 [cité 16 avr 2020]. Disponible sur: <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20273>
4. Pilorget C, Lagarrigue R, Houot M; Groupe Matgéné. Évolution de l'exposition professionnelle aux solvants oxygénés, pétroliers et chlorés en France entre 1999 et 2013. Résultats du programme Matgéné. Bull Epidemiol Hebd 2018;12-13. :234-40.
5. CRAMIF. L'essence alkylate, un carburant moins dangereux pour alimenter vos moteurs thermiques. 2017.
6. COPALME. Tronçonneuse : vue schématique. 2019.
7. G.Brohan. Activité de désherbage : étude des risques et de l'organisation du travail, préconisations. Compamed Santé; 2015.
8. A.Calcante. Analysis of Hazardous Emissions of Hand-Operated Forestry Machines Fuelled with Standard Mix or Alkylate Gasoline. Croatian Journal of Forest Engineering 39. 2017;109-16.
9. Moteur thermique : cycle de Lenoir [Internet]. [cité 24 avr 2021]. Disponible sur: <https://schoolou.com/2020/04/19/0045-moteur-thermique-cycle-de-lenoir/>
10. Pôle SST, DT Méditerranée. Précisions relatives à l'utilisation de l'essence alkylée, pour les moteurs 2 Temps. 2012.
11. Stihl. La plus puissante tronçonneuse de série au monde [Internet]. [cité 23 mai 2021]. Disponible sur: <https://www.stihl.lu/Produits-STIHL/Tron%C3%A7onneuses/Tron%C3%A7onneuses-thermiques-pour-l-exploitation-foresti%C3%A8re/2122436-130/MS-881.aspx>
12. Mano mano. Comment choisir sa débroussailleuse [Internet]. [cité 25 mai 2021]. Disponible sur: <https://conseil.manomano.fr/comment-choisir-sa-debroussailleuse-n2562>
13. M.Nicolas. Etude comparative des expositions professionnelles liées à l'usage du taille-haie électroportatif versus appareil à moteur thermique. mémoire INMA; 2013.
14. Dr Gauducheau. l'essence du métier. SECURIMAG AUVERGNE. juill 2013;4.
15. INRS. Fiche solvants : les hydrocarbures aromatiques (ED 4226) [Internet]. [cité 6 nov 2020]. Disponible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%204226>
16. INRS. Fiche toxicologique benzène INRS. 2011.
17. Ministère du Travail : fiche benzène. 2017.
18. Cancer environnement. Cancer environnement : benzène. 2016.

19. HCSP. VALEURS REPÈRES D'AIDE À LA GESTION DANS L'AIR DES ESPACES CLOS : LE BENZÈNE [Internet]. 2010 [cité 5 févr 2021]. Disponible sur: file:///C:/Users/Utilisateur/Downloads/hcspr20100616_benzenespclus.pdf
20. Christina Vitale. Aromatic (Benzene, Toluene) Toxicity. StatPearls Publ LLC [Internet]. janv 2019 [cité 22 juill 2019]; Disponible sur: <https://www-ncbi-nlm-nih-gov.scd-rproxy.u-strasbg.fr/books/NBK532257/>
21. F.TESTUD. Carburants ONF : avis CAP. 2007.
22. Monographies du CIRC Vol. 120 : Cancérogénicité du benzène [Internet]. [cité 4 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.cancer-environnement.fr/576-Vol-120--Cancerogenicite-du-benzene.ce.aspx#3>
23. E. SALEM. Genotoxic effects of occupational exposure to benzene in gasoline station workers. *Ind Health*. 2018;(56):132-40.
24. G. S. Keretsetse. DNA damage and repair detected by the comet assay in lymphocytes of african petrol attendants: a pilot study. *Ann Occup Hyg*. oct 2008;52:653-62.
25. A.R.Schnatter. Review of the literature on benzene exposure and leukemia subtypes. *Chem Biol Interact*. 2005;(153-154):9-21.
26. E.V.Kane. Benzene and the risk of non-Hodgkin lymphoma: A review and meta-analysis of the literature. *Cancer Epidemiology* 34. 2010;7-12.
27. A.Khalade. Exposure to benzene at work and the risk of leukemia: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health* 9. 2010;
28. A.R.Schnatter. Myelodysplastic syndrome and benzene exposure among petroleum workers: an international pooled analysis. *Journal of the National Cancer Institute* 104. 2012;1724-37.
29. M.S.Linet. A retrospective cohort study of cause-specific mortality and incidence of hematopoietic malignancies in Chinese benzene-exposed workers. *International Journal of Cancer* 137. 2015;2184-97.
30. J.S.Stenehjem. Benzene exposure and risk of lymphohaematopoietic cancers in 25 000 offshore oil industry workers. *British Journal of Cancer* 112. 2015;1603-12.
31. René Gaudin. Bucheronnage et exposition au benzène (INRS). INRS - Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires; 2007.
32. R.Cabella. Occupational Exposure to Hazardous Chemicals in Logging Operations. ISPESL, Department of Occupational Hygiene,. 2001;
33. R.GAUDIN. Exposition au benzène chez les mécaniciens : Évaluation atmosphérique et surveillance biologique (INRS). Cah Notes Doc - Hygiène Sécurité Trav. 2002;(188):26-36.
34. F.Neri. Determining exhaust fumes exposure in chainsaw operations. *Environmental Pollution* 218. 2016;1162-9.
35. M-M. LAGNEAU. Etude de l'exposition au benzène lors des travaux en espaces verts avec des outils et machines à moteur thermique : mémoire INMA. 2010 sept.

36. A.A.Zardini. Reducing the exhaust emissions of unregulated pollutants from small gasoline engines with alkylate fuel and low-ash lube oil. *Environmental Research* 170. 2019;203-14.
37. R.Vermeulen. Carcinogenicity of benzene. *The Lancet*. 26 oct 2017;1574 et 1575.
38. ANSES. Substances cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR) [Internet]. [cité 16 févr 2021]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/substances-canc%C3%A9rog%C3%A8nes-mutag%C3%A8nes-et-toxiques-pour-la-reproduction-cmr>
39. INRS. Hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant [Internet]. [cité 26 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp/tableau.html?refINRS=RA%2019>
40. Aspen. Remplissage automatique pour bidon Aspen 5L : aide au remplissage avec arrêt automatique du carburant [Internet]. [cité 8 août 2020]. Disponible sur: <https://www.aspen-benelux.nl/nl-nl/producten/vulaccessoires/autofiller-voor-aspen-5l-can>
41. M.LEFEBVRE. Citernistes : les vapeurs d'essence sont nocives pour votre santé (INRS). INRS; 2001.
42. Total. FDS SP 95 98. 2005.
43. les carburants de Normandie. FDS SP 95 E10. 2010.
44. INRS. Prévention des expositions liées aux émissions des moteurs thermiques (INRS). 2016.
45. Aspen France SAS. FDS Aspen +. 2010.
46. Marline. FDS Marline Premium 2T. 2012.
47. Marline. FDS Marline Premium 4T. 2012.
48. Viking. FDS Viking MOTOPLUS. 2008.
49. Stihl. FDS Motomix. 2011.
50. COPALME. Carburants et huiles tronçonneuse. 2019.
51. FAQ benzinaalchilata.ch. 2018.
52. Mesures non fiscales permettant de promouvoir l'essence à moteur sans aromatiques. Conseil fédéral Suisse; 2009.
53. L'essence pour moteurs. 2016 déc.
54. Règlement (UE) 2016/1628 du Parlement Européen et du Conseil du 14 septembre 2016 relatif aux exigences concernant les limites d'émission pour les gaz polluants et les particules polluantes et la réception par type pour les moteurs à combustion interne destinés aux engins mobiles non routiers. *Journal officiel de l'Union européenne*; 2016.
55. INRS. Fiche d'aide à la substitution : essence SP contenant du benzene. 2012.
56. CCMSA. Le bûcheronnage.

57. Baude-aménagement paysager. Abattage d'un arbre [Internet]. [cité 6 mars 2021]. Disponible sur: <http://baude-amenagement-paysager.e-monsite.com/blog/abattage-d-un-arbre.html>
58. Pierre-Edouard Laigo. « Vis ma vie de bûcheron » l'appel de la forêt par la filière bois de la Région [Internet]. Le Courrier des Entreprises; [cité 5 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.lecourrierdesentreprises.fr/vis-ma-vie-de-bucheron-lappel-de-la-foret-par-la-filiere-bois-de-la-region/>
59. J.Bünger. Monitoring and analysis of occupational exposure to chainsaw exhausts. American Industrial Hygiene Association Journal 58. 1997;747-51.
60. Leroy Merlin. Casque de sécurité OREGON Yukon [Internet]. [cité 15 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.leroymerlin.fr/produits/outillage/protection-du-bricoleur/protection-de-tete/casque-de-protection-3-en-1/casque-de-securite-oregon-yukon-69499115.html?megaBoost>
61. Sud Jardin. Débroussaillage [Internet]. [cité 15 mai 2021]. Disponible sur: <http://sudjardin.fr/debroussaillage/>
62. Jardin Addict : Le Meilleur Taille-Haie [Internet]. [cité 15 mai 2021]. Disponible sur: <https://jardinaddict.com/le-meilleur-taille-haie/>
63. Scott M.Arnold. The use of biomonitoring data in exposure and human health risk assessment : benzene case study. critical reviews in toxicology. 2013;119-53.
64. M.Carrieri. Biological monitoring of low level exposure to benzene in an oil refinery: Effect of modulating factors. Toxicology Letters 298. 2018;70-5.
65. A.Barbieri. Urinary biomarkers and low-level environmental benzene concentration : Assessing occupational and general exposure. Chemosphere. oct 2008;(74):64-9.
66. Toxicologie des HAP : 31e Congrès national de médecine et santé au travail. Toulouse; 2010 juin.

Université

de Strasbourg



Faculté
de médecine

DECLARATION SUR L'HONNEUR

Document avec signature originale devant être joint :

- à votre mémoire de D.E.S.
- à votre dossier de demande de soutenance de thèse

Nom : GRIMALT Prénom : Genia

Ayant été informé(e) qu'en m'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans mon propre mémoire de spécialité ou dans mon mémoire de thèse de docteur en médecine, je me rendrais coupable d'un délit de contrefaçon au sens de l'article L335-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle et que ce délit était constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics.

Ayant été avisé(e) que le président de l'université sera informé de cette tentative de fraude ou de plagiat, afin qu'il saisisse la juridiction disciplinaire compétente.

Ayant été informé(e) qu'en cas de plagiat, la soutenance du mémoire de spécialité et/ou de la thèse de médecine sera alors automatiquement annulée, dans l'attente de la décision que prendra la juridiction disciplinaire de l'université

J'atteste sur l'honneur

Né pas avoir reproduit dans mes documents tout ou partie d'œuvre(s) déjà existante(s), à l'exception de quelques brèves citations dans le texte, mises entre guillemets et référencées dans la bibliographie de mon mémoire.

A écrire à la main : « J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète.

Signature originale :

A Strasbourg, le 08/11/2021

Photocopie de cette déclaration devant être annexée en dernière page de votre mémoire de D.E.S. ou de Thèse.

RÉSUMÉ

Introduction : Le benzène, solvant hématotoxique reconnu (essentiellement leucémies aigües myéloïdes, mais certaines leucémies chroniques peuvent être reconnues en maladie professionnelle), est présent dans les essences utilisées dans les petits engins thermiques, tels que les tronçonneuses chez les bûcherons, ou les débroussailleuses chez les paysagistes. Certains de ces professionnels font usage d'essence alkylée, plus chère mais contenant moins de benzène que les carburants sans-plomb classiques.

Objectif : L'objectif principal de ce travail est d'estimer le risque benzène chez ces professionnels. Le but secondaire est de rechercher si une différence significative de risque existe selon le carburant utilisé, et d'en déduire un ajustement éventuel des moyens de prévention et du suivi en santé au travail.

Matériel et méthodes : 26 sujets suivis par la Mutualité Sociale Agricole, bûcherons et paysagistes, fumeurs et non-fumeurs, ont été inclus dans l'étude. L'exposition individuelle au benzène a été estimée par l'analyse du benzène urinaire en début, puis en fin de poste. Tous les prélèvements ont été réalisés le même jour.

Résultats : Une différence significative de l'augmentation de la benzénurie après une journée de travail était observée en faveur de l'essence alkylée, que le sujet soit fumeur ou non. Le tabac représentait le facteur confondant essentiel, ce qui concordait avec les données retrouvées dans la littérature. Les valeurs d'exposition au benzène retrouvées étaient toutes inférieures aux valeurs réglementaires.

Conclusion : Ces résultats nous autorisent à affirmer raisonnablement qu'aucun ajustement des mesures de prévention primaire et du suivi médical en santé au travail n'était nécessaire pour cette population. Néanmoins, le faible effectif de sujets inclus dans l'étude n'a pas permis de dégager des conclusions suffisamment robustes pour formuler un argument sanitaire pour la substitution des essences sans plomb. D'autres avantages de l'essence alkylée, tels qu'une moindre maintenance et une facilité d'utilisation et de stockage, peuvent être avancés auprès des utilisateurs mais en tant qu'argument de "confort". Les alternatives à l'essence sont représentées essentiellement par les engins électroportatifs, dont l'efficacité et la puissance d'utilisation se développent.

Rubrique de classement : Médecine du travail

Mots clés : Benzène, benzène urinaire, essence, alkyle, sans-plomb, tronçonneuse, débroussailleuse, bûcheron, paysagiste, moteur thermique, tabac.