

**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2011 - Thèse n°

***L'OLFACTION CHEZ LE CHIEN DE SAUVETAGE :
CONSEQUENCES PRATIQUES CHEZ LES CHIENS DE
RECHERCHE EN DECOMBRES ET EN AVALANCHES***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 21 novembre 2011
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

KROELY Aude
Née le 13 décembre 1985
à STRASBOURG (67)



VetAgro Sup



ENSEIGNANTS CAMPUS VETERINAIRE DE VETAGRO SUP

NOM	Prénom	Grade	Unité Pédagogique
ALOGNINOIWA	Théodore	Professeur 1ere cl	Pathologie du bétail
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
ARCANGIOLI	Marie-Anne	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
ARTOIS	Marc	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BECKER	Claire	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
BELLI	Patrick	Maître de conférences associé	Pathologie morphologique et clinique
BELLUCO	Sara	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences cl normale	Equine
BENOIT	Etienne	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BERNY	Philippe	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
BOULOCHER	Caroline	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
BOURDOISEAU	Gilles	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
BRUYERE	Pierre	Maître de conférences Contractuel	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BUFF	Samuel	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
BURONFOSSE	Thierry	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
CACHON	Thibaut	Maître de conférences Contractuel	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CADORE	Jean-Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
CAROZZO	Claude	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
CHABANNE	Luc	Professeur 1ere cl	Pathologie médicale des animaux de compagnie
CHALVET-MONFRAY	Karine	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
COMMUN	Loic	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
DEMONT	Pierre	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
DESJARDINS PESSON	Isabelle	Maître de conférences Contractuel	Equine
DJELOUADJI	Zorée	Maître de conférences stagiaire	Santé Publique et Vétérinaire
ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
FAU	Didier	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
FOURNEL	Corinne	Professeur 1ere cl	Pathologie morphologique et clinique
FRANCK	Michel	Professeur 1ere cl	Gestion des élevages
FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences cl normale	Pathologie du bétail
GANGL	Monika	Maître de conférences Contractuel	Equine
GARNIER	François	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
GENEVOIS	Jean-Pierre	Professeur cl ex	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur 2eme cl	Biologie Fonctionnelle
GONTHIER	Alain	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GRAIN	Françoise	Professeur 2eme cl	Gestion des élevages
GRANCHER	Denis	Maître de conférences hors cl	Gestion des élevages
GREZEL	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
GUERIN	Pierre	Professeur 2eme cl	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
GUERIN-FAUBLEE	Véronique	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
HUGONNARD	Marine	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie

NOM	Prénom	Grade	Unité Pédagogique
JUNOT	Stéphane	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
KECK	Gérard	Professeur 1ere cl	Biologie fonctionnelle
KODJO	Angeli	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LACHERETZ	Antoine	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
LAMBERT	Véronique	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
LE-GRAND	Dominique	Maître de conférences hors cl	Pathologie du bétail
LEBLOND	Agnes	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences cl normale	Biotechnologies et pathologie de la reproduction
LEPAGE	Olivier	Professeur 1ere cl	Equine
LOUZIER	Vanessa	Maître de conférences cl normale	Biologie Fonctionnelle
MARCHAL	Thierry	Maître de conférences hors cl	Pathologie morphologique et clinique
MIALET	Sylvie	Inspecteur de la santé publique vétérinaire (ISPV) faisant fonction de MC	Santé Publique et Vétérinaire
MOUNIER	Luc	Maître de conférences cl normale	Gestion des élevages
PEPIN	Michel	Professeur 1ere cl	Santé Publique et Vétérinaire
PIN	Didier	Maître de conférences cl normale	Pathologie morphologique et clinique
PONCE	Frédérique	Maître de conférences cl normale	Pathologie médicale des animaux de compagnie
PORTIER	Karine	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
PROUILLAC	Caroline	Maître de conférences cl normale	Biologie fonctionnelle
REMY	Denise	Professeur 2eme cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
ROGER	Thierry	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SABATIER	Philippe	Professeur 2eme cl	Biologie fonctionnelle
SAWAYA	Serge	Maître de conférences cl normale	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
SERGENTET	Delphine	Maître de conférences cl normale	Santé Publique et Vétérinaire
THIEBAULT	Jean-Jacques	Maître de conférences hors cl	Biologie fonctionnelle
VIGUIER	Eric	Professeur 1ere cl	Anatomie Chirurgie (ACSAI)
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	Maître de conférences Contractuel	Pathologie morphologique et clinique
ZENNER	Lionel	Professeur 2eme cl	Santé Publique et Vétérinaire

REMERCIEMENTS

**A Monsieur le Professeur Claude GHARIB,
De la faculté de Médecine de Lyon,**

Qui nous a fait l'immense honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Hommages respectueux.

**A Monsieur le Professeur Jean-Jacques THIEBAULT,
De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon,**

Qui m'a fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail,
Et pour l'intérêt porté à celui-ci,
Sincère reconnaissance.

**A Monsieur le Professeur Jean-Luc CADORE,
De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon,**

Qui m'a fait l'honneur de juger ce travail et de faire partie de ce jury de thèse,
Sincères remerciements.

Au Docteur Aurélie LEVIEUGE

Pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de cette thèse, ainsi que ses conseils avisés qui m'ont été d'une aide précieuse,
Pour son investissement dans ce travail,
Sincères remerciements.

Au Caporal-Chef Franck SCHOUWEY,

Pour m'avoir permis de suivre les entraînements du peloton cynotechnique des Sapeurs-Pompiers de l'Ain, et pour toutes les explications fournies au cours de ces derniers.
Merci également à tous les maîtres-chiens de recherche en décombres ayant participé.

Au Brigadier Marc ALMONTE,

Pour m'avoir permis de participer au stage de formation des équipes cynophiles des CRS de secours en montagne, et pour le temps accordé au cours de ce dernier.
Merci également à tous les maîtres-chiens de recherche en avalanches ayant participé.

Au Sous-Brigadier Olivier THIERRY,

Pour m'avoir orientée et conseillée dans la préparation de mon travail.

Au Major Olivier BREGERAS,

Pour m'avoir fait découvrir une autre facette de l'olfaction,
« Il n'y a rien de plus piégeux que l'odeur » !

Aux Docteurs Dominique GRANDJEAN, Delphine CLERO et Artem ROGALEV,

Pour l'accueil reçu à l'UMES, ainsi que l'encadrement de la formation,
Et pour m'avoir fait rencontrer l'équipe cynotechnique de la BSPP,
Sincères remerciements.

A la clinique vétérinaire des Halles,

Pour l'année à venir.

A mes parents, pour m'avoir toujours soutenue, encouragée et si bien conseillée durant toutes ces années. Si j'ai pu réaliser mes rêves, c'est grâce à vous. Merci pour tout.

A ma mère, pour tes relectures assidues malgré tes déboires informatiques.

A mon père, pour tous les week-ends passés à Chamonix et ceux à venir.

A mes frères, pour tous ces magnifiques voyages que l'on a partagés.

A Matthieu et Mara, bienvenue à la ou au futur(e) grimpeur(se) !

A Laurent et Andrea, tu m'avais pourtant prévenue de ne jamais faire de thèse !

A Sophie, pour ces 23 années de complicité. **A Jérôme**, prends soin d'elle !

A Geneviève et Michel, pour m'avoir accueillie si souvent dans ma « seconde maison ».

A Papie et Mamie « foot » et à toute ma famille, pour tous ces bons moments passés à Saint Maurice.

A mes amis Strasbourgeois, me revoilà pour un an !

A Julie, pour toutes ces ballades à cheval que l'on a faites ensemble.

A Sonia, pour toutes ces heures de cours passées à discuter.

A Vincent et Guillaume, à « fausse fracture » notre premier 7a, j'espère vous retrouver sur le grès alsacien.

A mes amis de prépa, à Price, Frog, Toc, Bro, Chat'Chat, Glouton, Juju, Trilili, Galette, François, K'ss Bomb, Morph, JB, Ghisou, PY, grâce à vous, je ne garde que des bons souvenirs de ces trois années.

Aux RHQ, à Laetitia, Laure, Orelly, Max, Céline, Gaspard, Fanny, Margot, Loïc, Camille, Kindy, Mariechou, Chacha, Prachette, Liloute, tant d'heures en amphî, de soirées arrosées, de semaines en clinique... Merci pour ces cinq années inoubliables.

Ainsi qu'à Cha, Vincent, Céline, même si vous êtes des KVB, je ne vous oublie pas !

A Doudou et à Spip, parce que vous avez été un poulot et un ancien 3 étoiles.

A toute l'équipe du CEUC, à Vanessa et Julien, à Aurélie et Olivier, à Cécile et Stephan, A bientôt à Strasbourg !

A Socrate, Alaska, Bretzel et Boréal, pour tous vos poils !

A Tyson, pour tous tes sourires !

A cette thèse, pour m'avoir fait rencontrer Anthony...

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	5
TABLE DES MATIERES	11
TABLE DES ILLUSTRATIONS	15
INTRODUCTION	19
Première partie : IMPORTANCE DE L'ODORAT CHEZ LES CHIENS DE SAUVETAGE	21
I. RAPPELS SUR LE SYSTEME OLFACTIF	23
A. Anatomie du système olfactif	23
1. Les narines	23
2. Les cavités nasales	24
3. Les sinus paranasaux	27
4. Organe voméronasal	27
5. Les centres olfactifs	27
B. Histologie du système olfactif	29
1. La muqueuse olfactive	29
2. Le bulbe olfactif	31
II. PHYSIOLOGIE DE L'OLFACTION	33
A. De la molécule odorante à l'odeur	33
1. Le stimulus olfactif	33
2. Transport jusqu'à l'appareil olfactif	33
B. Les étapes de la perception des odeurs	34
1. Les récepteurs olfactifs	35
2. Réception du signal olfactif	35
3. Transduction du signal olfactif	36
4. Transmission du signal olfactif	37
C. Les caractéristiques de la sensation olfactive	39
1. Seuil de perception	39
2. Temps de latence	39
3. Variation d'intensité	40
4. Phénomène d'adaptation	40
5. Phénomène de persistance	40
III. L'ODORAT DU CHIEN AU SERVICE DE L'HOMME	41
A. Les facultés sensorielles du chien	41
1. Hiérarchisation des sens du chien	41
2. L'odorat	42
B. Une grande diversité d'utilisations de l'odorat canin par l'Homme	43

IV. IMPORTANCE DES CHIENS DE RECHERCHE EN DECOMBRES ET EN AVALANCHES	45
A. Existence d'un risque non négligeable	45
1. Le risque d'avalanches	45
2. Le risque de catastrophes urbaines	46
B. Place du chien parmi les autres moyens de localisation de victimes ensevelies	48
1. Les moyens de recherche en avalanches	48
2. Les moyens de recherche en décombres	50
C. Historique	52
1. Historique du chien de recherche en avalanches	52
2. Historique du chien de recherche en décombres	52
D. La situation actuelle en quelques chiffres	53
1. Les équipes cynotechniques de recherche en avalanches	53
2. Les équipes cynotechniques de recherche en décombres	53
Deuxième partie : VARIATIONS DE L'ACUITE OLFACTIVE ET APPLICATION AUX CHIENS DE SAUVETAGE	55
I. MOYENS D'ETUDE DE L'ACUITE OLFACTIVE	57
A. En pratique	57
1. Perméabilité des fosses nasales	57
2. Examen neurologique	57
B. Olfactométrie	58
1. Olfactométrie subjective	58
2. Olfactométrie objective	58
II. FACTEURS INDIVIDUELS DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE	62
A. L'acuité olfactive canine parmi les autres mammifères	62
B. Choix de la race	62
1. L'acuité olfactive des différentes races	62
2. Critères de choix de la race	64
3. Statistiques des races utilisées	64
C. Choix de l'individu	65
1. Critères de choix de l'individu	65
2. Méthodes de sélection	66
III. FACTEURS PHYSIOLOGIQUES DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE	68
A. Le sexe	68
1. Sexe et acuité olfactive	68
2. Le sexe des chiens de recherche	68
B. L'âge	69
1. Age et acuité olfactive	69
2. Age de la retraite des chiens de recherche	69
C. La nutrition	70
1. Nutrition et acuité olfactive	70
2. Nutrition du chien de recherche	71
D. L'état physique	71

1.	Etat physique et acuité olfactive _____	71
2.	Gestion physique des chiens de recherche _____	72
IV.	FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE _____	73
A.	Conditions météorologiques _____	74
1.	Température _____	74
2.	Vent _____	74
3.	Précipitations _____	74
4.	Pression atmosphérique et champs électromagnétiques _____	74
B.	Dysosmies liées à la pollution et aux toxiques _____	74
1.	Les polluants à l'origine de dysosmies _____	74
2.	Les risques toxiques de la recherche olfactive _____	76
V.	FACTEURS PATHOLOGIQUES ET IATROGENES DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE _____	78
A.	Dysosmies congénitales _____	78
1.	Héréditaires _____	78
2.	Périphériques _____	78
B.	Dysosmies acquises _____	78
1.	Les dysosmies de transmission _____	79
2.	Les dysosmies de perception _____	79
3.	Cacosmies _____	82
4.	Conséquence : Vaccination des chiens de recherche _____	82
C.	Dysosmies iatrogènes _____	82
1.	Les médicaments responsables de dysosmies _____	83
2.	Conséquence : Traitement des chiens de recherche _____	84
3.	Exemple de la deltaméthrine _____	84
Troisième partie : LE CORPS HUMAIN, SOURCE D'ODEUR, APPLICATION A LA RECHERCHE DE PERSONNES ENSEVELIES _____		87
I.	L'ODEUR CORPORELLE HUMAINE _____	89
A.	Composition de l'odeur corporelle humaine _____	89
1.	Le patrimoine génétique _____	89
2.	Les cellules mortes cutanées _____	89
3.	Les sécrétions cutanées _____	89
4.	Action des bactéries commensales de la peau _____	92
B.	Variations de l'odeur corporelle humaine _____	92
1.	Variations ethniques _____	92
2.	Variations individuelles _____	93
3.	Variations culturelles _____	93
C.	Conséquence pour les chiens de sauvetage _____	94
II.	LOCALISATION D'UN CORPS HUMAIN ENSEVELI _____	95
A.	Localisation d'une source odorante _____	95
B.	La diffusion des effluves humaines _____	95
1.	« Hémisphère » et « cône » d'effluves _____	95
2.	Influence des conditions météorologiques _____	97

C. Particularités environnementales	99
1. Remontée des effluves à travers les décombres	99
2. Remontée des effluves à travers la neige	100
D. Place de l'odorat parmi les autres sens chez le chien de détection	101
1. Utilisation de l'audition dans le travail de recherche	101
2. Utilisation de la vision dans le travail de recherche	102
III. FORMATION A LA RECHERCHE DE PERSONNES ENSEVELIES	103
A. Quête ou pistage ?	103
1. Définition	103
2. Pluralité	104
B. Méthode de formation	105
1. Pré-requis	105
2. Apprentissage du travail olfactif	106
3. Les entraînements	111
C. Les difficultés du terrain	111
1. Variété des caches	111
2. Les points chauds	115
3. Introduction d'odeurs perturbatrices	116
4. Introduction de bruits perturbateurs	116
D. Le rôle du maitre-chien	116
1. La lecture du chien	117
2. Compréhension du marquage	117
3. Perturbation involontaire du travail olfactif	118
IV. CAS PARTICULIER DES VICTIMES DECEDEES	119
CONCLUSION	121
BIBLIOGRAPHIE	123

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

<i>Tableau 1</i> : Seuils de sensibilité des acides carboxyliques, en mol/ml, du chien et de l'Homme..	43
<i>Tableau 2</i> : Les spécialités olfactives	44
<i>Tableau 3</i> : Exemples d'avalanches meurtrières en France	46
<i>Tableau 4</i> : Bilan des accidents d'avalanche en France sur les onze dernières années.....	46
<i>Tableau 5</i> : Exemples de séismes ressentis en France	47
<i>Tableau 6</i> : Mortalité des 332 victimes entièrement ensevelies	48
<i>Tableau 7</i> : Interventions réalisées en 2011 par les équipes cynophiles des Sapeurs-Pompiers de l'Ain.....	54
<i>Tableau 8</i> : Acuité olfactive de différentes espèces.....	62
<i>Tableau 9</i> : Acuité olfactive de différentes races.....	63
<i>Tableau 10</i> : Héritabilité des principaux caractères de chasse chez le Spitz Finnois	67
<i>Tableau 11</i> : Héritabilité des principaux caractères de ring chez le Malinois	67
<i>Tableau 12</i> : Les principaux polluants environnementaux responsables de dysosmies	75
<i>Tableau 13</i> : Influence de quelques affections sur l'acuité olfactive du chien.....	79
<i>Tableau 14</i> : Les dysosmies de transmission chez le chien	79
<i>Tableau 15</i> : Les dysosmies de perception chez le chien	80
<i>Tableau 16</i> : Principaux médicaments à l'origine de dysosmies chez l'Homme.....	83
<i>Tableau 17</i> : Comparaison du pistage et du questage.....	103

Liste des figures

Figure 1 : Truffe d'un chien, en vue externe.....	23
Figure 2 : Charpente cartilagineuse des narines d'un chien	24
Figure 3 : Coupe sagittale des cavités nasales d'un chien	25
Figure 5 : Labyrinthe ethmoïdal d'un chien, en coupe transversale.....	26
Figure 4 : Cornets et méats nasaux d'un chien, en coupe transversale	26
Figure 6 : Topographie des sinus du chien, en vue latérale, à gauche et en vue dorsale, à droite.	27
Figure 7 : Innervation du système olfactif d'un chien, en coupe sagittale	28
Figure 8 : Rhinencéphale de chien, en vue latérale et ventrale	28
Figure 9 : Coupe transversale de l'épithélium olfactif.....	30
Figure 10 : Extrémité dendritique d'une cellule neurosensorielle, en microscopie électronique ..	30
Figure 11 : Muqueuse olfactive, grossissement X 300.....	30
Figure 12 : Coupe transversale de la substance grise du bulbe olfactif.....	32
Figure 13 : Circulation de l'air inhalé dans les cavités nasales	34
Figure 14 : Interaction entre les molécules odorantes, à gauche, et les récepteurs olfactifs, à droite.....	36
Figure 15 : Les deux types de seconds messagers intracellulaires impliqués dans le codage olfactif	37
Figure 16 : Rapport de l'épithélium olfactif et du bulbe olfactif	37
Figure 17 : Intégration olfactive dans le bulbe olfactif	38
Figure 18 : Les voies centrales de l'olfaction	39
Figure 19 : Bilan de sismicité en France métropolitaine de 1962 à 1994.....	47
Figure 20 : Probabilité de survie d'une victime en fonction de la durée d'ensevelissement sous la neige	49
Figure 21 : Un olfactomètre	59
Figure 22 : Coupe sagittale d'un chien préparé pour l'enregistrement d'un EOG.....	59
Figure 23 : EOG d'un chien, stimulé par du butyrate d'éthyle.....	60
Figure 24 : Emplacement des électrodes pour le tracé d'un EEG	60
Figure 25 : EEG d'un chien, stimulé par du benzaldéhyde.....	61
Figure 26 : Conformation du museau et courant aérien dans les cavités nasales.....	63
Figure 27 : Poumon de chien présentant des agrégats péribronchiques de macrophages contenant des pigments noirs d'antracose	76
Figure 28 : Poumon de chien, en lumière polarisée, présentant des particules réfringentes disséminées dans le tissu interstitiel.....	76
Figure 29 : Exemples d'équipements canins de protection respiratoire	77
Figure 30 : Coupe de peau, représentant les différentes glandes cutanées.....	90
Figure 31 : Localisation des glandes sudoripares.....	91
Figure 32 : « Hémisphère » odorant.....	96
Figure 33 : « Cône » odorant.....	96
Figure 34 : Effet du vent sur la diffusion des effluves humaines	97
Figure 35 : Effet du soleil sur la diffusion des effluves humaines	98
Figure 36 : Les 4 modèles d'effondrements.....	100
Figure 37 : Différents types d'effondrement rencontrés en milieu urbain.....	100
Figure 38 : Diffusion des effluves sous la neige	101
Figure 39 : Décalage entre le lieu de marquage et l'emplacement réel de la victime sous les décombres.....	118
Figure 40 : Décalage entre le lieu de marquage et l'emplacement réel de la victime sous la neige	118

Liste des photographies

<i>Photographie 1</i> : Un chien de recherche en avalanches et son boudin.....	107
<i>Photographie 2</i> : Récompense d'un chien de recherche en avalanches	107
<i>Photographie 3</i> : Terrain d'entraînement de recherche en avalanches.....	109
<i>Photographie 4</i> : Marquage actif d'un chien de recherche en avalanches	110
<i>Photographie 5</i> : Cache creusée dans le sable	112
<i>Photographie 6</i> : Cache constituée de gravats	112
<i>Photographie 7</i> : Terrain de décombres formé de bardages métalliques.....	113
<i>Photographie 8</i> : Terrain de décombres formé de gravats.....	113
<i>Photographie 9</i> : Terrain d'entraînement de la BSPP	114
<i>Photographie 10</i> : Terrain d'entraînement de la BSPP	114
<i>Photographie 11</i> : Cache sous la neige.....	115

« Notre langage ne vaut rien pour décrire le monde des odeurs. »

Patrick Süskind, Le parfum

INTRODUCTION

La domestication du chien, *Canis lupus familiaris*, remonte à la Préhistoire, ce qui en fait l'espèce animale la plus anciennement domestiquée par l'Homme.

Dès l'Antiquité, le chien a été mis au service de ce dernier. En plus de son rôle de compagnie, il a endossé les fonctions de chasseur, de gardien de troupeau, de défense, d'assistants pour handicapés, etc... Les utilisations du « meilleur ami de l'Homme » sont donc extrêmement diversifiées et ont évolué au fil du temps.

Actuellement, la majorité des fonctions utilitaires font recours au « nez » du chien. En effet depuis le XXème siècle, les « spécialités » olfactives ne cessent de se multiplier : chiens de recherche d'explosifs, de stupéfiants, de restes humains, chiens de pistage, etc...

Parmi les nombreux chiens de détection existants, nous nous intéresserons ici aux chiens de recherche en décombres et aux chiens de recherche en avalanches. Ces deux spécialités ont un but commun : le secours à personne. Pour ce travail, le chien met à profit son flair exceptionnel.

Ces chiens de sauvetage ont deux missions distinctes : d'une part, la recherche de victimes ensevelies soit sous la neige à la suite d'avalanches, soit sous les décombres à la suite de catastrophes urbaines ; d'autre part, la recherche de personnes disparues ou égarées, telles que les randonneurs, les personnes âgées atteintes de maladie d'Alzheimer, les enfants fugueurs, etc... Nous nous consacrerons ici uniquement à la recherche de victimes ensevelies.

Dans la première partie, nous rappellerons tout d'abord l'anatomie, l'histologie et la physiologie du système olfactif, puis nous exposerons l'importance de l'odorat canin à l'origine de son utilisation dans le cadre d'interventions de sauvetage.

Dans la deuxième partie, après l'analyse des moyens d'étude de l'acuité olfactive, nous développerons les nombreux facteurs de variation de celle-ci.

Enfin dans la troisième partie, nous étudierons les caractéristiques de l'odeur corporelle humaine et du travail olfactif lors de la localisation de personnes ensevelies ; la formation des chiens de recherche sera également abordée.

Première partie

**IMPORTANCE DE L'ODORAT
CHEZ LES CHIENS DE
SAUVETAGE**

I. RAPPELS SUR LE SYSTEME OLFACTIF

Notre but ici n'est pas de présenter l'anatomie et l'histologie du système olfactif de manière détaillée, mais simplement d'en rappeler les éléments principaux, utiles à la compréhension de la physiologie de l'olfaction.

A. Anatomie du système olfactif

La tête porte quatre des organes des sens, dont l'appareil olfactif.

Creusées dans les os de la tête et séparées de la cavité buccale par la voute palatine, les cavités nasales assurent le passage de l'air lors de la respiration et sont le siège de l'olfaction. Elles communiquent avec l'extérieur par des orifices, les narines et possèdent des annexes anfractueuses, les sinus paranasaux. (EVANS, 1993 ; BARONE, 1997)

1. Les narines

Le nez du chien s'appelle la truffe (*figure 1*), du fait de sa ressemblance avec le champignon du même nom. Celle-ci est glabre, humide, et est généralement pigmentée. Elle est entaillée en son milieu par un sillon naso-labial étroit et profond, le philtrum.

La truffe comporte deux orifices, les narines, qui constituent les voies d'entrée de l'air et des substances odorantes. Ces dernières ont une forme de virgule, dont le bord dorsal épais correspond à l'aile du nez et dont la queue latérale est prolongée par un faible sillon alaire. (BARONE, 1997 ; COLLIN, 2003)

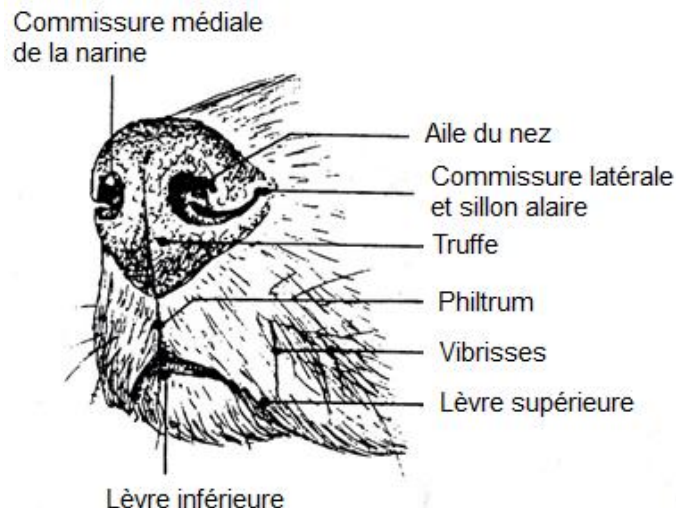


Figure 1 : Truffe d'un chien, en vue externe (E. CHATELAIN)

Les narines sont maintenues béantes par une charpente cartilagineuse (*figure 2*). L'aile du nez est portée par le cartilage alaire, qui est le plus développé. Il se poursuit médialement par le cartilage septal, et est complété par un cartilage latéral ventral ainsi que par un cartilage accessoire latéral. (BARONE, 1997)

La musculature mobilise les cartilages, ce qui fait varier le calibre des narines et permet de régler le flux d'air. Mais peu de muscles interviennent dans l'olfaction. Le plus puissant est le muscle dilatateur des narines, qui permet au chien de flairer. On peut également citer le muscle releveur naso-labial et le muscle canin. Le cartilage alaire est la paroi cartilagineuse la plus mobile de la narine. (EVANS, 1993)

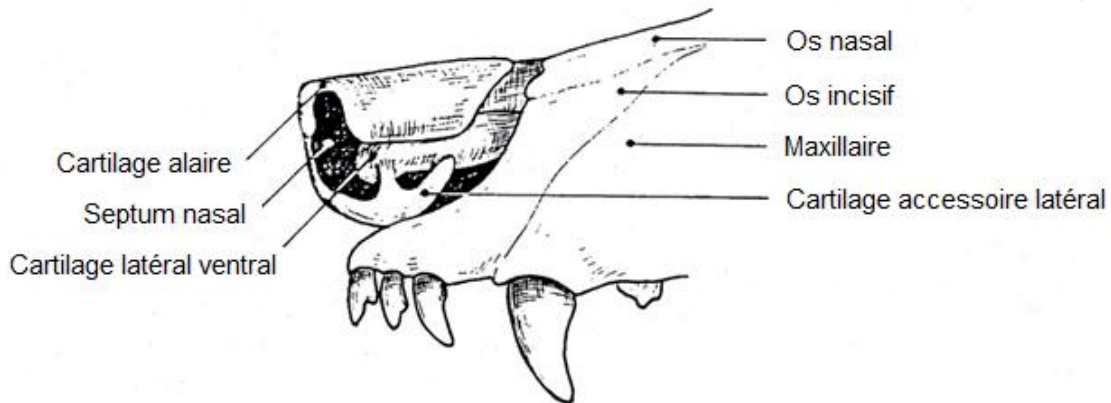


Figure 2 : Charpente cartilagineuse des narines d'un chien (E. CHATELAIN)

De la narine à la cavité nasale proprement dite s'étend le vestibule nasal. (BARONE, 1997)
Le canal lacrymal s'ouvre dans le vestibule nasal par l'ostium naso-lacrymal, situé sous le sillon alaire. Chez le chien, dans 80% des cas, il existe un second orifice, qui débouche en regard de la canine. (EVANS, 1993)

2. Les cavités nasales

Les cavités nasales des chiens (*figure 3*) ont atteint un stade d'évolution très avancé par rapport à celles des autres mammifères, en raison du développement important de l'odorat. Elles ont également une fonction respiratoire : elles purifient, réchauffent et humidifient l'air inspiré. (EVANS, 1993 ; BARONE, 1997)

Les cavités nasales sont au nombre de deux, une droite et une gauche, séparées par une cloison médiane, le septum nasal. Elles sont de longueur variable selon les races de chiens. Chacune s'étend du vestibule nasal à la lame criblée de l'os ethmoïde, qui la sépare de la cavité crânienne. Leurs extrémités caudales communiquent avec le nasopharynx par le méat naso-pharyngien, qui aboutit aux choanes. (EVANS, 1993 ; BARONE, 1997 ; COLLIN, 2003)

Les cavités nasales sont tapissées par de la muqueuse nasale, que nous étudierons dans le paragraphe sur l'histologie du système olfactif (*voir I-B-1*).

Les cavités nasales sont presque entièrement remplies par les cornets nasaux, portés par la paroi latérale. La partie postérieure des cavités nasales correspond au labyrinthe ethmoïdal, lieu privilégié de l'olfaction. (BARONE, 1997)

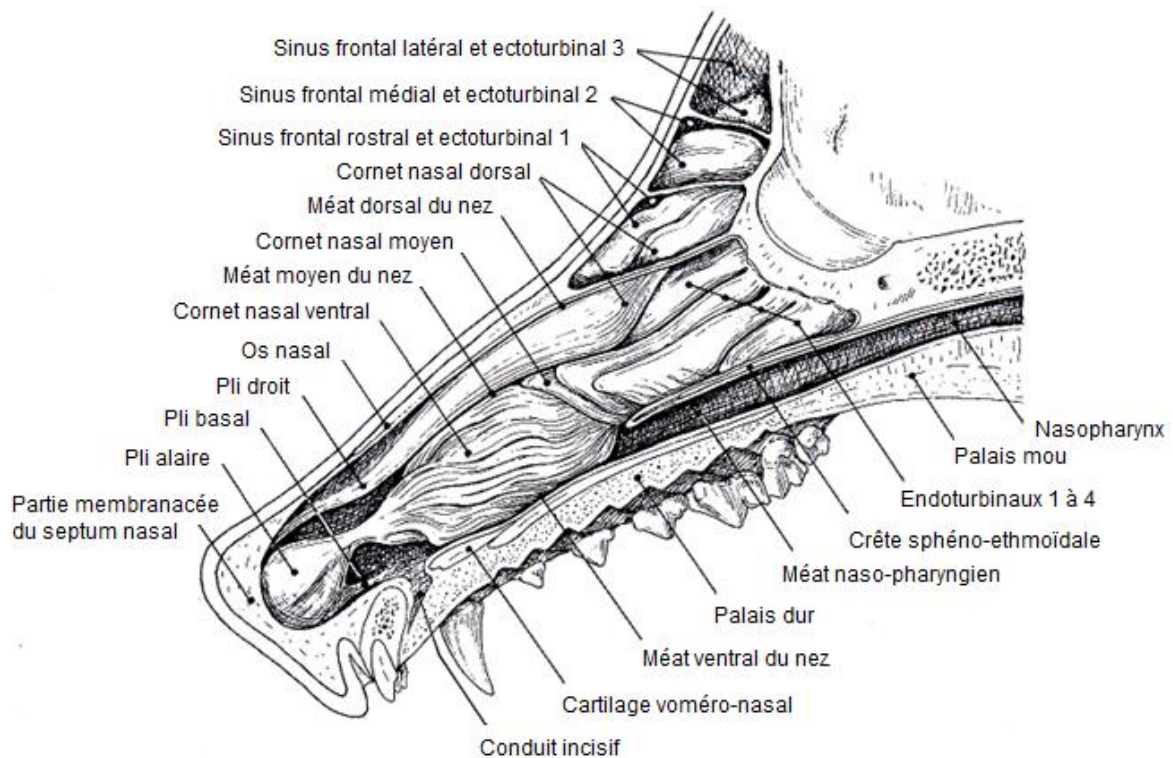
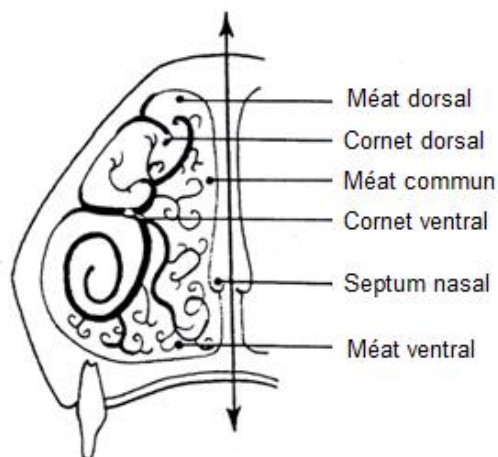


Figure 3 : Coupe sagittale des cavités nasales d'un chien (d'après BARONE, 1997)

- **Cornets nasaux**

Les cornets nasaux (*figure 4*) sont au nombre de trois : (BARONE, 1997 ; COLLIN, 2003)

- Le cornet nasal dorsal, très réduit, est long et fin. Il se limite à une simple lamelle osseuse gaufrée, sans enroulement.
- Le cornet nasal moyen ou ethmoïdal est volumineux et de type rameux. Il correspond en fait à la grande volute de l'ethmoïde et s'avance jusqu'à mi-longueur des cavités nasales.
- Le cornet nasal ventral est, lui aussi, volumineux et de type rameux. Il occupe les deux tiers antérieurs des cavités nasales et envahit le vestibule nasal. Sa lame osseuse principale, enroulée ventralement, donne naissance à cinq lamelles secondaires, qui se compliquent elles-mêmes de lamelles tertiaires.



Les méats (*figure 4*) correspondent aux espaces entre les cornets nasaux et le septum nasal. On en compte trois, un dorsal, un moyen et un ventral, qui se rejoignent en un méat nasal commun. (BARONE, 1997)

Figure 4 : Cornets et méats nasaux d'un chien, en coupe transversale (E. CHATELAIN)

- **Labyrinthe ethmoïdal**

Le labyrinthe ethmoïdal (*figure 5*) est délimité par un grand nombre de feuillets osseux enroulés sur eux-mêmes, les volutes ethmoïdales. Ces dernières sont entièrement recouvertes par la muqueuse olfactive. (BARONE, 1997)

On distingue : (BARONE, 1997 ; COLLIN, 2003)

- Les volutes ethmoïdales latérales ou ectoturbiniaux sont au nombre de six. Les ectoturbiniaux I, II et III font respectivement saillie dans les sinus frontaux rostral, médial et latéral.
- Les volutes ethmoïdales médiales ou endoturbiniaux sont au nombre de quatre. La plus développée, appelée grande volute de l'ethmoïde, forme le cornet nasal moyen.

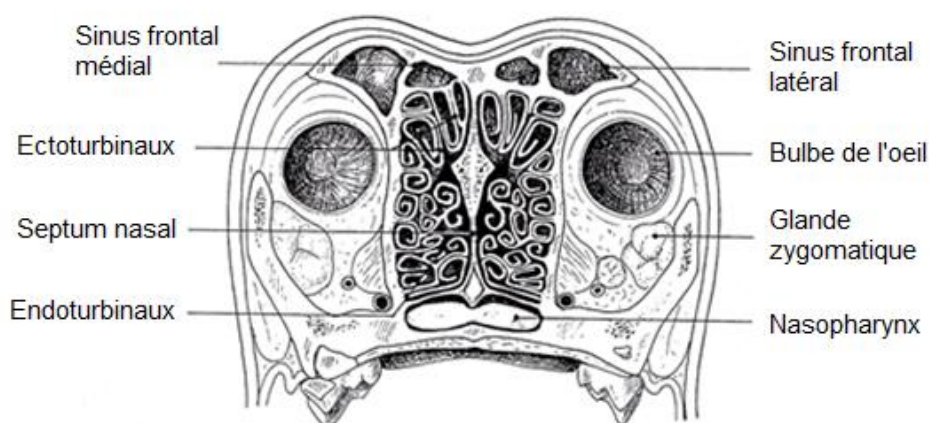


Figure 5 : Labyrinthe ethmoïdal d'un chien, en coupe transversale (E. CHATELAIN)

Les cavités nasales, grâce à leur structure, augmentent considérablement la surface de contact. En effet l'architecture des cornets nasaux et du labyrinthe ethmoïdal permet d'accroître la surface de la muqueuse.

3. Les sinus paranasaux

Les sinus paranasaux (*figure 6*), situés à la limite de la face et du crâne, sont des cavités anfractueuses annexées aux cavités nasales. Chez le chien, on décrit un sinus maxillaire et un sinus frontal, séparé en trois compartiments, rostral, médial et latéral.

Les fonctions des sinus paranasaux restent encore hypothétiques. Toutefois chez les carnivores, ils semblent avoir un rôle dans l'olfaction. En effet, une partie des sinus est revêtue par de la muqueuse olfactive, comme le souligne la présence des ectoturbinaux. (BARONE, 1997 ; COLLIN, 2003)

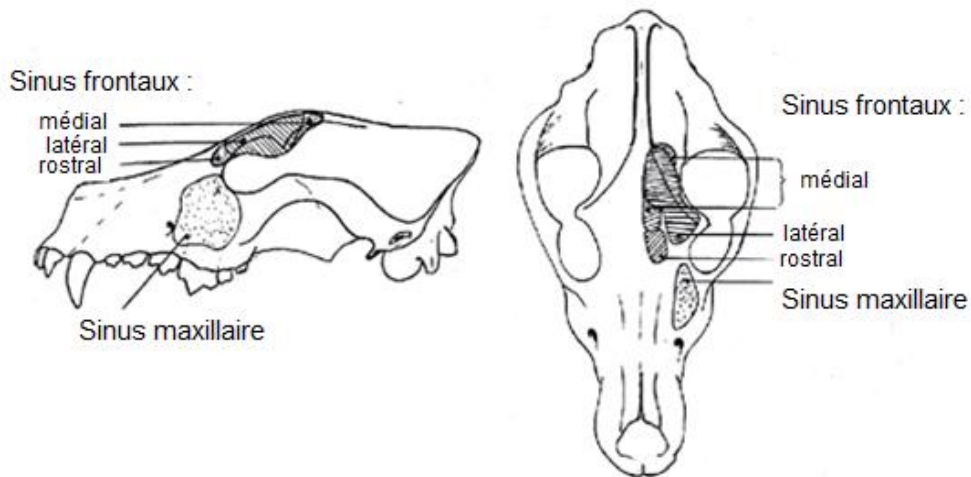


Figure 6 : Topographie des sinus du chien, en vue latérale, à gauche et en vue dorsale, à droite (E. CHATELAIN)

4. Organe voméronasal

L'organe voméronasal, anciennement organe de Jacobson, est un appareil olfactif secondaire. Celui-ci, pair, est formé par un conduit voméronasal et par un conduit incisif, qui fait communiquer la cavité nasale et la cavité buccale.

Particulièrement développé chez les reptiles, il est également présent chez de nombreux mammifères. Chez les carnivores, il est impliqué dans la perception des phéromones. (EVANS, 1993 ; COLLIN, 2003)

5. Les centres olfactifs

L'innervation des cavités nasales repose sur quatre nerfs (*figure 7*), à savoir le nerf nasal, ethmoïdal, voméronasal et le nerf olfactif. Ce dernier fait partie des douze nerfs crâniens. (EVANS, 1993)

Le nerf olfactif est en réalité composé de la réunion d'un ensemble de filets nerveux indépendants. Il s'agit uniquement de fibres amyéliniques, strictement sensoriels. Les nerfs olfactifs unissent la muqueuse olfactive à la face ventrale du bulbe olfactif, au travers des trous de la lame criblée. (COLLIN, 2003 ; BARONE, 2004)

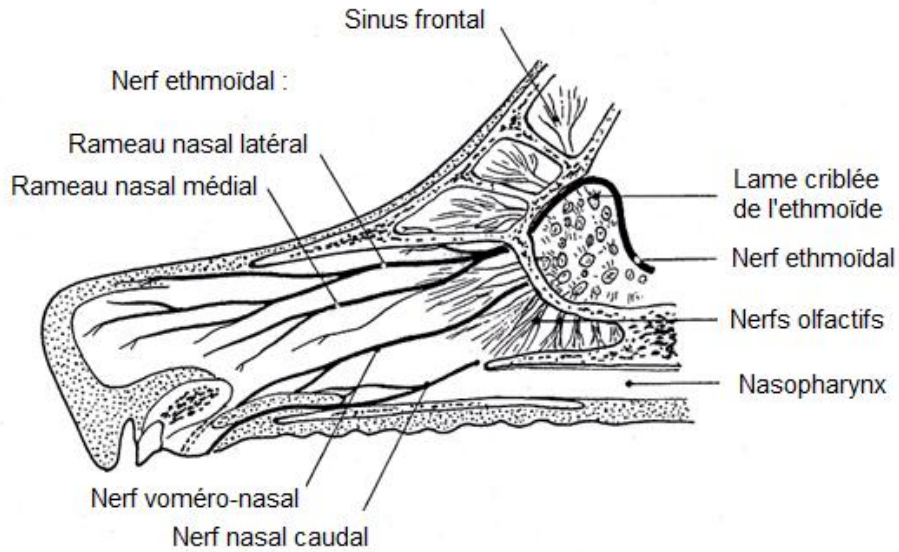


Figure 7 : Innervation du système olfactif d'un chien, en coupe sagittale (E. CHATELAIN)

Le bulbe olfactif (figure 8) correspond au centre olfactif primaire. Il est constitué de deux expansions symétriques ovalaires, situées sur la partie rostroventrale du rhinencéphale et qui s'appuient sur la lame criblée de l'os ethmoïde. (COLLIN, 2003 ; BARONE, 2004)

Le bulbe olfactif se poursuit par le pédoncule olfactif, qui le relie aux autres structures du rhinencéphale par l'intermédiaire des tractus olfactifs latéral et médial. Au sein du rhinencéphale se trouvent les centres olfactifs secondaires, c'est-à-dire le cortex olfactif, le lobe piriforme, les noyaux amygdaliens, l'hippocampe... (EVANS, 1993 ; BARONE, 2004)

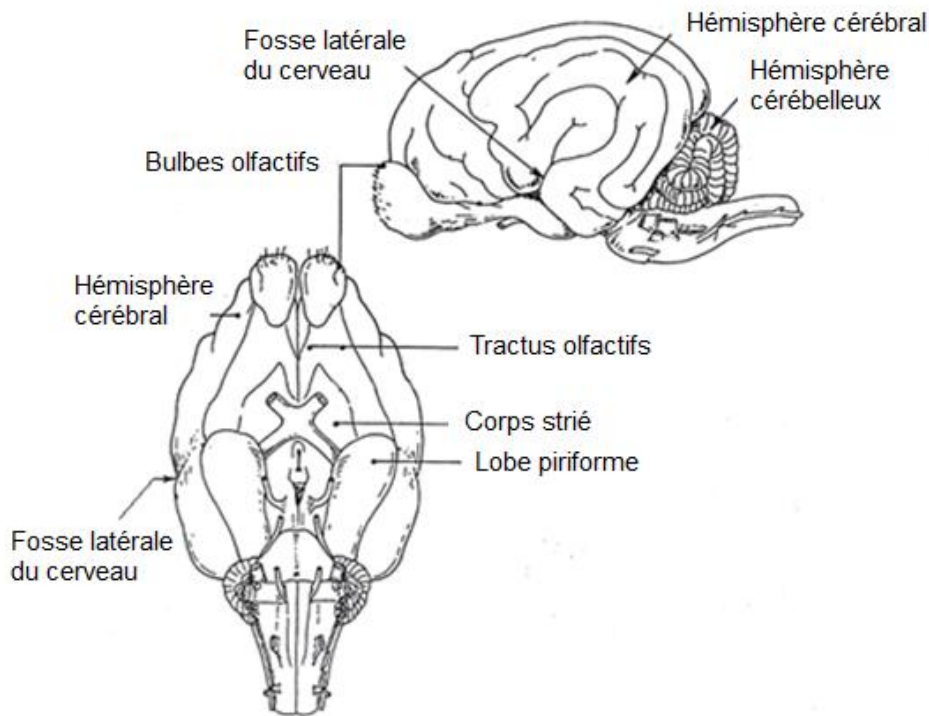


Figure 8 : Rhinencéphale de chien, en vue latérale et ventrale (E. CHATELAIN)

B. Histologie du système olfactif

1. La muqueuse olfactive

La muqueuse nasale, qui tapisse la totalité des cavités nasales, comprend une région respiratoire de couleur rosée ou rouge et une région olfactive de couleur brun jaunâtre. Cette dernière recouvre les volutes ethmoïdales et une partie des sinus paranasaux, soit une surface d'environ 100 à 200 cm² chez le chien. Elle est revêtue d'une couche de mucus. (BARONE, 1997)

La muqueuse olfactive possède un épithélium cylindrique pseudostratifié, qui comporte trois types d'épithéliocytes (*figure 9*). (BARONE, 1997 ; COLLIN, 2003)

- Les cellules olfactives

Les cellules olfactives sont les plus nombreuses parmi les trois types d'épithéliocytes ; leur nombre est estimé approximativement à 100 voir 200 millions chez le chien. Ces cellules neurosensorielles sont bipolaires ; de leur corps cellulaire partent deux prolongements cytoplasmiques.

Le prolongement axonal franchit la membrane basale et entre dans la constitution des nerfs olfactifs qui rejoignent la substance grise du bulbe olfactif.

Le prolongement du pôle apical est quant à lui de nature dendritique (*figure 10*). Il s'insinue entre les épithéliocytes de soutien et se termine à la surface de l'épithélium olfactif par un renflement ovoïde, la vésicule olfactive. Celle-ci est garnie de cils sensoriels, immobiles, longs de 8 à 10 micromètres et au nombre de 100 à 150, qui augmentent grandement la surface réceptrice.

Ces neurorécepteurs, dont la durée de vie est de 100 jours maximum, sont soumis à un renouvellement permanent.

- Cellules de soutien

Les cellules de soutien sont prismatiques et hautes ; elles s'étendent sur toute la hauteur de l'épithélium olfactif. Leur partie profonde repose sur la lame basale et leur partie superficielle possède de nombreuses microvillosités, qui font saillie dans la lumière.

- Cellules basales

Les cellules basales, irrégulières, sont étalées contre la lame basale en une couche profonde unique. Elles sont à l'origine de la neurogénèse des cellules neuroréceptrices.

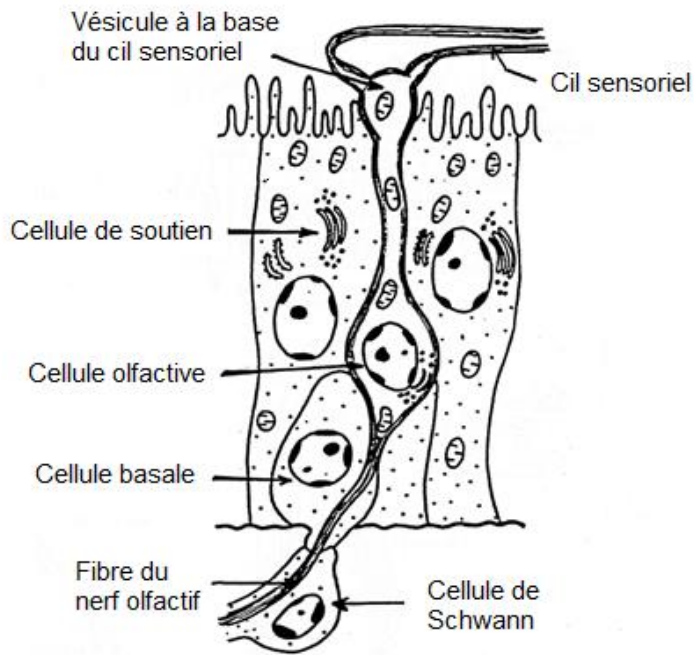


Figure 9 : Coupe transversale de l'épithélium olfactif (E. CHATELAIN)



Figure 10 : Extrémité dendritique d'une cellule neurosensorielle, en microscopie électronique (d'après BARONNE, 1997)

L'épithélium olfactif repose par l'intermédiaire de sa lame basale sur une propria mucosae (figure 11). Celle-ci renferme des glandes de Bowman, qui élaborent le mucus, dans lequel baignent les cils olfactifs. (BARONE, 1997)

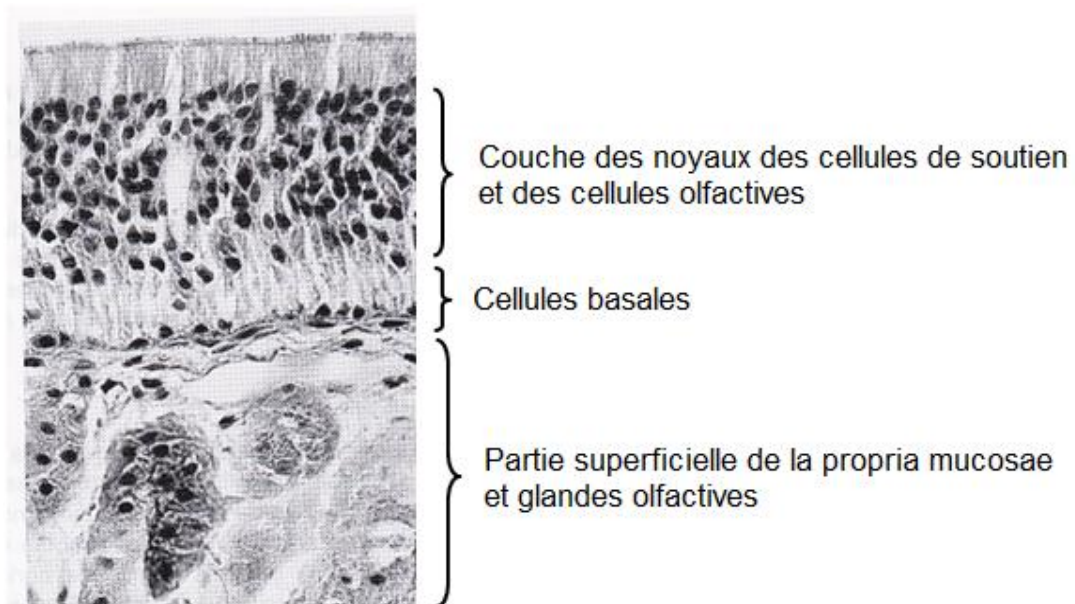


Figure 11 : Muqueuse olfactive, grossissement X 300 (d'après BARONE, 1997)

2. Le bulbe olfactif

Le bulbe olfactif (*figure 12*) est composé de sept strates concentriques, renfermant quatre types de neurocytes. (COLLIN, 2003 ; BARONE, 2004)

- Substance blanche
Cette strate est la plus profonde. Elle est formée presque uniquement par les axones des cellules mitrales et des cellules à panache.
- Couche des grains
C'est la strate la plus épaisse. Elle possède de nombreuses cellules granulaires. Ces neurocytes sont dépourvus d'axone, mais émettent des dendrites très ramifiées, qui assurent des synapses avec les dendrites basales des cellules mitrales et des cellules à panache.
- Couche plexiforme interne
Cette strate est très pauvre en neurocytes. Elle est occupée par les dendrites des cellules granulaires et par les axones des cellules mitrales et des cellules à panache.
- Couche des cellules mitrales
Cette strate groupe les cellules mitrales, qui sont les neurocytes les plus gros mais les moins nombreux. Leur corps caractéristique est en forme de triangle dont la pointe, dirigée vers la profondeur, se prolonge par un axone. La base donne naissance en son centre à une dendrite axiale, qui se termine au niveau des glomérules.
- Couche plexiforme externe
Cette strate est traversée par les dendrites des cellules mitrales. Elle renferme également les cellules à panache, qui sont plus petits mais plus nombreux que les neurocytes précédents.
- Couche des glomérules
Cette strate est caractérisée par les connexions synaptiques entre les nerfs olfactifs et les dendrites axiales des cellules mitrales et des cellules à panache. Ces glomérules, volumineux, sont au nombre approximatif de 1800 à 2000. On estime qu'environ 26000 axones olfactifs convergent sur un seul glomérule et s'articulent avec une vingtaine de cellules mitrales. Cette strate comporte également les cellules périglomérulaires, qui participent à la constitution des glomérules.
- Couche des fibres olfactives
Cette strate correspond aux fibres des nerfs olfactifs.

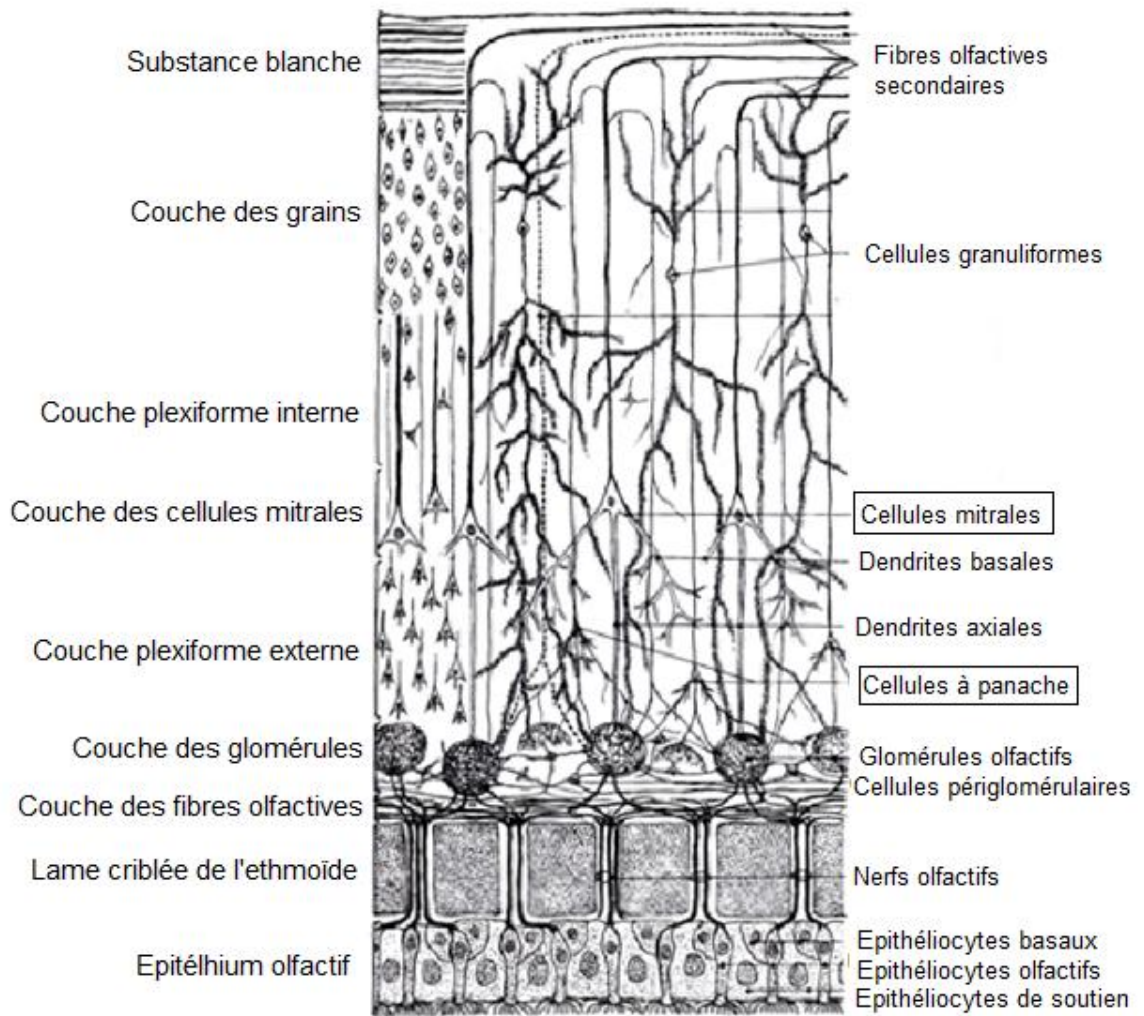


Figure 12 : Coupe transversale de la substance grise du bulbe olfactif (d'après BARONE, 2004)

Ainsi, le bulbe olfactif est riche en connexions synaptiques très complexes.

II. PHYSIOLOGIE DE L'OLFACTION

Les recherches sur la physiologie de l'olfaction ont connu un regain d'intérêt, suite à la découverte de Linda Buck et Richard Axel en 1991 (*voir II-B-1*). Depuis, des progrès notables ont été réalisés, bien que certains mécanismes demeurent non élucidés. (GOLDBLATT, 2009) Nous nous limiterons aux notions essentielles du fonctionnement de l'odorat, nécessaires à la compréhension du travail olfactif canin.

A. De la molécule odorante à l'odeur

L'odeur est le résultat de la perception par l'appareil olfactif de molécules odorantes. (BEIDLER, 1971)

1. Le stimulus olfactif

Le stimulus olfactif correspond à des molécules odorantes. L'odorat est donc un sens chimique, tout comme le goût. (BEIDLER, 1971)

Les molécules odorantes sont par nature des composés volatils à température ambiante. La volatilité est déterminante pour permettre à ces dernières d'atteindre l'appareil olfactif. Les molécules odorantes sont également caractérisées par leur pouvoir odorant, qui dépend de leurs propriétés physico-chimiques. Celles-ci ont un poids moléculaire compris entre 17 et 300 Daltons et sont souvent hydrophobes. L'odorité conditionne la capacité à stimuler les récepteurs olfactifs. (LEROY, 1987)

La volatilité et l'odorité sont deux notions distinctes, c'est-à-dire qu'une molécule odorante peut être très volatile et malgré tout posséder un faible pouvoir odorant ou inversement posséder un fort pouvoir odorant tout en étant peu volatile. (ROQUEPLO, 2003)

2. Transport jusqu'à l'appareil olfactif

Les molécules odorantes sont véhiculées jusqu'à l'appareil olfactif par courants aériens. Il existe deux possibilités d'accès, dont la voie nasale, qui est la majoritaire.

- **Voie nasale**

Lors de l'inspiration, un courant d'air traverse les cavités nasales, transportant avec lui des molécules odorantes (*figure 13*). La plus grande partie de l'air inhalé longe l'étage inférieur en direction du nasopharynx et seul 7% gagne l'étage olfactif. Les molécules odorantes y sont acheminées par diffusion. (LEROY, 1987 ; ROQUEPLO, 2003)

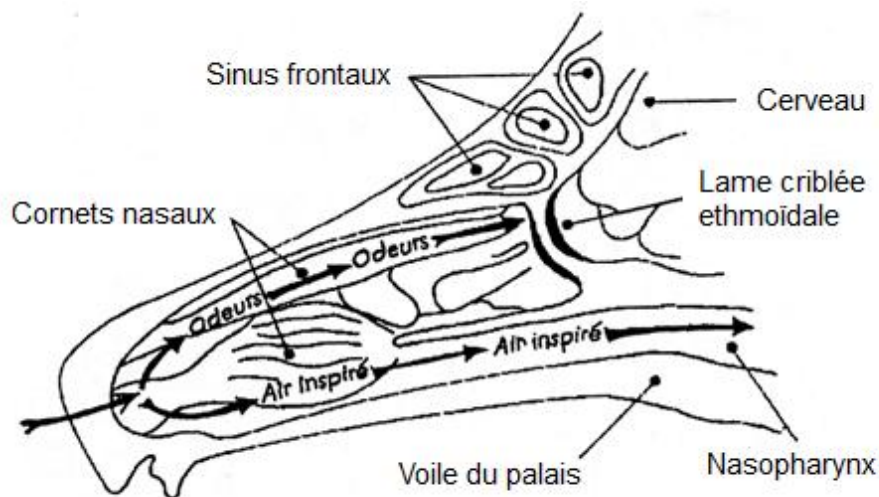


Figure 13 : Circulation de l'air inhalé dans les cavités nasales (d'après ROQUEPLO, 2003)

Afin d'amplifier la quantité de molécules odorantes rentrant en contact avec l'appareil olfactif, le chien peut présenter un comportement de reniflement.

Alors que pour une inspiration normale, le débit du courant aérien est de 100 millilitres par seconde et la vitesse du courant aérien de 1 mètre par seconde ; lors du flairage, le débit et la vitesse du courant aérien sont tous deux accrus : le débit passe à 1 litre par seconde et la vitesse à 10 mètres par seconde. (LEROY, 1987 ; ROQUEPLO, 2003)

- **Voie rétro-nasale**

Dans ce cas, les molécules odorantes libérées par les aliments dans la cavité buccale sont conduites à l'appareil olfactif à l'expiration. Cette voie contribue à la perception olfacto-gustative ; on parle alors plutôt d'arôme que d'odeur. (LEROY, 1987 ; ROQUEPLO, 2003)

Le flehmen, quant à lui, est un comportement particulier observé principalement dans l'espèce équine et chez les ruminants mais qui existe aussi chez le chien. Il consiste en une élévation de la lèvre supérieure ou babine permettant l'ouverture du conduit incisif. Cette technique est réservée à la perception des phéromones par l'organe voméronasal. (ROQUEPLO, 2003)

B. Les étapes de la perception des odeurs

La perception des odeurs débute par la stimulation de la muqueuse olfactive par les molécules odorantes. (BEIDLER, 1971)

Les neurorécepteurs assument à eux seuls la réception, la transduction et la transmission de l'information olfactive. (HOLLEY, 1975)

1. Les récepteurs olfactifs

Les récepteurs olfactifs appartiennent à la superfamille des récepteurs couplés aux protéines G ou GPCR pour « G Protein Coupled Receptor ». Ces derniers sont de nature protéique et présentent sept hélices transmembranaires. La séquence d'acides aminés des trois domaines centraux varie entre les différents récepteurs alors que celle des quatre autres domaines est conservée chez tous les membres de la famille des GPCR. (BROUARD, 1992 ; PHELOUZAT, 2005)

En 1991, Linda Buck et Richard Axel (BUCK et AXEL, 1991) ont identifié la famille de gènes codant pour les récepteurs olfactifs. Récompensée par le Prix Nobel de physiologie et de médecine en 2004, cette découverte s'inscrit comme une avancée révolutionnaire dans la compréhension des bases moléculaires des étapes de la perception des odeurs. (PHELOUZAT, 2005)

Les gènes codant pour les récepteurs olfactifs peuvent atteindre le millier chez les mammifères ; ils constituent donc la plus grande famille de gènes connue à ce jour. (BROUARD, 1992 ; PHELOUZAT, 2005)

Grâce à la technique de PCR (« Polymerase Chain Reaction »), les deux chercheurs américains ont identifié 200 gènes. (BUCK et AXEL, 1991 ; BROUARD, 1992 ; PHELOUZAT, 2005)

Ouvrant la voie à de nombreux autres travaux génétiques, le nombre total de gènes codant pour les récepteurs olfactifs a été déterminé dans différentes espèces.

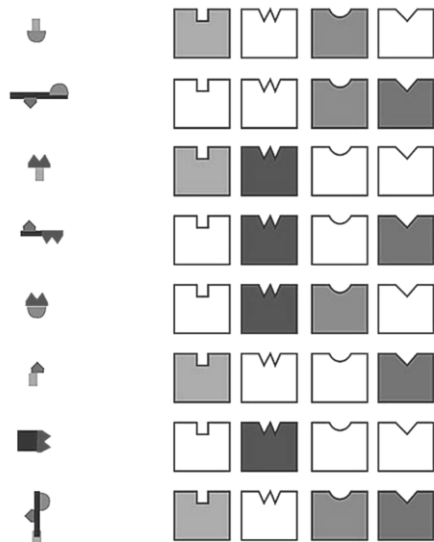
Chez le chien ces gènes sont au nombre de 1300, dont 18% de pseudogènes, ce qui représente près de 3% du génome canin. En comparaison, chez l'Homme, ils sont au nombre de 802, dont plus de 50% de pseudogènes, soit environ 1% du génome. La grande différence entre le chien et l'Homme réside donc dans le nombre de gènes non fonctionnels. (ACHE et YOUNG, 2005)

2. Réception du signal olfactif

Les molécules odorantes doivent dans un premier temps traverser la couche de mucus, pour pouvoir interagir avec les récepteurs olfactifs. Or, elles sont généralement hydrophobes et ne se dissolvent donc pas dans la phase aqueuse du mucus. Il semble que les molécules odorantes soient associées à des protéines de liaison ou OBP pour « Olfactory Binding Protein », qui contribuent à leur transport au sein du mucus. (ACHE et YOUNG, 2005)

L'adsorption des molécules odorantes sur les récepteurs olfactifs a donné lieu à de nombreuses polémiques. De multiples théories, qui envisageaient l'existence d'un récepteur par odeur, ont été avancées. Mais à la lumière des découvertes récentes sur les récepteurs olfactifs, ce concept simpliste n'est pas satisfaisant. (HOLLEY, 1975 ; BROUARD, 1992 ; HOLLEY, 1994a)

Bien que le nombre de récepteurs olfactifs soit élevé, il reste restreint par rapport au nombre de molécules odorantes, qui s'élève à des dizaines de milliers. Chaque molécule odorante ne peut donc pas posséder son propre récepteur. (ACHE et YOUNG, 2005)



Les récepteurs olfactifs sont sélectifs non pas d'une molécule odorante mais seulement d'un de ces groupements, appelé odotope (*figure 14*).

La fixation de la molécule odorante à un site récepteur s'effectue alors par une liaison faible, réversible et peu spécifique. (HOLLEY, 1994a)

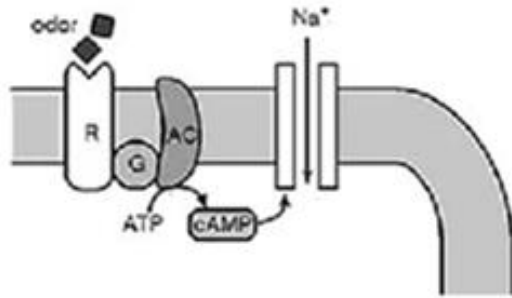
Figure 14 : Interaction entre les molécules odorantes, à gauche, et les récepteurs olfactifs, à droite (d'après ACHE et YOUNG, 2005)

Ainsi, une même molécule odorante peut se fixer sur plusieurs récepteurs olfactifs différents et réciproquement un même récepteur olfactif peut fixer plusieurs molécules odorantes différentes. La fixation est de nature combinatoire, ce qui permet d'expliquer la reconnaissance et la discrimination de multiples odeurs. (ACHE et YOUNG, 2005)

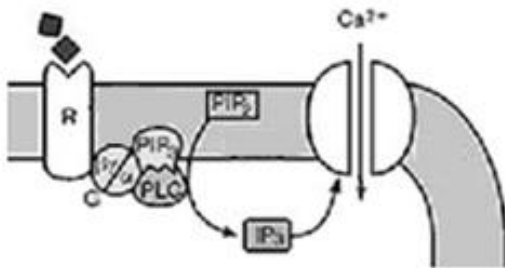
3. Transduction du signal olfactif

La liaison entre un récepteur olfactif et une molécule odorante initie la transduction olfactive, qui déclenche une cascade de réactions enzymatiques. Cette dernière commence par l'activation d'une protéine G trimérique, qui libère sa sous-unité alpha, à l'origine d'un second message intracellulaire. (HOLLEY, 1994b)

Deux systèmes d'actions peuvent être mis en jeu en parallèle (*figure 15*): (ACHE et YOUNG, 2005)



- Soit l'AC (adénylate cyclase) est impliquée, ce qui conduit à l'augmentation de la concentration intracellulaire d'AMPc (adénosine monophosphate cyclique), à partir d'ATP (adénosine triphosphate), entraînant l'ouverture des canaux sodiques, Na^+ .



- Soit la PLC (phospholipase C) est impliquée, ce qui conduit à l'augmentation d'IP3 (inositol triphosphate), à partir de PIP2 (phosphatidylinositol diphosphate), entraînant l'ouverture de canaux calciques, Ca^{2+} .

Figure 15 : Les deux types de seconds messagers intracellulaires impliqués dans le codage olfactif (d'après ACHE et YOUNG, 2005)

Le flux d'ions, résultant de l'ouverture des canaux cationiques, provoque une dépolarisation de la membrane cellulaire, qui aboutit à la création d'un potentiel d'action. (HOLLEY, 1994b ; ACHE et YOUNG, 2005)

Le signal électrique engendré par le codage olfactif va ensuite être transmis aux centres olfactifs.

4. Transmission du signal olfactif

L'influx nerveux est propagé via le nerf olfactif jusqu'au bulbe olfactif. Celui-ci correspond au premier relai des voies de l'olfaction (figure 16). L'information olfactive afférente va y subir un traitement neuronal complexe. (HOLLEY, 2006)

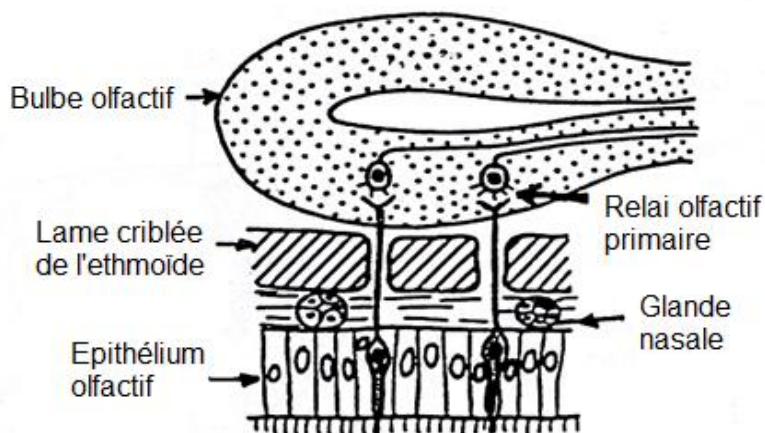


Figure 16 : Rapport de l'épithélium olfactif et du bulbe olfactif (E. CHATELAIN)

Nous avons vu plus haut qu'au niveau des glomérules un rapport de 1000 existe entre le nombre d'axones olfactifs et le nombre de cellules mitrales. (HOLLEY, 1975)

Cette convergence entraîne inévitablement une perte d'information mais permet en contre partie une amplification de celle-ci. (HOLLEY, 2006)

De plus, le bulbe olfactif renferme deux types d'interneurones inhibiteurs, les cellules périglomérulaires et les cellules granulaires, qui correspondent respectivement aux deux étages d'intégration olfactive (*figure 17*) : (HOLLEY, 1975 ; HOLLEY, 2006)

- Dans la couche des glomérules, les cellules périglomérulaires exercent une inhibition intra et interglomérulaire sur les cellules mitrales du même glomérule mais aussi du glomérule voisin.
- Dans la couche plexiforme externe, les cellules granulaires exercent une auto-inhibition sur les cellules mitrales ainsi qu'une inhibition latérale des cellules mitrales voisines.

En outre, le bulbe olfactif reçoit des axones d'origine centrale. Ces fibres extrinsèques se connectent sur les neurones granulaires et sont responsables d'un contrôle centrifuge de l'information olfactive. Ceci explique l'influence de facteurs mettant en jeu la motivation du sujet sur la perception olfactive. (HOLLEY, 1975 ; HOLLEY, 2006)

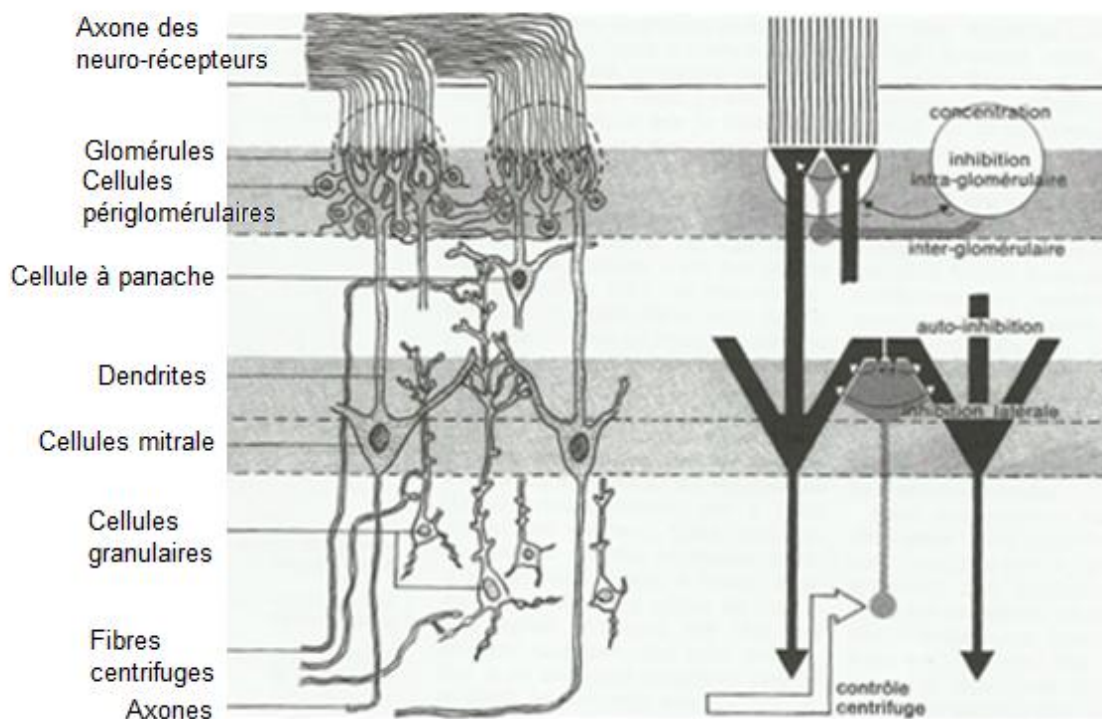


Figure 17 : Intégration olfactive dans le bulbe olfactif (d'après HOLLEY, 1975)

Nous ne détaillerons pas les voies centrales de l'olfaction (*figure 18*), en raison de l'extrême complexité de l'interprétation cérébrale de l'information olfactive. (HOLLEY, 1975)

Les cellules mitrales et les cellules à panache constituent l'origine des voies olfactives secondaires, par l'intermédiaire du tractus olfactif latéral et médial, qu'élaborent leurs axones respectifs. Le message olfactif est acheminé aux aires olfactives du rhinencéphale, désignées sous le nom de cortex olfactif. Celui-ci conduit aux projections de troisième ordre vers le néocortex. Le message olfactif peut y transiter via le thalamus ou l'hypothalamus. (HOLLEY, 2006)

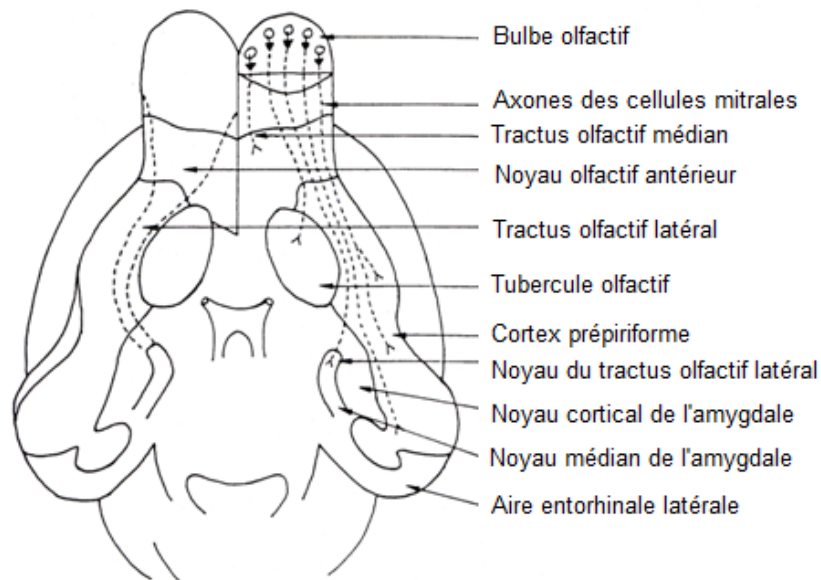


Figure 18 : Les voies centrales de l'olfaction (d'après HOLLEY, 1975)

Ainsi, les centres olfactifs supérieurs sont responsables de la sensation olfactive. Pour finir ces rappels, nous allons en présenter les caractéristiques.

C. Les caractéristiques de la sensation olfactive

1. Seuil de perception

Le seuil de perception est défini comme la plus petite concentration de molécules odorantes, qui entraîne une sensation olfactive. (VADUREL et GOGNY, 1997)

2. Temps de latence

Le temps de latence est défini comme la durée nécessaire à l'apparition de la sensation olfactive. Il semble correspondre au délai de traversée du mucus par les molécules odorantes. Chez le chien, le temps de latence est estimé à 0,5 seconde environ. (VADUREL et GOGNY, 1997)

3. Variation d'intensité

La sensation olfactive augmente lorsque la concentration des molécules odorantes s'élève au-delà du seuil de perception.

L'intensité de celle-ci peut être exprimée selon une formule mathématique, appelée loi de puissance ou loi de Stevens : $S = k \times I^n$ où S est l'intensité de la sensation olfactive ; I l'intensité du stimulus olfactif ; k et n des constantes avec $n \ll 1$. Cette relation signifie que l'intensité de la sensation olfactive croît moins vite que l'intensité du stimulus olfactif. (HOLLEY, 1975 ; VADUREL et GOGNY, 1997)

Des concentrations de molécules odorantes 10 à 15 fois supérieures au seuil de perception suffisent à obtenir une sensation olfactive maximale. (VADUREL et GOGNY, 1997)

Par ailleurs, l'intensité de la sensation olfactive d'un mélange de deux odeurs est inférieure à l'addition des intensités des sensations olfactives de chacune des odeurs, mais supérieure à la moyenne de ces deux dernières. (ROQUEPLO, 2003)

4. Phénomène d'adaptation

Le phénomène d'adaptation conduit à un déclin de la sensation olfactive puis à sa disparition, suite à un stimulus olfactif prolongé ou à des stimuli olfactifs nombreux et rapprochés. Il est particulièrement prononcé et durable pour l'olfaction. La récupération d'une sensibilité olfactive normale nécessite 3 à 4 minutes mais parfois jusqu'à 30 minutes. Ce phénomène résulte de l'augmentation progressive du seuil de perception. Il est toutefois spécifique à une substance odorante et l'organe olfactif reste donc sensible aux autres odeurs. (ROQUEPLO, 2003 ; VADUREL et GOGNY, 1997)

5. Phénomène de persistance

Le phénomène de persistance se traduit par le maintien de la sensation olfactive pendant un temps variable après la stimulation. Ce phénomène permet l'apparition d'une sensation olfactive par sommation de plusieurs stimulations bien qu'en dessous du seuil de perception. (ROQUEPLO, 2003 ; VADUREL et GOGNY, 1997)

Tous ces caractères de la sensation olfactive appartiennent au domaine de la discrimination quantitative. Il reste beaucoup d'inconnues en ce qui concerne la discrimination qualitative.

III. L'ODORAT DU CHIEN AU SERVICE DE L'HOMME

A. Les facultés sensorielles du chien

L'odorat est l'un des cinq sens que le chien possède avec l'ouïe, la vue, le toucher et le goût. Ces cinq sens constituent des facultés indispensables, exploitées dans le travail utilitaire. Ces derniers ne sont pas utilisés séparément les uns des autres, mais au contraire en collaboration les uns avec les autres.

1. Hiérarchisation des sens du chien

Classons les cinq sens du chien du plus développé au moins développé, en les comparant aux facultés sensorielles humaines.

- **L'odorat**

L'odorat est le sens numéro un du chien. C'est pourquoi, un paragraphe spécial lui est consacré (*voir III-A-2*).

- **L'ouïe**

Comme l'odorat, l'ouïe est également un sens très développé chez le chien.

Avec un seuil moyen d'audibilité inférieur à 5 décibels, le chien perçoit des intensités sonores plus faibles que l'Homme, dont le seuil moyen d'audibilité est de 20 décibels. Il peut entendre un son à 25 mètres, qui est pour l'Homme inaudible à seulement 4 mètres. Sensible aux ultrasons, le chien perçoit également des fréquences jusqu'à deux fois supérieures à l'Homme. Il capte ainsi une gamme, qui s'étend de 15 à 40 000 voire 100 000 Hertz, alors que celle de l'Homme est restreinte de 20 à 20 000 Hertz. (BEAVER, 2009)

De plus, le chien est capable de discriminer les sons. Il peut, par exemple, différencier plus d'une centaine de mots prononcés par son maître. Enfin, il est capable de localiser une source sonore. Cette faculté est maximale chez les races bergères à oreilles droites, grâce à la mobilisation de leurs pavillons orientables. (MIKLOSI, 2007)

- **La vue**

La vision des chiens est particulièrement adaptée à la pratique de la chasse. (MIKLOSI, 2007)

Bien que le chien possède une acuité visuelle inférieure à celle de l'Homme, sa vision nocturne et crépusculaire est plus performante. La rétine du chien est en effet plus riche en bâtonnets qu'en cônes. (MIKLOSI, 2007 ; BEAVER, 2009)

A distance, le chien distingue plus efficacement les objets en mouvement que les objets immobiles. Il est capable de distinguer un objet fixe jusqu'à 600 mètres, contre 900 mètres si l'objet est mobile. Sa perception des couleurs est limitée aux longueurs d'onde comprises entre 430 et 555 nanomètres, c'est-à-dire du violet au vert, alors que les Hommes perçoivent la totalité du spectre de lumière visible de 350 à 700 nanomètres. (BEAVER, 2009)

L'angle de vision est variable selon les races, en fonction de la forme de la tête et de la position des yeux. En moyenne le champ visuel s'étend de 240 à 290 degrés, dont 60 à 110 degrés de champ binoculaire. Chez l'Homme, ce dernier s'étale de 140 à 160 degrés pour un champ visuel de 180 degrés. (BEAVER, 2009)

Ainsi, disposant d'une bonne vision binoculaire, le chien est capable d'apprécier les profondeurs et les perspectives et peut donc se déplacer dans un environnement accidenté. Le chien perçoit également le vide et le redoute. (MIKLOSI, 2007)

- **Le toucher**

Les coussinets, ainsi que la lèvre supérieure et la truffe, comportent de nombreux corpuscules tactiles qui, associés aux vibrisses, permettent l'exploration du sol. Le chien semble pouvoir ressentir un tremblement du sol provoqué par des individus se déplaçant à des distances de 100 à 1000 mètres, selon le terrain. (MIKLOSI, 2007 ; BEAVER, 2009)

En outre, allié au sens tactile, le sens kinesthésique permet au chien de se mouvoir sans regarder où il pose les pattes, quel que soit le terrain. (MIKLOSI, 2007)

- **Le goût**

Ce dernier sens ne présente que peu d'intérêt dans le cadre du travail utilitaire.

Le goût est étroitement lié à l'odorat et permet au chien d'apprécier l'appétence des aliments. Le chien est capable, grâce aux récepteurs gustatifs ou bourgeons du goût, de différencier différentes saveurs telles que le salé, l'acide, le sucré et l'amer. (BEAVER, 2009)

Les papilles gustatives sont cinq à six fois moins nombreuses chez le chien que chez l'Homme. Les sensations gustatives s'émoissant peu chez le chien, il est possible de lui distribuer une alimentation identique tous les jours. (MIKLOSI, 2007)

2. L'odorat

Ce sens est impliqué dans de nombreux comportements canins.

L'odorat intervient notamment dans la reconnaissance sociale, aussi bien intraspécifique qu'interspécifique. Il est par exemple utile pour le comportement de reproduction, lors du choix du partenaire sexuel et lors de l'identification mère – chiot. L'odorat joue également un rôle essentiel dans le comportement de nutrition pour la recherche ainsi que la prise de nourriture. Enfin, il participe au marquage du territoire. (LEROY, 1987)

L'olfaction est donc un important moyen de communication. De plus une particularité de ce sens est que la source odorante peut être éloignée mais surtout différée dans le temps.

L'odorat constitue le sens le plus développé de l'espèce canine.

L'acuité olfactive est définie par la plus faible concentration d'une substance odorante dans l'air, pouvant être perçue par le chien. De nombreuses expériences empiriques ont démontré que l'acuité olfactive canine est 1000 à 100 000 fois supérieure à celle de l'Homme. (MIKLOSI, 2007 ; BEAVER, 2009)

Des chiens peuvent par exemple détecter les alpha-ionones à des concentrations moyennes de $4,0 \times 10^5$ molécules/cm³, tandis que les concentrations minimales détectables par les Hommes sont de $4,0 \times 10^9$ molécules/cm³. (MOULTON et MARSHALL, 1976 ; MARSHALL et MOULTON, 1981)

Le même constat a été établi pour l'acétate d'amyle. (KRESTEL et al., 1984)

Les seuils de sensibilité des chiens et des Hommes, pour les huit premiers acides carboxyliques, a également été comparée (*tableau 1*). (MOULTON et al., 1960 ; MARSHALL et al., 1981)

Tableau 1 : Seuils de sensibilité des acides carboxyliques, en mol/ml, du chien et de l'Homme (d'après MOULTON et al., 1960 ; MARSHALL et al., 1981)

	Nombre d'atomes de carbone	Chien (en mol/ml)	Homme (en mol/ml)
Acide acétique	2	5×10^5	5×10^{13}
Acide propanoïque	3	$2,5 \times 10^5$	$4,4 \times 10^{11}$
Acide butanoïque	4	9×10^3	7×10^9
Acide pentanoïque	5	$3,5 \times 10^4$	6×10^{10}
Acide hexanoïque	6	4×10^4	2×10^{11}
Acide octanoïque	8	$4,5 \times 10^4$	2×10^{11}

La sensibilité olfactive du chien supplante donc largement celle de l'Homme.

Le chien possède en outre une excellente mémoire olfactive, ainsi que la faculté de discriminer les odeurs, sur les plans qualitatif et quantitatif.

B. Une grande diversité d'utilisations de l'odorat canin par l'Homme

La chasse est considérée comme la plus ancienne utilisation de l'odorat canin par l'Homme. (GRANDJEAN et al., 2002 ; GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

Depuis le milieu du XXème siècle, ce dernier a pleinement pris conscience du pouvoir olfactif canin. L'acuité olfactive hors du commun du chien est ainsi mise à profit dans de très nombreux domaines d'utilisations.

Des disciplines connues de tous aux disciplines les plus anecdotiques, en passant par des disciplines innovantes, les missions des chiens de détection ne cessent de se multiplier. En effet, il n'est pas une année sans qu'apparaissent de nouvelles spécialités olfactives.

Sans être exhaustif, le tableau suivant (*tableau 2*) révèle l'extrême diversité des domaines d'applications de la recherche olfactive canine. (GRANDJEAN et al., 2002 ; BROWNE et al., 2006 ; GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

Tableau 2 : Les spécialités olfactives
(d'après GRANDJEAN et al., 2002; BROWNE et al., 2006 ; GRANJEAN et HAYMANN, 2010)

Domaine d'utilisation	Nom de la discipline	Substance recherchée
Sécurité	Chien de recherche d'explosifs	Plastic, dynamite, tolite, plastrite, nitrate, fuel, ammonal, hexolite, octocire, tétryl, etc...
	Chien de recherche de mines	EOD (« Explosive Ordnance Disposal »)
	Chien de recherche de produits incendiaires	Essence, kérosène, alcool à brûler, gasoil, starters pour feux de cheminée, dissolvants, térébenthine, acétone, etc...
	Chien de détection de contaminants	Toluène, trichlorophénol, aldrine, etc...
Trafic	Chien de recherche de stupéfiants	Cocaïne, héroïne, marijuana, cannabis, LSD, ecstasy, opium, methamphetamine, psilocybine, etc...
	Chien de recherche d'armes à feu et de munitions	Graisse et huile
	Chiens de recherche de billets de banque	Encre et papier
	Chien de recherche de DVD piratés	Polycarbonate
	Chiens de recherche de produits alimentaires	Viande, fruits et légumes
Justice	Chien de recherche de restes humains	Cadavres, sang et os
	Chien de pistage	Effluves humaines
	Odorologie	Effluves humaines
Médecine	Chien de détection de cancers : prostate, poumon, vessie, sein, ovaire, mélanome...	Substance inconnue dans l'urine, dans l'air expiré ou sur la peau
	Chien de détection de crises hypoglycémiques	Substance inconnue
	Chien de détection de crises épileptiques	Substance inconnue
	Chien de détection d'allergisants	Acariens, champignons comme Penicillium, Aspergillus, Trichoderma, etc...
Elevage	Chien de détection d'œstrus de la vache laitière	Substance inconnue dans l'urine, les sécrétions vaginales ou le lait
	Chien de détection de Lucilie bouchère	Larves
Protection de l'environnement	Chien de recherche d'espèces nuisibles : charançon rouge du palmier, termites...	Sécrétion des arbres ou du bois infestés
	Chien de détection de polluants	Cyanobactéries, mercure, etc...
Conservation	Chiens de recherche d'espèces menacées : grizzli, lynx roux, martre pêcheuse, tigre de Sibérie...	Excréments
Loisir	Chien truffier	Diméthylsulfure de la truffe
	Chien de chasse	Gibier et sang
	Chien de recherche de minéraux	Roches sulfureuses ou cuivre ou nickel
Secours	Chien de recherche en décombres	Effluves humaines
	Chien de recherche en avalanches	Effluves humaines

L'utilité des chiens de recherche n'est plus à prouver. De nombreuses publications démontrent leur supériorité face à l'Homme bien évidemment mais également face aux machines.

Par exemple, les chiens de recherche d'explosifs se révèlent plus fiables et plus rapides que les techniques instrumentales. (FURTON et MYERS, 2001)

De même, les chiens de détection de cancers se révèlent plus efficaces que les techniques de laboratoire et permettent un diagnostic plus précoce. (GUEST, 2009)

Les résultats sont éloquentes : (MOSER et MCCULLOCH, 2010)

- mélanomes diagnostiqués avec un niveau d'exactitude de 100% ;
- cancers de la vessie diagnostiqués avec un niveau d'exactitude de 41% ;
- cancers du sein diagnostiqués avec une sensibilité de 88% et une spécificité de 98% ;
- cancers du poumon diagnostiqués avec une sensibilité de 99% et une spécificité de 99% ;
- cancers de l'ovaire diagnostiqués avec une sensibilité de 100% et une spécificité de 97,5%

Cependant, les chiens de détection pourraient être confrontés, dans les années à venir, à un nouveau concurrent : les nez électroniques. Ces derniers sont des capteurs chimiques, développés depuis le début des années 1980, dont les résultats sont très encourageants. (GARDNER et BARTLETT, 1994)

Les applications de cette technologie prometteuse sont très diversifiées, notamment dans le domaine médical, agroalimentaire, environnemental et pharmaceutique. (KELLER et al., 1996 ; STRIKE et al., 1999)

IV. IMPORTANCE DES CHIENS DE RECHERCHE EN DECOMBRES ET EN AVALANCHES

A. Existence d'un risque non négligeable

1. Le risque d'avalanches

Il est tristement connu que la montagne peut se révéler extrêmement meurtrière. En particulier, les avalanches, surnommées la « mort blanche », représentent un danger permanent. En France, les Alpes et les Pyrénées constituent les deux massifs montagneux les plus concernés par le risque d'avalanche. (ANCEY, 2003)

Le tourisme hivernal a connu un essor considérable dans les années soixante. Le ski alpin est aujourd'hui le sport d'hiver principal, mais de nouvelles pratiques se sont développées, telles que le ski hors-pistes et le ski de randonnée. Parmi les victimes tuées dans une avalanche, une sur deux faisait du ski de randonnée et une sur trois du ski hors-pistes. Les avalanches mortelles concernant les voies de communication ou les habitations sont maintenant très rares et la majorité de ces dernières concerne des personnes emportées lors d'une pratique sportive. En effet, 90% des accidents mortels sont causés par une avalanche déclenchée par une surcharge, comme par exemple le passage d'un skieur. (ANCEY, 2003)

De très nombreuses avalanches tragiques soulignent l'importance de ce phénomène en France (*tableau 3*).

Tableau 3 : Exemples d'avalanches meurtrières en France (d'après ANCEY, 2003)

Date de l'avalanche	Lieu de l'avalanche	Nombre de morts
1970	Val d'Isère	39
1978	Chamonix	10
1991	Queyras	9
1992	Val Thorens	7
1994	Tignes	6
1998	Orres	11
1999	Montroc	12

Depuis 1971, l'ANENA (Association Nationale pour l'Etude de la Neige et des Avalanches) recense les accidents d'avalanches en France (*tableau 4*) ; toutefois seuls ceux ayant nécessité l'intervention de secouristes professionnels sont comptabilisés.

Tableau 4 : Bilan des accidents d'avalanche en France sur les onze dernières années (ASSOCIATION NATIONALE POUR L'ETUDE DE LA NEIGE ET DES AVALANCHES, 2011)

	Nombre d'accidents d'avalanche	Nombre d'accidents mortels d'avalanche	Nombre de décédés
Saison 2010-2011	55	19	29
Saison 2009-2010	84	33	41
Saison 2008-2009	69	24	35
Saison 2007-2008	37	15	29
Saison 2006-2007	54	16	20
Saison 2005-2006	106	50	57
Saison 2004-2005	71	20	25
Saison 2003-2004	53	21	26
Saison 2002-2003	41	22	26
Saison 2001-2002	39	18	29
Saison 2000-2001	58	20	28

Saison N – N+1 : du 1^{er} octobre de l'année N au 30 septembre de l'année N+1

Ces chiffres sont très variables d'une année sur l'autre et ni diminution, ni augmentation n'est observée au fil des ans. Sur ces onze dernières saisons, on dénombre en moyenne 61 accidents d'avalanche par an, dont 23 accidents mortels provoquant en moyenne 31 décès par an.

Ainsi, bien que les avalanches soient le phénomène naturel le moins meurtrier à l'échelle de la Terre, ces données statistiques démontrent que le risque d'avalanche est loin d'être négligeable en France.

2. Le risque de catastrophes urbaines

Les catastrophes urbaines regroupent les grandes catastrophes naturelles, telles que les tremblements de terre, les ouragans, les tsunamis, les glissements de terrain, mais également les effondrements et les explosions de bâtiments, les éboulements dans des chantiers et plus rarement les catastrophes ferroviaires ou aériennes.

Bien que ces phénomènes soient rarissimes en France, les récents évènements survenus le 11 septembre 2001 à New-York et le 11 mars 2011 au Japon ont rappelé les conséquences dramatiques que peuvent avoir les catastrophes urbaines.

Le risque de ces dernières est difficilement quantifiable, à l'exception du risque sismique.

La France métropolitaine est un pays à sismicité modérée. Le dernier séisme mortel remonte au 11 juin 1909 en Provence ; avec une magnitude de 6,2 sur l'échelle de Richter, il a entraîné 46 morts et 250 blessés. (KERT, 1995)

Mais la survenue d'autres séismes montre que le risque existe en France (*tableau 5*).

Tableau 5 : Exemples de séismes ressentis en France (d'après KERT, 1995)

Date du séisme	Lieu du séisme	Magnitude
Avril 1990	Monaco	4,2
Février 1991	Briançon	4,7
Décembre 1994	La Clusaz	5,1

En France, les régions les plus exposés au risque sismique sont les Alpes, la Provence, le fossé rhénan, les Pyrénées, la Vallée du Rhône, les Vosges, l'Auvergne... Les deux grands bassins sédimentaires parisien et aquitain sont exempts de sismicité. En revanche, les Antilles, notamment la Guadeloupe et la Martinique, présentent un risque sismique élevé. En France métropolitaine, 1 400 communes sont menacées par les séismes et environ 30000 séismes ont été enregistrés depuis plus de trente ans (*figure 19*). (KERT, 1995)

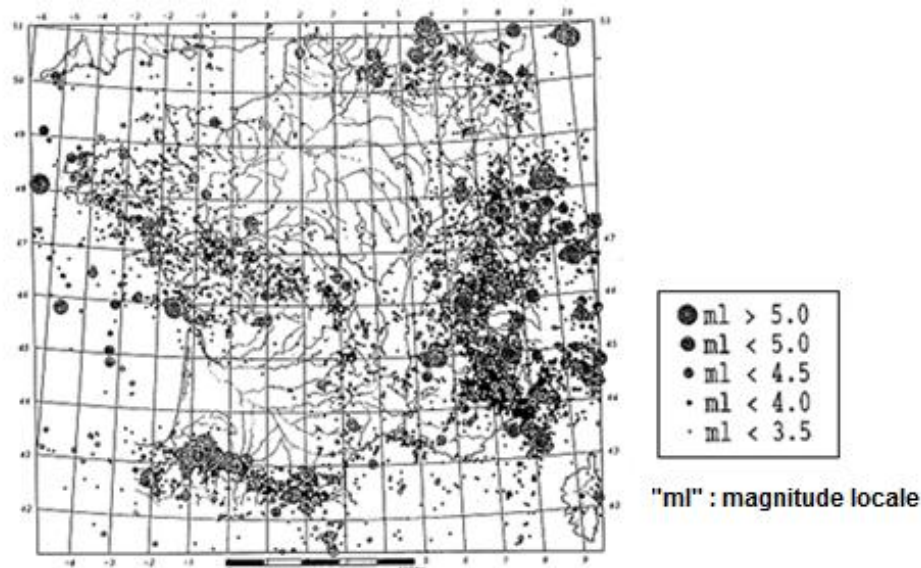


Figure 19 : Bilan de sismicité en France métropolitaine de 1962 à 1994 (d'après KERT, 1995)

Bien que la majorité des séismes soient de faible magnitude, cette carte montre que le risque sismique n'est pas négligeable en France.

B. Place du chien parmi les autres moyens de localisation de victimes ensevelies

De nos jours, les secouristes disposent de nombreux moyens pour localiser les victimes ensevelies sous la neige ou sous les décombres. En effet, au cours de la dernière décennie, les progrès technologiques ont permis la création de nouveaux appareils de détection de victimes ensevelies.

Nous allons décrire le fonctionnement des différents dispositifs de recherche et leurs limites, afin d'évaluer la place du chien parmi ces derniers.

1. Les moyens de recherche en avalanches

Lors de sauvetage en avalanches, la rapidité d'intervention des équipes de secours est fondamentale, car elle détermine les chances de survie des victimes.

• Généralités

Dans une publication portant sur l'ensemble des avalanches survenues en Suisse entre 1981 et 1991, Brugger et ses collaborateurs (BRUGGER et al., 1994) ont étudié les chances de survie de 332 victimes entièrement ensevelies en fonction de la durée et de la profondeur d'ensevelissement sous la neige (*tableau 6*).

Le taux de mortalité des victimes totalement ensevelies est de 54%, tandis que seulement 4,2% des victimes partiellement ensevelies décèdent.

Tableau 6 : Mortalité des 332 victimes entièrement ensevelies (d'après BRUGGER et al., 1994)

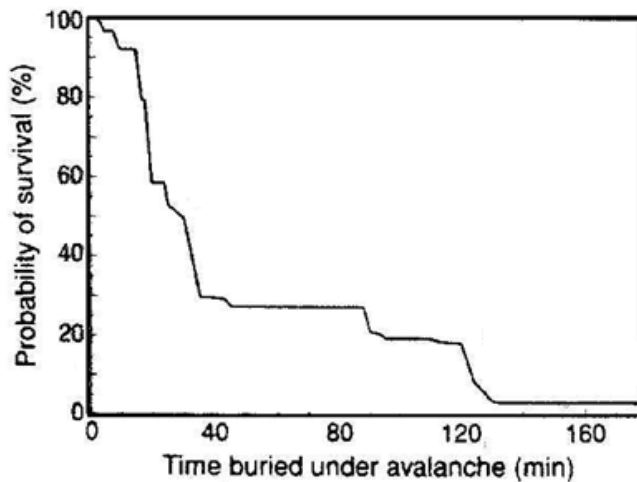
Nombre total de victimes	123 soit 37%	108 soit 32%	101 soit 31%
Profondeur d'ensevelissement	moins de 50 cm	50 à 100 cm	plus de 100 cm
Durée d'ensevelissement	10 minutes	55 minutes	120 minutes
Nombre de victimes vivantes	95 soit 77%	36 soit 33%	19 soit 19%
Nombres de victimes décédées	28 soit 23%	72 soit 67%	82 soit 81%

Les résultats de l'étude montrent que le nombre de victimes décédées augmentent fortement avec la durée d'ensevelissement, elle même dépendante de la profondeur d'ensevelissement.

Lors d'accidents d'avalanche, les chances de survie des victimes diminuent avec le temps suivant quatre phases successives (*figure 20*) : (BRUGGER et al., 1994)

- Phase de survie : jusqu'à 15 minutes après l'avalanche, la probabilité de survie s'élève à plus de 90%.
- Phase d'asphyxie : entre 15 et 35 minutes d'ensevelissement, la probabilité de survie chute brutalement de 92% à 30%. Ceci s'explique par l'asphyxie des victimes.
- Phase de latence : de 35 à 90 minutes d'ensevelissement, la probabilité de survie reste d'environ 30%. La survie nécessite la présence d'une poche d'air, c'est-à-dire un espace environnant la bouche et le nez, quelle que soit sa taille, permettant la perméabilité des voies respiratoires.
- Phase de secours : 90 minutes après l'avalanche, la probabilité de survie diminue progressivement jusqu'à atteindre 7% au bout de 130 minutes d'ensevelissement. Les victimes finissent par décéder d'hypothermie et d'asphyxie lente.

Ces données ne tiennent pas compte des victimes mortellement blessées, suite aux polytraumatismes provoqués par l'avalanche. Il existe également des exceptions à cette règle ; une victime a déjà été dégagée vivante après 16 heures d'ensevelissement.



« Time buried under avalanche (min) » =
Durée d'ensevelissement sous la neige en minutes
« Probability of survival (%) » = Probabilité de survie en pourcentage

Figure 20 : Probabilité de survie d'une victime en fonction de la durée d'ensevelissement sous la neige (d'après BRUGGER et al., 1994)

Le délai d'intervention des secouristes est un problème majeur lors d'accidents d'avalanche. En effet, la mobilisation des équipes de secours est généralement longue. Seulement 13% des victimes dégagées par ces dernières sont vivantes. Par conséquent, seules les recherches réalisées par les témoins et les survivants de l'avalanche garantissent le maximum de succès. Dans ce cas, 71% des victimes dégagées sont vivantes. (BRUGGER et al., 1994 ; ANCEY, 2003)

- **Recherche physique : les yeux et les oreilles**

Il s'agit de voir des parties du corps ou de l'équipement de la victime, qui dépassent de la surface de la neige ou d'entendre des bruits émis par la victime, comme des cris. Cette technique de recherche peut être mise en œuvre immédiatement, car elle ne nécessite aucun matériel. Cependant, elle se révèle inutile pour les victimes totalement ensevelies, d'autant plus que les sons traversent très difficilement la neige. De plus, son efficacité est fortement diminuée en cas de mauvaise visibilité ou de bruits extérieurs. (ANCEY, 2003)

- **Sondage**

Une sonde est une longue tige, souvent métallique, qui est enfoncée dans la neige. Un obstacle, comme un corps humain, va s'opposer à l'enfoncement de celle-ci. Cette méthode de recherche est simple et le prix d'une sonde n'est pas excessif. Cependant, elle nécessite un grand nombre de sauveteurs pour être efficace et la profondeur de recherche est limitée à la longueur de la sonde. Enfin, c'est une méthode très lente : le sondage d'une zone d'un hectare par vingt sauveteurs prend de 4 à 20 heures, alors qu'un chien explore cette même surface en 1 à 2 heures. (ANCEY, 2003)

- **ARVA (Appareil de Recherche de Victimes d'Avalanche)**

L'ARVA est un appareil émetteur – récepteur, de petite taille et d'un poids d'environ 200g. Plus le sauveteur se rapproche de l'émetteur porté par la victime ensevelie, plus le son émis par le récepteur est fort. La portée est de l'ordre de 30 à 40 mètres. C'est le moyen qui, associé à une pelle et une sonde, assure le maximum de chances de dégager une victime vivante. La localisation d'une victime est très rapide, à condition que le sauveteur soit entraîné à l'utilisation de l'ARVA. Toutefois, c'est un appareil fragile, qui peut donc être endommagé suite à l'avalanche. De plus, l'ARVA coûte environ 250 euros, toutes les victimes n'en possèdent donc pas. (ANCEY, 2003)

- **RECCO®**

Le système Recco® est un appareil électronique composé d'un détecteur et d'un réflecteur. Le détecteur émet une onde électromagnétique, qui est réfléchiée par le réflecteur et captée par le détecteur. Celui-ci la convertit en onde sonore et émet alors un « bip ». Les réflecteurs sont portés par les skieurs, très souvent intégrés à leurs vêtements ou à leur équipement. En revanche, les détecteurs sont strictement réservés aux secouristes professionnels. Ce moyen ne peut donc pas être utilisé par les témoins ou les survivants de l'avalanche. (ANCEY, 2003)

- **ABS (Avalanche Balloon system)**

L'ABS est porté par le skieur comme un sac à dos. En cas d'avalanche, ce dernier tire sur une poignée ce qui provoque le gonflement d'un ballon orange d'environ 150 l. Ceci permet au skieur de rester en surface de l'avalanche et donc de ne pas être totalement enseveli. L'ABS permet aux sauveteurs de repérer immédiatement la victime grâce au ballon orange qui demeure visible à la surface de la neige. Toutefois, pour être efficace, l'ABS doit être déclenché par le skieur. De plus l'équipement pèse près de 2 kg et son prix est de l'ordre de 1000 euros. (ANCEY, 2003)

- **Le chien de recherche en avalanches**

La vitesse de prospection des chiens de recherche en avalanches est un avantage essentiel. De plus, le chien est actuellement le seul moyen efficace, avec le sondage, pour localiser une victime entièrement enseveliée, qui n'est pas équipée d'appareil de détection, tel que l'ARVA ou le Recco®. Le taux de recherches réussies, toutes victimes confondues, par les chiens d'avalanches est de 80% et en moyenne un quart des survivants sont découverts par ces derniers. (ANCEY, 2003)

2. Les moyens de recherche en décombres

Lors de catastrophes urbaines, la rapidité d'intervention des équipes de sauvetage est là aussi une priorité. Au-delà de 24 heures, la probabilité de retrouver des victimes vivantes diminue fortement.

- **Recherche physique : les yeux et les oreilles**

De manière identique au sauvetage en avalanche, il s'agit de voir des parties du corps ou de l'équipement de la victime, qui dépassent des décombres ou d'entendre des bruits émis par la victime, comme des cris. Cette technique de recherche peut être mise en œuvre immédiatement, car elle ne nécessite aucun matériel. Cependant, elle se révèle inutile pour les victimes entièrement recouvertes. De plus, son efficacité est fortement diminuée en cas de mauvaise visibilité ou de bruits extérieurs. (FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, 2011)

- **Géostéréophone**

Les géostéréophones sont des appareils d'écoute, capables de détecter des bruits de très faible intensité, comme des battements de cœur. Trois coups sont frappés sur les décombres à l'aide d'une masselotte d'appel, puis la réponse de la victime est écoutée. C'est une méthode très sensible et performante. Toutefois, l'utilisation de géostéréophones nécessite des sauveteurs qualifiés, ainsi qu'un silence total, ce qui est difficilement possible avec les opérations de déblaiement. De plus, cette méthode permet uniquement la localisation de victimes vivantes et conscientes. (FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, 2011)

- **Vibrascope**

Les vibrascopes sont des caméras de recherche. Leur avancée est uniquement possible en ligne droite et leur mouvement est limité à un angle de 90° maximum. Cette méthode est seulement utile pour confirmer la présence d'une victime, dont la présence est suspectée. (FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, 2011)

- **Le chien de recherche en décombres**

Comme précédemment, la vitesse de prospection des chiens de recherche en décombres est un atout essentiel. De plus, le chien est actuellement le seul moyen efficace pour localiser une victime inconsciente ou décédée. Enfin, ils peuvent accéder à des secteurs, dans lesquels les sauveteurs ne peuvent s'engager pour des raisons de sécurité. (FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, 2011)

Bien que nombreux, aucun moyen de localisation de victimes ensevelies n'est à ce jour en mesure d'égalier l'odorat des chiens de recherche en décombres et en avalanches. Fort de nombreuses preuves déjà données de son efficacité opérationnelle, et par le nombre très important de vies humaines sauvées, les chiens de recherche sont devenus indispensables lors de catastrophes urbaines ou d'accidents d'avalanches. L'intégration d'équipes cynophiles de recherche en décombres et en avalanches, en complémentarité des moyens de secours humains et matériels, doit donc être systématique lors d'opérations de sauvetage.

C. Historique

1. Historique du chien de recherche en avalanches

En 1050, l'hospice du Grand Saint Bernard est créé en Suisse à la frontière italienne, afin d'assurer la sécurité des montagnards. L'arrivée des premiers Saint Bernard se situe vers 1660, mais c'est seulement en 1750 que ces derniers furent utilisés pour guider les voyageurs, qui franchissaient le col. Ces chiens, avec leur légendaire tonnelet de rhum autour du cou, sont considérés comme les précurseurs des chiens de sauvetage en montagne.

Mais les réels débuts du chien de recherche en avalanches commencent avec l'histoire d'un jeune garçon emporté par une avalanche. Celui-ci est sauvé par son chien, qui localisa sa position et gratta la neige jusqu'à sa découverte. A la suite de ce fait divers, la Suisse est le premier pays à former des chiens à la recherche de victimes ensevelies sous la neige.

Il faut attendre la Seconde Guerre mondiale pour que les premiers chiens de recherche en avalanches apparaissent en France, s'inspirant de l'exemple suisse.

L'hiver 1970 a ému l'opinion publique et fait prendre conscience de l'insuffisance des moyens de secours en montagne. Cet hiver a été marqué par la catastrophe de Val d'Isère, le 10 février, qui provoqua la mort de 39 personnes dans un chalet de l'UCPA (Union des Centres de Plein Air). D'autres avalanches meurtrières ont suivies, comme celle de Taillefer à l'origine de 23 décès, le 7 avril, et celle du Plateau d'Assy à l'origine de 72 décès, le 17 avril. Suite à ce terrible hiver, l'Association Nationale pour l'Etude de la Neige et des Avalanches est créée en octobre 1971. Celle-ci va alors développer l'utilisation des chiens de recherche en avalanche. (GRANDJEAN et al., 2002 ; GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

2. Historique du chien de recherche en décombres

Dès la Première et la Seconde Guerre mondiale, des chiens, désignés sous le nom de « chiens de catastrophe », sont utilisés pour localiser les blessés sur les champs de bataille.

Mais c'est en Grande-Bretagne, lors des bombardements du Blitz en 1940-1941 que sont pour la première fois utilisés des chiens afin de rechercher des victimes ensevelies sous des décombres.

Dès 1954, les Etats-Unis, l'Allemagne et la Suisse forment des chiens de recherche en décombres. Les chiens suisses sont les premiers à s'illustrer, en 1976, lors du séisme de Frioul, en Italie : 42 survivants et 510 corps ont été localisés par les 12 chiens engagés.

En France, c'est seulement en septembre 1979 qu'est créé le centre de formation des chiens de recherche en décombres à Briançon. Les premiers chiens français interviennent alors pour la première fois en 1980 lors du séisme d'El Asam, en Algérie. (GRANDJEAN et al., 2002 ; GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

D. La situation actuelle en quelques chiffres

1. Les équipes cynotechniques de recherche en avalanches

Les équipes cynotechniques de recherche en avalanches peuvent faire partie de trois organismes différents.

D'après les données que nous a communiquées l'ANENA, on compte 24 gendarmes maître-chien du PGHM (Peloton de Gendarmerie de Haute-Montagne), 14 CRS (Compagnie Républicaine de Sécurité) maître-chien de sauvetage en montagne et enfin 120 pisteurs-secouristes du service de sécurité des pistes des stations de ski.

Toutes administrations confondues, 158 équipes cynophiles opérationnelles de recherche en avalanches sont donc représentées en France. Mais ces dernières années, leur nombre est en diminution. Par exemple, en Savoie, il y avait 54 unités cynotechniques en 2008-2009 contre seulement 32 en 2010-2011.

Nous prendrons comme exemple les équipes cynophiles de recherche en avalanches des CRS, pour lesquelles nous avons pu assister au stage de formation initiale se déroulant à Chamonix, fin janvier 2011.

En ce qui concerne le nombre d'interventions réalisées en France, il est à rapprocher du nombre d'accidents d'avalanches par an, exposé précédemment (*voir IV-A-1*).

2. Les équipes cynotechniques de recherche en décombres

Les équipes cynotechniques de recherche en décombres peuvent appartenir soit aux Sapeurs-Pompiers militaires de la BSPP (Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris) et du BMPM (Bataillon des Marins Pompiers de Marseille), soit aux Sapeurs-Pompiers civils professionnels ou volontaires.

Le nombre d'équipes cynophiles opérationnelles de recherche en décombres présentes au niveau national n'est pas connu. Leur répartition en France est très hétérogène ; le Sud en possède nettement plus que le Nord. Par exemple, la région Rhône-Alpes compte 46 unités cynotechniques.

Nous prendrons comme exemple les équipes cynophiles de recherche en décombres des Sapeurs-Pompiers de l'Ain et de la BSPP, dont nous avons pu assister à des entraînements.

De même, aucune statistique concernant le nombre d'interventions réalisées en France n'est disponible.

Les vingt équipes cynotechniques de la BSPP assurent chaque année une cinquantaine d'interventions de recherche de personnes égarées ou ensevelies sous des décombres. (GRANDJEAN et al., 2010)

De leur côté, les dix équipes cynotechniques des Sapeurs-Pompiers de l'Ain réalisent en moyenne une trentaine d'interventions par an (*tableau 7*).

Tableau 7 : Interventions réalisées en 2011 par les équipes cynophiles des Sapeurs-Pompiers de l'Ain (EQUIPE CYNOTECHNIQUE DES SAPEURS-POMPIERS DE L'AIN, 2011)

Date	Nature de l'intervention
7 janvier	Recherche d'une femme de 58 ans disparue suite à une tentative de suicide médicamenteuse
12 janvier	Recherche d'un homme de 60 ans disparu suite à une tentative de suicide par noyade
30 janvier	Recherche d'une personne égarée en forêt
3 mars	Recherche d'une personne en état d'ébriété suite à un accident de la voie publique
26 mars	Recherche d'un homme disparu suite à une querelle familiale
4 avril	Recherche d'une personne
9 avril	Recherche d'une personne égarée dans un bois
17 avril	Recherche d'un homme de 30 ans
24 avril	Recherche d'un homme de 86 ans égaré
18 mai	Recherche d'une femme âgée malade
30 mai	Recherche d'une femme âgée égarée
11 juin	Recherche d'une personne disparue suite à une tentative de suicide médicamenteuse
12 juin	Recherche d'une fillette de 5 ans suite à un enlèvement
22 juin	Recherche d'une femme de 35 ans disparue d'un hôpital
10 juillet	Recherche d'une femme âgée disparue d'une maison de retraite
12 juillet	Recherche d'un homme de 49 ans suite à une disparition inquiétante de son lieu de travail
16 juillet	Recherche de randonneurs égarés
21 juillet	Recherche d'une femme âgée atteinte d'Alzheimer
25 août	Recherche d'une fille de 14 ans suite à une fugue
29 août	Recherche d'un homme de 80 ans égaré suite à une randonnée
07 septembre	Recherche d'une femme atteinte de dépression
14 septembre	Recherche d'un enfant disparu
16 septembre	Recherche d'un homme de 40 ans suite à une tentative de suicide

Ce tableau appuie le fait que la quasi-totalité des interventions concernent la recherche de personnes égarées ou disparues.

Deuxième partie

VARIATIONS DE L'ACUITE OLFACTIVE ET APPLICATION AUX CHIENS DE SAUVETAGE

De nombreux facteurs individuels, physiologiques, environnementaux, pathologiques et iatrogènes peuvent modifier la capacité olfactive d'un chien. Ceci a des conséquences particulières pour les chiens de recherche notamment dans le choix du chien et sa gestion au quotidien et en intervention.

Afin d'étudier les variations de l'acuité olfactive, il faut dans un premier temps pouvoir la mesurer.

I. MOYENS D'ETUDE DE L'ACUITE OLFACTIVE

L'évaluation de la fonction olfactive est rarement réalisée en médecine vétérinaire, en raison de la rareté, de la complexité et du coût des techniques disponibles.

En effet, les moyens d'étude de l'acuité olfactive canine sont peu nombreux : on distingue les méthodes comportementales et les méthodes électrophysiologiques. Chacune ayant ses avantages et ses inconvénients.

A. En pratique

Dans la pratique courante, très peu de moyens d'étude de l'acuité olfactive sont réalisables.

1. Perméabilité des fosses nasales

En plaçant un miroir sous les narines d'un chien, on observe la formation de deux taches de buée par l'air expiré. L'étendue et la symétrie des deux zones de condensation permettent de déceler une éventuelle différence de perméabilité entre les deux fosses nasales. (VADUREL, 1995)

2. Examen neurologique

La simple présence ou absence d'odorat peut être mise en évidence par l'apparition d'une réponse motrice innée, lorsque l'on place une substance fortement odorante devant le nez du chien. Le chien doit avoir les yeux bandés car la possibilité de voir la substance odorante entraîne des faux positifs. Ce test fait partie de l'examen neurologique complet. (MYERS, 1991)

Cependant de nombreuses substances utilisées, telles que l'ammoniac ou le vinaigre, sont des stimulants du nerf trijumeau et entraînent l'activation des récepteurs du trijumeau en plus des récepteurs olfactifs. Il est donc recommandé de choisir l'eugénol, qui est un stimulant exclusif du nerf olfactif. De plus, des lésions des territoires cérébraux non olfactifs peuvent perturber uniquement la réponse motrice. Le chien ne manifeste alors pas de réaction face à la substance odorante, mais peut tout à fait la percevoir. (MYERS, 1991)

Enfin, cette méthode n'est pas satisfaisante, car la réponse n'est pas quantitative.

B. Olfactométrie

L'olfactométrie permet d'étudier quantitativement la perception olfactive. Les méthodes empiriques de dilutions croissantes sont progressivement délaissées au profit de la dilution gazeuse. Un olfactomètre est un appareil, qui émet une dilution gazeuse dont la concentration moléculaire en gaz odorant est connue tout en permettant le contrôle de toutes les variables : volume, pression, température. (VADUREL, 1995)

Les réponses enregistrées sont représentées soit par des réactions spontanées d'attraction ou de répulsion soit par des réponses électrophysiologiques.

1. Olfactométrie subjective

L'olfactométrie subjective repose sur les comportements innés ; aucun apprentissage n'est nécessaire. Les méthodes comportementales sont utilisées pour l'évaluation sensorielle des animaux depuis une centaine d'années.

Au préalable, il faut s'assurer de créer un environnement expérimental le plus neutre possible, en contrôlant les stimuli externes et en particulier les stimuli olfactifs. Ceci implique l'absence de fumée de cigarette, de parfum et l'utilisation de bicarbonate de soude comme absorbant d'odeur. La substance odorante choisie, l'eugénol, est diluée dans du propylène glycol, considéré comme exempt d'odeur. Le témoin contient d'ailleurs uniquement du propylène glycol. (MYERS, 1991)

Les animaux sont placés en décubitus latéral droit, les yeux bandés. Chaque dilution d'eugénol est présentée à deux centimètres de la truffe du chien pendant dix secondes, et ceci toutes les quinze secondes. L'expérience débute par le témoin, suivi des plus grandes dilutions et la concentration est augmentée progressivement jusqu'à obtenir une réponse. Ceci permet d'éviter le phénomène d'adaptation.

Une réponse positive correspond à un comportement particulier observable : le chien flaire, se lèche la truffe, bouge la tête vers la source odorante ou s'en détourne... Le seuil de détection est défini comme la première dilution qui entraîne une réponse comportementale reconnaissable. (MYERS et PUGH, 1985 ; MYERS, 1991)

Cette méthode a pour avantage de demander peu d'équipement et d'être peu onéreuse. Cependant elle est difficile à utiliser chez le chien car elle demande la coopération du sujet. Le chien étant vigile, son état émotionnel peut fausser les résultats. Par exemple l'évaluation olfactive d'un chien qui dort ou qui est agité n'est pas valable. (MYERS, 1991)

2. Olfactométrie objective

L'olfactométrie objective repose sur des techniques électrophysiologiques. Ces méthodes sont importantes pour la profession vétérinaire et sont déjà utilisées pour évaluer la fonction auditive et la fonction visuelle.

On distingue l'électro-olfactographie et l'électro-encéphalographie. Cependant elles requièrent toutes deux une anesthésie de l'animal et un équipement onéreux.

Un olfactomètre (*figure 21*) est utilisé pour délivrer un stimulus contrôlé de vapeur odorante au système olfactif : on applique directement dans les cavités nasales, par l'intermédiaire de cathéters insérés dans les narines sur une longueur de 2,5 centimètres, une pulsation durant 500 millisecondes de vapeur odorante saturée portée par de l'oxygène pur immédiatement suivie d'un vide de 4500 millisecondes. (MYERS et al., 1984)

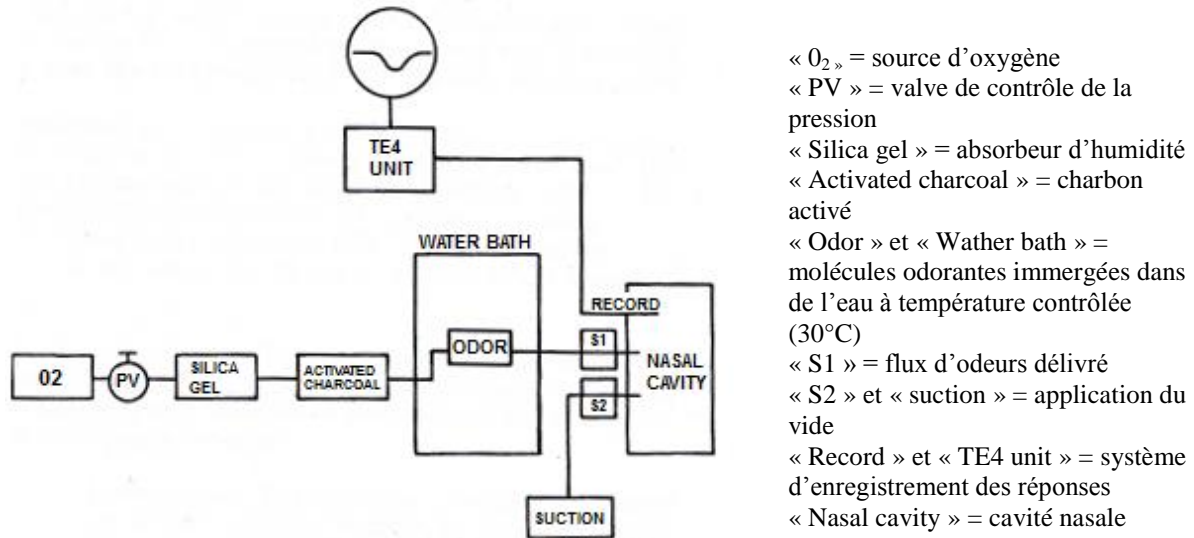
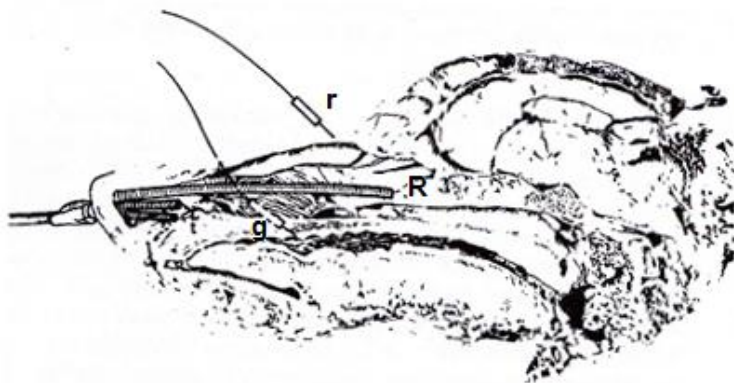


Figure 21 : Un olfactomètre (d'après MYERS et al., 1984)

• **Electro-olfactographie**

L'électro-olfactographie est utilisé depuis 1956 en médecine humaine. C'est une technique peu invasive qui permet d'évaluer quantitativement la fonction des récepteurs olfactifs. L'enregistrement de la réponse électrique de la muqueuse olfactive provoquée par un stimulus olfactif s'appelle l'électro-olfactogramme ou EOG. (MYERS et al., 1984)

Les chiens sont anesthésiés, avec du thiopental sodique, et placés en décubitus latéral droit. Des électrodes (*figure 22*) sont placées dans chaque narine, en contact avec la muqueuse olfactive. Une électrode de référence est positionnée en sous-cutané au milieu de l'os nasal et enfin une électrode de masse est placée en sous-cutanée en regard de la seconde canine. (MYERS et al., 1984)



« R » = électrode d'enregistrement
 « r » = électrode de référence
 « g » = électrode de masse

Figure 22 : Coupe sagittale d'un chien préparé pour l'enregistrement d'un EOG (d'après MYERS et al., 1984)

L'EOG est biphasique (*figure 23*) : une onde positive suivie d'une onde négative. Le seuil de détection est défini comme la plus faible concentration, qui entraîne une modification visible de l'EOG. L'amplitude de l'EOG augmente avec une concentration croissante en butyrate d'éthyle et réciproquement diminue avec une concentration décroissante en butyrate d'éthyle. L'amplitude moyenne est d'une centaine de microvolts. Le temps de latence moyen du pic positif et du pic négatif est respectivement de 400 millisecondes et de 800 millisecondes. Mais une grande variabilité entre les chiens est observée. (MYERS et al., 1984)

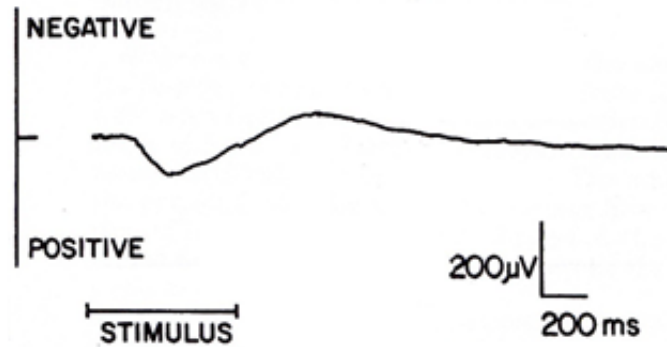


Figure 23 : EOG d'un chien, stimulé par du butyrate d'éthyle (d'après MYERS et al., 1984)

- **Electro-encéphalographie**

L'électro-encéphalographie est une technique, elle aussi peu invasive, qui permet d'évaluer quantitativement la fonction olfactive, grâce à la réalisation d'un électro-encéphalogramme ou EEG. (HIRANO et al., 2000)

Les chiens sont anesthésiés, avec de la métédomidine, et placés en décubitus latéral droit. Des électrodes (*figure 24*) sont placées sur le lobe frontal droit et gauche, sur le lobe occipital droit et gauche, sur le vertex et enfin sur la protubérance occipitale externe. (HIRANO et al., 2000)

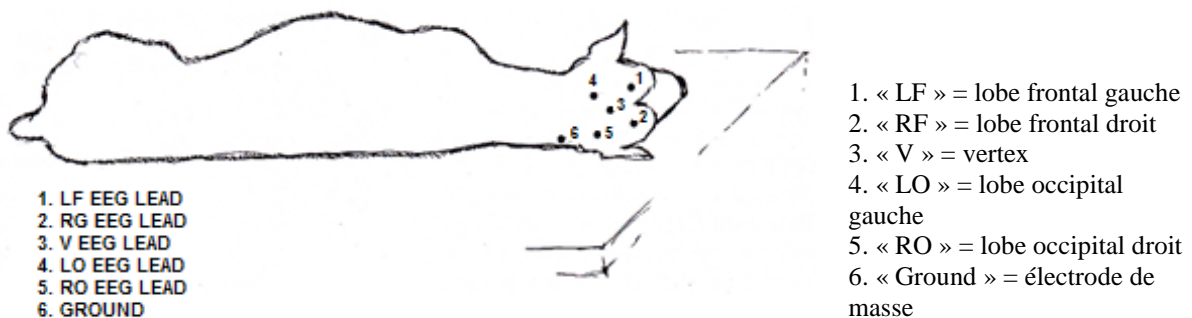


Figure 24 : Emplacement des électrodes pour le tracé d'un EEG (d'après MYERS et PUGH, 1985)

Une réponse positive de l'EEG (*figure 25*) correspond à une augmentation de l'amplitude et de la fréquence des ondes suite à la stimulation olfactive. Le seuil de détection est défini comme la plus faible concentration, qui entraîne une modification visible de l'EEG. (HIRANO et al., 2000)

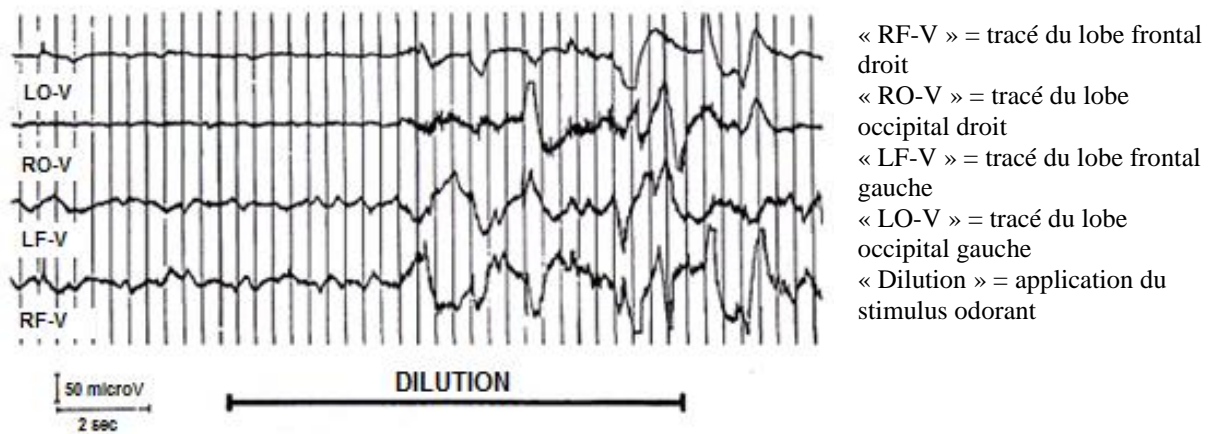


Figure 25 : EEG d'un chien, stimulé par du benzaldéhyde (d'après MYERS et PUGH, 1985)

Myers et Pugh (MYERS et PUGH, 1985) ont comparé l'électro-encéphalographie avec les méthodes comportementales, en évaluant les seuils de détection pour l'eugénol et le benzaldéhyde de 12 chiens. 41,7% des seuils déterminés par méthode comportementale sont plus élevés que ceux mesurés par électro-encéphalographie. Ainsi l'électro-encéphalographie se montre plus sensible et plus précise que les méthodes comportementales.

Enfin, les trois méthodes, que nous venons de voir, se révèlent efficaces pour mettre en évidence des troubles de l'odorat. En effet après un lavage de la cavité nasale par du sulfate de zinc, qui provoque l'ablation de la muqueuse olfactive, aucune réaction comportementale, ni modification de l'EOG et de l'EEG n'est observée. (MYERS et PUGH, 1985 ; MYERS et al., 1984)

En conclusion, l'étude des variations de l'acuité olfactive est délicate, car si une perte d'odorat peut être facilement mise en évidence, une diminution est en revanche beaucoup plus difficilement quantifiable. De plus les méthodes actuellement disponibles sont limitées au domaine expérimental.

S'étonnant du manque de méthode pour quantifier l'acuité olfactive des chiens, de nombreux auteurs cherchent actuellement à développer des techniques plus fiables et plus sensibles que les procédures conventionnelles de laboratoire. (WALKER et al., 2006)

II. FACTEURS INDIVIDUELS DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE

A. L'acuité olfactive canine parmi les autres mammifères

On distingue les animaux microsmatiques, à savoir les primates, des animaux macrosmatiques, dont font partie les chiens, qui possèdent un odorat développé. (VADUREL, 1995)

Cette distinction (*tableau 8*) est liée à la surface de la muqueuse olfactive, au nombre de cellules réceptrices et enfin à l'importance qu'occupe la zone olfactive par rapport au reste du cerveau. (GRANDJEAN et al., 2002)

*Tableau 8 : Acuité olfactive de différentes espèces
(d'après VADUREL et GOGNY, 1997; GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)*

	Espèce	Pourcentage du poids de la zone olfactive par rapport au cerveau dans sa totalité	Surface de la muqueuse olfactive, en cm ²	Nombre de cellules réceptrices, en millions
Microsmatique	Homme	0,29	10	10
Macrosmatique	Rongeur	24,4	9,3	100
	Chien	10,1	200	200
	Porc	8,15	/	20
	Bovin	7,15	/	/
	Chat	5,9	20,8	67
	Cheval	5,1	/	/

/ : Données non disponibles

Parmi les mammifères, cités ci-dessus, le chien se place en seconde position, derrière les rongeurs. Notons que des rats géants de Gambie sont d'ailleurs formés, depuis le début des années 2000, pour la détection de mines et de la tuberculose. (APOPO DETECTION RATS TECHNOLOGY, 2011)

B. Choix de la race

1. L'acuité olfactive des différentes races

Il est évident que l'acuité olfactive est variable selon les races de chien (*tableau 9*), en fonction de la surface de la muqueuse olfactive et du nombre de cellules réceptrices. (GRANDJEAN et HAYMAN, 2010)

Certaines races sont classiquement réputées pour leurs qualités olfactives ; il s'agit principalement des chiens de bergers, des chiens rapporteurs de gibiers et d'arrêt.

Tableau 9 : Acuité olfactive de différentes races (d'après GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

Races	Surface de la muqueuse olfactive, en cm ²	Nombre de cellules réceptrices, en millions
Berger Allemand	200	200
Labrador	190	220
Fox terrier	85,3	147
Teckel	80	125
Cocker	67	140
Bouledogue	75	100

La sensibilité olfactive des différentes races est également liée aux caractéristiques anatomiques et en particulier à la morphologie crânienne. Chez les chiens dolichocéphales, la longueur du chanfrein entraîne un passage limité des effluves vers l'étage olfactif. Chez les brachycéphales (*figure 26*), le raccourcissement de la face gêne l'écoulement de l'air et provoque un débit d'air plus faible. (GRANDJEAN et al., 2002)

Ainsi il faut privilégier les chiens mésocéphales pour le travail de détection.

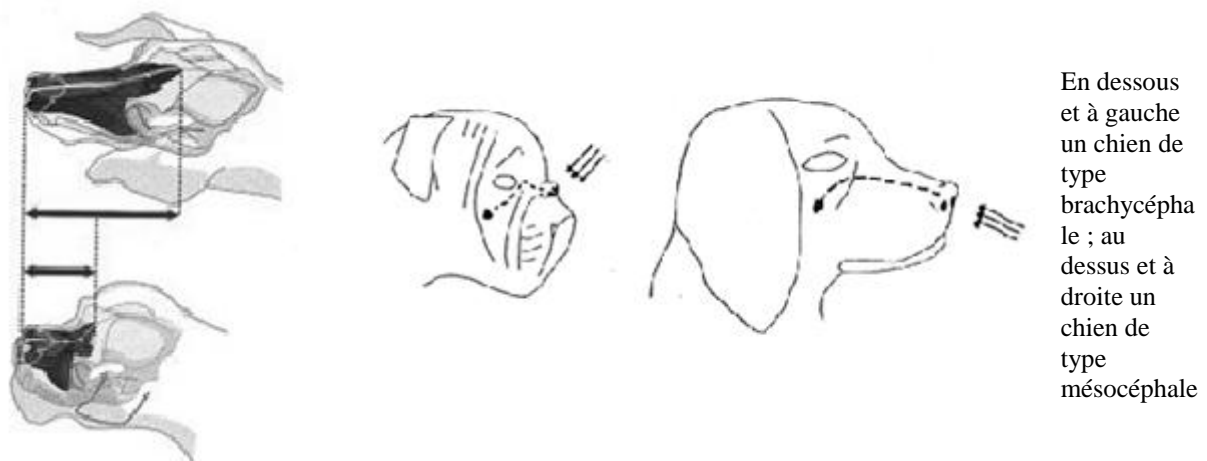


Figure 26 : Conformation du museau et courant aérien dans les cavités nasales (d'après GRANDJEAN et HAYMANN, 2010; VADUREL, 1995)

Enfin les capacités olfactives dépendent aussi de la pigmentation de la muqueuse olfactive. La comparaison de la perception olfactive de rats noirs et de rats albinos a mis en évidence une performance significativement plus élevée pour les rats pigmentés. Ainsi une pigmentation noire des muqueuses olfactive est liée à une meilleure capacité olfactive. (MOULTON, 1960)

Il semble donc préférable de choisir un chien à robe sombre pour le travail de détection, par rapport à un chien à robe blanche.

Mais sur quels critères se fonde réellement le choix de la race ?

2. Critères de choix de la race

Les qualités olfactives sont nécessaires mais insuffisantes. D'autres qualités doivent s'y ajouter. Bien que certaines races possèdent un odorat plus performant que d'autres, le choix s'effectue essentiellement selon des critères physiques et morphologiques. (STINGLHAMBER, 1999)

En ce qui concerne les aptitudes physiques, on peut citer notamment l'endurance, la résistance, l'énergie, la vitesse... Le chien doit également être vigoureux, agile et faire preuve de puissance et de robustesse. Ces qualités vont permettre au chien de sauvetage de travailler durant de longues périodes sur des terrains accidentés.

Concernant les aptitudes morphologiques, le chien de sauvetage doit être adapté à sa fonction. D'une part, le format du chien a un rôle important. Il devra être de taille moyenne, pour pouvoir se déplacer sans difficulté sur des terrains souvent instables et irréguliers. En effet les petites races risquent de finir par peiner, et une grande race sera handicapée par son poids. Le poids d'un chien de recherche ne devrait idéalement pas dépasser 30-35 kg.

D'autre part, le pelage constitue un autre point non négligeable. En effet les chiens de sauvetage sont amenés à travailler quelles que soient les conditions météorologiques. Des chiens avec un sous poil serré et imperméable sont donc appréciés, pour leur résistance aux intempéries. De plus, pour les chiens d'avalanches, il est préférable de choisir des chiens à poils courts, pour limiter l'accumulation d'amas de neige glacée dans le pelage, notamment au niveau des espaces interdigités.

On est donc bien loin du légendaire Saint-bernard...

Ainsi le choix de la race des chiens de recherche se fonde sur un compromis entre les capacités olfactives et les qualités physiques et morphologiques.

Il existe de nombreuses races réunissant les qualités précédemment évoquées, mais certaines rencontrent davantage de succès. Quelles sont ces races ?

3. Statistiques des races utilisées

D'après les données que l'ANENA nous a fournies : sur les 158 équipes cynotechniques d'avalanches présentes en France, on compte 70 Bergers Allemands, soit 44%. Viennent ensuite les Bergers Belges Malinois au nombre de 30, les chiens de race Border Collie au nombre de 25, puis les Labradors, Flat Coated et Golden Retrievers et enfin les croisés.

En ce qui concerne les chiens de recherche en décombres, aucune donnée statistique n'est disponible en France. Nous allons prendre pour exemple l'équipe cynotechnique des Sapeurs-Pompiers de l'Ain. Dans celle-ci, on compte 3 Bergers Belges Malinois, 3 Labradors, 2 Bergers Hollandais, 1 Berger Allemand et 1 Berger Belge Tervueren.

Si l'on s'intéresse à la situation aux Etats-Unis : sur 96 chiens de décombres déployés lors des attentats du 11 septembre 2001, on dénombre 31 Bergers Allemands, 28 Labradors, 12 Golden Retrievers, 7 Borders Collies, 4 Bergers Australiens, 1 Tervueren, 1 Dobermann, 1 Springer Spaniel, 1 Schnauzer Géant, 1 Beauceron, 1 Rottweiler et enfin 8 croisés. (SLENSKY et al., 2004)

Ces chiffres mettent en évidence la grande diversité de races qui peuvent être utilisées comme chien de sauvetage, avec une nette préférence pour les Bergers Allemands, Bergers Belges Malinois et les Retrievers.

Mais signalons qu'au Japon, un Chihuahua, de 7 ans pesant 3 kg, a été le premier de sa race à être affecté depuis le mois de janvier 2010 à la brigade canine chargée des actions de recherche et de sauvetage en cas de tremblement de terre. (POSDEEV, 2010)

Il est donc possible de choisir un futur chien de sauvetage parmi un large éventail de races !

Bien que la majorité des chiens appartienne à des lignées pures, les croisés ont également le potentiel pour devenir d'excellents chiens de sauvetage, notamment par leur rusticité très appréciée. (JONES et al., 2004)

Une seule étude anglaise (ROONEY et BRADSHAW, 2004) s'est intéressée aux opinions de maitres-chiens quant à la race la plus adaptée au travail de détection. Cependant cette étude porte sur les chiens de recherche d'explosifs et de stupéfiants et concerne les trois races les plus populaires en Angleterre, à savoir le Springer Spaniel, le Labrador, le Border Collie, ce qui n'est pas comparable à la situation française. De plus, les auteurs remarquent que l'avis des maitres-chiens est fortement influencé par la race de leur chien.

C. Choix de l'individu

Une fois la race choisie, il faut sélectionner le chiot. En effet n'importe quel chiot d'une race donnée ne peut pas devenir un chien de sauvetage. Le choix d'un chiot n'est pas chose facile. Or l'acquisition du « bon » chiot conditionnera en grande partie le succès de la future équipe cynophile.

1. Critères de choix de l'individu

Dans un premier temps, l'exigence d'une excellente santé est une évidence. Compte tenu des conditions de travail contraignantes, un chien de sauvetage doit être indemne de maladies héréditaires et en particulier indemne de dysplasie coxo-fémorale. Bien que la responsabilité de l'arthrose de la hanche sur une réforme anticipée chez les chiens de recherche n'ait pas été bien documentée, le dépistage radiographique est fortement recommandé, en priorité chez les races prédisposées. En plus de n'avoir aucune trouble musculo-squelettique, les chiens de sauvetage doivent être notamment exempts de pathologies cardiovasculaires et respiratoires. (JONES et al., 2004)

Les publications, établissant des critères devant être pris en compte dans le choix d'un chien de recherche, sont rares. Mais tous les maitres-chiens accordent une grande importance à l'intérêt que porte le chiot pour le jeu. En effet, il est essentiel que le chiot soit très joueur, car l'apprentissage du travail de détection repose en grande partie sur le jeu. Le gout du jeu se teste facilement dès le plus jeune âge, comme nous l'expliquerons dans le paragraphe suivant (*voire II-C-2*).

Le chiot doit également posséder des qualités psychologiques, comme notamment la stabilité émotionnelle. Le futur chien de sauvetage devra aussi faire preuve d'une certaine « force de caractère », être combatif, volontaire... C'est ensuite au maitre-chien de développer ces qualités, mais un bon potentiel de base est primordial.

Les critères, considérés comme essentiels chez un futur chien de détection, ont été rassemblés via un questionnaire (ROONEY et al., 2004) auprès de 244 maîtres-chiens au Royaume-Uni.

D'après ces derniers : l'acuité olfactive, la motivation à chercher un objet, la santé, la tendance à flairer, l'endurance, l'agilité, l'intérêt pour la récompense, la tendance à ne pas se laisser distraire, l'instinct de chasse, et enfin la stabilité comportementale représentent les dix caractéristiques qui doivent bénéficier d'une attention particulière lors de la sélection d'un futur chien de détection.

Rappelons donc qu'un « bon » nez ne suffit pas !

2. Méthodes de sélection

Excepté dans le cas de la Gendarmerie Nationale, les maîtres-chiens choisissent eux mêmes leur chiot, généralement issus de lignées de travail. L'acquisition se fait le plus souvent à l'âge de 2-3 mois auprès d'un éleveur. Les informations disponibles avant l'âge de trois mois sont rares, ce qui rend la sélection d'un chiot difficile.

Acquérir un chien de race pure permet d'avoir une première indication sur le potentiel futur, en se basant sur les aptitudes naturelles de la race. Les aptitudes futures du chien peuvent être évaluées de deux manières : par sélection comportementale ou par sélection génétique.

- **Sélection comportementale**

La plupart des tests comportementaux s'adressent aux chiens adultes. Toutefois, une batterie de tests peut s'appliquer aux chiots. On peut citer le test de Campbell, le test du jouet animé de Queinnec... Ces tests donnent une indication sur le profil psychologique du chiot et permettent dans un premier temps de repérer les sujets trop peureux ou trop agressifs, qui sont à exclure du travail de sauvetage. (CAMP, 1996)

Cependant ces tests ne sont que rarement pratiqués par les professionnels et ne sont pas spécifiques aux critères recherchés pour un chien de sauvetage.

Des tests de caractères spécifiques aux chiens de recherche n'ont pas encore été conçus à ce jour. Le seul test existant est destiné aux adultes déjà formés à la détection. (ROONEY et al., 2007)

En comparaison, les tests à mettre en œuvre pour les chiens guide d'aveugle sont bien mieux documentés. 60% des chiots ayant passés ces tests avec succès deviennent des chiens guides contre seulement 20% pour ceux qui ont échoué. (DENIS, 1993)

Ceci montre l'intérêt de mettre en place des tests spécifiques, en raison du gain de temps et d'argent que permet l'élimination précoce des individus n'ayant pas le profil psychologique recherché.

Pour les chiens de recherche, l'intérêt pour le jeu fait l'objet d'une attention toute particulière lors du choix du chiot. Dans cet objectif, le maître-chien peut prendre un boudin ou une serpillère pour jouer avec le chiot afin d'apprécier la combativité et la possessivité qu'il témoigne à son égard. Le maître-chien peut ensuite cacher cet objet sous une boîte et observer le comportement du chiot. Ceci permet d'évaluer l'opiniâtreté et la ténacité dans la recherche. Il est également possible de tester la stabilité émotionnelle face à une situation stressante, de même que la sensibilité sonore. Pour cela on peut par exemple placer le chiot dans un environnement inconnu et réaliser le test du « coup de feu ». On évalue l'inquiétude présentée par le chiot et la rapidité de récupération. Ces tests peuvent être répétés afin d'observer si le chiot est capable d'adaptation.

Mais attention, ces tests sont loin d'apporter une certitude absolue quant aux futures aptitudes du chien. Ils permettent seulement de sélectionner les chiots les plus prédisposés au travail de sauvetage.

- **Sélection génétique**

Bien que le rôle de l'environnement soit prépondérant, il est bien connu que l'hérédité intervient dans le comportement du chien. Il semble donc possible de sélectionner les caractères sur lesquels repose l'aptitude au travail. Cependant la génétique mendélienne ne s'applique pas à la transmission des comportements, dont le déterminisme est polygénique. Le caractère est donc moins héréditaire que les critères morphologiques ou anatomiques. (COURREAU, 1991 ; DENIS, 1993)

Chez le chien de travail, la sélection génétique n'a pas encore connu de véritable révolution, contrairement aux autres espèces animales domestiques. L'héritabilité des caractères de travail est encore largement incomprise, malgré les nombreux travaux consacrés à la génétique du comportement chez le chien. Vangen a mesuré l'héritabilité de diverses qualités de chasse chez le Spitz Finnois (*tableau 10*), de même que Degauchy a calculé l'héritabilité de diverses qualités de ring chez le Berger Belge Malinois (*tableau 11*).

Ces travaux révèlent combien est faible l'héritabilité des caractéristiques de travail, excepté la composante « attaque-mordant ». (COURREAU, 1991 ; DENIS, 1993)

Tableau 10 : Héritabilité des principaux caractères de chasse chez le Spitz Finnois (d'après COURREAU, 1991 ; DENIS, 1993)

	Héritabilité
Aptitude à la recherche	0,07
Découverte des oiseaux	0,11
Marquage des oiseaux	0,04
Aboiement	0,02
Tenue des oiseaux	0,18
Suivi des oiseaux	0,10
Impression générale	0,09
Score total	0,11

Tableau 11 : Héritabilité des principaux caractères de ring chez le Malinois (d'après COURREAU, 1991 ; DENIS, 1993)

	Héritabilité
Suite en laisse	0.03
Suite sans laisse	0.09
Défense du conducteur	0.00
Absence du conducteur	0.28
Refus d'appât	0.00
Attaque-mordant	0.54
Allure générale	0.06
Score total	0.17

L'héritabilité, h^2 , est comprise entre 0 et 1. Si $h^2 < 0,2$ le caractère est dit « peu héritable » ; si $0,2 < h^2 < 0,4$ le caractère est dit « moyennement héritable », si $h^2 > 0,4$ le caractère est dit « fortement héritable ».

Ainsi beaucoup de travail reste à faire pour mettre en place une sélection génétique applicable au chien de recherche.

Nous allons voir à présent que de nombreux facteurs peuvent influencer l'efficacité du travail olfactif d'un chien de sauvetage.

III. FACTEURS PHYSIOLOGIQUES DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE

A. Le sexe

1. Sexe et acuité olfactive

Il est communément admis que les femmes ont une sensibilité olfactive plus élevée que les hommes. De nombreuses publications décrivent les variations de l'acuité olfactive en fonction du cycle menstruel chez les femmes et chez les rats. Mais l'influence du sexe sur l'olfaction canine reste encore méconnue et aucune étude n'est publiée.

Chez les rats, il a été démontré que l'acuité olfactive varie en fonction de l'imprégnation hormonale. (PIETRAS et MOULTON, 1974)

Les femelles présentent une cyclicité de la sensibilité olfactive avec une performance maximale au moment de l'ovulation. Ces fluctuations suivent les variations des concentrations plasmatiques en stéroïdes sexuels, selon la règle suivante : un taux élevé d'œstrogène avec un taux de progestérone bas se traduit par une sensibilité olfactive accrue alors qu'inversement un taux bas d'œstrogène avec un taux élevé de progestérone se traduit par une sensibilité olfactive affaiblie.

Une gestation ou une ovariectomie suppriment ces fluctuations cycliques et l'acuité olfactive ne semble plus répondre à l'imprégnation hormonale. Mais alors que l'ovariectomie entraîne une augmentation de la sensibilité olfactive, une gestation la diminue fortement.

Enfin, l'injection de testostérone entraîne une élévation de l'acuité olfactive chez les rats, inversement à une castration qui la diminue.

2. Le sexe des chiens de recherche

Bien que les femelles semblent avoir des capacités olfactives supérieures, en France, l'immense majorité des chiens de sauvetage sont des mâles. On peut donc s'étonner, à juste titre, de la très faible représentation des femelles parmi les chiens de sauvetage.

Ceci est dû au fait, que les femelles sont inutilisables au moment des chaleurs, soit environ sur une période de deux à trois semaines, deux fois par an. D'une part celles-ci sont moins concentrées sur leur mission, d'autre part elles perturbent le travail de détection des mâles et peuvent entraîner des bagarres entre ces derniers. Ceci pourrait avoir des conséquences dramatiques lors d'interventions.

La stérilisation des femelles pourraient être envisagée comme solution, mais ses effets sur l'odorat sont très controversés, bien que les données précédentes suggèrent que l'ovariectomie accroît l'acuité olfactive.

La stérilisation des chiennes de recherche est d'ailleurs pratiquée aux Etats-Unis. Parmi 96 chiens déployés lors des attentats terroristes du 11 septembre 2001, 54 soit 56% étaient des mâles, dont 36 castrés, 42 soit 44% des femelles, dont 39 stérilisées. (SLENSKY et al., 2004)

A l'heure actuelle, peu de maitres-chiens ont testé le travail avec des femelles et donc les opinions de ces derniers sont biaisées. Il n'existe qu'une seule publication (ROONEY et BRADSHAW, 2004), qui a étudié les différences d'aptitude au travail de détection entre les mâles et les femelles. La satisfaction globale des maitres-chiens ne diffère pas selon qu'ils possèdent des mâles ou des femelles. La seule différence significative, qui ressort de cette étude, est que les mâles se montrent plus agressifs envers les autres chiens que les femelles.

En ce qui concerne les chiens d'avalanche, les femelles ne sont plus acceptées en formation depuis 1990.

Pour les chiens de recherche en décombres, l'équipe cynotechnique des Sapeurs-Pompiers de l'Ain a le droit à un quota de 20% de femelles, mais n'en possède aucune.

Enfin, notons qu'il n'est pas impossible d'être sur un site de décombres où une chienne en chaleur serait ensevelie ou encore sur une zone d'avalanche où une chienne en chaleur se serait préalablement promenée. Ne serait-il pas alors intéressant d'habituer les chiens de sauvetage à travailler en présence de femelles, afin que ces derniers ne se laissent pas perturber par les phéromones laissées par la chienne en dépit d'une éventuelle personne ensevelie ?

B. L'âge

1. Age et acuité olfactive

Il est établi que l'acuité olfactive diminue progressivement avec l'âge.

Chez l'Homme, une perte de l'odorat apparait entre 65 et 80 ans chez 50% des individus, dont 25% sont complètement anosmiques. Ces troubles s'aggravent après 80 ans, on estime alors que 80% des individus présentent des troubles de l'olfaction dont la moitié est anosmique. (NORES et al., 2000a)

Mais ceci est difficilement transposable au chien.

Chez celui-ci, une seule publication (HIRAI et al., 1996), portant sur 22 chiens âgés de 10 à 19 ans, décrit les changements liés à l'âge du système olfactif. Chez les chiens de plus de 14 ans, une atrophie et une dégénérescence de l'épithélium olfactif sont observées ; ces modifications sont d'autant plus importantes chez les chiens de plus de 17 ans. On constate également une diminution du nombre de cellules olfactives ainsi qu'une baisse du nombre de cils de ces cellules et du nombre de microvillosités des cellules de soutien. Dans le bulbe olfactif, il a été observé de l'amyloïdose dans les vaisseaux sanguins et des dépôts diffus d'ubiquitine, protéine à rôle protéolytique.

2. Age de la retraite des chiens de recherche

Les chiens de sauvetage sont mis à la retraite en moyenne à huit ans.

Or, d'après l'étude précédente, les modifications du système olfactif ne se produisent pas avant l'âge de 14 ans. La variation de l'acuité olfactive en fonction de l'âge n'a donc pas besoin d'être prise en compte chez les chiens de sauvetage, car ils seront déjà retirés du travail de recherche, avant que l'âge ne pose problème.

Nous venons de voir que sexe et âge influencent la sensibilité olfactive. Les deux facteurs que nous allons voir maintenant ont également des conséquences sur le système olfactif. Or la performance des chiens de recherche est fortement tributaire de l'acuité olfactive. L'optimisation de la fonction olfactive est donc une préoccupation majeure pour les maîtres-chiens. La gestion de la nutrition et de l'état physique des chiens de sauvetage rentrent dans ce cadre.

C. La nutrition

1. Nutrition et acuité olfactive

L'olfaction joue un rôle fondamental dans la prise alimentaire. Il est couramment répandu que la sensation de faim augmente l'acuité olfactive, alors que la sensation de satiété la diminue. L'effet de l'état nutritionnel sur la sensibilité olfactive a donné lieu à plusieurs études chez le rat. Il a été montré que la performance de détection des rats à jeun est supérieure à celle des rats rassasiés. Le jeûne augmente donc les capacités olfactives. (AIME et al., 2007)

Il semble que les interactions entre le système olfactif et les centres hypothalamiques de l'alimentation mettent en jeu deux molécules : l'orexine et la leptine, qui sont respectivement impliqués dans le signal chimique du jeûne et de la satiété. Ces deux peptides sont capables de moduler les performances olfactives de la même manière que les états physiologiques de jeûne et de satiété. L'orexine est directement libérée par les fibres hypothalamiques au niveau du bulbe olfactif, où elle module l'activité des neurones. La leptine, quant à elle, est synthétisée en périphérie par les adipocytes et le système olfactif est une de ses principales cibles, comme le prouve la richesse en récepteurs du bulbe olfactif. (JULLIARD et al., 2007)

L'influence de l'état nutritionnel sur l'acuité olfactive demeure inconnue chez le chien. Mais une étude chez ce dernier a examiné l'incidence des matières grasses alimentaires sur ses capacités olfactives.

Altom et ses collaborateurs (ALTOM et al., 2003) ont comparé la performance olfactive de 18 chiens mâles, de race Pointer Anglais, soumis à trois régimes alimentaires, dont la teneur et la source en acides gras diffèrent. La matière grasse alimentaire du premier régime, qui sert de témoin, est fournie par du suif de bœuf. Le deuxième régime est riche en acides gras saturés, 60%, apportés sous forme d'huile de noix de coco. Le troisième, quant à lui, est riche en acides gras insaturés, 72%, apportés sous forme d'huile de maïs.

Les résultats montrent que les chiens nourris avec le deuxième régime présentent une diminution progressive de leur capacité olfactive aboutissant à une absence d'odorat au bout de 12 semaines. Ainsi un régime alimentaire riche en acide gras saturés entraîne une baisse significative de l'acuité olfactive.

On sait que la teneur en acide gras de plusieurs tissus du corps, comme la peau, la muqueuse intestinale et le tissu nerveux, peut être modifiée par la consommation de graisses alimentaires. Par conséquent, il est probable que la source de matière grasse alimentaire puisse également modifier la composition en acide gras de l'épithélium nasal et donc sa fonctionnalité. (ALTOM et KELLEY, 2006)

Enfin, la déshydratation, causée par exemple par un manque d'abreuvement, va entraîner un assèchement de la muqueuse et donc un dysfonctionnement de l'odorat, car les molécules odorantes doivent traverser le mucus pour se lier aux récepteurs olfactifs. (JONES et al., 2004)

2. Nutrition du chien de recherche

Bien que les variations de l'acuité olfactive en fonction de l'état nutritionnel n'aient jamais été démontrées chez le chien, il est conseillé de ne pas nourrir un chien de recherche avant un entraînement ou une mission, afin d'éviter de le faire travailler pendant la période postprandiale. En effet les performances olfactives diminuent lors de la digestion. Cette précaution permet également d'éviter une dilatation torsion d'estomac sur un chien qui doit partir en intervention juste après avoir mangé. Cependant, ce n'est pas toujours possible, car les chiens de sauvetage sont généralement déployés sans avertissement préalable.

Bien évidemment il est indispensable de fournir aux chiens de recherche une alimentation équilibrée et en quantité suffisante. En effet toute malnutrition ou carence va être à l'origine d'une diminution des performances olfactives. De plus, nous venons de voir que la qualité de la matière grasse alimentaire influe sur les capacités olfactives. Il semble alors possible d'améliorer l'odorat en augmentant la teneur en acide gras insaturés de la ration.

Enfin, dernier point important et souvent négligé, il faut veiller à apporter au chien un abreuvement suffisant. La quantité minimale d'eau à apporter est de 60 mL/kg/jour mais cela peut aller jusqu'à 300 mL/kg/jour en conditions extrêmes.

La déshydratation est un problème majeur pour les chiens de sauvetage. D'autant plus que de nombreux facteurs s'ajoutent à la diminution de la consommation d'eau durant le travail et vont favoriser ce phénomène : l'air chaud et sec, l'environnement poussiéreux, les longues heures de travail sans pause... (OTTO et al., 2002)

D. L'état physique

1. Etat physique et acuité olfactive

Dans sa publication, Altom et ses collaborateurs (ALTOM et al., 2003) ont également étudié l'influence de la condition physique sur l'acuité olfactive.

Deux groupes de chiens sont constitués : l'un ne pratique aucun exercice physique alors que l'autre groupe suit un programme d'entraînement. La performance olfactive des deux groupes est comparée, à la suite d'un effort physique intense sur tapis roulant.

Les résultats indiquent que les chiens préparés physiquement ont été en mesure de maintenir une capacité olfactive intacte par rapport aux chiens non entraînés. En effet ces derniers présentent une diminution de 64% de leur acuité olfactive en post effort. Ainsi une absence de conditionnement physique aboutit à une réduction importante des performances olfactives à la suite d'un effort physique stressant.

Lors d'un effort physique intense, des chiens non sportifs vont haleter plus rapidement. L'halètement provoque une diminution du flux d'air à travers les voies nasales et par conséquent une réduction du nombre de molécules odorantes arrivant sur la muqueuse olfactive. Ceci entraîne donc une diminution des capacités olfactives des chiens sans condition physique. (ALTOM et KELLEY, 2006)

Gazit et Terkel (GAZIT et TERKEL, 2003a) ont, de leur côté, étudié l'effet d'un effort physique prolongé sur l'acuité olfactive de six chiens de recherche d'explosifs. La performance olfactive des chiens est comparée lors de recherches dans deux conditions différentes : l'une a lieu après une période de repos, alors que l'autre se fait à la suite d'une activité physique prolongée.

On observe 81% de détection réussie lors des recherches à la suite d'un effort physique contre 92% de réussite lorsque la recherche se fait après un repos. De plus, la durée de recherche après un effort physique est significativement plus longue. Ainsi un effort physique prolongé diminue les performances olfactives.

En outre, la mesure des rythmes d'halètement et de reniflement révèle une augmentation du rythme d'halètement et une baisse du rythme de reniflement, associées à une diminution de l'efficacité du système olfactif, ce qui confirme l'hypothèse de l'expérience précédente.

On assiste à la mise en place d'un cercle vicieux. Un effort physique prolongé va entraîner une augmentation du temps de recherche, elle-même responsable d'une aggravation de la durée de l'activité physique. Ceci va conduire à une augmentation de la température corporelle. L'halètement constitue le principal moyen de refroidissement du corps, d'où l'augmentation du rythme d'halètement. Or un chien peut soit renifler soit haleter, mais ne peut jamais effectuer ces deux actions simultanément, d'où une diminution du rythme de reniflement. Ceci aboutit finalement à une diminution des performances olfactives.

Toutefois, les auteurs ont montré, dans un second temps, que les chiens sont capables d'accroître leur performance en s'adaptant au travail dans des conditions physiques extrêmes. Il semble que l'amélioration de leur efficacité ne soit pas expliquée par une meilleure condition physique mais par un ajustement du rythme de reniflement, probablement grâce à un effort de concentration accru des chiens sur leur recherche.

2. Gestion physique des chiens de recherche

L'optimisation des performances olfactives du chien de recherche passe premièrement par un entraînement physique. En effet en l'absence d'une condition physique adéquate, l'effort et le stress générés par une intervention vont entraîner une réduction importante des capacités olfactives du chien. Ainsi, les équipes cynophiles doivent réaliser des exercices de fond, telles que nage, course... pour améliorer la condition physique de leurs chiens.

Les chiens de sauvetage sont amenés à travailler dans des conditions physiques contraignantes, avec des recherches pouvant être de très longue durée. Nous avons vu que dans de telles situations, l'efficacité des chiens est fortement altérée. Les maitres-chiens doivent donc gérer au mieux l'effort physique de leur chien pour éviter l'apparition d'une fatigue.

Des opérations de longues durées ont mis en évidence ce phénomène non négligeable. D'après une étude (SLENSKY et al., 2004) examinant la morbidité de 96 chiens déployés lors des attentats terroristes du 11 septembre 2001, 24% des chiens ont présenté de la fatigue. Etant donné l'ampleur de la catastrophe, les chiens ont parfois travaillé jusqu'à 8 heures de suite sans se reposer.

De même, pour les chiens des équipes cynotechniques de la BSPP, la gestion des fatigues excessives après intervention correspond à 20% des motifs de consultation vétérinaire en 2009. (GRANDJEAN et al., 2010)

Il est donc important d'alterner les périodes de travail et de pause. La FEMA (Federal Emergency Management Agency) recommande une période de repos toutes les 20 à 45 minutes de travail, d'une durée équivalente au temps de travail. Le respect de ce rythme est important pour gérer la fatigue olfactive, car il permet aux chiens de récupérer et donc d'optimiser l'efficacité des opérations de recherche.

Toutefois, il semble que les chiens puissent apprendre à travailler dans des conditions physiques extrêmes. Cette adaptation permet de repousser les limites du chien en améliorant ses performances olfactives dans des conditions contraignantes. Il est donc indispensable d'entraîner régulièrement les chiens de sauvetage dans les mêmes conditions que celles rencontrées sur le terrain, afin d'améliorer le travail de recherche dans des conditions opérationnelles.

Pour finir, les chiens supportent très bien le travail de nuit, contrairement aux Hommes, qui souffrent souvent de troubles du sommeil et de réduction de la vigilance. Même après sept nuits de travail successives, les maîtres-chiens ne rapportent aucune diminution des capacités olfactives de leur chien. De même, les chiens sont capables de faire face à un rythme de travail fractionné, grâce à leurs fréquents cycles veille-sommeil, ce qui leur permet de s'ajuster avec aisance à des changements de routine imposés. (ADAMS et JOHNSON, 1994)

Alors que nutrition et condition physique permettent l'optimisation des performances olfactives, les facteurs que nous allons voir à présent ont tous un effet néfaste sur l'acuité olfactive.

IV. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE

Les troubles de l'odorat ou dysosmies peuvent être de nature quantitative ou qualitative.

Parmi les anomalies quantitatives, les anosmies se traduisent par une perte de sensibilité à une, plusieurs ou à toutes substances odorantes. L'hyposmie est une diminution de la sensibilité olfactive alors que l'hyperosmie est une exacerbation de la sensibilité olfactive. Les anomalies quantitatives peuvent être totales lorsqu'elles concernent toutes les odeurs ou partielles lorsqu'elles concernent qu'une ou plusieurs odeurs. (NORES et al., 2000a)

Les anomalies qualitatives peuvent se manifester de trois façons différentes. Les parosmies se caractérisent par une perception olfactive ne correspondant pas à la stimulation. Une phantosmie est une hallucination olfactive se traduisant par la perception d'une odeur sans stimulation. Enfin les cacosmies correspondent à la perception d'une mauvaise odeur. (NORES et al., 2000a)

A. Conditions météorologiques

L'action de facteurs météorologiques, essentiellement sur la muqueuse olfactive, peut être à l'origine de variations de l'acuité olfactive. Mais les conditions climatiques agissent principalement sur la diffusion des effluves, comme nous le verrons dans la partie suivante.

1. Température

Des températures extrêmes vont dessécher la muqueuse olfactive, ce qui va diminuer fortement l'acuité olfactive. (VADUREL et GOGNY, 1997)

2. Vent

De même, le vent va favoriser le dessèchement de la muqueuse. (VADUREL et GOGNY, 1997)

3. Précipitations

L'inhalation de gouttelettes de pluie ou de flocons de neige, lors du flairage, va provoquer la formation à la surface de la muqueuse d'un film liquidien, qui perturbe le fonctionnement normal de l'appareil olfactif. (VADUREL et GOGNY, 1997)

4. Pression atmosphérique et champs électromagnétiques

Il est suggéré qu'une baisse brutale de la pression atmosphérique ou les champs électromagnétiques créés par l'orage ou par les lignes à haute tension gênent le travail des chiens de détection ; mais le mécanisme d'action reste encore inconnu. (VADUREL et GOGNY, 1997)

Néanmoins, le site d'entraînement de la BSPP est installé sous des lignes à haute tension et aucune influence sur les capacités olfactives des chiens n'a été observée.

B. Dysosmies liées à la pollution et aux toxiques

Les principaux facteurs environnementaux de variation de l'acuité olfactive sont d'ordre toxique.

1. Les polluants à l'origine de dysosmies

Les polluants environnementaux mais aussi ceux présents sur les lieux d'entraînements ou d'interventions peuvent altérer l'acuité olfactive. Exemple courant : la fumée de tabac inhalée passivement par le chien peut fortement réduire sa perception olfactive.

Or les cavités nasales sont en contact permanent avec le milieu extérieur. La muqueuse olfactive est donc vulnérable aux substances polluantes.

La plupart des polluants (*tableau 12*) perturbent la fonction olfactive soit par simple irritation soit en provoquant la destruction de l'épithélium olfactif. Certains agissent directement sur les bulbes olfactifs. Les dysosmies peuvent faire suite à une exposition aiguë ou chronique. (VADUREL, 1995)

Tableau 12 : Les principaux polluants environnementaux responsables de dysosmies (d'après VADUREL, 1995)

Classe	Molécule
Solvant	Hexaméthylphosphoramide
	Toluène
	Styrène
Herbicide	Dichlobénil
Fongicide	Carbamate
	Triadiméfon
Insecticide	Hexachlorocyclohexane
Désinfectant	Formaldéhyde (!)
Fumée de tabac	Nitrosodiéthanolamine
Parfumerie	Méthylindole
	Acétaldéhyde
Métal	Cadmium (*)
	Chrome (*)
	Plomb (*)
	Mercure (*)
	Nickel (*)
	Argent (*)
	Zinc (*)
Composés organiques	Acétone (*) (!)
	Benzène (*) (!)
	Menthol (*)
Composés non organiques, non métalliques	Ammoniac (*) (!)
	Chlore (*)
	Fluorure (*)

(*) Exposition chronique

(!) Action sur le système nerveux central

Une enquête de surveillance médicale à long terme (FITZGERALD et al., 2008) a été menée sur 150 chiens de recherche en décombres, dont 95 ont été déployés lors des attentats terroristes du 11 septembre 2001.

Des échantillons de tous les lobes pulmonaires ont été prélevés chez 23 chiens autopsiés. Chez 21 chiens, on observe des agrégats péribronchiques de macrophages contenant des pigments noirs d'antracose (*figure 27*). La présence de ce pigment dans le tissu pulmonaire est couramment associée à l'inhalation de fumée ou d'air pollué. De même, chez 20 chiens, la présence de particules réfringentes est observée en lumière polarisée (*figure 28*). Ceci est lié à l'inhalation d'agents insolubles présents dans l'air, comme de la fibre de verre, des poussières de silicate provenant du ciment ou encore des produits carbonés.

Cette étude (OTTO et al., 2010) prouve l'importance de l'inhalation d'une variété de substances, aéroportées ou situées en surface, pour le chien de recherche en décombres.

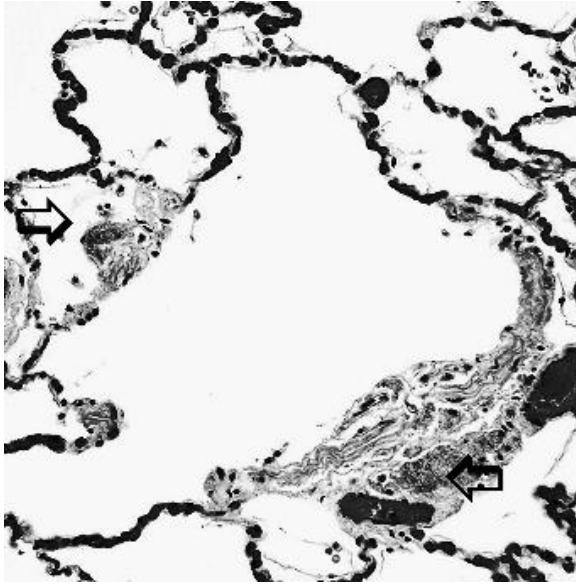


Figure 27 : Poumon de chien présentant des agrégats péribronchiques de macrophages contenant des pigments noirs d'anthracose (d'après FITZGERALD, 2008)

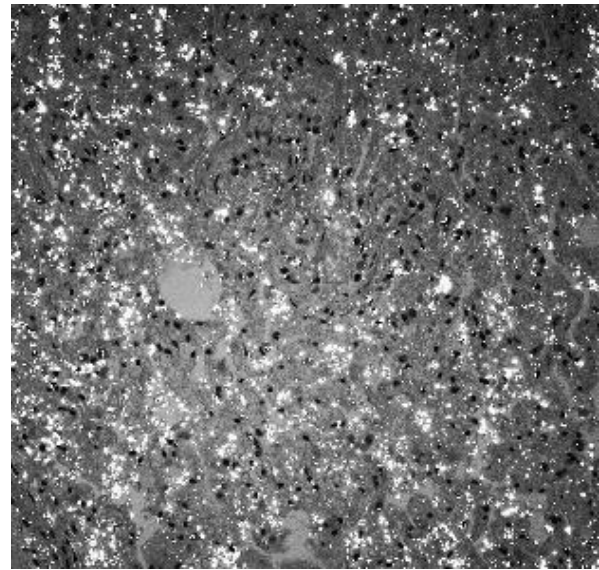


Figure 28 : Poumon de chien, en lumière polarisée, présentant des particules réfringentes disséminées dans le tissu interstitiel (d'après FITZGERALD, 2008)

Les risques environnementaux concernent exclusivement les chiens de recherche en décombres, qui travaillent en milieu urbain, et épargnent les chiens d'avalanche.

2. Les risques toxiques de la recherche olfactive

Il est tristement connu que sur un site de catastrophe, les maîtres et leurs chiens sont exposés à une variété de substances toxiques. En effet, une catastrophe urbaine de grande échelle peut entraîner le rejet de dizaines voire de centaines d'agents toxiques. (GWALTNEY-BRANT et al., 2003)

Parmi ces derniers, on peut citer : les phénols, l'éthylène glycol, les détergents, les biphényles polychlorés, les dérivés hydrocarbonés, etc... (MURPHY et al., 2003)

L'absorption cutanée constitue la principale voie d'exposition aux matières dangereuses chez les chiens. L'exposition oculaire et les intoxications par voie orale sont également redoutées. Mais la voie respiratoire reste une préoccupation majeure pour les chiens de recherche en décombres. (GWALTNEY-BRANT et al., 2003)

Dans les zones de secours, le creusement et le déplacement incessants des décombres favorisent en permanence la dissémination de toxiques dans l'air. De même, l'intégrité structurale est souvent compromise lors des dommages des bâtiments, ce qui augmente le risque d'exposition à des matières dangereuses. Par exemple, bien que dans les conditions normales l'amiante soit contenue dans une matrice qui empêche l'exposition des Hommes, lors d'une catastrophe urbaine, les forces de compression et les explosions peuvent aboutir au rejet de l'amiante. (MURPHY et al., 2003)

Lors des recherches, les chiens de décombres sont exposés à une variété de gaz de combustion, comme le monoxyde d'azote, le chlorure d'hydrogène... De nombreux gaz irritent les voies respiratoires, entraînant trachéobronchite, pneumonie... Mais certains gaz peuvent provoquer des œdèmes pulmonaires ou même une asphyxie, voire des effets systémiques. (GWALTNEY-BRANT et al., 2003)

Par exemple, les gaz halogénés, tels que le brome, le chlore ou le fluor, possèdent une odeur très forte et entraînent donc des irritations sévères des voies respiratoires supérieures et inférieures, des irritations nasales, de la toux... Le cyanure d'hydrogène, quant à lui, est extrêmement dangereux car il provoque la mort par arrêt respiratoire dans les quelques secondes à minutes, qui suivent son inhalation, même à de très faibles concentrations. Le sulfure d'hydrogène ou « gaz d'égouts » de par son odeur d'œufs pourris, est particulièrement handicapant pour les chiens de recherche en décombres, car il entraîne une paralysie rapide de l'appareil olfactif à des concentrations supérieures à 100 ppm, soit 110 mg/m³. (MURPHY et al., 2003)

Enfin, même la poussière, la fumée, les gaz non toxiques ont le potentiel de causer des irritations respiratoires sévères. (GWALTNEY-BRANT et al., 2003)

D'où l'intérêt de rincer régulièrement les yeux avec une solution saline, pour éliminer les substances irritantes du nez, par l'intermédiaire du canal lacrymal. (WISMER et al., 2003)

Les chiens de recherche en décombres sont particulièrement exposés aux toxiques respiratoires. En effet, par leur travail qui repose sur l'odorat, ces chiens peuvent constamment inhaler des substances irritantes ou toxiques. (GWALTNEY-BRANT et al., 2003)

D'une part, les chiens de décombres travaillent en permanence à proximité du sol. Or la majorité des substances dangereuses sont plus lourdes que l'air et ont donc tendance à s'accumuler au sol, augmentant alors le risque d'exposition des chiens de sauvetage. En particulier, le sulfure d'hydrogène, responsable de troubles de l'odorat, est plus lourd que l'air et va donc se concentrer à ras du sol. (GORDON, 2009)

De même, les chiens sont souvent envoyés dans des zones confinés, inaccessibles à leur maître, dans lesquelles les gaz ne peuvent se dissiper. (GWALTNEY-BRANT et al., 2003)

D'autre part, contrairement à leur maître, les chiens de décombres travaillent sans équipement de protection respiratoire. En effet, s'il est possible de leur faire porter des chaussons ou de les laver pour réduire la contamination cutanée, le port de masque (*figure 29*) pourrait gêner leur travail de détection. (WISMER et al., 2003)

Les chiens de décombres sont donc exposés à l'inhalation d'agents irritants ou toxiques durant toute la durée de leur recherche sur un site de catastrophe urbaine. (GWALTNEY-BRANT et al., 2003 ; GORDON, 2009)



Figure 29 : Exemples d'équipements canins de protection respiratoire (d'après GORDON, 2009)

V. FACTEURS PATHOLOGIQUES ET IATROGENES DE VARIATION DE L'ACUITE OLFACTIVE

Les dysosmies sont très certainement sous-diagnostiquées, car comme nous l'avons vu, au début de cette partie (*voir I*), les moyens d'étude de l'acuité olfactive sont peu nombreux en médecine vétérinaire. Or une baisse voire une disparition de l'acuité olfactive est grave chez un chien de compagnie et d'autant plus catastrophique pour un chien de recherche. (VADUREL et GOGNY, 1997)

Les réponses d'un questionnaire (HOLLOWAY, 1961) par des propriétaires de chiens de chasse indiquent que 85% de ces derniers ont eu des troubles de l'olfaction.

On distingue les dysosmies congénitales et les dysosmies acquises.

A. Dysosmies congénitales

Les dysosmies congénitales sont rares.

1. Héritaires

On peut citer la sténose des narines et l'hypertrophie du voile du palais. Ces deux anomalies anatomiques peuvent être traitées chirurgicalement. Les chiens brachycéphales y sont prédisposés, mais rappelons qu'ils ne sont que très rarement utilisés comme chien de recherche. (VADUREL, 1995)

2. Périphériques

On peut citer l'absence de certaines protéines réceptrices spécifiques d'une odeur déterminée, qui provoque une anosmie partielle et l'agénésie du nerf olfactif, qui provoque une anosmie complète. (VADUREL, 1995)

B. Dysosmies acquises

L'utilisation de l'olfactométrie comportementale et le développement de l'électro-encéphalographie et de l'électro-olfactographie ont rendu possible l'étude d'un certain nombre de maladies (*tableau 13*), qui entraînent un dysfonctionnement de l'olfaction chez les chiens. Cependant le diagnostic d'affections olfactives est rarement fait par les vétérinaires praticiens. (MYERS, 1991)

**Tableau 13 : Influence de quelques affections sur l'acuité olfactive du chien
(d'après MYERS, 1990)**

Affections	Nombre de cas	Seuil de l'eugénol	Seuil du benzaldéhyde
Maladie de carré	18	+	+
Virus parainfluenza	12	+	+
Syndrome de Cushing	2	+	+
Diabète sucré	2	+	+
Hypothyroïdie	4	+ ou 0	+ ou 0
Tumeurs nasales	2	+	0

+ : augmentation du seuil
0 : pas d'altération significative

Les dysosmies acquises peuvent être liées à un défaut de transmission du courant aérien ou à un défaut de perception du signal. (NORES et al., 2000a)

1. Les dysosmies de transmission

Les dysosmies de transmission (*tableau 14*) sont d'origine naso-sinusienne. L'intégrité de la muqueuse et des voies et centres nerveux de l'olfaction est préservée. (NORES et al., 2000a)

Ces atteintes de l'odorat sont dues à un obstacle qui perturbe la circulation normale de l'air et empêche donc la transmission des molécules odorantes à l'épithélium olfactif. Les troubles régressent après restitution de la perméabilité nasale. (VADUREL et GOGNY, 1997)

Tableau 14 : Les dysosmies de transmission chez le chien (d'après VADUREL et GOGNY, 1997)

Présence d'un obstacle mécanique	Déformation du squelette nasal : fracture de l'os nasal
	Corps étrangers dans les cavités nasales : épillet
	Tumeurs ou polypes
Phénomène inflammatoire	Rhinites
	Sinusites
Anomalies de ventilation	Imperforation des choanes
	Trachéotomie

Toute maladie entraînant un jetage gêne l'écoulement normal du courant aérien. Par exemple lors de jetage mucopurulent important, la propagation de l'air à travers les cavités nasales ne peut se faire à cause des incrustations mucoïdes épaisses, qui obstruent les narines. (VADUREL, 1995)

2. Les dysosmies de perception

Les dysosmies de perception (*tableau 15*) sont d'origine neurosensorielle. (NORES et al., 2000a)

Ces atteintes de l'odorat sont secondaires à une lésion de la muqueuse, du tractus ou des centres olfactifs. (VADUREL et GOGNY, 1997)

Tableau 15 : Les dysosmies de perception chez le chien (d'après VADUREL et GOGNY, 1997)

Lésions de la muqueuse olfactive	Age
	Maladie de Carré
	Virus parainfluenza
	Syndrome de Cushing
	Diabète sucré
	Hypothyroïdie
	Tumeur de la muqueuse olfactive
Lésions du tractus olfactif	Traumatisme crânien
Lésions des centres olfactifs	Tumeurs cérébrales
	Epilepsie

- **Lésions de la muqueuse olfactive**

La vieillesse (*voir III-B*) est responsable de telles dysosmies. (NORES et al., 2000a)

Deux infections virales provoquant des lésions de l'épithélium olfactif ont été décrites chez le chien.

- **La maladie de Carré**

En 1987, un cas clinique de dysosmie persistante causée par une encéphalite chez un chien est publié (SIMPSON et MYERS, 1987). Il s'agit d'un Beagle mâle âgé de un an, utilisé pour la chasse aux lapins. L'olfactométrie comportementale et l'électro-olfactographie révèlent une baisse importante de l'acuité olfactive. Plus d'un an après, le chien est toujours incapable de chasser. Il est fortement suspecté que la perte de l'odorat soit attribuable à la maladie de Carré.

En 1988, Myers (MYERS et al., 1988a) a étudié l'effet du paramyxovirus sur l'odorat. D'une part l'infection par le virus de la maladie de Carré est confirmée chez huit chiens, qui présentent un écoulement nasal mucopurulent. Tous présentent une anosmie. D'autre part, six chiens ont été atteints par la maladie de Carré 10 à 26 semaines auparavant, mais ne présentent plus aucun signe de la maladie. Une anosmie est également mise en évidence sur cinq de ces chiens.

Le jetage nasal mucopurulent peut expliquer la diminution de l'acuité olfactive chez les huit chiens atteints, comme nous l'avons vu dans les dysosmies de transmission. Mais les troubles de l'odorat ne peuvent être expliqués ainsi chez les chiens guéris, qui ne présentent plus aucun jetage.

Les lésions histologiques de la muqueuse nasale des chiens atteints sont une rhinite purulente diffuse associée à une atrophie de l'épithélium olfactif. Les lésions touchent préférentiellement la muqueuse olfactive et épargnent la muqueuse respiratoire. Mais puisque les cellules neurosensorielles olfactives se renouvellent, l'odorat devrait redevenir fonctionnel. Aussi, l'anosmie définitive pourrait être due à une destruction des neurones du tractus et du bulbe olfactifs par le virus de la maladie de Carré.

- **Le virus parainfluenza**

La fonction olfactive de cinq chiens, infectés naturellement, et de quatre chiens, infectés expérimentalement, par le virus parainfluenza a été évaluée. (MYERS et al., 1988b)

Les seuils olfactifs pour le benzaldéhyde et l'eugénol sont anormalement élevés chez les cinq chiens naturellement infectés, mais reviennent à la normale après rémission de la maladie et notamment après disparition de l'écoulement nasal séreux. Chez trois des quatre chiens, infectés expérimentalement, une augmentation des seuils olfactifs est mise en évidence, sans qu'aucun signe clinique ne soit présent.

Aucun changement sur l'électro-olfactogramme n'est enregistré. A l'inverse de la maladie de Carré, les lésions histologiques épargnent ici la muqueuse olfactive et se limitent à la muqueuse respiratoire, aussi bien chez les chiens naturellement qu'expérimentalement infectés.

La réversion du déficit olfactif suggère que le parainfluenza virus ne provoque pas de lésion neuronale. L'absence d'anomalie de l'électro-olfactogramme et d'altération de l'épithélium olfactif indique que les récepteurs olfactifs fonctionnent correctement.

Ainsi par exclusion, il est suspecté que le parainfluenza virus altère la fonction olfactive en diminuant le contact des molécules odorantes avec les récepteurs olfactifs. En effet la congestion et l'inflammation importante de la muqueuse respiratoire réduirait fortement l'entrée d'air dans la cavité nasale.

Des affections endocriniennes responsables de troubles olfactifs sont également décrites chez le chien.

- Le syndrome de Cushing

Les seuils de détection pour le benzaldéhyde et l'eugénol sont testés chez 24 chiens ayant reçu de la dexaméthasone. (EZEH et al., 1992)

Cette dernière entraîne le développement des signes cliniques classiques du syndrome de Cushing. Les chiens présentent une élévation significative des seuils de détection pour les deux substances odorantes choisies. Mais aucune altération de la muqueuse olfactive n'est observable en microscopie optique.

Ainsi le syndrome de Cushing, provoqué par l'administration de corticoïdes exogènes, entraîne une diminution de l'acuité olfactive, sans qu'il n'y ait d'altération de l'épithélium olfactif.

- Le diabète sucré et l'hypothyroïdie

Ces deux dysendocrinies sont également suspectées d'entraîner un dysfonctionnement de l'odorat chez le chien, mais l'origine est inconnue. (VADUREL, 1995).

Enfin, les tumeurs de la muqueuse olfactive, les neuroblastomes, sont aussi susceptibles d'induire des dysosmies de réception. (VADUREL, 1995)

• Lésions du tractus olfactif

Ces atteintes surviennent majoritairement à la suite de traumatisme crânien.

Les structures olfactives sont particulièrement fragiles de par leur disposition anatomique. La lame criblée est une zone particulièrement vulnérable et la fracture de celle-ci entraîne de graves altérations du nerf olfactif. Le pronostic est généralement mauvais.

L'anosmie est irréversible en cas de section complète des fibres nerveuses olfactives. Lors de simple étirement, les lésions nerveuses peuvent guérir lentement en plus de dix semaines. Une récupération de l'odorat est possible, en moins de dix semaines, lors d'hématome, secondaire au traumatisme crânien, qui provoque simplement une compression des filets nerveux.

De manière générale, plus la durée de l'anosmie augmente, moins le chien a de chances de récupérer son odorat. (VADUREL, 1995 ; VADUREL et GOGNY, 1997)

- **Lésions des centres olfactifs**

Les lésions centrales se traduisent par des phantosmies.

Les crises d'épilepsie et les tumeurs cérébrales sont les principales causes d'hallucinations olfactives. Sur une étude de 50 chiens atteints de méningiome, 12% des tumeurs étaient de localisation olfactive. (VADUREL, 1995 ; VADUREL et GOGNY, 1997)

3. Cacosmies

Ces anomalies qualitatives surviennent le plus souvent lors d'infection de la sphère orolaryngée. Elles peuvent également être dues à la production de métabolites qui sont perçus lors de l'expiration comme des molécules odorantes, par exemple en cas d'insuffisance rénale ou d'atteinte hépatique. (VADUREL, 1995 ; VADUREL et GOGNY, 1997)

4. Conséquence : Vaccination des chiens de recherche

Nous venons de voir que de nombreuses affections sont susceptibles d'altérer l'acuité olfactive du chien ; parmi celles-ci l'infection par le virus parainfluenza ou par le paramyxovirus.

Tous les chiens de sauvetage devraient donc être vaccinés contre la maladie de Carré et la toux de chenil, en plus de la leptospirose, de la rage, de la parvovirose et de la piroplasmose. (GRANDJEAN et al., 2010)

De plus la contagion de la toux de chenil est particulièrement rapide dans les milieux où les chiens sont concentrés et en contact étroit, ce qui est le cas des chiens de recherche qui vivent parfois en chenil et qui interagissent fréquemment avec d'autres chiens lors des missions ou des entraînements.

Il est donc conseillé de vacciner les chiens de sauvetage également contre *Bordetella bronchiseptica*. Toutefois, ce vaccin s'administrant par voie intra nasale, il peut entraîner une inflammation locale et donc interférer de manière transitoire avec l'odorat. (JONES et al., 2004).

L'effet des autres vaccins sur l'olfaction n'est pas documenté. Ceci nous amène à présenter les troubles de l'odorat induits par une prise médicamenteuse.

C. Dysosmies iatrogènes

Chez les chiens, très peu de médicaments sont connus pour altérer l'odorat. L'administration de glucocorticoïdes semble diminuer la perception des odeurs, comme nous l'avons évoqué avec le syndrome de Cushing (*voir V-B-2*). (JONES et al., 2004)

Les dysosmies iatrogènes sont également peu fréquentes en médecine humaine. Sur 150 000 dossiers recensés dans les centres de pharmacovigilance en France, seulement 68 rapportent des complications olfactives, soit 0,05% des dossiers. Etablir une relation entre la prise d'un médicament et un trouble de l'odorat est souvent difficile. (NORES et al., 2000b)

Les médicaments cités par la suite engendrent un trouble de l'odorat chez l'Homme et les mêmes effets ont été supposés chez le chien.

1. Les médicaments responsables de dysosmies

Dans le dictionnaire Vidal®, seuls quatre médicaments sont associés à des troubles de l'odorat en tant qu'effets secondaires ou indésirables : Amrinone, Moesipil, Tetrofosmin, Tixocortol/Néomycine. (NORES et al., 2000b)

Mais de nombreux autres médicaments (*tableau 16*) sont susceptibles d'altérer l'acuité olfactive.

Tableau 16 : Principaux médicaments à l'origine de dysosmies chez l'Homme (VADUREL et GOGNY, 1997 ; NORES et al., 2000b)

	Noms de la molécule	Dysosmie engendrée
Médicaments cardio-vasculaires	Diltiazem	Hyposmie
	Dipyridamole	Parosmie
	Enalapril	Parosmie
	Captopril	Parosmie
	Métoprolol	Anosmie
	Acébutolol	Anosmie
	Nifédipine	NP
	Lisinopril	NP
	Amlodipine	Hyposmie
	Féلودipine	Hyposmie
Antibiotiques	Néomycine	Anosmie
	Doxycycline	Anosmie
	Streptomycine	Cacosmie
	Ciprofloxacine	NP
	Tyrothricine	Hyposmie
Antifongique	Terbinafine	NP
Antihelminthique	Lévamisole	NP
Chimiothérapie	Cisplatine	Anosmie
	Cytosine arabinoside	Anosmie
	Méthotrexate	Hyposmie
Antithyroïdiens	Carbimazol	Anosmie
	Méthylthiouracile	Anosmie
	Propylthiouracile	Hyposmie
Anti-inflammatoire et antirhumatismaux	Noramidopyrine	Hyposmie
	Sels d'or	Anosmie
	Tiopronine	NP
	Hydroxychloroquine	Hyposmie
Antalgique	Morphine	Hyposmie
Interféron	Interféron alpha	Anosmie
Anesthésiques locaux	Tétracaïne	Anosmie
Gouttes nasales vasoconstrictrices	Fénoxazoline	Anosmie
	Tymazoline	Anosmie
	Oxymétazoline	Anosmie

NP : Dysosmie non précisée

Les médicaments cardiovasculaires arrivent en tête de liste des médicaments impliqués.

En outre, de nombreux anesthésiques sont suspectés engendrer des troubles réversibles de l'acuité olfactive : aussi bien des produits de prémédication, tels que barbiturique, benzodiazépine, que des produits d'induction, tels que kétamine, propofol et même des agents volatils, comme l'isoflurane ou l'halothane. (NORES et al., 2000b)

2. Conséquence : Traitement des chiens de recherche

Malgré le peu de connaissance sur les dysosmies iatrogènes chez le chien, de nombreux maîtres-chiens sont préoccupés par les effets potentiels que les médicaments peuvent avoir sur l'odorat de leur chien. Les vétérinaires doivent donc soigneusement évaluer les risques de chaque médicament lors de traitement d'un chien de sauvetage. Si le médicament est connu pour altérer l'acuité olfactive, d'autres molécules doivent être utilisées si possible. Si aucun traitement alternatif n'est disponible, il est nécessaire de retirer le chien du travail pour la durée du traitement. (JONES et al., 2004)

De plus, de nombreux chiens de sauvetage sont déployés hors de leur région, ce qui les expose à des parasites inhabituels, pour lesquels une prévention doit être réalisée. De nombreuses inquiétudes se portent alors sur les effets potentiels des insecticides sur l'acuité olfactive. (JONES et al., 2004)

La seule étude (ROQUEPLO, 2003 ; ROQUEPLO et al., 2004), citée dans le paragraphe suivant (*voir III-C-5*), existante chez le chien, a cherché à mettre en évidence une éventuelle influence du port d'un collier imprégné de deltaméthrine sur les performances olfactives des chiens militaires.

3. Exemple de la deltaméthrine

Les chiens de l'armée du Sud-est de la France constituent une population à risque pour la leishmaniose canine. En effet, ces derniers vivent en permanence à l'extérieur, en chenil, et sont donc particulièrement exposés aux piqûres de phlébotomes.

Lors d'une première enquête de séroprévalence, menée en 1984, l'ensemble des 419 chiens militaires du Sud-est de la France testés était indemne. Mais en 1993, la séroprévalence de leishmaniose canine s'est élevée à 9% dans les effectifs canins militaires du Sud-est de la France.

Comme la maladie évolue progressivement vers la mort du chien, la mise en place de mesures prophylactiques est une nécessité. Dans le cadre de la protection contre les piqûres de phlébotome, le port d'un collier imprégné de deltaméthrine, est préconisé d'avril à octobre pour tous les chiens de l'armée du pourtour méditerranéen.

La deltaméthrine est un insecticide pyréthroïde lipophile qui va diffuser sur l'ensemble du tégument du chien. Elle va donc se retrouver dans le film lipidique cutané de la région de la truffe.

Etant donné que les missions des chiens militaires reposent notamment sur l'odorat, il est important de déterminer les conséquences éventuelles du port de ce collier sur les capacités olfactives. Cette question préoccupe également de nombreux chasseurs, qui utilisent ce collier.

Pour cela, les performances olfactives de 75 chiens mâles, de recherche d'explosifs ou de stupéfiants, sont comparées lors de deux recherches, l'une se faisant sans collier et l'autre avec un collier. Signalons néanmoins qu'il aurait été préférable d'utiliser un collier placebo. Huit maîtres-chiens indiquent un changement quant à la capacité olfactive de leur chien, mais 67 ne rapportent aucune modification. Ainsi il ne semble y avoir aucune différence significative entre les performances olfactives des chiens avec ou sans collier.

Cette étude (ROQUEPLO, 2003 ; ROQUEPLO et al., 2004) n'a donc pas permis de mettre en évidence un éventuel effet du port du collier, imprégné de deltaméthrine, sur le travail de détection du chien.

Notons, que les chiens de recherche en décombres sont particulièrement exposés au risque d'infestation par les parasites lors de leurs interventions. Mais ces chiens travaillent généralement sans collier, pour éviter de s'accrocher aux divers éléments du terrain.

Cette partie soulève un problème majeur dans le domaine de l'olfaction canine, à savoir le manque flagrant d'études scientifiques disponibles sur les capacités olfactives des chiens de recherche.

Bien que l'odorat constitue le sens le plus développé de l'espèce canine, la littérature à ce sujet reste très limitée, comparée à la quantité d'études publiée sur les autres sens.

L'étude de l'acuité olfactive est délicate.

La principale difficulté réside dans la mise en place d'évaluations standardisées. En effet, nous avons vu que de nombreux facteurs peuvent altérer la sensibilité olfactive et donc fausser les résultats. Les conditions des expériences devraient être les plus proches possibles : même substance à recherche, même zone de recherche, conditions météorologiques similaires, alimentation identique, etc... On comprend donc que cela est difficile à appliquer.

Par ailleurs, le nombre de chiens impliqués dans les expérimentations est généralement beaucoup trop faible pour pouvoir établir des données statistiquement représentatives de la population des chiens de recherche. Cette dernière est souvent prise dans son ensemble, car il est illusoire de vouloir la diviser en fonction des critères de races, de sexe ou d'âge, au vu du faible nombre d'individus.

De plus, parmi les expériences menées chez le chien de détection, la plupart concernent les chiens de recherche d'explosifs ou de stupéfiants. Très rares sont celles traitant des chiens de sauvetage.

Enfin, pour des raisons pratiques, l'olfactométrie est très difficile à utiliser. Les critères de jugement des performances olfactives des chiens sont alors variables et plus ou moins adaptés.

Ainsi, les connaissances dans le domaine de l'olfaction canine reposent essentiellement sur l'extrapolation d'expériences menées chez l'Homme et sur quelques travaux réalisés chez le chien. Notons qu'il existe bien plus de publications concernant le pistage que la détection.

Troisième partie

**LE CORPS HUMAIN, SOURCE
D'ODEUR, APPLICATION A LA
RECHERCHE DE PERSONNES
ENSEVELIES**

I. L'ODEUR CORPORELLE HUMAINE

La localisation d'une personne ensevelie, par les chiens de sauvetage, est possible grâce à l'émanation des effluves humaines.

Nous allons voir dans un premier temps la composition de l'odeur corporelle, puis nous passerons en revue les nombreuses variations, qui tendent à la rendre unique.

Il s'agit ici de l'odeur d'une victime vivante ou inconsciente ; nous traiterons le cas particulier des victimes décédées à la fin de cette partie (*voir IV*).

A. Composition de l'odeur corporelle humaine

Deux éléments principaux rentrent en jeu dans la formation des effluves humaines : les cellules mortes et les sécrétions cutanées, sur lesquelles vont agir les bactéries commensales de la peau.

1. Le patrimoine génétique

Il nous est possible de reconnaître notre propre odeur ainsi que celles de nos proches. De même, une mère est capable de reconnaître son nouveau-né après seulement quelques heures. Ces faits sont compatibles avec l'hypothèse que nous dégageons une odeur individuelle. (PENN et al., 2007)

Le patrimoine génétique de l'individu est contenu dans chaque cellule du corps et il intervient dans les sécrétions corporelles. Or les gènes sont à l'origine de notre unicité. (SYROTUCK, 2000)

Il est donc aisé de concevoir que chaque individu possède sa propre odeur individuelle, comparable à une empreinte digitale. (PENN et al., 2007 ; SYROTUCK, 2000)

2. Les cellules mortes cutanées

Le corps humain se compose d'environ soixante mille milliards de cellules. Parmi celles-ci, les cellules cutanées ont une durée de vie courte, de 36 heures seulement. L'épiderme, couche supérieure de la peau, se renouvelle continuellement, provoquant la desquamation cutanée. Ce phénomène entraîne constamment l'élimination de cellules mortes, qui sont aussi appelées squames ou pellicules. Ces éléments cellulaires sont microscopiques, leur taille moyenne est de 0,014 millimètres, pour un poids approximatif de 0,07 microgrammes. Environ 40 000 cellules mortes sont éliminées par minute ; le corps humain en émet donc 50 millions par jour. (SYROTUCK, 2000)

3. Les sécrétions cutanées

Le deuxième composant de l'odeur corporelle correspond aux sécrétions cutanées qui sont produites par deux types de glandes (*figure 30*).

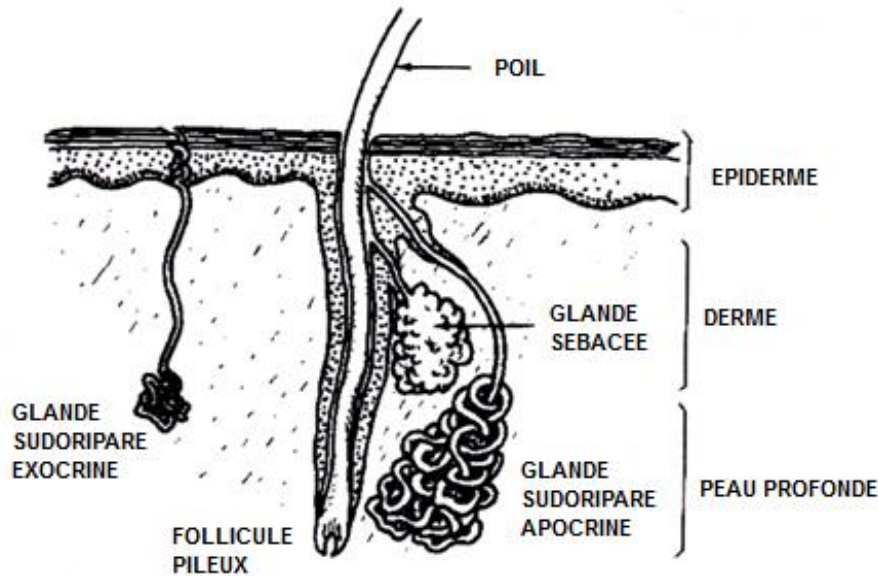


Figure 30 : Coupe de peau, représentant les différentes glandes cutanées (d'après COMBRE, 2006)

- **Les glandes sudoripares**

Les glandes sudoripares, comme leur nom l'indique, produisent la sueur. On distingue deux types de glandes sudoripares (figure 30).

- **Les glandes sudoripares exocrines**

Les glandes sudoripares exocrines sont réparties sur l'ensemble du corps (figure 31). Leur fonction principale est d'assurer la thermorégulation, par la sécrétion d'une sueur très aqueuse. En effet, celle-ci contient 99% d'eau, des ions comme le chlorure de sodium, de la vitamine C, des anticorps, des déchets métaboliques tels que l'urée et l'acide lactique. Par la transpiration, un individu peut perdre jusqu'à 0,5 l d'eau par jour. (HART, 1980 ; COMBRE, 2006)

Ces glandes sont particulièrement nombreuses sur le front, la paume des mains, la plante des pieds et les aisselles. Dans ces régions, il s'agit de glandes exocrines à déclenchement émotionnel, dont la sécrétion peut être stimulée par des émotions. (SYROTUCK, 2000)

- **Les glandes sudoripares apocrines**

Les glandes sudoripares apocrines, quant à elles, sont situées à la base des follicules pileux et sont confinées aux aisselles, à la région ano-génitale, au nombril et à la poitrine (figure 31). Leur sécrétion est particulièrement abondante sous les aisselles. La sueur apocrine est huileuse, riche en lipides et en albumine. (HART, 1980 ; COMBRE, 2006)

Toutefois, nous verrons que la composition de la sueur varie d'un individu à un autre, en fonction de divers facteurs (voir I-B).

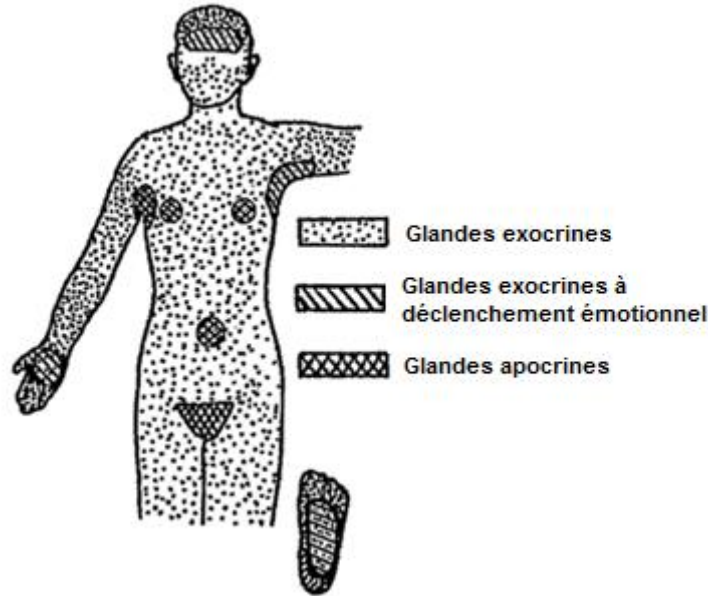


Figure 31 : Localisation des glandes sudoripares (d'après SYROTUCK, 2000)

La région axillaire joue un rôle très important dans la formation de l'odeur corporelle, car les glandes sudoripares y sont particulièrement denses. La lutte contre l'odeur axillaire est d'ailleurs une préoccupation essentielle de la société moderne : les Américains dépensent à eux seuls plus de 3 millions de dollars par an en déodorants. (COMBRE, 2006)

La sueur, produite par les glandes apocrines et exocrines, conditionne donc de manière prépondérante l'odeur corporelle. Toutefois, des expériences ont montré que la sueur est inodore lorsqu'elle parvient à la surface de la peau. C'est la dégradation de la sueur par la flore bactérienne, qui est à l'origine de la production de l'odeur corporelle. (HART, 1980)
Nous expliquerons ce point dans le paragraphe suivant (*voir I-A-4*).

- **Les glandes sébacées**

Les glandes sébacées sont principalement situées sur le visage et le cuir chevelu. Mais tous les follicules pileux sont associés à une glande sébacée (*figure 30*) ; elles sont donc présentes sur tout le corps à l'exception de la paume des mains et de la plante des pieds. Ces glandes sécrètent du sébum, substance grasse, qui s'étale à la surface de la peau et se mélange aux autres sécrétions cutanées. Le sébum contient des cires et des acides gras, mais tout comme la sueur, sa composition dépend de chaque individu (*voir I-B*). (HART, 1980 ; COMBRE, 2006)

Ainsi les deux glandes, que nous venons d'évoquer, sécrètent sueur et sébum sur la peau. Mais d'autres substances, telles que les sécrétions respiratoires et uro-génitales, peuvent également intervenir dans la composition de l'odeur corporelle. (COMBRE, 2006)

Voyons à présent le rôle fondamental des bactéries commensales de la peau dans la formation des effluves humaines.

4. Action des bactéries commensales de la peau

La peau héberge en permanence des micro-organismes : bactéries, champignons, levures, acariens... Mais les bactéries sont les hôtes principaux. Les endroits les plus peuplés par les bactéries saprophytes sont le visage, la nuque, les aisselles, l'aîne et la voûte plantaire. (SYROTUCK, 2000)

Les sécrétions cutanées servent de substrat nutritif aux bactéries, qui dégagent alors des sous-produits. Par exemple, la décomposition de la sueur produit de l'hydrogène sulfuré, du méthane, de l'ammoniac, de l'azote... Les résidus de la dégradation bactérienne possèdent une odeur caractéristique. Signalons que la sueur apocrine est beaucoup plus malodorante que la sueur exocrine. (SYROTUCK, 2000 ; COMBRE, 2006)

De même, les bactéries, véhiculées par les cellules mortes cutanées, se nourrissent de leurs éléments constitutifs. La dégradation qui en découle s'accompagne de déchets gazeux, formant un nuage de vapeur odorant autour de la cellule morte. (SYROTUCK, 2000 ; COMBRE, 2006)

Ainsi, l'odeur corporelle humaine provient essentiellement de l'action des bactéries commensales sur les cellules mortes et les sécrétions cutanées. L'odeur est émise aussi longtemps qu'il reste des substances nutritives pour la flore bactérienne. (SYROTUCK, 2000)

Les bactéries responsables de l'odeur corporelle sont principalement des bactéries à Gram positif, dont *Staphylococcus aureus*, qui dominent la flore axillaire. Là encore des différences entre individus existent selon la quantité et le type de colonies bactériennes abritées. (HART, 1980 ; COMBRE, 2006)

Enfin, des facteurs peuvent influencer l'activité bactérienne et donc la production des effluves humaines. Tout d'abord, chaque type de bactérie possède une température optimale de croissance. De manière générale, des températures basses diminuent l'activité bactérienne. L'humidité est essentielle à la survie des bactéries et celles-ci sont sensibles à la lumière ultraviolette du soleil. (SYROTUCK, 2000)

B. Variations de l'odeur corporelle humaine

1. Variations ethniques

Bien qu'il y ait quelques controverses sur le sujet, il est communément admis que l'odeur corporelle varie en fonction des ethnies.

Les glandes apocrines de différentes ethnies ont été comparées par de nombreuses études empiriques, qui ont mis en évidence des variations dans la taille, le nombre et le fonctionnement de ces glandes. (HART, 1980)

Les populations africaines possèdent de très nombreuses glandes apocrines, qui de plus sont de grande taille. Elles sécrètent donc une quantité importante de sueur. Celle-ci est opaque. Les glandes apocrines des populations caucasiennes sont moins nombreuses et leur sueur est claire. Enfin, les populations orientales sont celles qui possèdent le moins de glandes apocrines. Ces dernières ont de plus une activité réduite. Ils ont donc l'odeur corporelle la plus faible. (HART, 1980 ; SYROTUCK, 2000)

En ce qui concerne les glandes sudoripares exocrines, il a été démontré que, quelle que soit l'ethnie, les individus vivants dans des climats froids possédaient moins de glandes exocrines en activité que des individus vivants dans des climats chauds. Les variations dans le nombre de glandes exocrines actives semblent donc liées à une adaptation au climat plutôt qu'à une différence ethnique. La chaleur est d'ailleurs le principal stimulus de ces glandes. (HART, 1980)

2. Variations individuelles

L'odeur corporelle d'un individu peut également varier en raison de multiples facteurs individuels.

- **Age et sexe**

Tout d'abord, l'odeur corporelle est différente selon l'âge et le sexe.

En effet, il est évident que des filles et garçons prépubères, des femmes et hommes adultes et enfin des femmes et hommes âgés ne possèdent pas la même odeur. Ces variations peuvent s'expliquer par le profil hormonal et notamment par l'évolution du rapport œstrogène/testostérone. (CHEN et HAVILAND-JONES, 1999)

De plus, les enfants ne possèdent pas de glandes apocrines avant d'atteindre la puberté. De même, l'activité de ces glandes diminue fortement avec l'âge. Chez la femme, les cycles menstruels, la grossesse ou la lactation sont également à l'origine de variations de l'odeur corporelle. (SYROTUCK, 2000)

- **Etats émotionnels**

L'état émotionnel d'une personne, comme la colère, la tristesse ou l'anxiété, se répercute sur son odeur corporelle. (SYROTUCK, 2000)

En effet, une sécrétion plus abondante des glandes sudoripares exocrines peut être déclenchée par des émotions, notamment en cas de stress ou de peur, situations fréquemment rencontrées lors de catastrophes. (ACKERL et al., 2002)

- **Etat de santé**

Autrefois, un certain nombre de maladies étaient connues pour avoir une odeur inhabituelle tels que la diphtérie, le scorbut, la fièvre jaune. (HART, 1980)

Nous avons vu dans la première partie, que des chiens sont capables de détecter une crise hypoglycémique ou une crise épileptique à venir, ainsi que certains cancers. Un problème de santé peut donc très certainement modifier l'odeur corporelle. (SYROTUCK, 2000)

En outre, une maladie de peau va provoquer des desquamations cutanées accrues. (COMBRE, 2006)

3. Variations culturelles

Enfin, à l'odeur corporelle vont s'ajouter des odeurs artificielles, liées aux habitudes culturelles de l'individu.

- **Habitudes alimentaires**

Les aliments consommés peuvent entraîner des changements de l'odeur corporelle.

La plupart des substances odorantes alimentaires sont exhalées par les voies respiratoires, comme le tabac ou l'alcool, mais certaines peuvent aussi être perçues par la peau. Par exemple, les glandes sudoripares exocrines vont sécréter des substances odorantes particulières comme l'oignon, l'ail... (SYROTUCK, 2000 ; COMBRE, 2006)

- **Hygiène corporelle**

L'hygiène a également des conséquences sur l'odeur corporelle.

Les cosmétiques, les parfums, les shampooings, les savons, les déodorants, la lessive utilisée constituent autant d'exemples qui agissent sur l'odeur corporelle. De plus, certains de ces produits, dits anti-transpirants ou anti-bactériens, ont respectivement un effet sur la quantité de sueur sécrétée ou sur les colonies bactériennes cutanées. (SYROTUCK, 2000 ; COMBRE, 2006)

Enfin, la présence d'une pilosité axillaire intensifie l'odeur corporelle. (HART, 1980)

- **Vêtements**

Les vêtements portés peuvent également faire varier l'odeur corporelle. Le textile agit soit par sa composition, soit par son action physique.

Un corps dénudé ou recouvert d'habits aérés dégage d'avantage d'odeurs que s'il porte des vêtements imperméables. Toutefois, des tissus caoutchoutés ou synthétiques provoquent un réchauffement et favorisent donc la sécrétion de sueur. La laine constitue une couche isolante, de même que le coton a un effet tampon en absorbant la sueur. Certaines chaussures peuvent de surcroît avoir une odeur caractéristique, due au cuir, à la colle, au cirage... (COMBRE, 2006)

En outre, les vêtements portés peuvent s'imprégner des odeurs domestiques, qui vont se mêler à l'odeur corporelle.

Ainsi, l'odeur corporelle est soumise à une multitude de variations ethniques, individuelles, culturelles, qui la rendent unique. Cette odeur individuelle permet aux chiens de distinguer les Hommes entre eux ; on parle de discrimination qualitative.

C. Conséquence pour les chiens de sauvetage

Les effluves humaines étant propres à chaque individu, il est primordial d'habituer le chien de sauvetage à rechercher une diversité d'odeurs corporelles. En effet, des effluves inhabituelles peuvent perturber le travail du chien s'il n'y a jamais été confronté. Ainsi lors des entraînements des chiens de recherche, il est important de varier au maximum les « victimes », notamment leur sexe, leur âge, leur origine ethnique. Toutefois, les maîtres-chiens jouant régulièrement eux mêmes le rôle de « victime », en raison de la difficulté à réunir des volontaires répondant aux descriptions précitées, il n'est pas facile d'appliquer ce conseil en pratique.

II. LOCALISATION D'UN CORPS HUMAIN ENSEVELI

Lors de la recherche de personnes ensevelies, les chiens de sauvetage localisent une source d'odeur permanente et immobile, matérialisée par le corps humain dont émanent continuellement des molécules odorantes.

A la différence du pistage, où le chien suit une trace odorante au sol, les chiens de recherche en décombres et en avalanches travaillent en quête, c'est-à-dire qu'ils cherchent les effluves humaines en suspension dans l'air, appelé communément recherche en « 3D ».

Nous reviendrons par la suite sur les définitions du pistage et du questage (*voir III-A-1*).

A. Localisation d'une source odorante

Le principe de la localisation d'une source odorante a été élucidé chez l'Homme par les travaux de Von Bekesy (VON BEKESY, 1964).

Sachant que la direction d'une source sonore est déterminée en utilisant la différence de temps et d'intensité entre les ondes arrivant aux deux oreilles, Von Bekesy a supposé que la localisation d'une source odorante pouvait être réalisée grâce aux différences de temps et d'intensité des stimulations olfactives des deux narines. Il a alors démontré qu'une différence de temps de seulement 0,1 milliseconde et une différence d'intensité de seulement 10% peuvent être perçues chez l'Homme.

La localisation d'une source odorante s'effectue donc chez l'Homme grâce à la disparité binarinale de temps et d'intensité des stimuli olfactifs. Il en est vraisemblablement de même chez le chien, mais le mécanisme de la localisation d'une source odorante n'a jamais été prouvé chez celui-ci. Le fait que le chien possède des narines plus écartées que celles de l'Homme laisse supposer qu'il localise le corps odorant avec davantage de précision.

Le chien dispose ainsi d'une grande capacité de discrimination spatiale. Les chiens de recherche font également preuve de discrimination quantitative, en remontant un gradient croissant d'intensité d'effluves jusqu'à la source odorante. (HONHON, 1967)

B. La diffusion des effluves humaines

Nous allons décrire la diffusion des effluves humaines dans l'air ambiant et l'influence des conditions météorologiques sur celle-ci.

1. « Hémisphère » et « cône » d'effluves

La diffusion dans l'air des molécules odorantes, qui émanent du corps humain, est rendue possible par l'existence de courants d'air corporels.

La température du corps humain étant de 38°C, ce dernier est généralement entouré d'air plus frais. Ceci entraîne la formation d'un courant thermique ascendant à une vitesse d'environ 2 km/h. Le corps humain est ainsi entouré à sa surface de courants d'air, qui prennent naissance aux pieds puis remontent le long du corps pour finalement s'élever au dessus de la tête, jusqu'à 40 cm de hauteur. Ces courants vont transporter les particules odorantes dans l'atmosphère. (SYROTUCK, 2000)

Les particules odorantes dégagées sont de poids variables. Les molécules légères constituent l'odeur en suspension dans l'air, grâce à laquelle le chien de sauvetage localise les personnes ensevelies. A l'inverse, les molécules les plus lourdes se déposent très rapidement au sol et prennent part à la constitution de la piste. (HONHON, 1967)

Les molécules odorantes se disséminent en prenant différents « formes » selon les conditions atmosphériques :

- D'une part, la dissémination dans une atmosphère calme est très limitée. En effet, en l'absence de vent, les molécules odorantes se disséminent de façon concentrique. Il se forme alors un « hémisphère » odorant (*figure 32*) centré sur la victime. (SYROTUCK, 2000 ; REBMANN et al., 2000)

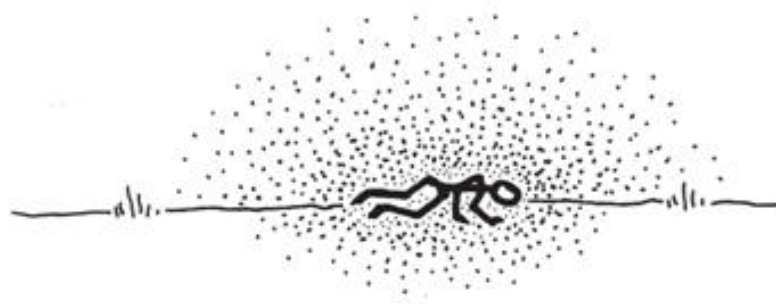


Figure 32 : « Hémisphère » odorant (d'après REBMANN et al., 2000)

- D'autre part, dès qu'un vent souffle, aussi faible soit-il, les molécules odorantes se disséminent dans le sens du vent. Il se forme un « cône » odorant (*figure 33*) dont la victime est le sommet. La projection horizontale est un triangle plus ou moins ouvert et étendu selon la force du vent. (SYROTUCK, 2000 ; REBMANN et al., 2000)

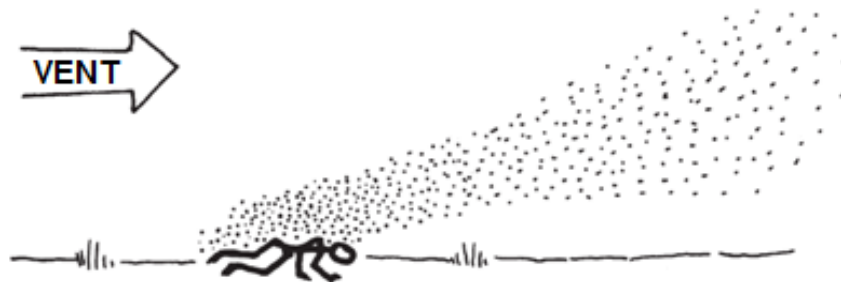


Figure 33 : « Cône » odorant (d'après REBMANN et al., 2000)

Dans ces deux « schémas », la concentration en molécules odorantes est plus élevée à proximité de la victime et diminue au fur et à mesure qu'on s'en éloigne, jusqu'à devenir imperceptible. (REBMANN et al., 2000)

On distingue ainsi trois zones : (CAMP, 1996)

- La zone de marquage : cette première zone, la plus proche de la victime, est très concentrée en molécules odorantes. Ces dernières y restent groupées, la densité en particules est donc forte.
- La zone de localisation directionnelle : dans cette zone intermédiaire, la densité en particules diminue progressivement lorsqu'on s'éloigne de la victime. Le chien peut s'orienter vers la victime en remontant le gradient croissant de concentration.
- La zone de détection d'émanations : dans cette dernière zone, les molécules odorantes sont extrêmement dispersées. Le chien est capable de les percevoir, bien que la densité en particules atteigne sa valeur la plus basse.

2. Influence des conditions météorologiques

Les conditions climatiques vont fortement influencer la dissémination des effluves humaines. En effet, les molécules odorantes en suspension dans l'air y sont très sensibles. (SHIVIK, 2002)

• Le vent

Le vent joue un rôle primordial dans la diffusion des effluves humaines et peut donc avoir des conséquences importantes sur le travail olfactif du chien de recherche. L'action du vent est fonction de sa force et de sa direction (*figure 34*). (SHIVIK, 2002)

Tout d'abord, l'absence de vent nuit au travail de recherche du chien. En effet, nous avons vu que sans vent, la dissémination des molécules odorantes est très faible ; il faut alors que le chien passe très près de la victime pour en percevoir les effluves. Ainsi un vent léger est favorable à la dissémination des molécules odorantes dans l'air. Par contre, un vent très violent disperse de manière importante les molécules odorantes ; de même que des rafales de vent vont éparpiller de manière anarchique les molécules odorantes. (HONHON, 1967 ; REBMANN et al., 2000)

Ces situations rendent la localisation de la victime plus complexe.

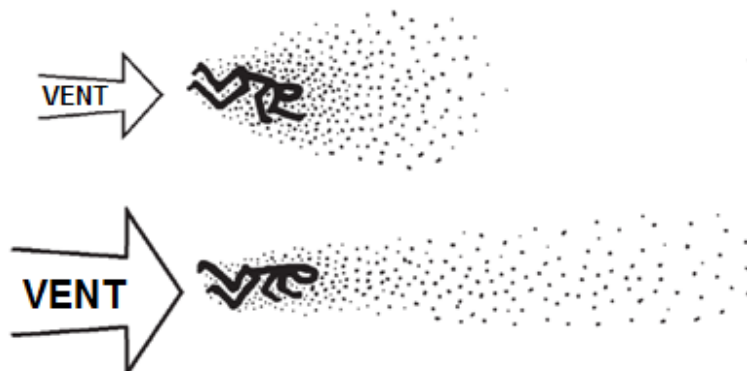


Figure 34 : Effet du vent sur la diffusion des effluves humaines (d'après REBMANN et al., 2000)

Le vent peut donc gêner le travail de détection du chien de sauvetage.

Si le chien a le vent de dos, il ne peut percevoir les effluves qu'après avoir dépassé la victime. De plus, en s'apercevant que le gradient de concentration de molécules odorantes est décroissant, il va devoir repartir en sens inverse. Un vent de côté est également néfaste, car selon que le chien progresse à droite ou à gauche de la victime, le chien croisera ou non le cône odorant. (HONHON, 1967)

Ainsi, il est préférable que le chien ait le vent de face au cours de sa recherche. (REBMANN et al., 2000)

- **La température**

Une exposition prolongée au soleil ou à la chaleur des molécules odorantes conduit à leur destruction. Au contraire, la fraîcheur les conserve. En outre, une température élevée accroît la vitesse de diffusion des odeurs. Il est connu que l'air chaud monte. Lorsque le soleil réchauffe l'air à proximité d'une victime, les molécules odorantes peuvent être dispersées en hauteur, par les courants de convection (*figure 35*). (HONHON, 1967 ; REBMANN et al., 2000)

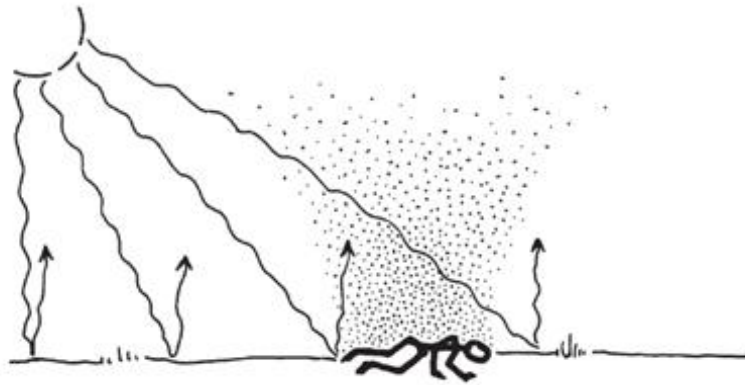


Figure 35 : Effet du soleil sur la diffusion des effluves humaines (d'après REBMANN et al., 2000)

De même, lorsque l'atmosphère est froide, la différence de température avec la victime, favorise la diffusion des odeurs. (HONHON, 1967 ; REBMANN et al., 2000)

- **Hygrométrie et précipitations**

La rosée, du brouillard ou une pluie fine ne perturbent pas la dispersion des molécules odorantes. Cependant de fortes pluies vont « laver » les odeurs. De même une humidité importante est défavorable, car elle sature l'air et rend donc les molécules odorantes moins disponibles. Une pression atmosphérique élevée diminue la volatilité des molécules odorantes. (HONHON, 1967 ; REBMANN et al., 2000)

Ainsi, il est essentiel que l'influence des conditions météorologiques, et notamment du vent, sur la dispersion des effluves humaines soit connue par les maitres-chiens. En effet, le climat peut altérer le travail de recherche des chiens de sauvetage et être la cause d'erreurs ou d'échecs. Les maitres-chiens doivent donc tenir compte des circonstances climatiques, afin de faire travailler leur chien dans des conditions optimales.

Un dernier facteur est essentiel à prendre en considération : il s'agit du délai. En effet, il faut un certain temps pour que les effluves humaines diffusent. Au début, les molécules odorantes restent situées à proximité de la victime, puis progressivement elles se répandent à distance. Il existe donc une durée minimale nécessaire pour que les émanations soient perceptibles par le chien de recherche. Cette durée peut varier de quelques minutes à une ou plusieurs heures selon les conditions environnementales. L'augmentation du délai facilite la détection des émanations. Cependant, au-delà d'une certaine limite, les molécules odorantes risquent d'envahir les environs et donc de rendre difficile la localisation de la victime. (HONHON, 1967)

C.Particularités environnementales

Dans le cas de la recherche de personnes ensevelies sous des décombres ou de la neige, la diffusion des effluves humaines est soumise à des conditions environnementales particulières. En effet, les molécules odorantes doivent traverser les décombres ou la neige pour être perceptibles par les chiens de sauvetage.

1. Remontée des effluves à travers les décombres

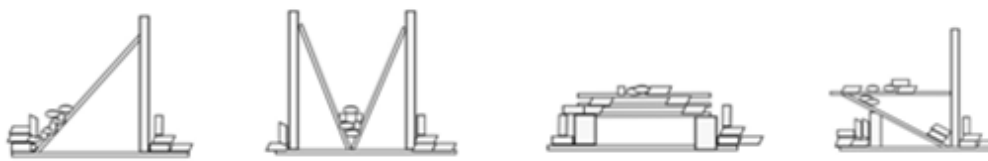
La diffusion des effluves humaines sous les décombres dépend de la porosité du matériel ainsi que de l'architecture du bâtiment et du type d'effondrement. La remontée des effluves nécessite la possibilité d'un échange d'air avec la surface. (SYROTUCK, 2000)

Les matériaux présents sur un site de catastrophe urbaine peuvent être extrêmement diversifiés. Certains sont plus susceptibles de laisser passer les molécules odorantes que d'autres, mais peu d'informations à ce sujet sont disponibles. Il semble logique que le béton est imperméable, alors que le bois ou la brique sont nettement plus perméables. Lors d'effondrement de terrain, le sol mis en jeu va également influencer le passage des molécules odorantes. Par exemple la boue est complètement étanche, à l'inverse du sable. (CAMP, 1996)

En ce qui concerne l'intérieur des bâtiments, la conformation des lieux peut modifier la circulation d'air. Les tuyaux d'aération, le chauffage, la climatisation, les fissures dans les murs, les fenêtres, les trous dans les planchers et même les cages d'ascenseur ou les cages d'escalier sont autant d'éléments qui vont favoriser la dissémination des molécules odorantes. A l'inverse, certains objets fixes entravent la dispersion des celles-ci. (CAMP, 1996)

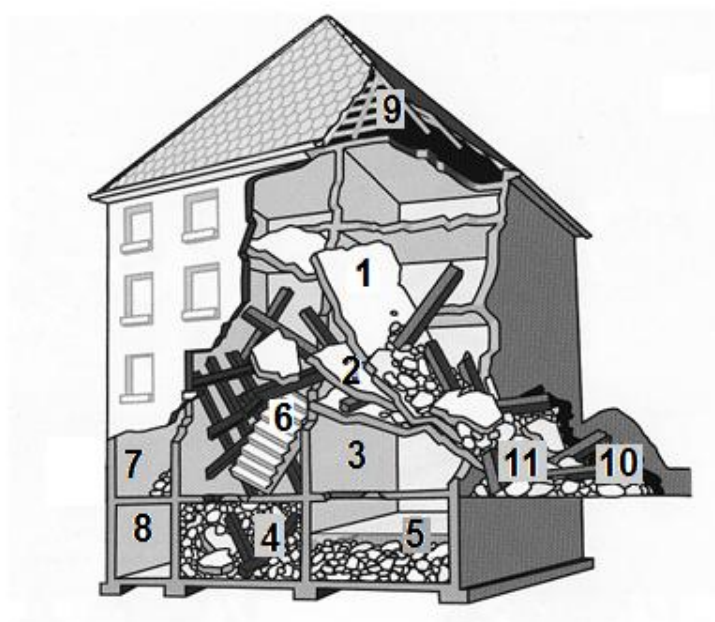
Ces phénomènes doivent être pris en compte par les maitres-chiens lors du déroulement de la recherche.

On distingue quatre modèles d'effondrement (*figure 36*), qui peuvent se combiner lors de l'effondrement d'un bâtiment (*figure 37*).



De gauche à droite :
oblique ; en V ;
à plat ou en
mille-feuilles ;
en tas

**Figure 36 : Les 4 modèles d'effondrements
(FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, 2011)**



1. Glissement
2. Couches
3. Demi-pièce
4. Pièce disloquée
5. Pièce comblée par de la boue
6. Effondrement en mille-feuilles
7. Pièces effritée
8. Pièce bloquée
9. Nid d'hirondelle
10. Débris de périphérie
11. Cône de débris

Figure 37 : Différents types d'effondrement rencontrés en milieu urbain (d'après GRANDJEAN et HAYMAN, 2010)

2. Remontée des effluves à travers la neige

Tout d'abord, la différence de température entre une personne ensevelie et la couche neigeuse crée un courant d'air ascendant, qui permet aux effluves de remonter à la surface (*figure 38*). De même, le sol sous la neige est généralement plus chaud que celle-ci. Cette différence de température génère un courant d'air ascendant supplémentaire. (SYROTUCK, 2000 ; GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

La diffusion des effluves humaines sous la neige dépend essentiellement de la nature de la neige et notamment de sa densité. La remontée des effluves est permise par les masses d'air emprisonnées dans la couche neigeuse. Une neige poudreuse, fraîchement tombée, renferme jusqu'à 99% d'air alors qu'une neige mouillée n'en renferme que 20%. Un manteau neigeux humide ou tassé empêche donc la progression des molécules odorantes, à l'inverse d'une neige sèche et aérée. Ce sont les conditions météorologiques au moment de la chute ainsi que celles qui règnent par la suite, qui confèrent à la neige ses caractéristiques. Les cristaux de neige sont soumis à des transformations, liées notamment à l'action de la température et du vent. (CAMP, 1996 ; ANCEY, 2003)

Le type d'avalanche va également influencer la circulation des effluves. Une avalanche de plaque se compose de l'empilement et du chevauchement de blocs mais sans affrontement hermétique entre eux. Elle maintient donc des passages pour l'air chaud, favorisant le transport des molécules odorantes. Lorsque les conditions sont moins bonnes, le manteau neigeux peut être sondé par les maitres-chiens, afin d'augmenter la libération des odeurs. (CAMP, 1996 ; ANCEY, 2003)

Par ailleurs, la profondeur d'ensevelissement conditionne bien évidemment la diffusion des effluves humaines. Ces dernières traversent la couche neigeuse à une vitesse d'environ un mètre en vingt minutes. Une victime ensevelie sur deux se trouve à moins d'un mètre de profondeur et une sur trois à moins de 50 centimètres de la surface de la neige. (ANCEY, 2003)



En moyenne, un chien d'avalanches peut localiser une victime jusqu'à deux mètres de profondeur. Toutefois, ces performances varient considérablement selon les conditions précédentes. Ainsi sous une neige mouillée ou compacte, un chien a beaucoup de difficultés à localiser une personne ensevelie à plus de 50 cm de profondeur. (CAMP, 1996 ; SYROTUCK, 2000)

Figure 38 : Diffusion des effluves sous la neige (d'après GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

Par conséquent, lors d'une avalanche, les maitres-chiens doivent en premier lieu identifier la qualité de la neige, qui détermine les capacités de travail des chiens d'avalanches.

D. Place de l'odorat parmi les autres sens chez le chien de détection

Le chien de recherche s'aide-t-il de ses autres sens, notamment l'audition et la vision, lors de son travail olfactif ?

1. Utilisation de l'audition dans le travail de recherche

Comme nous l'avons vu dans la première partie, l'ouïe du chien est également très sensible. Grâce à son seuil d'audibilité très bas, le chien est capable d'entendre un bruit de faible intensité jusqu'à une distance de 350 mètres. Cette faculté s'avère utile pour la détection de personnes ensevelies. En effet, le chien de sauvetage peut entendre la respiration ou le bruit du froissement des vêtements d'un individu. De plus, il est capable de localiser la source sonore et donc d'orienter sa recherche olfactive. (CAMP, 1996)

2. Utilisation de la vision dans le travail de recherche

La vision des chiens est plus sensible aux objets en mouvement qu'aux objets fixes. Il est d'ailleurs connu que les chiens de chasse utilisent à la fois leur odorat et leur vision afin de poursuivre leur proie.

En est-il de même lors d'une recherche d'un objet immobile, partiellement caché ?

Une étude (GAZIT et TERKEL, 2003b), portant sur six chiens, a comparé leur capacité à détecter des explosifs en pleine lumière et dans le noir total, afin d'évaluer la contribution relative de l'odorat et de la vision.

Les expériences menées ne révèlent aucune différence significative dans le pourcentage de détection, la durée de recherche, les fréquences de reniflement et d'halètement, entre les conditions de plein éclairage et les conditions d'obscurité. Les résultats démontrent donc que les conditions de luminosité n'ont aucune influence sur les performances de détection des chiens. Même en journée, alors que les chiens pourraient s'aider d'indices visuels, ils s'appuient essentiellement sur leur odorat. Il semble donc que les chiens de détection n'utilisent pas, ou très peu, leur vision lors de leur recherche.

Au final, l'odorat primant largement sur la vision, les chiens de recherche peuvent être utilisés avec autant d'efficacité la nuit que le jour.

III. FORMATION A LA RECHERCHE DE PERSONNES ENSEVELIES

Avant de s'intéresser à la formation des chiens de sauvetage, nous allons préciser les définitions de questage et de pistage.

A. Quête ou pistage ?

1. Définition

La piste et la quête sont deux techniques permettant la recherche de personnes égarées ou disparues. Mais elles diffèrent sur de nombreux points (*tableau 17*).

*Tableau 17 : Comparaison du pistage et du questage
(d'après HONHON, 1967 ; SYROTUCK, 2000 ; GRANDJEAN et al., 2002 ; GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)*

	PISTAGE	QUESTAGE
Recherche	En laisse	Libre
Odeur de référence	Oui	Non
Désignation d'un point de départ de la recherche	Oui	Non
Méthodologie	Nez au sol	En 3D
Effluves	Piste « tracée » = Particules lourdes de l'odeur corporelle tombées au sol + perturbation de l'environnement : végétation écrasée par exemple	Particules légères de l'odeur corporelle en suspension dans l'air
Facteurs de variations	Météorologiques + nature des terrains parcourus → conséquences sur la rémanence de la piste	Météorologiques + abondance de la végétation → conséquences sur la dissémination des molécules odorantes
Discrimination	Qualitative : discernement de l'odeur de référence parmi d'autres odeurs corporelles + spatiale et temporelle : sens et ancienneté de la piste	Quantitative : remontée du gradient croissant de concentrations des molécules odorantes
Découverte d'objet appartenant à la victime	Oui	Non
Finalité	Une seule victime	Une ou plusieurs victime(s)
Marquage	Aboiement	Aboiement et grattage

Bien qu'ayant un but commun, ces deux spécialités ont une méthodologie de travail et d'apprentissage totalement différente.

En pratique, les chiens de quête et de pistage sont complémentaires. Par exemple, en milieu urbain, la quête est inutilisable et des chiens de piste seront préférés. A l'inverse, en l'absence d'odeur de référence, les chiens de quête sont les seuls utilisables.

Cette dissociation quête/piste soulève une interrogation sur la possibilité d'une polyvalence des chiens de sauvetage ?

2. Pluralité

Nous avons vu, dans la présentation des disciplines de sauvetage, que les chiens de recherche en décombres et d'avalanches avaient, en plus de la recherche de personnes ensevelies, une deuxième mission, à savoir la recherche de personnes égarées.

Rappelons tout d'abord, que lors de recherche de personnes ensevelies, les chiens de décombres tout comme les chiens d'avalanches quêtent. Mais, en ce qui concerne la recherche de personnes égarées, alors que les chiens de décombres travaillent en quête, les chiens d'avalanches pistent !

Cette pluri-discipline des chiens de recherche en avalanches semble-t-elle compatible à la lumière des définitions précédentes ?

Il nous semble en effet très difficile de coordonner ces deux spécialités, qui sont techniquement opposées, en ayant un très bon niveau dans les deux domaines. Cependant, les maîtres-chiens d'avalanches des CRS ne nous ont rapporté aucun problème quant à cette double spécialité de leur chien.

Les chiens des Sapeurs-Pompiers travaillent uniquement en quête, ce qui nous semble plus cohérent. Toutefois, la majorité des interventions réalisées en France par ces derniers correspondent à des recherches de personnes égarées. Les équipes cynotechniques des Sapeurs-Pompiers ne devraient-ils pas alors posséder des chiens de pistage, en complémentarité des chiens de quête ? Actuellement, la recherche de personnes disparues par pistage reste du ressort de la Gendarmerie Nationale.

Ainsi, à l'exception des chiens d'avalanches, les chiens de recherche ne sont formés que pour une seule spécialité. Ce choix d'utilisation unique est lié aux méthodologies différentes, plutôt qu'au fait que le chien doit mémoriser de nombreuses odeurs. D'ailleurs, dans le cas de la piste et de la quête, les effluves cibles sont identiques à savoir l'odeur corporelle humaine, et c'est réellement la technicité différente de ces deux spécialités qui les rendent incompatibles à nos yeux.

Une publication (WILLIAMS et JOHNSTON, 2002) a étudié la capacité des chiens à mémoriser dix odeurs différentes. Les auteurs supposaient que le fait d'apprendre aux chiens à détecter plusieurs odeurs pouvait diminuer les aptitudes à détecter chacune d'elles, augmenter le risque de confusions et faire oublier l'apprentissage des premières odeurs. Il n'en est rien, la performance de détection des premières odeurs n'a pas diminué avec l'apprentissage de nouvelles odeurs. Au contraire, la durée et le nombre de séances d'entraînements nécessaires à la formation est diminuée au fur et à mesure des mémorisations.

Ainsi, les chiens de recherche peuvent travailler sur de nombreuses odeurs différentes, tant que la méthodologie de travail et d'apprentissage reste identique. Par exemple, un chien de recherche de restes humains pourrait être formé à la recherche de personnes ensevelies ou disparues et inversement.

B. Méthode de formation

Nous ne développerons pas les cursus de formation des équipes cynotechniques de recherche en décombres et en avalanches, en raison de leur complexité et de leur disparité propre à chaque administration.

Ce qu'il faut retenir c'est que la formation du chien débute dès son acquisition et qu'il n'existe pas de données chiffrées quant à sa durée. Celle-ci est en effet variable en fonction de la vitesse de progression des chiens suivant leurs prédispositions.

La validation des chiens de recherche en décombres et en avalanches se fait à l'issue d'un stage d'évaluation d'une quinzaine de jours, qui aboutit respectivement à l'obtention du Brevet National de Maître-chien de recherche et de sauvetage en décombres (Décret n°82-619 du 13 juillet 1982) et du Brevet National de Maître-chien d'avalanches (Décret n°77-12 du 4 janvier 1977). Pour l'admission à ce stage, le chien doit en revanche appartenir à une tranche d'âge réglementaire, à savoir 18 mois – 5 ans (Arrêté du 3 juin 1983) pour les chiens de décombres et 12 mois – 4 ans (Arrêté du 5 janvier 1988) pour les chiens d'avalanches. (LEGIFRANCE, 2011)

Les méthodes de formation des chiens de recherche en décombres et en avalanches étant similaires, nous traiterons les deux conjointement.

1. Pré-requis

Le premier aspect de la formation des chiens de sauvetage consiste en l'apprentissage de l'obéissance, de la sociabilité et du franchissement, dès le plus jeune âge du chiot.

En ce qui concerne l'obéissance, les ordres devant être maîtrisés sont le rappel, la suite au pied avec et sans laisse, les positions « assis » « couché » « debout », la tenue de place, l'envoi en avant, etc...

Le maître-chien doit porter une attention toute particulière à la sociabilisation de son chiot. En effet, les chiens de sauvetage sont amenés à travailler au contact de nombreuses personnes inconnues mais également à proximité d'autres chiens. La sociabilité, tant envers l'Homme qu'envers ses congénères, est donc essentielle pour ces chiens, qui vont travailler sur des zones souvent très peuplées. Toute agressivité ou crainte vis-à-vis des humains est rédhibitoire.

Enfin, la familiarisation des chiots avec leur futur environnement de travail est une étape fondamentale. En effet, un chien, qui présente des difficultés à progresser sur un terrain va se désintéresser de sa recherche alors qu'un chien à l'aise passera tous les obstacles tout en poursuivant sa détection. Le chiot doit donc découvrir le plus tôt possible le milieu dans lequel il sera amené à travailler.

Un certain nombre d'exercices de franchissement peuvent être pratiqués, afin d'accoutumer le futur chien de sauvetage à évoluer sur tout type de surface, telle que des sols instables, irréguliers, glissants ou meubles. Ces exercices lui permettent également de développer son agilité et de vaincre sa peur naturelle du vide. Parmi ces exercices, on peut citer : la progression sur des gravats, des grillages, des tôles métalliques, des planches en équilibre, la montée et la descente d'échelle, le passage sur des poutres aériennes, en bord de façade, dans des tunnels étroits mais également des sauts de haies ou de palissades...

Cet ensemble est complété par l'acceptation du port de la muselière et par l'habitation au treuillage, descente en rappel, transport en hélicoptère, etc.

L'acquisition de ces trois pré-requis est nécessaire pour aborder le travail olfactif dans de bonnes conditions.

2. Apprentissage du travail olfactif

Bien que le chien se serve naturellement de son nez, il ne prêtera pas attention de lui même aux effluves humaines. Il s'avère donc nécessaire de détourner l'usage de son odorat au profit de la recherche de personnes ensevelies.

Les techniques de formation sont très variables selon les administrations. Nous nous appuyons sur les méthodes utilisées par les équipes cynophiles des Sapeurs-Pompiers de l'Ain, de la BSPP et des CRS de sauvetage en montagne.

- **Le jeu**

L'apprentissage de la recherche de personnes ensevelies repose sur le jeu. Les conducteurs se servent de la motivation du chien pour un objet. Celui-ci est dans la majorité des cas un « boudin de mordant » (*photographies 1 et 2*). Parfois, une balle peut être choisie, mais la nourriture n'est jamais utilisée. Le chien ne dispose pas de ce jouet en permanence. Ce dernier sert alors de récompense, lors de la découverte de la « victime ».

Le « boudin » est donc l'unique moyen de motivation et de récompense pour le chien.



Photographie 1 : Un chien de recherche en avalanches et son boudin (Photographie personnelle)



Photographie 2 : Récompense d'un chien de recherche en avalanches (Photographie personnelle)

- **Les étapes de la formation**

La formation se déroule en plusieurs étapes successives, de difficulté croissante, qui vont progressivement amener le futur chien de sauvetage à rechercher plusieurs personnes ensevelies.

Chacune de ces étapes peut être répétée aussi souvent que nécessaire avant le passage à la suivante et un retour en arrière est également possible en cas de difficulté du chien. De plus, comme pour tout dressage, les exercices doivent toujours se terminer sur un succès, car il ne faut jamais laisser le chien sur un échec.

Le commandement donné est généralement « recherche, aboie ».

- Recherche du maître à vue

Pour initier le chien à la quête d'individus, c'est tout d'abord son propre maître qui joue le rôle de « victime ». Le maître motive son chien en agitant le boudin et en l'interpellant, tout en s'éloignant sous ses yeux pour se cacher.

Au départ, le maître se couche simplement au sol. Puis il se dissimule dans une cache ouverte ou un trou de neige ouvert, et enfin dans une cache fermée ou un trou de neige recouvert. Ne voyant plus son maître, le chien utilise progressivement son odorat pour le retrouver. Au fur et à mesure, les caches sont de plus en plus éloignées, mais toujours visibles par le chien.

- Recherche d'un inconnu à vue

La phase précédente est relativement courte et le maître est rapidement remplacé par une « victime » inconnue. Le même processus est alors recommencé, c'est-à-dire que l'inconnu se cache toujours à la vue du chien en le motivant au préalable.

- Recherche d'un inconnu à l'insu

A partir de cette phase, l'excitation initiale devient inutile et le chien n'assiste plus à la dissimulation de la « victime ». En effet, le chien a associé l'ordre « recherche, aboie » avec la recherche d'un individu ; et pour lui la découverte d'une personne ensevelie devient synonyme de jeu avec son boudin.

- La relance

La relance est une phase délicate. Il s'agit de la recherche successive de plusieurs personnes ensevelies (*photographie 3*), alors que le chien estime, jusqu'à présent, que son travail s'achève à la découverte d'un seul individu.

Deux « victimes » ou plus vont alors se cacher. A la localisation de la première, le maître-chien renvoie son chien en quête, toujours avec le commandement « cherche, aboie ». Le chien peut être récompensé avec son boudin à chaque personne découverte ou uniquement à la découverte de la dernière.

Par la suite, le chien n'assiste plus au dégagement des « victimes », il est immédiatement relancé par son maître.



Photographie 3 : Terrain d'entraînement de recherche en avalanches (Photographie personnelle)

X Localisation des différentes « victimes »

- **La désignation**

Lors de la localisation d'une « victime », il est indispensable que le chien signale celle-ci par un marquage actif (*photographie 4*), qui se traduit par des aboiements et du grattage. En effet, sans ce marquage, le maître-chien ne peut découvrir la « victime » quand bien même son chien aurait localisé l'odeur de cette dernière.

La désignation est donc primordiale, afin d'alerter le conducteur de la présence d'émanations d'effluves humaines.



*Photographie 4 : Marquage actif d'un chien de recherche en avalanches
(Photographie personnelle)*

3. Les entraînements

Une fois le chien de sauvetage opérationnel, des entraînements réguliers sont indispensables, afin de maintenir ses compétences. De plus, l'entraînement permettrait d'abaisser le seuil de perception du chien pour les effluves humaines. (HONHON, 1967)

L'équipe cynophile des Sapeurs-Pompiers de l'Ain s'astreint ainsi à environ 4 à 6 entraînements par mois, de durée variable selon l'exercice.

En outre, un règlement officiel impose aux unités canines des sessions de perfectionnement et de recyclage, en vue de la validation annuelle de leur carte opérationnelle. (LEGIFRANCE, 2011)

Les équipes cynotechniques des CRS d'avalanche doivent obligatoirement effectuer cinq tests de contrôle opérationnel par an (Arrêté du 9 juin 1988). De même les Sapeurs-Pompiers sont soumis à un contrôle d'aptitude opérationnelle une fois par an (Arrêté du 9 octobre 1986).

Les entraînements sont également l'occasion de réaliser des mises en situations opérationnelles. Ces exercices se déroulent dans des conditions similaires à celles de véritables interventions. Les difficultés rencontrées lors de celles-ci y sont reproduites. Or ces difficultés peuvent perturber le travail olfactif des chiens ; c'est pourquoi nous y consacrons le paragraphe suivant (*voir III-C*).

C. Les difficultés du terrain

Il est primordial d'accoutumer les chiens de sauvetage aux contraintes opérationnelles, en les plaçant dans des situations les plus proches possibles des réalités de terrain.

Mais alors que la formation générale était semblable, les difficultés rencontrées sur le terrain par les chiens de recherche en décombres et en avalanches vont différer en raison de leur environnement de travail respectif.

1. Variété des caches

Lors de catastrophes urbaines, la localisation des « victimes » peut être extrêmement variée.

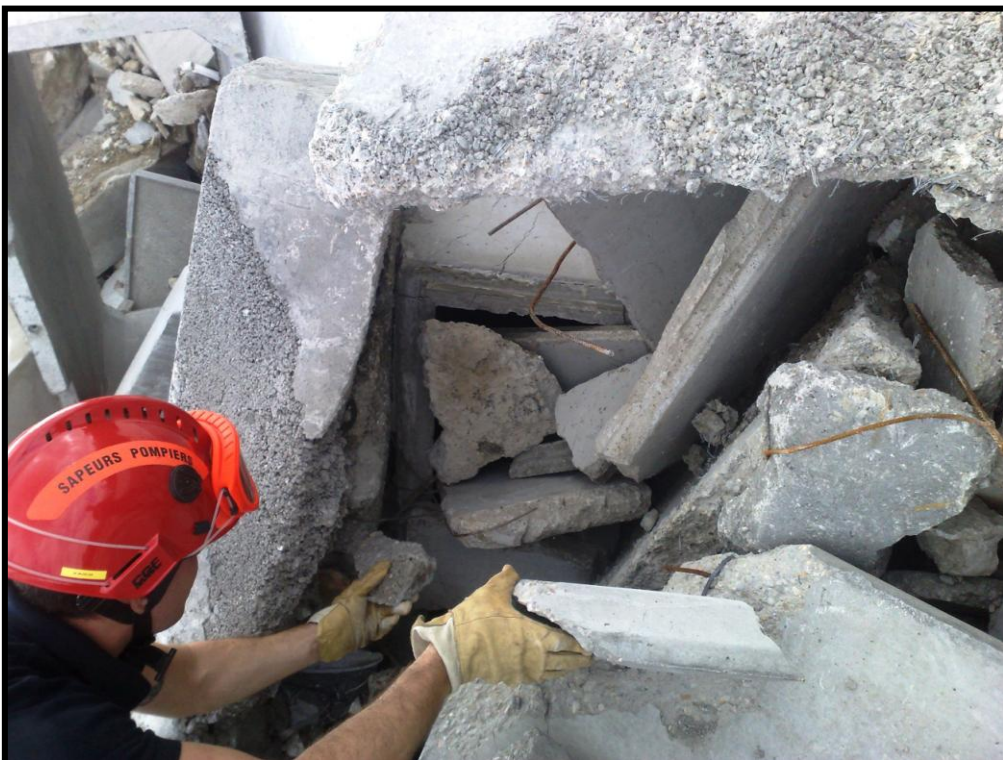
Il est donc très important de diversifier les caches lors des entraînements (*photographies 5 et 6*). Ces dernières peuvent être des couloirs souterrains, des caissons de tôles, des excavations dans le béton, des cavités grillagées, voire même creusées dans le sable... (*photographies 7 et 8*)

De même, il est conseillé de changer régulièrement de lieux d'entraînements (*photographies 9 et 10*), sous peine que les chiens connaissent les caches par cœur.

L'introduction de caches en hauteur doit également faire l'objet d'une attention particulière, pour ne pas conditionner le chien à rechercher uniquement les effluves sous la surface du sol. En effet, il faut habituer le chien à prendre l'initiative de lever son nez pour travailler en hauteur. La recherche en « 3D » prend ici tout son sens !



Photographie 5 : Cache creusée dans le sable (Photographie personnelle)



Photographie 6 : Cache constituée de gravats (Photographie personnelle)



Photographie 7 : Terrain de décombres formé de bardages métalliques (Photographie personnelle)



Photographie 8 : Terrain de décombres formé de gravats (Photographie personnelle)



Photographie 9 : Terrain d'entraînement de la BSPP (Photographie personnelle)



Photographie 10 : Terrain d'entraînement de la BSPP (Photographie personnelle)

Sur un terrain d'avalanche, les caches sont bien moins variées (*photographie 11*). Les maitres-chiens vont uniquement jouer sur la profondeur d'enfouissement, la qualité de la neige et la surface à prospector.



Photographie 11 : Cache sous la neige (Photographie personnelle)

2. Les points chauds

Autre difficulté que réservent les interventions : les points chauds. Ces derniers correspondent à la rémanence d'émanations d'effluves humaines, en l'absence de victime.

Lors du retrait du corps humain, la rémanence de l'odeur en suspension dans l'air est courte, d'environ deux heures seulement. Cependant, à l'endroit où se trouvait la personne ensevelie, l'odeur reste perceptible pendant plusieurs jours, à cause du dépôt des molécules odorantes lourdes. (HONHON, 1967 ; CAMP, 1996)

Ainsi, il n'est pas improbable qu'un chien marque à nouveau, après l'évacuation de la victime.

D'autres points chauds sont sources d'erreurs pour les chiens de recherche en décombres uniquement. Il s'agit des matelas et canapés, qui constituent des sources odorantes riches en effluves humaines résiduelles. Une avalanche est, en revanche, dans la plupart des cas vierge d'odeur corporelle humaine, autre que celle des victimes. Néanmoins il arrive que les chiens marquent les affaires perdues par les victimes au cours de l'avalanche, telles que bonnet, sac à dos, gants, etc...

3. Introduction d'odeurs perturbatrices

Une particularité majeure du secours en décombres est la multiplicité d'odeurs parasites présentes dans l'environnement. Ces dernières peuvent altérer le travail olfactif des chiens de sauvetage en les perturbant dans leur recherche d'effluves humaines. (WAGGONER et al., 1998)

En particulier, il faut apprendre aux chiens à ignorer la présence d'odeurs attrayantes, telles que la nourriture, très fréquemment retrouvée. Dans ce but, des aliments sont régulièrement dispersés sur les secteurs d'exercices, jusqu'à ce que les chiens ne se laissent plus tenter. D'autres odeurs fortes, telles que parfum, essence, fuel..., peuvent également gêner le travail de détection des chiens de décombres.

A l'inverse, une zone d'avalanche est généralement exempte d'odeurs parasites, à l'exception près du kérosène de l'hélicoptère. C'est pourquoi, les équipes cynophiles sont parfois hélicoptérées sur les lieux d'entraînement pour s'y habituer.

Certains exercices sont toutefois réalisés à proximité d'habitations, de parking ou de remontes-pentes, dans l'éventualité où une avalanche toucherait une zone habitée, ce qui reste heureusement exceptionnel.

Enfin, dans la majorité des cas, plusieurs équipes cynophiles travaillent simultanément. Les chiens de recherche risquent donc de se laisser distraire par les odeurs laissées par leurs congénères. On ne reviendra pas sur le problème posé par les chiennes en chaleur, que nous avons déjà expliqué auparavant.

4. Introduction de bruits perturbateurs

Pour finir, l'acclimatation à l'ambiance bruyante des sites de décombres est nécessaire, car ces bruits peuvent sans doute déconcentrer les chiens lors de leur recherche, bien qu'aucune étude ne soit publiée.

Alors que le travail en avalanche est silencieux, les équipes de déblaiement avec leurs machines et leurs outils sont sources de nuisances sonores importantes.

Ainsi, lors de leurs missions, les chiens de recherche en décombres sont confrontés à davantage de difficultés de terrain que les chiens d'avalanches.

D. Le rôle du maître-chien

Bien que le succès d'une recherche dépende en premier lieu du chien de sauvetage, nous avons vu précédemment que la stratégie de celle-ci repose en partie sur le maître-chien, notamment dans la prise en compte des conditions climatiques.

Le conducteur a également un rôle capital dans l'interprétation du travail de son chien.

1. La lecture du chien

Le maître-chien doit faire preuve d'un sens de l'observation assidu, afin de pouvoir « lire » parfaitement son chien. La lecture du chien est une compétence fondamentale des conducteurs. Il s'agit pour eux de savoir interpréter la moindre des réactions de leur chien.

Une anecdote nous a été racontée à ce sujet. Un jour, lors d'un secours en avalanche, un chien a marqué la zone de dépôt du matériel. Le maître-chien, pensant à une erreur causée par les odeurs émises par les sacs contenant le matériel, a relancé son chien en quête. Malheureuse coïncidence, une victime se trouvait réellement à cet endroit.

Ainsi, les maîtres-chiens doivent connaître précisément toutes les attitudes de leur chien, afin d'évaluer le travail de ce dernier.

Le comportement d'un chien qui détecte des effluves est typique ; on parle d'un « coup de nez ». Mais de nombreux autres signaux corporels fournissent également des informations sur le travail du chien, comme la position de la tête, des oreilles, des yeux et du fouet, qui est la partie la plus expressive de l'anatomie canine. Autre exemple : un chien qui tourne en rond perçoit très probablement une victime située en hauteur. (REBMANN et al., 2000)

Les modalités d'expression étant propres à chaque chien, une équipe cynophile est totalement indissociable. Le chien doit toujours travailler en compagnie de son maître et réciproquement. (GRANDJEAN et al., 2002)

En outre, les chiens de recherche présentent parfois des difficultés de fixation, c'est-à-dire qu'il ne marque pas correctement l'emplacement de la victime. La lecture du chien est d'autant plus importante dans ces cas là. En effet, si le maître-chien ne voit pas le « coup de nez » révélateur, une victime pourra être manquée.

2. Compréhension du marquage

Le marquage permet au chien de sauvetage de désigner la présence d'une personne ensevelie. Mais attention, par le marquage, les chiens ne localisent pas l'emplacement d'une victime, mais les effluves émanant de celle-ci.

Or les effluves n'empruntent pas un trajet vertical. En effet, nous avons vu que le type d'effondrement ou le type d'avalanche influence la diffusion des molécules odorantes.

Ainsi le lieu de marquage du chien peut différer de l'emplacement « réel » de la victime (*figures 39 et 40*). (GRANDJEAN et HAYMANN, 2010 ; FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, 2011)

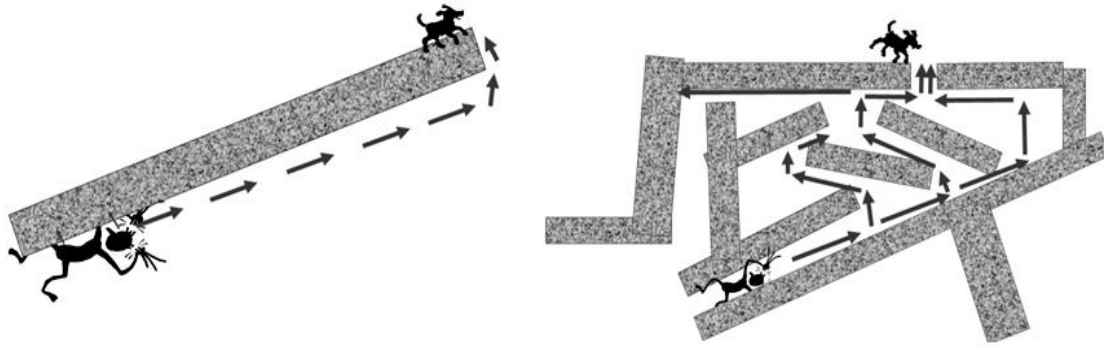


Figure 39 : Décalage entre le lieu de marquage et l'emplacement réel de la victime sous les décombres (FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, 2011)

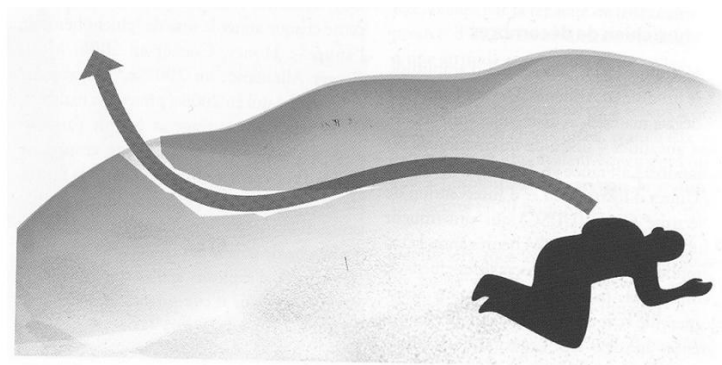


Figure 40 : Décalage entre le lieu de marquage et l'emplacement réel de la victime sous la neige (d'après GRANDJEAN et HAYMANN, 2010)

Le maître-chien doit donc tenir compte de ce phénomène dans l'interprétation du marquage, afin de confirmer l'emplacement exact de la personne ensevelie.

3. Perturbation involontaire du travail olfactif

Il est évident que le conducteur doit encourager constamment son chien au cours de sa prospection, sans toutefois l'induire en erreur. Le maître-chien doit donc mesurer ses interactions, afin de laisser suffisamment d'initiative à son chien.

De nombreuses publications (MIKLOSI et al., 1998) ont démontré que les chiens sont capables d'utiliser des indices fournis par un humain. Par exemple, ils sont en mesure de suivre l'indication donnée par de nombreux gestes, comme le pointage, l'orientation de la tête et même un simple regard, pour localiser de la nourriture cachée.

Ce phénomène est communément appelé « Effet Clever Hans », du nom du célèbre cheval allemand « Hans le malin », chez qui ce phénomène a été mis en évidence pour la première fois, à la fin du XIX^{ème} siècle. Ce dernier était capable de résoudre des opérations mathématiques simples en tapant le nombre de coups correspondant au résultat avec son sabot ; non pas qu'il était capable de compter, mais il interprétait les infimes signaux corporels de son propriétaire et des spectateurs. (MCKINLEY et SAMBROOK, 2000)

De même, les chiens de recherche se montrent très réceptifs au comportement de leur maître. Ce dernier peut par ses attitudes, aussi subtiles soient-elles, influencer le travail olfactif de son chien. Le conducteur peut alors être responsable involontairement d'erreur commise par celui-ci. Une étude (LIT et al., 2011) portant sur 18 chiens de recherche de stupéfiants et d'explosifs confirme ce principe.

De plus, Szetei et ses collaborateurs (SZETEI et al., 2003) ont montré que le chien préfère suivre les indications fournies par son maître, plutôt que de se fier à son odorat lors d'une recherche.

Dans cette expérience, un homme se tient debout entre deux récipients, dont l'un contient de la nourriture, et désigne aux chiens le récipient vide en le pointant du doigt. Dans ces conditions, 79% des chiens se dirigent vers le bol vide indiqué par leur maître ; alors qu'en l'absence de ce dernier, seulement 37% des chiens se dirigent vers le bol vide contre 63% vers le bol contenant la nourriture. Ainsi, bien que le chien soit en mesure de localiser l'emplacement de la nourriture grâce à son odorat, en cas d'informations contradictoires, il préférera s'appuyer sur les signaux donnés par son maître.

Les performances olfactives des chiens semblent donc meilleures en l'absence du maître ! Cette étude conforte d'autant plus le rôle perturbateur que peut jouer le maître-chien.

IV. CAS PARTICULIER DES VICTIMES DECEDEES

« En cas de catastrophes, les chiens de recherche marquent-ils également les personnes décédées ? » est une question très fréquente.

Si tel est le cas, on peut se demander, si cela ne représente pas une perte de temps aux dépens des survivants. Mais il paraît toutefois important de pouvoir ramener les corps aux familles.

Aucune publication n'existe à ce sujet. Le peu d'informations provient de l'expérience des maîtres-chiens et de leur témoignage. Trois « périodes » peuvent être distinguées.

Lorsque la mort est très récente, les chiens de sauvetage détectent les victimes décédées, de manière similaire à un survivant conscient ou inconscient. Ceci s'explique par la rémanence d'effluves humaines dans l'air.

Mais dans les quelques heures post-mortem, une à trois environ, les chiens ne localisent plus les personnes décédées. On parle de période « réfractaire », mais aucune explication n'est connue.

Passé un certain délai, approximativement de trois jours en décombres et de deux mois en avalanches, les conducteurs rapportent un marquage différent de la part des chiens. Ces derniers peuvent présenter des attitudes très particulières, certains urinent ou défèquent, hurlent à la mort ou se couchent silencieux. Généralement, un certain dégoût ou une certaine appréhension est toujours observé.

Au moment de la mort, l'odeur corporelle subit des modifications importantes. La production de sueur, de sébum et la desquamation cutanée s'arrêtent. Le corps humain est soumis à des fermentations, conduisant à la production de deux substances volatiles : la putrescine et la cadavérine, qui sont à l'origine de l'émanation d'effluves putréfiants. Ainsi, bien que la diffusion des effluves dans l'environnement reste similaire, l'odeur d'un cadavre diffère de celui d'une personne vivante. (REBMANN et al., 2000)

Mais, aucune étude n'a établi de lien entre les étapes précitées et les étapes de la décomposition du corps. Les seules données existantes viennent des connaissances sur les chiens de recherche de restes humains. Ces chiens sont capables de localiser des cadavres enterrés depuis plus de 20 ans. L'odeur d'un cadavre change au cours du processus de décomposition, qui comporte cinq étapes. Les chiens de recherche de restes humains sont formés à l'ensemble de ces odeurs dégagées par un cadavre en décomposition. (REBMANN et al., 2000)

Différents facteurs influencent la rapidité des fermentations, notamment la température. En particulier, une température basse ralentit les réactions chimiques responsables de la décomposition d'un corps humain. On peut alors supposer que la neige permet une meilleure conservation d'un cadavre. Ceci explique probablement le délai supérieur, pendant lequel les chiens de recherche en avalanches sont capables de détecter des victimes décédées.

Aux Etats-Unis, il existe deux types de chiens dans la spécialité de recherche et de sauvetage en décombres. En effet, les chiens de décombres peuvent être formés soit uniquement à la recherche de victimes vivantes soit à la fois à la recherche de victimes vivantes et décédées. La capacité de ces deux types de chiens à localiser un survivant en cas de catastrophe a été comparée. (LIT et CRAWFORTH, 2006)

Le taux de réussite des chiens de recherche de victimes vivantes est de 68% contre seulement 25% pour les chiens de recherche de victimes vivantes et décédées.

Ainsi, la performance des chiens formés à la recherche de victimes vivantes et décédées est nettement inférieure à la celle des chiens formés uniquement à la recherche de victimes vivantes.

Lit et Crawford concluent de leurs résultats que les chiens de recherche de victimes vivantes et décédées ne doivent pas être déployés, en cas de catastrophe, pour la détection de survivants, mais uniquement pour la détection de cadavres.

CONCLUSION

De par leur acuité olfactive hors du commun, l'importance des chiens de recherche en décombres et en avalanches apparaît comme une évidence. Grâce à leur rapidité de prospection, ils occupent une place prépondérante parmi les moyens de détection de victimes ensevelies ; ceci explique leur utilisation systématique lors des missions de sauvetage.

L'étude de données bibliographiques concernant les variations de l'acuité olfactive nous ont permis de dégager des applications pratiques aux chiens de sauvetage. La race, le sexe, l'âge, la nutrition et la condition physique permettent l'optimisation de la performance olfactive tandis que les conditions météorologiques, les toxiques, les pathologies et les médicaments peuvent entraîner une altération de l'odorat.

Les chiens de recherche en décombres et en avalanches ont un objectif commun à savoir la localisation de victimes ensevelies. Les méthodes utilisées pour leur formation sont donc semblables, toutes deux axées sur le jeu. Cependant ces spécialités s'opèrent dans deux environnements distincts, nous avons pu observer des différences dans le travail olfactif. La diffusion des effluves humaines et les difficultés rencontrées lors des interventions sont ainsi soumises à des particularités environnementales. Le maître-chien tient un rôle primordial dans l'interprétation du travail de son chien.

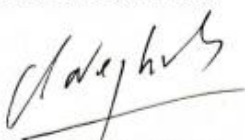
Enfin, la littérature disponible sur les capacités olfactives des chiens de recherche est extrêmement restreinte. En particulier, aucune étude scientifique n'évalue les limites d'utilisation de l'odorat canin. La détermination des limites des performances des chiens de sauvetage semble pourtant nécessaire, car des vies humaines en dépendent.

Le chien reste le « numéro 1 » dans la détection d'effluves, celui-ci a donc un bel avenir devant lui !

**Le Professeur responsable
VetAgro Sup campus vétérinaire**



Le Président de la thèse



Vu et permis d'imprimer

Lyon, le

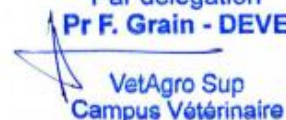
07 NOV. 2011

**Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,
Professeur F.N GILLY**



**Le Directeur général
VetAgro Sup**

**Par déléation
Pr F. Grain - DEVE**



**VetAgro Sup
Campus Vétérinaire**

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ **ACHE B.W., YOUNG J.M., (2005)**
Olfaction : Diverse species, conserved principles
Neuron, 48, (3), 417-430
- ✓ **ACKERL K., ATZMUELLER M., GRAMMER K., (2002)**
The scent of fear
Neuroendocrinol. Lett., 23, (2), 79-84
- ✓ **ADAMS G.J., JOHNSON K.G., (1994)**
Sleep, work, and the effects of shift work in drug detector dogs *Canis familiaris*
Appl. Anim. Behav. Sci., 41, (1-2), 115-126
- ✓ **AIME P., DUCHAMP-VIRET P., CHAPUT M.A., SAVIGNER A., MAHFOUZ M., JULLIARD A.K., (2007)**
Fasting increases and satiation decreases olfactory detection for neutral odor in rats
Behav. Brain Res., 179, (2), 258-264
- ✓ **ALTOM E.K., DAVENPORT G.M., MYERS L.J., CUMMINS K.A., (2003)**
Effect of dietary fat source and exercise on odorant-detecting ability of canine athletes
Res. Vet. Sci., 75, (2), 149-155
- ✓ **ALTOM E.K., KELLEY R.L., (2006)**
Role of fat in athletic dogs : endurance, olfaction and intelligence
In : Eastern states veterinary association (eds). Proceedings of the North American Veterinary Conference, Orlando, 7-11 janvier 2006, 1360-1362
- ✓ **ANCEY C., (2003)**
Guide neige et avalanche : connaissances, pratiques et sécurité. 3^{ème} édition
Edisud, Aix en Provence, 387 p.
- ✓ **BARONE R., (1997)**
Cavités nasales
In : Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 3. Splanchnologie I. Appareil digestif, appareil respiratoire. Troisième édition
Editions Vigot, Paris, 597-645
- ✓ **BARONE R., (2004)**
Rhinencéphale
In : Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 6. Neurologie I. Système nerveux central
Editions Vigot, Paris, 433-477
- ✓ **BEAVER B.V., (2009)**
Canine Behavior of Sensory and Neural Origin
In : Canine behavior, insights and answers. 2nd edition
Saunders Elsevier, Saint Louis, 48-107

- ✓ **BEIDLER L.M., (1971)**
Handbook of sensory physiology. Volume 4. Chemical Senses. Part 1. Olfaction
Springer-Verlag, Berlin, 518 p.
- ✓ **BROUARD B., (1992)**
L'olfaction : à l'aube d'une révolution
Biofutur, (109), 18-29
- ✓ **BROWNE C., STAFFORD K., FORDHAM R., (2006)**
The use of scent-detection dogs
Ir. Vet. J., 59, (2), 97-104
- ✓ **BRUGGER H., FALK M., ADLER-KASTNER L., (1994)**
Avalanche survival chances
Nature, 368, (6466), 21
- ✓ **BUCK L., AXEL R., (1991)**
A novel multigene family may encode odorant receptors : a molecular basis for odor
recognition
Cell, 65, (1), 175-187
- ✓ **CAMP N., (1996)**
Le dressage des chiens de détection
Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul Sabatier, Toulouse, 286p.
- ✓ **CHEN D., HAVILAND-JONES J., (1999)**
Rapid mood change and human odors
Physiol. Behav., 68, (1-2), 241-250
- ✓ **COLLIN B., (2003)**
Anatomie du chien
Editions Derouaux Ordina, Liège, 562 p.
- ✓ **COMBRE M., (2006)**
L'olfaction chez le chien et son utilisation en odorologie
Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon, 151p.
- ✓ **COURREAU J.F., (1991)**
Les perspectives en sélection du chien de sport
Rec. Med. Vet., 167, (7-8), 667-672
- ✓ **DENIS B., (1993)**
Bases génétiques du comportement de l'aptitude au travail chez le chien
In : CNVSPA (eds). Congrès annuel, Paris, 19-21 novembre 1993, 277-286
- ✓ **EVANS H.E., (1993)**
Miller's anatomy of the dog. 3rd edition
W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1113 p.
- ✓ **EZEH P.I., MYERS L.J., HANRAHAN L.A., KEMPPAINEN R.J., CUMMINS
K.A., (1992)**
Effects of steroids on the olfactory function of the dog
Physiol. Behav., 51, (6), 1183-1187

- ✓ **FITZGERALD S.D., RUMBEIHA W.K., BRASELTON W.E., DOWNEND A.B., OTTO C.M., (2008)**
Pathology and toxicology findings for search-and-rescue dogs deployed to the September 11, 2001, terrorist attack sites : initial five-year surveillance
J. Vet. Diagn. Invest., 20, (4), 477-484
- ✓ **FURTON K.G., MYERS L.J., (2001)**
The scientific foundation and efficacy of the use of canines as chemical detectors for explosives
Talanta, 54, (3), 487-500
- ✓ **GARDNER J.W., BARTLETT P.N., (1994)**
A brief history of electronic noses
Sensors and Actuators B: Chemical, 18, (1-3), 210-211
- ✓ **GAZIT I., TERKEL J., (2003a)**
Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity
Appl. Anim. Behav. Sci., 81, (2), 149-161
- ✓ **GAZIT I., TERKEL J., (2003b)**
Domination of olfaction over vision in explosives detection by dogs
Appl. Anim. Behav. Sci., 82, (1), 65-73
- ✓ **GOLDBLATT A., (2009)**
Olfaction in the dog
J. Vet. Behav., 4, (6), 247-248
- ✓ **GORDON L., (2009)**
Canine decontamination : Guidelines for emergency, gross, and technical decontamination of the urban search and rescue canine
J. Vet. Behav., 4, (6), 248-249
- ✓ **GRANDJEAN D., MOQUET N., PAWLOWIEZ S., TOURTEBATTE A.K., CACCIANI F., BACQUE H., (2002)**
Guide pratique du chien de sport et d'utilité. 2^{ème} édition
Royal Canin, Paris, 423 p.
- ✓ **GRANDJEAN D., HAYMANN F., (2010)**
Encyclopédie du chien
Royal Canin, Paris, 1003 p.
- ✓ **GRANDJEAN D., CLERO D., ROGALEV A., (2010)**
Le suivi vétérinaire des chiens de recherche de la BSPP
ADH, (694), 48-51
- ✓ **GUEST C.M., (2009)**
Cancer and bio-detection dogs : Identifying human disease by odor
J. Vet. Behav., 4, (6), 241-242
- ✓ **GWALTNEY-BRANT S.M., MURPHY L.A., WISMER T.A., ALBRETSSEN J.C., (2003)**
General toxicologic hazards and risks for search-and-rescue dogs responding to urban disasters
J. Am. Vet. Med. Assoc., 222, (3), 292-295

- ✓ **HART R., (1980)**
Human body odor
Nexus, 1, (1), 1-12
- ✓ **HIRAI T., KOJIMA S., SHIMADA A., UMEMURA T., SAKAI M., ITAKURAT C., (1996)**
Age-related changes in the olfactory system of dogs
Neuropath. Appl. Neuro., 22, (6), 531-539
- ✓ **HIRANO Y., OOSAWA T., TONOSAKI K., (2000)**
Electroencephalographic olfactometry (EEGO) analysis of odour responses in dogs
Res. Vet. Sci., 69, (3), 263-265
- ✓ **HOLLEY A., (1975)**
La perception des odeurs
Recherche, 6, (58), 629-639
- ✓ **HOLLEY A., (1994a)**
Les récepteurs des odeurs et autres attrait du modèle olfactif
Med. Sci., 10, (11), 1077-1078
- ✓ **HOLLEY A., (1994b)**
Les récepteurs olfactifs et le codage neuronal de l'odeur
Med. Sci., 10, (11), 1091-1098
- ✓ **HOLLEY A., (2006)**
Système olfactif et neurobiologie
Terrain, (47), 107-122
- ✓ **HOLLOWAY C.L., (1961)**
Loss of olfactory acuity in hunting animals
Auburn Vet., 18, (1), 25-28
- ✓ **HONHON J., (1967)**
L'olfaction chez le chien : son rôle dans le pistage et la localisation d'une source odorante
Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil, 94p.
- ✓ **JONES K.E., DASHFIELD K., DOWNEND A.B., OTTO C.M., (2004)**
Search-and-rescue dogs : an overview for veterinarians
J. Am. Vet. Med. Assoc., 225, (6), 854-860
- ✓ **JULLIARD A.K., CHAPUT M.A., APELBAUM A., AIME P., MAHFOUZ M., DUCHAMP-VIRET P., (2007)**
Changes in rat olfactory detection performance induced by orexin and leptin mimicking fasting and satiation
Behav. Brain Res., 183, (2), 123-129
- ✓ **KELLER P.E., KANGAS L.J., LIDEN L.H., HASHEM S., HOUZES R.T., (1996)**
Electronic noses and their applications
In : International Neural Network Society (eds). Proceedings of the World Congress on Neural Networks, San Diego, 15-18 septembre 1996, 928-932

- ✓ **KERT C., (1995)**
Les techniques de prévision et de prévention des risques naturels : séismes et mouvements de terrain
Rapports de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, (2017), 1-347
- ✓ **KRESTEL D., PASSE D., SMITH J.C., JONSSON L., (1984)**
Behavioral determination of olfactory thresholds to amyl acetate in dogs
Neurosci. Biobehav. Rev., 8, (2), 169-174
- ✓ **LEROY Y., (1987)**
L'univers odorant de l'animal
Société Nouvelle des Editions Boubée, Paris, 375 p.
- ✓ **LIT L., CRAWFORD C.A., (2006)**
Effects of training paradigms on search dog performance
Appl. Anim. Behav. Sci., 98, (3-4), 277-292
- ✓ **LIT L., SCHWEITZER J., OBERBAUER A., (2011)**
Handler beliefs affect scent detection dog outcomes
Anim. Cogn., 14, (3), 387-394
- ✓ **MARSHALL D.A., MOULTON D.G., (1981)**
Olfactory sensitivity to α -ionone in humans and dogs
Chem. Senses, 6, (1), 53-61
- ✓ **MARSHALL D.A., BLUMER L., MOULTON D.G., (1981)**
Odor detection curves for n-pentanoic acid in dogs and humans
Chem. Senses, 6, (4), 445-453
- ✓ **MCKINLEY J., SAMBROOK T.D., (2000)**
Use of human-given cues by domestic dogs (*Canis familiaris*) and horses (*Equus caballus*)
Anim. Cogn., 3, (1), 13-22
- ✓ **MIKLOSI A., (2007)**
The perceptual world of the dog
In : Dog behaviour, evolution and cognition
Oxford University Press, Oxford, 137-150
- ✓ **MIKLOSI A., POLGARDI R., TOPAL J., CSANYI V., (1998)**
Use of experimenter-given cues in dogs
Anim. Cogn., 1, (2), 113-121
- ✓ **MOSER E., MCCULLOCH M., (2010)**
Canine scent detection of human cancers : A review of methods and accuracy
J. Vet. Behav., 5, (3), 145-152
- ✓ **MOULTON D.G., (1960)**
Studies in olfactory acuity. 5. The comparative olfactory sensitivity of pigmented and albino rats
Anim. Behav., 8, (3-4), 129-133
- ✓ **MOULTON D.G., ASHTON H., EAYRS J.T., (1960)**
Studies in olfactory acuity. 4. Relative detectability of n-aliphatic acids by the dog
Anim. Behav., 8, (3-4), 117-128

- ✓ **MOULTON D.G., MARSHALL D.A., (1976)**
The performance of dogs in detecting α -ionone in the vapor phase
J. Comp. Physiol., 110, (3), 287-306
- ✓ **MURPHY L.A., GWALTNEY-BRANT S.M., ALBRETSEN J.C., WISMER T.A., (2003)**
Toxicological agents of concern for search-and-rescue dogs responding to urban disasters
J. Am. Vet. Med. Assoc., 222, (3), 296-304
- ✓ **MYERS L.J., (1990)**
Dysosmia of the dog in clinical veterinary medicine
Prog. Vet. Neurol., 1, (2), 171-179
- ✓ **MYERS L.J., (1991)**
Use of innate behaviors to evaluate sensory function in the dog
Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract., 21, (2), 389-399
- ✓ **MYERS L.J., NASH R., ELLEDGE H.S., (1984)**
Electro-olfactographie : a technique with potential for diagnosis of anosmia in the dog
Am. J. Vet. Res., 45, (11), 2296-2298
- ✓ **MYERS L.J., PUGH R., (1985)**
Thresholds of the dog for detection of inhaled eugenol and benzaldehyde determined by electroencephalographic and behavioral olfactometry
Am. J. Vet. Res., 46, (11), 2409-2412
- ✓ **MYERS L.J., HANRAHAN L.A., SWANGO L.J., NUSBAUM K.E., (1988a)**
Anosmia associated with canine distemper
Am. J. Vet. Res., 49, (8), 1295-1297
- ✓ **MYERS L.J., NUSBAUM K.E., SWANGO L.J., HANRAHAN L.N., SARTIN E., (1988b)**
Dysfunction of sense of smell caused by canine parainfluenza virus infection in dogs
Am. J. Vet. Res., 49, (2), 188-190
- ✓ **NORES J.M., BIACABE B., BONFILS P., (2000a)**
Troubles olfactifs et pathologie générale : analyse et revue de la littérature
Rev. Med. Interne, 21, (1), 95-104
- ✓ **NORES J.M., BIACABE B., BONFILS P., (2000b)**
Troubles olfactifs d'origine médicamenteuse : analyse et revue de la littérature
Rev. Med. Interne, 21, (11), 972-977
- ✓ **OTTO C.M., FRANZ M.A., KELLOGG B., LEWIS R., MURPHY L., LAUBER G., (2002)**
Field treatment of search dogs : lessons learned from the World Trade Center disaster
J. Vet. Emerg. Crit. Care, 12, (1), 33-42
- ✓ **OTTO C.M., DOWNEND A.B., MOORE G.E., DAGGY J.K., RANIVAND D.L., REETZ J.A., FITZGERALD S.D., (2010)**
Medical surveillance of search dogs deployed to the World Trade Center and Pentagon : 2001-2006
J. Environ. Health, 73, (2), 12-21

- ✓ **PENN D.J., OBERZAUCHER E., GRAMMER K., FISCHER G., SOINI H.A., WIESLER D., NOVOTNY M.V., DIXON S.J., XU Y., BRERETON R.G., (2007)**
Individual and gender fingerprints in human body odour
J. R. Soc. Interface, 4, (13), 331-340
- ✓ **PHELOUZAT M.A., (2005)**
Un Prix Nobel pour le flair de deux savants
Prolune, (14), 1-6
- ✓ **PIETRAS R.J., MOULTON D.G., (1974)**
Hormonal influences on odor detection in rats : Changes associated with the estrous cycle, pseudopregnancy, ovariectomy, and administration of testosterone propionate
Physiol. Behav., 12, (3), 475-491
- ✓ **POSDEEV N., (2010)**
Le premier chihuahua policier
Sans Laisse, (212), 3
- ✓ **REBMANN A.J., DAVID E., SORG M.H., (2000)**
Cadaver dog handbook
CRC Press LLC, New York, 203 p.
- ✓ **ROONEY N.J., BRADSHAW J.W.S., (2004)**
Breed and sex differences in the behavioural attributes of specialist search dogs – a questionnaire survey of trainers and handlers
Appl. Anim. Behav. Sci., 86, (1-2), 123-135
- ✓ **ROONEY N.J., BRADSHAW J.W.S., ALMEY H., (2004)**
Attributes of specialist search dogs : a questionnaire survey of UK dog handlers and trainers
J. Forensic Sci., 49, (2), 300-306
- ✓ **ROONEY N.J., GAINES S.A., BRADSHAW J.W.S., PENMAN S., (2007)**
Validation of a method for assessing the ability of trainee specialist search dogs
Appl. Anim. Behav. Sci., 103, (1-2), 90-104
- ✓ **ROQUEPLO C., (2003)**
Influence du port d'un collier antiparasitaire contenant de la deltaméthrine sur les performances olfactives du chien
Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Créteil, 183p.
- ✓ **ROQUEPLO C., MALOSSE D., DAVOUST B., (2004)**
Influence du port d'un collier antiparasitaire contenant de la deltaméthrine sur les performances olfactives du chien
Bull. Soc. Vet. Prat. Fr., 88, (1), 45-56
- ✓ **SHIVIK J.A., (2002)**
Odor-adsorptive clothing, environmental factors, and search-dog ability
Wildlife Soc. Bull., 30, (3), 721-727
- ✓ **SIMPSON S.T., MYERS L.J., (1987)**
Dysosmia caused by encephalitis in a dog
J. Am. Vet. Med. Assoc., 191, (12), 1593

- ✓ **SLENSKY K.A., DROBATZ K.J., DOWNEND A.B., OTTO C.M., (2004)**
Deployment morbidity among search-and-rescue dogs used after the September 11, 2001, terrorist attacks
J. Am. Vet. Med. Assoc., 225, (6), 868-873
- ✓ **STINGLHAMBER X., (1999)**
Formation maître chien d'avalanches : quel chien choisir ?
Neige et Avalanches, (85), 22-23
- ✓ **STRIKE D.J., MEIJERINK M.G.H., KOUDELKA-HEP M., (1999)**
Electronic noses – A mini review
Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 364, (6), 499-505
- ✓ **SYROTUCK W.G., (2000)**
Scent and the scenting dog
Barkleigh Productions Inc, 112 p.
- ✓ **SZETEI V., MIKLOSI A., TOPAL J., CSANYI V., (2003)**
When dogs seem to lose their nose : an investigation on the use of visual and olfactory cues in communicative context between dog and owner
Appl. Anim. Behav. Sci., 83, (2), 141-152
- ✓ **VADUREL A., (1995)**
Physiologie et pathologie de l'odorat du chien
Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de Médecine, Nantes, 130p.
- ✓ **VADUREL A., GOGNY M., (1997)**
L'odorat du chien : aspects physiologiques et facteurs de variation
Point Vet., 28, (181), 9-16
- ✓ **VON BEKESY G., (1964)**
Olfactory analogue to directional hearing
J. Appl. Physiol., 19, (3), 369-373
- ✓ **WAGGONER L.P., JONES M., WILLIAMS M., JOHNSTON J.M., EDGE C., PETROUSKY J.A., (1998)**
Effects of extraneous odors on canine detection
In : De Persia A.T., Pennella J.J. (eds). Conference on Enforcement and Security Technologies, Boston Massachusetts, 3-5 november 1998, Proc. SPIE Vol. 3575, 355-362
- ✓ **WALKER D.B., WALKER J.C., CAVNAR P.J., TAYLOR J.L., PICKEL D.H., HALL S.B., SUAREZ J.C., (2006)**
Naturalistic quantification of canine olfactory sensitivity
Appl. Anim. Behav. Sci., 97, (2), 241-254
- ✓ **WILLIAMS M., JOHNSTON J.M., (2002)**
Training and maintaining the performance of dogs (*Canis familiaris*) on an increasing number of odor discriminations in a controlled setting
Appl. Anim. Behav. Sci., 78, (1), 55-65
- ✓ **WISMER T.A., MURPHY L.A., GWALTNEY-BRANT S.M., ALBRETSSEN J.C., (2003)**
Management and prevention of toxicoses in search-and-rescue dogs responding to urban disasters
J. Am. Vet. Med. Assoc., 222, (3), 305-310

Sites Internet consultés

- ✓ **ASSOCIATION NATIONALE POUR L'ETUDE DE LA NEIGE ET DES AVALANCHES, (page consultée le 15 septembre 2011)**
Bilans des accidents d'avalanche, [en ligne]
Adresse URL : http://www.anena.org/quels_risques/bilan_accident/bilan_menu.html
- ✓ **APOPO, DETECTION RATS TECHNOLOGY, (page consultée le 02 juillet 2011)**
We train rats to save lives, [en ligne]
Adresse URL : <http://www.apopo.org/home.php?lang=en>
- ✓ **EQUIPE CYNOTECHNIQUE DES SAPEURS POMPIERS DE L'AIN, (page consultée le 21 septembre 2011)**
Interventions 2011, [en ligne]
Adresse URL : <http://cyno01.over-blog.com/article-27168460.html>
- ✓ **FEMA URBAN SEARCH AND RESCUE, (page consultée le 17 février 2011)**
Canine Search Specialist Training Course, [en ligne]
Adresse URL : <http://www.disasterdog.org/csst.html>
- ✓ **LEGIFRANCE, (page consultée le 14 mars 2011)**
Maitres-chiens, [en ligne]
Adresse URL : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichSarde.do?reprise=true&page=1&idSarde=SARDOBJT000007105839&ordre=null&nature=null&g=ls>

KROELY Aude

L'olfaction chez le chien de sauvetage : Conséquences pratiques chez les chiens de recherche en décombres et en avalanches

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 21 novembre 2011

RESUME :

L'odorat constitue le sens le plus développé de l'espèce canine.

L'utilisation de chiens de sauvetage lors d'avalanches ou de catastrophes urbaines s'est considérablement développée depuis une trentaine d'années.

L'objectif de ce travail, après un rappel d'anatomie, d'histologie et de physiologie du système olfactif canin, est d'évaluer les conséquences pratiques de l'olfaction chez les chiens de recherche en décombres et en avalanches lors de localisation de victimes ensevelies.

Pour cela, nous nous appuyons sur les exemples des équipes cynophiles des Sapeurs-Pompiers de l'Ain et de la BSPP (Brigade des Sapeurs-Pompiers de Paris) ainsi que des équipes cynophiles des CRS (Compagnie Républicaine de Sécurité) de sauvetage en montagne.

Une partie porte sur les variations de l'acuité olfactive et les rares moyens d'étude à disposition. De nombreux facteurs individuels, physiologiques, environnementaux, pathologiques et iatrogènes doivent être pris en compte dans le choix du chien ainsi que sa gestion au quotidien et en intervention.

Une autre partie traite du travail olfactif lors de la recherche de personnes ensevelies, en insistant sur les particularités environnementales et en soulignant le rôle du maître-chien. La formation des chiens de sauvetage repose sur le jeu. La description de la composition et des variations de l'odeur corporelle humaine permet de mettre en évidence son unicité.

MOTS CLES :

- Odorat
- Chiens de recherche et de sauvetage
- Odeur corporelle
- Maîtres-chien

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Claude GHARIB

1er Assesseur : Monsieur le Professeur Jean-Jacques THIEBAULT

2ème Assesseur : Monsieur le Professeur Jean-Luc CADORE

DATE DE SOUTENANCE : 21 novembre 2011

ADRESSE DE L'AUTEUR :

7a, quai Mullenheim
67000 STRASBOURG