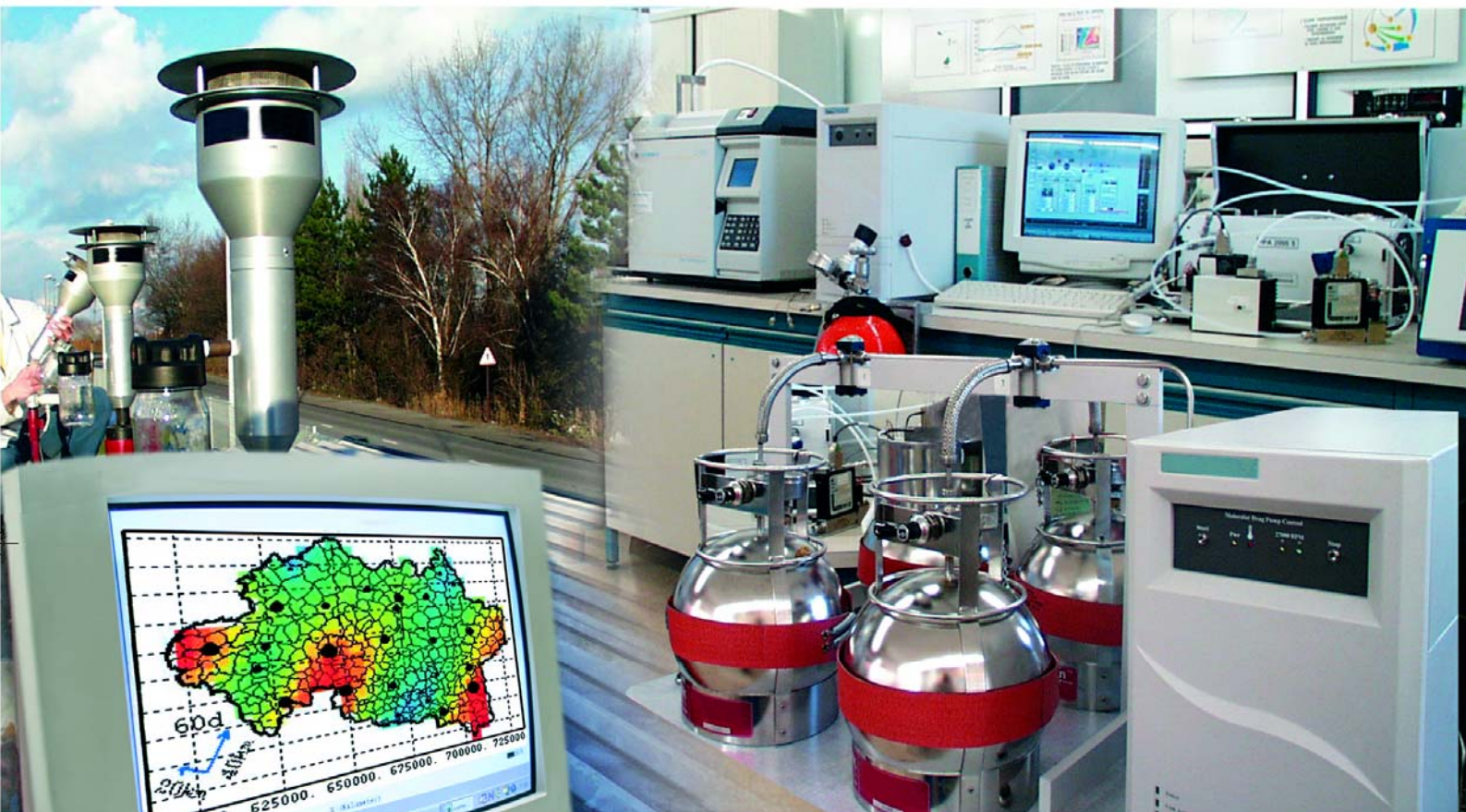




Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Métrologie des polluants non réglementés

Pesticides dans l'air ambiant ½ : Aide à l'établissement de listes de substances actives à surveiller dans le compartiment aérien : Application du programme Sph'Air.

Août 2007

Programme 2007

GOUZY A. et LE GALL A-C.





PREAMBULE

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'Ecole des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, sous la coordination technique de l'ADEME et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique supportés financièrement par la Direction des Préventions des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement durables sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique aux AASQA.

L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.



Pesticides dans l'air ambiant 1/2 :
Aide à l'établissement de listes de substances
actives à surveiller dans le compartiment aérien :
Application du programme Sph'Air.

Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Thème : Métrologie des polluants non réglementés

Programme financé par la
Direction des Préventions des Pollutions et des Risques (DPPR)

Août 2007

Aurélien Gouzy et Anne-Christine Le Gall

Ce document comporte 25 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	A. Gouzy & A.C. Le Gall	L. Rouil	M.Ramel
Qualité	Ingénieurs de l'Unité Modélisation et analyse économique pour la gestion du risque Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité Modélisation et analyse économique pour la gestion du risque Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE	5
2. TECHNIQUE DE SELECTION DES SUBSTANCES A SURVEILLER DANS LE COMPARTIMENT AÉRIEN.....	6
2.1 Introduction	6
2.2 Historique et description de l’outil Sph’Air	7
2.3 Application de Sph’Air pour l’établissement d’une liste nationale	8
2.4 Mise en œuvre de Sph’Air	10
2.5 Précautions d’usage et perspectives de Sph’Air	20
3. SELECTION DES SUBSTANCES À SURVEILLER DANS LE COMPARTIMENT AERIEN	21
4. CONCLUSIONS	24
5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	25
6. LISTE DES ANNEXES	25

1. CONTEXTE

En France, actuellement, de nombreuses AASQA (Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air) réalisent des campagnes de mesures ciblant les produits phytosanitaires présents dans l'air. Ce type d'opérations va en s'intensifiant : à ce jour, quatorze AASQA ont déjà réalisé des campagnes de mesures.

Ces campagnes, menées localement de façon ponctuelle, concernent généralement quelques dizaines de substances actives¹ sélectionnées en fonction des objectifs de l'étude.

Une campagne de mesures se déroule en deux étapes :

- l'échantillonnage² sur le terrain et le stockage des échantillons ;
- l'analyse des échantillons au laboratoire. Classiquement, ces analyses sont réalisées en une seule fois pour toute une campagne de prélèvement. Ce mode opératoire implique donc l'obtention de résultats décalés dans le temps d'au moins plusieurs mois.

Néanmoins, en l'état actuel des connaissances, toutes les substances actives employées ne peuvent être expérimentalement détectées et/ou correctement quantifiées dans l'air (Marlière rapports LCSQA, 2004 ; 2005 ; 2006).

De plus, pour des raisons évidentes de coût et de faisabilité, il est impossible de menée une campagne de mesure exhaustive quant à l'ensemble des produits phytosanitaires présents dans l'air.

La surveillance instrumentée des teneurs atmosphériques en produits phytosanitaires doit s'accompagner d'un choix ciblé des substances à analyser.

Entre autres critères, ce choix doit prendre en compte la présence potentielle des substances actives dans le compartiment aérien, et donc les éventuelles spécificités agricoles de la région faisant l'objet de l'étude.

Néanmoins, en l'absence de méthodes de sélection au niveau national, chaque association de surveillance effectuée, à chaque campagne, son choix selon ses propres paramètres.

A titre d'exemple, en 2000 et 2001, Lig'Air a sélectionné les substances actives à rechercher selon les critères suivants³ :

¹ Selon les données de 2005 d'après l'Expertise Scientifique Collective (2005), en France 489 substances actives appartenant à 150 familles chimiques sont disponibles.

² En fonction de l'information recherchée, cet échantillonnage peut être quotidien ou hebdomadaire.

³ Si une substance répond à deux de ces critères, elle est sélectionnée. Si elle répond au moins à trois des critères, elle est classée « prioritaire ».

- un caractère toxicologique préoccupant : substances présentant une DJA (Dose Journalière Admissible) inférieure à $0,01 \text{ mg.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$;
- une quantité employée importante : les trente substances les plus utilisées dans la région ;
- une présence dans l'air déjà attestée : substances préalablement détectées dans des analyses de l'eau de pluie ;
- une prise en compte de l'occupation agricole des sols : substances utilisées pour les « grandes cultures » et les « vignes ».

En revanche, Atmo Nord-Pas-de-Calais en 2005 précisait que pour les campagnes 2003 et 2004, les substances actives recherchées ne se limitaient pas à des critères de toxicité, de caractères physico-chimiques favorables à la volatilisation ou aux quantités utilisées dans la région. En effet, cette association a mené une approche par analyse « multirésidus » qui permet de rechercher 100 molécules représentatives de l'ensemble des composés utilisés au niveau local, régional ou national et susceptibles d'être présents dans le compartiment atmosphérique.

Ces deux exemples illustrent bien la grande hétérogénéité des processus décisionnels. Ainsi, bien que des analyses de teneurs atmosphériques en produits phytosanitaires soient réalisées dans différentes régions françaises il est probable que des comparaisons inter-régionales s'avèrent difficiles (voire impossibles) par l'absence de substances recherchées communes lors des différentes campagnes.

L'objectif de ce rapport est de proposer une technique de sélection des substances à surveiller qui :

- soit adaptée aux spécificités agricoles du territoire considéré ;
- soit au fait des techniques analytiques ;
- permette les comparaisons inter-régionales.

2. TECHNIQUE DE SELECTION DES SUBSTANCES A SURVEILLER DANS LE COMPARTIMENT AERIEN

2.1 INTRODUCTION

La technique de sélection ci-après exposée repose sur l'utilisation de la méthode Sph'Air (Gouzy *et al.*, 2005). Elle présente les avantages suivants :

- Il s'agit d'une technique informatisée reproductible pouvant prendre en compte la totalité des substances pour lesquelles des données sont disponibles ;
- Elle est établie à partir d'une base de données des paramètres physico-chimiques des pesticides contenant la plupart des produits phytosanitaires utilisés ou ayant été utilisés en France ;

- Elle est adaptée au territoire concerné (par l'utilisation des quantités de substances effectivement utilisées) ;
- Elle inclue dans la liste des substances permettant des comparaisons inter-territoriales (substances identifiées par l'utilisation des quantités utilisées à l'échelle nationale).

2.2 HISTORIQUE ET DESCRIPTION DE L'OUTIL SPH'AIR

L'outil Sph'air a été développé entre 2002 et 2005 à l'INERIS. Il est constitué d'une base de données décrivant les pesticides en usage en France associée à un système d'exploitation. Sa finalité est la classification et l'identification des substances phytosanitaires à surveiller de façon prioritaire dans l'air. Sa mise au point a été encadrée par un groupe de pilotage composé d'experts représentant aussi bien des organismes de recherche, des associations de surveillance de la qualité de l'air, des industriels que des décideurs (Gouzy *et al.*, 2005).

L'outil Sph'Air hiérarchise les produits phytosanitaires du plus au moins préoccupant pour la santé humaine. Une méthode d'agrégation multicritère (ELECTRE III) a été sélectionnée car il n'existait pas de modèle informatique adapté à cet usage. Le comité de pilotage a ainsi décidé d'utiliser quatre critères relatifs, à la fois à l'exposition aux produits phytosanitaires et à leurs effets. Ces quatre critères sont schématisés par la figure 2.1.

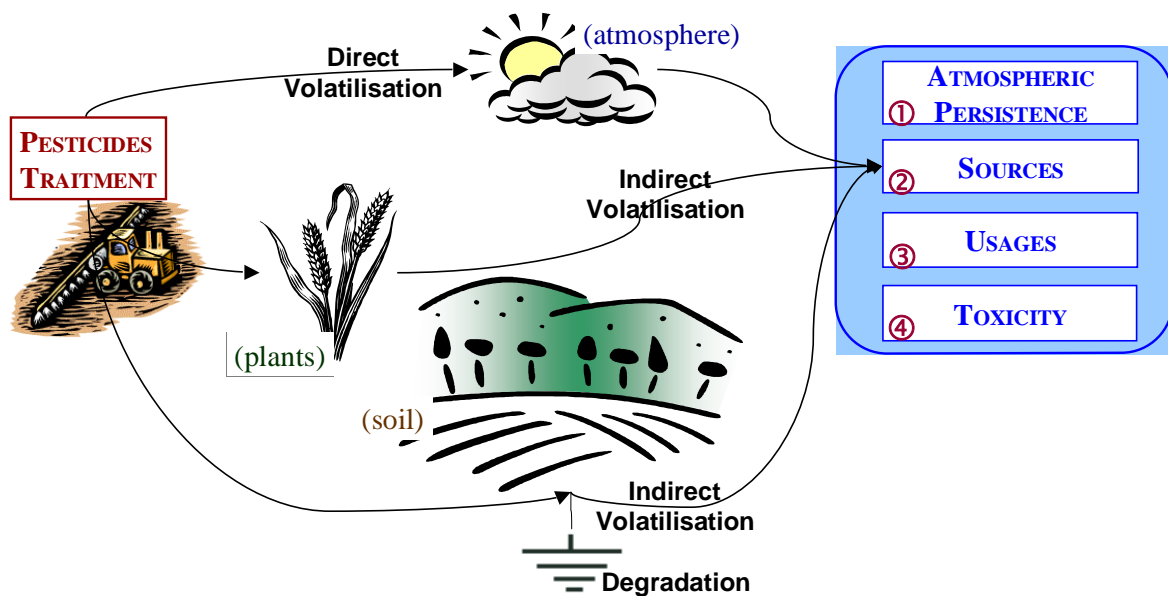


Figure 2.1. Schéma conceptuel ayant présidé à la conception de la méthode Sph'Air.

1. la persistance atmosphérique (ou temps de résidence des pesticides dans l'air) suite à l'utilisation agricole de ces produits ;
2. les sources atmosphériques (ou l'importance des apports à l'atmosphère suite à l'utilisation agricole de ces produits) ;

3. les quantités d'usage (quantités correspondant aux usages réels sur le territoire considéré) ;
4. la toxicité inhérente aux pesticides employés comme critère d'effet.

Pour la valeur toxicologique, la DJA (ou Dose Journalière Admissible) a été sélectionnée du fait de la disponibilité de cette donnée pour l'ensemble des produits phytosanitaires. Pour les autres critères, les détails de calculs sont exposés dans le rapport de Gouzy *et al.* (2005).

Dans la méthode Sph'Air, l'agrégation multicritère est effectuée par le software ELECTRE III (Roy, 1978). Cette méthode a été largement validée dans le cas de problématiques liées à l'environnement (Martin et Legret, 2005). Dans le cas ici exposé, la méthode est appliquée à une échelle régionale.

Les principaux atouts de la méthode sont liés à la possibilité de prendre en compte de façon simultanée un grand nombre de molécules ainsi qu'à l'adaptabilité de l'outil (une utilisation spécifique à l'échelle de la région est possible). Préalablement à toute mesure in-situ, l'approche Sph'Air constitue donc une aide précieuse quant au choix des pesticides à suivre dans le compartiment aérien.

2.3 APPLICATION DE SPH'AIR POUR L'ETABLISSEMENT D'UNE LISTE NATIONALE

Ce paragraphe présente une mise en application par l'INERIS de Sph'Air dédiée à l'établissement d'une liste de produits phytosanitaires à surveiller dans le milieu aérien à l'échelle nationale.

Le tableau 2.1 présente les 309 substances actives qui ont été hiérarchisées par Sph'Air à partir de données quantitatives globales correspondant à l'année 2003. 82 autres substances, présentes dans la base de données de l'outil, n'ont pas été hiérarchisées faute de donnée quantitative).

Tableau 2.1. Liste des 309 substances hiérarchisées par Sph'Air pour l'établissement d'une liste nationale.

1	2,4 D	63	cyfluthrine	125	flusilazole	187	paraquat (dichlorure)	249	triadimérol
2	2,4 DB	64	cyhexatin	126	flutolanil	188	parathion	250	triallate
3	2,4 MCPA	65	cymoxanil	127	flutriafol	189	parathion methyl	251	triazamate
4	2,4 MCPB	66	cyperméthrine	128	folpel	190	penconazole	252	triazoxide
5	abamectine	67	cyproconazole	129	fomesafen (sel sodium)	191	pencycuron	253	tribénuron-méthyl
6	acéphate	68	cyprodinil	130	fosétyl - aluminium	192	pendimethaline	254	triclopyr
7	acétochlore	69	cyromazine	131	glufosinate	193	phenmédiphame	255	trifluraline
8	aclonifen	70	deltaméthrine	132	glyphosate-isopropylammonium	194	phosalone	256	triflurosulfuron-méthyl
9	acrinathrine	71	desmédiphame	133	haloxyfop	195	phosmet	257	trinexapac-éthyl
10	alachlore	72	diazinon	134	hexaconazole	196	phoxime	258	triticonazole
11	aldicarbe	73	dicamba	135	hexazinone	197	picloram	259	vinchlozoline
12	alphaméthrine = alphacyperméthrine	74	dichlobenil	136	imazalil	198	pretilachlore	260	zirame
13	amidosulfuron	75	dichlorprop P	137	imazaméthabenz	199	prochloraze	261	anilazine
14	aminotriazole	76	dichlorvos	138	imazaquine	200	procymidone	262	atrazine
15	amitraze	77	diclofop méthyl	139	imidaclopride	201	prohexadione calcium	263	benomyl
16	anthraquinone	78	dicofol	140	iodosulfuron	202	prométryne	264	bioresméthrine
17	asulame sel sodium	79	diethion	141	ioxynil	203	propachlore	265	buprofézine
18	azimsulfuron	80	diethofencarbe	142	iprodione	204	propamocarbe HCl	266	cinosulfuron
19	azinphos methyl	81	diénoconazole	143	isophenphos	205	propanil	267	cyanazine
20	azocyclotin	82	diflubenazuron	144	isoproturon	206	propaquizafop	268	dalapon (sel sodium)
21	azoxystrobine	83	diflufenicanil	145	isoxaben	207	propargite	269	dichlofluanide
22	benalaxyl	84	diméthachlore	146	isoxaflutol	208	propiconazole	270	diméfuron
23	benfluraline	85	diméthénamide	147	kresoxim-méthyl	209	propinebe	271	diniconazole
24	benfuracarbe = carbofuran	86	diméthoate	148	lambda-cyhalothrine	210	propyzamide	272	DNOC
25	benoxacor	87	dimétomorphe	149	lenacile	211	prosulfocarbe	273	ethion
26	bensulfuron méthyle	88	dinocap	150	linuron	212	prosulfuron	274	famoxadone
27	bentazone sel Na	89	diquat	151	lufénuron	213	pymétrozine	275	fenpicloril
28	betacyfluthrine	90	disulfoton	152	malathion	214	pyraflufen éthyl	276	fenpyroximate
29	bifénox	91	dithianon	153	mancozébe	215	pyridabene	277	fentine hydroxyde
30	bifenthrine	92	diuron	154	manèbe	216	pyridate	278	flamprop isopropyl R
31	bitertanol	93	doguadine	155	mécoprop	217	pyrifénox	279	fonofos
32	bromacile	94	endosulfan	156	mecoprop-p	218	pyriméthanol	280	formothion
33	bromopropylate	95	époconazole	157	mefenpyrdiéthyl	219	pyrimicarbe	281	furathiocarbe
34	bromoxynil octanoate	96	esfenvalérate	158	mépiquat chlorure	220	pyrimiphos méthyle	282	HCH gamma = lindane
35	bromuconazole	97	éthéphon	159	mésotrione	221	pyriproxifène	283	heptenophos
36	bupirimate	98	ethofumesate	160	métaldéhyde	222	quinalphos	284	mepronil
37	butraline	99	éthoprophos	161	métamitrone	223	quinclorac	285	mercaptodiméthur (methiocarb)
38	captane	100	fénarimol	162	metazachlore	224	quinmérac	286	métalaxyl
39	carbaryl	101	fénazaquin	163	metconazole	225	quinoxyfène	287	mévinphos
40	carbendazime	102	fenbuconazole	164	méthabenzthiazuron	226	quizalofop éthyl	288	monolinuron
41	carbétamide	103	fenbutatin oxyde	165	méthamidophos	227	rimsulfuron	289	naptalame
42	carbofuran	104	fenitrothion	166	méthidathion	228	spiroxamine	290	nuarimol
43	carbosulfan	105	fenoxaprop-p-éthyl	167	méthomyl	229	sulcotrione	291	perméthrine
44	carboxine	106	fenoxycarbe	168	métirame-zinc	230	sulfosulfuron	292	phorate
45	carfentrazone ethyle	107	fenpropathrine	169	métobromuron	231	tau-fluvalinate	293	pyrazophos
46	chlorfenvinphos	108	fenpropidine	170	metolachlore	232	tébuconazole	294	quintozéne
47	chloridazone = pyrazon	109	fenpropimorphe	171	métosulam	233	tébufénozide	295	séthoxydime
48	chlorméquat chlorure	110	fenthion	172	metoxuron	234	tebufenpyrad	296	simazine
49	chlorothalonil	111	fentine acétate	173	métribuzine	235	tefluthrine	297	sulfosate
50	chlorprophame	112	fipronil	174	metsulfuron méthyle	236	terbufos = terbuphos	298	sulfotep
51	chlorpyrifos éthyl	113	flazasulfuron	175	molinat	237	terbuthylazine	299	tebutam = butam
52	chlorpyrifos méthyl	114	fluaizop-p-butyl	176	myclobutanil	238	terbutryne	300	téméphos
53	chlorsulfuron	115	fluazinam	177	napropamide	239	tetraconazole	301	tétradifon
54	chlortoluron	116	fludioxonyl	178	nicosulfuron	240	thiabendazole	302	thiofanox
55	cinidon éthyl	117	flufénacet	179	norflurazon	241	thifensulfuron-méthyle	303	thiometon
56	clethodim	118	flufenoxuron	180	omethoate	242	thiodicarbe	304	triasulfuron
57	clodinafop-propargyl	119	flumioxazine	181	oryzalin	243	thiophanate méthyl	305	tridémorphe
58	clomazone	120	flupyrsulfuron méthyle	182	oxadiazon	244	thirame	306	triflumuron
59	clopyralid sel d'amine = clopyralid-olamine	121	fluquinconazole	183	oxadixyl	245	tolclophos-méthyl	307	triforine
60	cloquintocet-mexyl	122	flurochloridone	184	oxydéméton-méthyl	246	tolyfluanide	308	vamidothion
61	cyanamide H	123	fluroxypyr = methylheptyl ester	185	oxyfluorène	247	tralométhrine	309	zinebe
62	cycloxydime	124	flurtamone	186	paclobutrazol	248	triadimérol		

Le fait que les données quantitatives utilisées datent de 2003 devra être gardé en mémoire au moment d'interpréter les résultats.

2.4 MISE EN ŒUVRE DE SPH'AIR

A ces 309 substances actives hiérarchisées ont été rajoutées 11 substances virtuelles (Smax, Smoy, Smin, S90, S80, S70, S60, S50, S40, S30, S20, S10). Cette gamme de substances virtuelles a été définie par les percentiles de la gamme de variation de chaque critère retenu par la méthode Sph'Air.

En effet, lorsque le nombre de substances actives prises en compte est important, la compréhension et la gestion de la liste ne sont pas aisées : la gestion avec la stratégie des catégories est souvent plus adaptée au problème posé par le décideur. L'usage de substances virtuelles présente l'avantage de pouvoir discriminer une tête de liste représentée, par exemple, par les substances classées avant la substance virtuelle "N". Celle-ci est définie comme la substance dont chaque critère est égal au "N^{ième}" percentile de l'ensemble des valeurs que prend ce critère dans la base de données contenant toutes les substances.

Le tableau 2.2 présente les résultats de cette hiérarchisation. Il présente également une indication sur les capacités de mesure de chaque substance dans le compartiment aérien dans les conditions de prélèvement adaptées (Marlière, 2004 ; 2005 ; 2006 et communication personnelle)⁴ :

- +++ : bonne efficacité de piégeage par les dispositifs techniques ;
- ++ : efficacité de piégeage moyenne par les dispositifs techniques ;
- + : mauvaise efficacité de piégeage par les dispositifs techniques ;
- non étudiée : efficacité de piégeage non étudiée dans le cadre des travaux du LCSQA.

Deux types de classifications ont été réalisés. Le tableau 2.2 donne pour chaque substance son rang dans le « préordre final » et son rang dans le « préordre médian »⁵. Les valeurs des rangs sont différentes pour les deux méthodes mais le

⁴ Les indications sur les capacités de mesures de certains produits phytosanitaires font également l'objet d'un tableau en annexe d'une norme AFNOR (XPX_43058) « Air ambiant : Dosage des substances phytosanitaires (pesticides) dans l'air ambiant ». Ce document est en attente de publication.

⁵ Définition du rang dans le préordre final : Une substance active est de rang « n » si elle n'admet que des substances de rang 1, 2, ..., n-1 mieux classées qu'elle. Cette liste ne permet de visualiser que les rangs de chaque substance, les situations d'incomparabilité n'apparaissent pas .

Définition du rang dans le préordre médian : Les substances actives sont rangées suivant les rangs du préordre final et deux produits phytosanitaires incomparables d'un même rang sont départagés suivant la différence de leurs propositions dans les deux distillations (ascendante et descendante).

Les situations d'incomparabilité peuvent être représentées par un graphe appelé arbre de hiérarchisation.

La distillation est une technique de classement par affinement progressif des résultats.

résultat de la classification est le même dans les deux cas : la place relative de chacune des substances dans ces deux types de classification est invariante. Les substances les plus préoccupantes sont classées en premier, les moins préoccupantes en fin de liste. Les substances virtuelles se retrouvent également dans l'ordre prévu (de Smax à Smin). La seule différence réside dans le fait que la classification par préordre médian compte 313 rangs, contre 53 pour la classification par préordre final. Cette différence ne modifie pas l'interprétation et l'utilisation de la hiérarchisation.

Tableau 2.2. Hiérarchisation Sph'Air calculée à partir des données nationales de 2003.

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
Smax	1	1	Sans objet
S90	2	2	Sans objet
dichlobenil	3	2	Non étudiée
aldicarbe	4	3	Non étudiée
chlorothalonil	5	3	Non étudiée
flutriafol	6	3	Non étudiée
diuron	7	3	"+++"
endosulfan	8	4	"+++"
trifluraline	9	4	"+"
sulcotrione	10	4	Non étudiée
HCH gama = lindane	11	4	Non étudiée
flusilazole	12	4	"+++"
S80	13	4	Sans objet
2,4 D	14	5	Non étudiée
ioxynil	15	5	Non étudiée
dinocap	16	5	Non étudiée
alachlore	17	5	"+++"
procymidone	18	6	Non étudiée
vinchlozoline	19	6	"++"
aminotriazole	20	6	Non étudiée
hexaconazole	21	6	"+++"
disulfoton	22	6	Non étudiée
prosulfocarbe	23	7	Non étudiée
tébuconazole	24	7	Non étudiée
haloxyfop (éthoxyéthyl)	25	7	Non étudiée
quintozène	26	7	Non étudiée
linuron	27	7	Non étudiée
dichlorprop P	28	7	Non étudiée
carbaryl	29	7	"+++"
dicofol	30	8	Non étudiée
triallate	31	8	Non étudiée
aclonifen	32	8	"+++"
bifénox	33	8	Non étudiée
anthraquinone	34	8	Non étudiée
folpel	35	8	"+++"

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
S70	36	8	Sans objet
paraquat	37	8	Non étudiée
terbuthylazine	38	9	"+++"
éthoprophos	39	9	Non étudiée
époxyconazole	40	9	"+++"
chlorpyriphos ethyl	41	9	"+++"
difénoconazole	42	9	Non étudiée
cyproconazole	43	9	"+++"
mécoprop	44	10	Non étudiée
parathion methyl	45	10	"+++"
2,4 MCPA	46	10	Non étudiée
diclofop méthyl	47	10	"+++"
cymoxanil	48	10	Non étudiée
pendimethaline	49	10	"+++"
thiodicarbe	50	11	Non étudiée
chloridazone = pyrazon	51	11	Non étudiée
carbofuran	52	11	"+++"
isoproturon	53	11	"+++"
alphaméthrine = alphacypermethrine	54	11	Non étudiée
quinalphos	55	11	Non étudiée
tau-fluvalinate	56	11	Non étudiée
S60	57	11	Sans objet
Smoy	58	12	Sans objet
mancozèbe	59	12	Non étudiée
oxadiazon	60	12	"+++"
oxydéméton-méthyl	61	12	Non étudiée
terbufos = terbuphos	62	12	Non étudiée
clodinafop-propargyl	63	13	Non étudiée
betacyfluthrine	64	13	Non étudiée
métamitron	65	13	Non étudiée
chlorméquat chlorure	66	13	Non étudiée
bifenthrine	67	14	Non étudiée
manèbe	68	14	Non étudiée
clopyralid sel d'amine	69	14	Non étudiée
fluquinconazole	70	14	Non étudiée
sulfotep	71	14	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
acétochlore	72	15	"+++"
metconazole	73	15	Non étudiée
diazinon	74	15	"++"
mecoprop-p	75	15	Non étudiée
bromoxynil octanoate	76	15	"+++"
mévinphos	77	15	Non étudiée
tribénuron-méthyl	78	15	Non étudiée
molinate	79	16	Non étudiée
mésotrione	80	16	Non étudiée
esfenvalérate	81	16	Non étudiée
flurochloridone	82	16	Non étudiée
pymétrozine	83	16	Non étudiée
tefluthrine	84	16	Non étudiée
fipronil	85	16	Non étudiée
propyzamide	86	16	Non étudiée
triforine	87	16	Non étudiée
glyphosate-isopropylammonium	88	16	Non étudiée
thirame	89	16	Non étudiée
triflumuron	90	17	Non étudiée
chlortoluron	91	17	Non étudiée
propachlore	92	17	Non étudiée
thiophanate méthyl	93	17	Non étudiée
fentine acétate	94	17	Non étudiée
deltaméthrine	95	17	"+++"
oxyfluorène	96	17	Non étudiée
triazoxide	97	17	Non étudiée
flufénacet	98	17	Non étudiée
cyprodinil	99	17	"+++"
ométhoate	100	18	Non étudiée
isoxaflutol	101	18	Non étudiée
norflurazon	102	18	Non étudiée
quizalofop ethyl	103	18	Non étudiée
tetradifon	104	18	Non étudiée
métobromuron	105	18	Non étudiée
phorate	106	18	Non étudiée
DNOC	107	19	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
fomesafen	108	19	Non étudiée
lufénuron	109	19	Non étudiée
mercaptodiméthur	110	19	Non étudiée
diméthénamide	111	19	"++"
simazine	112	19	"++"
oryzalin	113	19	Non étudiée
bitertanol	114	19	Non étudiée
méthomyl	115	19	Non étudiée
prosulfuron	116	20	Non étudiée
pyridate	117	20	Non étudiée
dicamba	118	20	Non étudiée
bromuconazole	119	20	Non étudiée
prochloraze	120	20	Non étudiée
fenpropidine	121	20	"+"
fenitrothion	122	20	Non étudiée
cyperméthrine	123	20	Non étudiée
fentine hydroxyde	124	20	Non étudiée
fenoxaprop-p-ethyl	125	20	"+++"
métribuzine	126	20	Non étudiée
fluazinam	127	21	Non étudiée
quinmérac	128	21	Non étudiée
triazamate	129	21	Non étudiée
carfentrazone ethyle	130	21	Non étudiée
triadiméfon	131	21	Non étudiée
thiometon	132	21	Non étudiée
myclobutanil	133	21	Non étudiée
cyfluthrine	134	21	Non étudiée
cyanazine	135	21	Non étudiée
2,4 DB	136	21	Non étudiée
tetraconazole	137	21	Non étudiée
isophenphos = isofenfos	138	21	Non étudiée
S50	139	21	Sans objet
pyriméthanil	140	21	Non étudiée
fenpropathrine	141	22	Non étudiée
clomazone	142	22	Non étudiée
éthéphon	143	22	Non étudiée
fonofos	144	22	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
atrazine	145	22	"+++"
carbosulfan	146	22	Non étudiée
2,4 MCPB	147	22	Non étudiée
metazachlore	148	23	"++"
dichlofluanide	149	23	Non étudiée
triflurosulfuron-méthyl	150	23	Non étudiée
triadiménol	151	23	Non étudiée
fenpropimorphe	152	23	"+++"
parathion	153	23	"++"
fluazifop-p-butyl	154	23	Non étudiée
chlorfenvinphos	155	23	Non étudiée
pyridabene	156	24	Non étudiée
furathiocarbe	157	24	Non étudiée
butraline	158	24	Non étudiée
benoxacor	159	24	Non étudiée
diquat	160	24	Non étudiée
tébufénozide	161	24	Non étudiée
flufenoxuron	162	24	Non étudiée
cyromazine	163	24	Non étudiée
dalapon (sel sodium)	164	24	Non étudiée
fenthion	165	25	Non étudiée
diflubenzuron	166	25	Non étudiée
nuarimol	167	25	Non étudiée
fenazaquin	168	25	Non étudiée
diflufenicanil	169	25	"+++"
acrinathrine	170	25	Non étudiée
fenbuconazole	171	25	Non étudiée
phoxime	172	25	Non étudiée
dithianon	173	25	Non étudiée
kresoxim-methyl	174	25	"+++"
napropamide	175	25	Non étudiée
fosétyl - aluminium	176	25	Non étudiée
bromopropylate	177	26	Non étudiée
propaquizafop	178	26	Non étudiée
diméthoate	179	26	Non étudiée
pyrifénox	180	26	Non étudiée
chlorprophame	181	26	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
fénarimol	182	26	Non étudiée
picloram	183	26	Non étudiée
penconazole	184	26	Non étudiée
chlorpyriphos methyl	185	26	"++"
terbutryne	186	26	Non étudiée
ethion	187	26	Non étudiée
propargite	188	26	Non étudiée
métirame-zinc	189	26	Non étudiée
quinclorac	190	26	Non étudiée
quinoxifen	191	27	Non étudiée
imazaméthabenz	192	27	Non étudiée
flamprop isopropyl R	193	27	Non étudiée
oxadixyl	194	27	Non étudiée
azinphos methyl	195	27	Non étudiée
tolyfluanide	196	27	"+++"
tolclophos-methyl	197	27	Non étudiée
méthabenzthiazuron	198	27	Non étudiée
thifensulfuron-méthyle	199	27	Non étudiée
metolachlore	200	28	"+++"
paclobutrazol	201	28	Non étudiée
bentazone sel sodium	202	28	Non étudiée
lambda-cyhalothrine	203	28	"+++"
propiconazole	204	28	Non étudiée
carbendazime	205	28	Non étudiée
prohexadione Calcium	206	29	Non étudiée
triasulfuron	207	29	Non étudiée
zirame	208	29	Non étudiée
bromacile	209	29	Non étudiée
tralométhrine	210	29	Non étudiée
prométryne	211	29	Non étudiée
captane	212	29	Non étudiée
pyrazophos	213	30	Non étudiée
tebufenpyrad	214	30	Non étudiée
monolinuron	215	30	Non étudiée
cloquintocet-mexyl	216	30	Non étudiée
S40	217	30	Sans objet
fluroxypyr	218	30	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
diméthachlore	219	31	Non étudiée
fludioxonyl	220	31	Non étudiée
flurtamone	221	31	Non étudiée
acéphate	222	31	Non étudiée
méthidathion	223	31	Non étudiée
malathion	224	31	"+++"
metsulfuron méthyle	225	31	Non étudiée
triclopyr	226	32	Non étudiée
iprodione	227	32	Non étudiée
azoxystrobine	228	32	"+"
sulfosate = glyphosate-trimésium	229	32	Non étudiée
carbétamide	230	32	Non étudiée
benalaxyl	231	32	Non étudiée
mefenpyrdiéthyl	232	32	Non étudiée
tebutame	233	32	"++"
phenmédiphame	234	33	Non étudiée
benfuracarbe = carbofuran	235	33	Non étudiée
propanil	236	33	Non étudiée
benfluraline	237	33	Non étudiée
buprofézine	238	33	Non étudiée
glufosinate	239	34	Non étudiée
azocyclotin	240	34	Non étudiée
méthamidophos	241	34	Non étudiée
thiofanox	242	34	Non étudiée
abamectine	243	34	Non étudiée
chlorsulfuron	244	35	Non étudiée
cinidon éthyl	245	35	Non étudiée
fenpiclonil	246	35	Non étudiée
pyrimicarbe	247	35	Non étudiée
dimétomorphe	248	35	Non étudiée
pretilachlore	249	35	Non étudiée
metoxuron	250	36	Non étudiée
pencycuron	251	36	Non étudiée
heptenophos	252	36	Non étudiée
propinebe	253	36	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
spiroxamine	254	36	Non étudiée
zinebe	255	36	Non étudiée
flumioxazine	256	37	Non étudiée
amitraze	257	37	Non étudiée
pyrimiphos methyle	258	37	Non étudiée
fenpyroximate	259	37	Non étudiée
phosalone	260	37	"+++"
diethofencarbe	261	37	Non étudiée
isoxaben	262	37	Non étudiée
dimefuron	263	38	Non étudiée
carboxine	264	38	Non étudiée
imidaclopride	265	38	Non étudiée
triticonazole	266	38	Non étudiée
diethion	267	38	Non étudiée
lenacile	268	39	Non étudiée
imazaquine	269	39	Non étudiée
formothion	270	39	Non étudiée
trinexapac-éthyl	271	39	Non étudiée
desméthiphame	272	39	Non étudiée
métosulam	273	39	Non étudiée
téméphos	274	39	Non étudiée
tridémorphe	275	40	Non étudiée
phosmet	276	40	"+++"
asulame sel sodium	277	40	Non étudiée
clethodim	278	40	Non étudiée
cyhexatin	278	40	Non étudiée
ethofumesate	279	40	Non étudiée
perméthrine	280	40	"+++"
fenoxyarbe	281	40	Non étudiée
thiabendazole	282	41	Non étudiée
diniconazole	283	41	Non étudiée
hexazinone	284	41	Non étudiée
vamidothion	284	41	Non étudiée
S30	285	41	Sans objet
bupirimate	286	42	Non étudiée
doguadine	287	42	Non étudiée
mépiquat chlorure	288	42	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
fenbutatin oxyde	289	42	Non étudiée
famoxadone	290	43	Non étudiée
rimsulfuron	291	43	Non étudiée
flutolanil	292	43	Non étudiée
cycloxydime	293	43	Non étudiée
métalaxyl	294	43	Non étudiée
benomyl	295	44	Non étudiée
imazalil	296	44	Non étudiée
pyriproxifene	296	44	Non étudiée
pyraflufen éthyl	297	45	Non étudiée
anilazine	298	45	Non étudiée
S20	299	45	Sans objet
propamocarbe HCl	300	46	Non étudiée
flazasulfuron	301	46	Non étudiée
bioresméthrine	302	47	Non étudiée
nicosulfuron	303	47	Non étudiée
cinosulfuron	304	47	Non étudiée
amidosulfuron	305	47	Non étudiée
flupyrsulfuron méthyle	306	48	Non étudiée
sulfosulfuron	307	48	Non étudiée
azimsulfuron	308	48	Non étudiée
mepronil	309	48	Non étudiée
séthoxydime	310	50	Non étudiée
bensulfuron méthyle	311	51	Non étudiée
S10	312	52	Sans objet
Smin	313	53	Sans objet

La première annexe de ce rapport reprend ce même tableau mais selon un classement alphabétique du nom des substances actives.

2.5 PRECAUTIONS D'USAGE ET PERSPECTIVES DE SPH'AIR

Une fois une liste hiérarchisée mise au point, il convient de prendre en considération certaines limites de la méthode afin de cadrer l'interprétation des résultats :

- Les données d'usage utilisées fournies sont relativement anciennes (2003) et ne recouvrent pas la totalité des substances actives présentes dans la base de données. Pour un usage actuel de la liste, il peut donc s'avérer nécessaire de

prendre en compte l'évolution des pratiques agricoles en terme d'utilisation de produits phytosanitaires.

- La méthode Sph'Air est mal adaptée aux substances actives se présentant sous la forme chimique de sels, d'acides et pour les substances appliquées par fumigation⁶.
- La méthode Sph'Air a été développée pour une application concernant des régions situées en France métropolitaine.

Au cours de l'année 2008, la méthode Sph'Air va être rénovée :

- ajout d'une centaine de substances actives au sein de la base de données ;
- mise à jour de la base de données (notamment par l'indication des substances désormais interdites d'usage) ;
- prise en compte des différents isomères d'une substance active ;
- automatisation de la méthode de hiérarchisation.

3. SELECTION DES SUBSTANCES A SURVEILLER DANS LE COMPARTIMENT AERIEN

Grâce à la hiérarchisation obtenue avec l'outil Sph'Air et prenant en compte ses limites, il est possible de proposer une méthode pour sélectionner les substances qui pourraient faire l'objet d'une surveillance dans une région donnée. Dans le double but d'établir un état des lieux à l'échelle nationale et d'évaluer la qualité de l'air à l'échelle régionale, une liste pourrait être constituée de substances issues :

- Pour partie, de la tête de liste de la hiérarchisation nationale. Seules les substances qui peuvent être expérimentalement mesurées seraient retenues (cf. Tableau 2.3). Pour qu'une compilation à l'échelle de la France puisse donner une image significative, un minimum d'une douzaine de substances est à envisager. Sur une campagne mesurant 40 substances, 12 substances correspondent environ à 30% de la liste. De façon intéressante, les douze premières substances de la liste appartiennent à 10 familles chimiques différentes (sur un total de 23 dans cette liste). Pareillement, ces douze substances sont réparties au sein de la totalité des trois types d'action des substances phytosanitaires (5 substances fongicides, 4 substances herbicides et 3 substances insecticides). Bien que non exhaustive et datant de 2003, cette tête de liste illustre bien la diversité des molécules employées en France.

⁶ Certaines substances listées dans la base de données de l'outil Sph'Air se distinguent parmi les autres pesticides : les acides (qui se dissocient en solution), les fumigants (qui ont un mode d'application particulier), les produits insolubles... Bien que ces molécules aient des caractéristiques physico-chimiques particulières, à ce jour, leur place dans la hiérarchisation est calculée avec les mêmes modèles que les autres pesticides.

- Pour partie, d'une liste régionale de substances élaborée par les pilotes de la campagne. Cette liste pourrait être issue de la tête d'une hiérarchisation dédiée à la région considérée. Seules les substances qui peuvent être expérimentalement mesurées seraient retenues. La liste régionale contiendrait un petit nombre de substances « mal placées » dans les hiérarchisations mais qui correspondent à des problématiques locales ou à des besoins de recherche.

Tableau 2.3. Liste hiérarchisée des substances tirées de la liste nationale et expérimentalement mesurables avec une bonne (+++) ou une efficacité moyenne (++) calculée à partir des données de 2003 ; les substances virtuelles sont ajoutées à titre indicatif (H : substance herbicide ; I : substance insecticide ; F : substance fongicide).

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Action de la substance	Famille	Performance métrologique pour le compartiment aérien
Smax	1	1	Sans objet	Sans objet	Sans objet
S90	2	2	Sans objet	Sans objet	Sans objet
diuron	7	3	H	Organonitré	"+++"
endosulfan	8	4	I	Organocloré	"+++"
flusilazole	12	4	F	Triazole	"+++"
S80	13	4	Sans objet	Sans objet	Sans objet
alachlore	17	5	H	Amide	"+++"
vinchlozoline	19	6	F	dicarboximide	"++"
hexaconazole	21	6	F	Triazole	"+++"
carbaryl	29	7	I	Carbamate	"+++"
aclonifen	32	8	H	Diphényl-ester	"+++"
folpel	35	8	F	Phtalimide	"+++"
S70	36	8	Sans objet	Sans objet	Sans objet
terbuthylazine	38	9	H	Triazine	"+++"
époxyconazole	40	9	F	Triazole	"+++"
chlorpyrifos ethyl	41	9	I	Organophosphoré	"+++"
cyproconazole	43	9	F	Triazole	"+++"
parathion methyl	45	10	I	Organophosphoré	"+++"
diclofop méthyl	47	10	H	Aryloxyacide	"+++"
pendimethaline	49	10	H	Dinitroaniline	"+++"
carbofuran	52	11	I	Carbamate	"+++"
isoproturon	53	11	H	Urée	"+++"
S60	57	11	Sans objet	Sans objet	Sans objet
oxadiazon	60	12	H	Diazole	"+++"
acétochlore	72	15	H	Chloroacétanilide	"+++"
diazinon	74	15	I	Organophosphoré	"++"
bromoxynil octanoate	76	15	H	Benzonitrile	"+++"
deltamethrine	95	17	I	Pyréthrianoïde	"+++"
cyprodinil	99	17	F	Phénylaminopyrimidine	"+++"
diméthénamide	111	19	H	Chloroacétamide	"++"
simazine	112	19	H	Triazine	"++"
fenoxaprop-p-ethyl	125	20	H	Propionate	"+++"

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Action de la substance	Famille	Performance métrologique pour le compartiment aérien
S50	139	21	Sans objet	Sans objet	Sans objet
atrazine	145	22	H	Triazine	"+++"
metazachlore	148	23	H	Chloroacetanilide	"++"
fenpropimorphe	152	23	F	Morpholine	"+++"
parathion	153	23	I	Organophosphoré	"++"
diflufenicanil	169	25	H	Phénoxy nicotilanilide	"+++"
kresoxim-methyl	174	25	F	Strobiline	"+++"
chlorpyrifos methyl	185	26	I	Organophosphoré	"++"
tolyfluanide	196	27	F	Sulfamide	"+++"
metolachlore	200	28	H	Amide	"+++"
lambda-cyhalothrine	203	28	I	Pyrethroïde	"+++"
S40	217	30	Sans objet	Sans objet	Sans objet
malathion	224	31	I	Organophosphoré	"+++"
tebutame	233	32	H	Benzamide	"++"
phosalone	260	37	I	Organophosphoré	"+++"
phosmet	276	40	I	Organophosphoré	"+++"
perméthrine	280	40	I	Pyréthroïde	"+++"
S30	285	41	Sans objet	Sans objet	Sans objet

La seconde annexe de ce rapport reprend ce même tableau mais selon un classement alphabétique du nom des substances actives.

4. CONCLUSIONS

Le présent rapport propose une technique de sélection des substances à surveiller dans le compartiment atmosphérique (plus de détails sur le principe de la méthode sont disponibles dans le rapport Gouzy *et al.*, 2005).

Cette technique permet d'identifier des substances à surveiller qui soient :

- adaptées au territoire considéré et à ses spécificités agricoles ;
- techniquement mesurables dans le compartiment aérien avec une efficacité suffisante ;
- susceptibles de donner une image globale de la présence de pesticides dans l'air ambiant en France (par la recherche de substances actives communes aux différents territoires).

Cette approche bénéficierait de l'établissement d'une hiérarchisation nationale la plus à jour possible (à défaut, la liste donnée ici datant de 2003 est adéquate). Elle pourrait être complétée par une liste régionale.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Expertise Scientifique Collective, 2005. Pesticides, agriculture et environnement : réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Rapport de l'expertise collective réalisée par l'Inra et le Cemagref à la demande du ministère de l'Agriculture et de la Pêche et du ministère de l'Écologie et du Développement durable

(http://www.inra.fr/l_institut/missions_et_strategie/les_missions_de_l_inra/eclairer_les_decisions/pesticides_agriculture_et_environnement).

Gouzy, A., Farret, R. and Le Gall, A.C., 2005. Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation, Rapport INERIS n° DRC – 05 – 45936 – 95 – AGo

(www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getFile&id=2548).

Martin, C. et Legret, M., 2005. La méthode multicritère ELELECTRE III, Définitions, principe et exemple d'application à la gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 258-259, p. 29-46.

Marlière, F., 2006. Mesure des pesticides dans l'air ambiant. Rapport LCSQA, Convention : 2006, 81 p.

Marlière, F., 2005. Mesure des pesticides dans l'air ambiant. Rapport LCSQA, Convention : 05000051, 91 p.

(http://www.lcsqa.org/rapport/rap/prog2005/INERIS/Etude9_rapport_pesticides2005vf.pdf)

Marlière, F., 2004. Pesticides dans l'air ambiant : Bilan de la méthodologie de prélèvement. Rapport LCSQA, Convention : 04000087, 28 p.

(http://www.lcsqa.org/rapport/rap/prog2004/INERIS/etude_08_1012_fmr.pdf).

Roy, B., 1978. ELECTRE III : Un algorithme de classements fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples. Cahiers du Centre d'Études de Recherche Opérationnelle (Belgique), 20, 3-24.

6. LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Liste alphabétique des substances hiérarchisées par sph'air (données nationales de 2003).

Annexe 2 Liste alphabétique hiérarchisée des substances tirées de la liste nationale et expérimentalement mesurables avec une bonne (+++) ou une efficacité moyenne (++) calculée à partir des données de 2003.

ANNEXE 1. LISTE ALPHABETIQUE DES SUBSTANCES HIERACHISEES PAR SPH'AIR (DONNEES NATIONALES DE 2003).

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
2,4 D	14	5	Non étudiée
2,4 DB	136	21	Non étudiée
2,4 MCPA	46	10	Non étudiée
2,4 MCPB	147	22	Non étudiée
abamectine	243	34	Non étudiée
acéphate	222	31	Non étudiée
acétochlore	72	15	"+++"
aclonifen	32	8	"+++"
acrinathrine	170	25	Non étudiée
alachlore	17	5	"+++"
aldicarbe	4	3	Non étudiée
alphaméthrine alphacypermethrine =	54	11	Non étudiée
amidosulfuron	305	47	Non étudiée
aminotriazole	20	6	Non étudiée
amitraze	257	37	Non étudiée
anilazine	298	45	Non étudiée
anthraquinone	34	8	Non étudiée
asulame sel sodium	277	40	Non étudiée
atrazine	145	22	"+++"
azimsulfuron	308	48	Non étudiée
aziphos methyl	195	27	Non étudiée
azocyclotin	240	34	Non étudiée
azoxystrobine	228	32	"+"
benalaxyl	231	32	Non étudiée
benfluraline	237	33	Non étudiée
benfuracarbe carbofuran =	235	33	Non étudiée
benomyl	295	44	Non étudiée
benoxacor	159	24	Non étudiée
bensulfuron méthyle	311	51	Non étudiée
bentazone sel sodium	202	28	Non étudiée
betacyfluthrine	64	13	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
bifénox	33	8	Non étudiée
bifenthrine	67	14	Non étudiée
bioresméthrine	302	47	Non étudiée
bitertanol	114	19	Non étudiée
bromacile	209	29	Non étudiée
bromopropylate	177	26	Non étudiée
bromoxynil octanoate	76	15	"+++"
bromuconazole	119	20	Non étudiée
bupirimate	286	42	Non étudiée
buprofézine	238	33	Non étudiée
butraline	158	24	Non étudiée
captane	212	29	Non étudiée
carbaryl	29	7	"+++"
carbendazime	205	28	Non étudiée
carbétamide	230	32	Non étudiée
carbofuran	52	11	"+++"
carbosulfan	146	22	Non étudiée
carboxine	264	38	Non étudiée
carfentrazone ethyle	130	21	Non étudiée
chlorfenvinphos	155	23	Non étudiée
chloridazone = pyrazon	51	11	Non étudiée
chlorméquat chlorure	66	13	Non étudiée
chlorothalonil	5	3	Non étudiée
chlorprophame	181	26	Non étudiée
chlorpyriphos ethyl	41	9	"+++"
chlorpyriphos methyl	185	26	"++"
chlorsulfuron	244	35	Non étudiée
chlortoluron	91	17	Non étudiée
cinidon éthyl	245	35	Non étudiée
cinosulfuron	304	47	Non étudiée
clethodim	278	40	Non étudiée
clodinafop-propargyl	63	13	Non étudiée
clomazone	142	22	Non étudiée
clopyralid sel d'amine	69	14	Non étudiée
cloquintocet-mexyl	216	30	Non étudiée
cyanazine	135	21	Non étudiée
cycloxydime	293	43	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
cyfluthrine	134	21	Non étudiée
cyhexatin	278	40	Non étudiée
cymoxanil	48	10	Non étudiée
cyperméthrine	123	20	Non étudiée
cyproconazole	43	9	"+++"
cyprodinil	99	17	"+++"
cyromazine	163	24	Non étudiée
dalapon (sel sodium)	164	24	Non étudiée
deltaméthrine	95	17	"+++"
desméthiphame	272	39	Non étudiée
diazinon	74	15	"++"
dicamba	118	20	Non étudiée
dichlobenil	3	2	Non étudiée
dichlofluanide	149	23	Non étudiée
dichlorprop P	28	7	Non étudiée
diclofop méthyl	47	10	"+++"
dicofol	30	8	Non étudiée
diethion	267	38	Non étudiée
diethofencarbe	261	37	Non étudiée
difénoconazole	42	9	Non étudiée
diflubenzuron	166	25	Non étudiée
diflufenicanil	169	25	"+++"
dimefuron	263	38	Non étudiée
diméthachlore	219	31	Non étudiée
diméthénamide	111	19	"++"
diméthoate	179	26	Non étudiée
dimétomorphe	248	35	Non étudiée
diniconazole	283	41	Non étudiée
dinocap	16	5	Non étudiée
diquat	160	24	Non étudiée
disulfoton	22	6	Non étudiée
dithianon	173	25	Non étudiée
diuron	7	3	"+++"
DNOC	107	19	Non étudiée
doguadine	287	42	Non étudiée
endosulfan	8	4	"+++"
époxyconazole	40	9	"+++"

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
esfenvalérate	81	16	Non étudiée
éthéphon	143	22	Non étudiée
ethion	187	26	Non étudiée
ethofumesate	279	40	Non étudiée
éthoprophos	39	9	Non étudiée
famoxadone	290	43	Non étudiée
fénarimol	182	26	Non étudiée
fenazaquin	168	25	Non étudiée
fenbuconazole	171	25	Non étudiée
fenbutatin oxyde	289	42	Non étudiée
fenitrothion	122	20	Non étudiée
fenoxaprop-p-ethyl	125	20	"+++"
fenoxycarbe	281	40	Non étudiée
fenpiclonil	246	35	Non étudiée
fenpropathrine	141	22	Non étudiée
fenpropidine	121	20	"+"
fenpropimorphe	152	23	"+++"
fenpyroximate	259	37	Non étudiée
fenthion	165	25	Non étudiée
fentine acétate	94	17	Non étudiée
fentine hydroxyde	124	20	Non étudiée
fipronil	85	16	Non étudiée
flamprop isopropyl R	193	27	Non étudiée
flazasulfuron	301	46	Non étudiée
fluazifop-p-butyl	154	23	Non étudiée
fluazinam	127	21	Non étudiée
fludioxonyl	220	31	Non étudiée
flufénacet	98	17	Non étudiée
flufenoxuron	162	24	Non étudiée
flumioxazine	256	37	Non étudiée
flupyrsulfuron methyle	306	48	Non étudiée
fluquinconazole	70	14	Non étudiée
flurochloridone	82	16	Non étudiée
fluroxypyr	218	30	Non étudiée
flurtamone	221	31	Non étudiée
flusilazole	12	4	"+++"
flutolanil	292	43	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
flutriafol	6	3	Non étudiée
folpel	35	8	"+++"
fomesafen	108	19	Non étudiée
fonofos	144	22	Non étudiée
formothion	270	39	Non étudiée
fosétyl - aluminium	176	25	Non étudiée
furathiocarbe	157	24	Non étudiée
glufosinate	239	34	Non étudiée
glyphosate-isopropylammonium	88	16	Non étudiée
haloxyfop (éthoxyéthyl)	25	7	Non étudiée
HCH gama = lindane	11	4	Non étudiée
heptenophos	252	36	Non étudiée
hexaconazole	21	6	"+++"
hexazinone	284	41	Non étudiée
imazalil	296	44	Non étudiée
imazaméthabenz	192	27	Non étudiée
imazaquine	269	39	Non étudiée
imidaclopride	265	38	Non étudiée
ioxynil	15	5	Non étudiée
iprodione	227	32	Non étudiée
isophenphos = isofenfos	138	21	Non étudiée
isoproturon	53	11	"+++"
isoxaben	262	37	Non étudiée
isoxaflutol	101	18	Non étudiée
kresoxim-methyl	174	25	"+++"
lambda-cyhalothrine	203	28	"+++"
lenacile	268	39	Non étudiée
linuron	27	7	Non étudiée
lufénuron	109	19	Non étudiée
malathion	224	31	"+++"
mancozèbe	59	12	Non étudiée
manèbe	68	14	Non étudiée
mécoprop	44	10	Non étudiée
mecoprop-p	75	15	Non étudiée
mefenpyrdiéthyl	232	32	Non étudiée
mépiquat chlorure	288	42	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
mepronil	309	48	Non étudiée
mercaptodiméthur	110	19	Non étudiée
mésotrione	80	16	Non étudiée
métalaxyl	294	43	Non étudiée
métamitrone	65	13	Non étudiée
metazachlore	148	23	"++"
metconazole	73	15	Non étudiée
méthabenzthiazuron	198	27	Non étudiée
méthamidophos	241	34	Non étudiée
méthidathion	223	31	Non étudiée
méthomyl	115	19	Non étudiée
métirame-zinc	189	26	Non étudiée
métobromuron	105	18	Non étudiée
metolachlore	200	28	"+++"
métosulam	273	39	Non étudiée
metoxuron	250	36	Non étudiée
métribuzine	126	20	Non étudiée
metsulfuron méthyle	225	31	Non étudiée
mévinphos	77	15	Non étudiée
molinate	79	16	Non étudiée
monolinuron	215	30	Non étudiée
myclobutanil	133	21	Non étudiée
napropamide	175	25	Non étudiée
nicosulfuron	303	47	Non étudiée
norflurazon	102	18	Non étudiée
nuarimol	167	25	Non étudiée
omethoate	100	18	Non étudiée
oryzalin	113	19	Non étudiée
oxadiazon	60	12	"+++"
oxadixyl	194	27	Non étudiée
oxydéméton-méthyl	61	12	Non étudiée
oxyfluorène	96	17	Non étudiée
paclobutrazol	201	28	Non étudiée
paraquat	37	8	Non étudiée
parathion	153	23	"++"
parathion methyl	45	10	"+++"
penconazole	184	26	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
pencycuron	251	36	Non étudiée
pendimethaline	49	10	"+++"
perméthrine	280	40	"+++"
phenmédiophame	234	33	Non étudiée
phorate	106	18	Non étudiée
phosalone	260	37	"+++"
phosmet	276	40	"+++"
phoxime	172	25	Non étudiée
picloram	183	26	Non étudiée
pretilachlore	249	35	Non étudiée
prochloraze	120	20	Non étudiée
procymidone	18	6	Non étudiée
prohexadione Calcium	206	29	Non étudiée
prométryne	211	29	Non étudiée
propachlore	92	17	Non étudiée
propamocarbe HCl	300	46	Non étudiée
propanil	236	33	Non étudiée
propaquizafop	178	26	Non étudiée
propargite	188	26	Non étudiée
propiconazole	204	28	Non étudiée
propinebe	253	36	Non étudiée
propyzamide	86	16	Non étudiée
prosulfocarbe	23	7	Non étudiée
prosulfuron	116	20	Non étudiée
pymétrozine	83	16	Non étudiée
pyraflufen éthyl	297	45	Non étudiée
pyrazophos	213	30	Non étudiée
pyridabene	156	24	Non étudiée
pyridate	117	20	Non étudiée
pyrifénox	180	26	Non étudiée
pyriméthanil	140	21	Non étudiée
pyrimicarbe	247	35	Non étudiée
pyrimiphos méthyle	258	37	Non étudiée
pyriproxifène	296	44	Non étudiée
quinalphos	55	11	Non étudiée
quinclorac	190	26	Non étudiée
quinmérac	128	21	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
quinoxifen	191	27	Non étudiée
quintozène	26	7	Non étudiée
quizalofop ethyl	103	18	Non étudiée
rimsulfuron	291	43	Non étudiée
S10	312	52	Sans objet
S20	299	45	Sans objet
S30	285	41	Sans objet
S40	217	30	Sans objet
S50	139	21	Sans objet
S60	57	11	Sans objet
S70	36	8	Sans objet
S80	13	4	Sans objet
S90	2	2	Sans objet
séthoxydime	310	50	Non étudiée
simazine	112	19	"++"
Smax	1	1	Sans objet
Smin	313	53	Sans objet
Smoy	58	12	Sans objet
spiroxamine	254	36	Non étudiée
sulcotrione	10	4	Non étudiée
sulfosate = glyphosate-trimésium	229	32	Non étudiée
sulfosulfuron	307	48	Non étudiée
sulfotep	71	14	Non étudiée
tau-fluvalinate	56	11	Non étudiée
tébuconazole	24	7	Non étudiée
tébufénozide	161	24	Non étudiée
tebufenpyrad	214	30	Non étudiée
tebutame	233	32	"++"
tefluthrine	84	16	Non étudiée
téméphos	274	39	Non étudiée
terbufos = terbuphos	62	12	Non étudiée
terbuthylazine	38	9	"+++"
terbutryne	186	26	Non étudiée
tetraconazole	137	21	Non étudiée
tetradifon	104	18	Non étudiée
thiabendazole	282	41	Non étudiée

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Performance métrologique pour le compartiment aérien
thifensulfuron-méthyle	199	27	Non étudiée
thiodicarbe	50	11	Non étudiée
thiofanox	242	34	Non étudiée
thiometon	132	21	Non étudiée
thiophanate méthyl	93	17	Non étudiée
thirame	89	16	Non étudiée
tolclophos-methyl	197	27	Non étudiée
tolyfluanide	196	27	"+++"
tralométhrine	210	29	Non étudiée
triadiméfon	131	21	Non étudiée
triadiménol	151	23	Non étudiée
triallate	31	8	Non étudiée
triasulfuron	207	29	Non étudiée
triazamate	129	21	Non étudiée
triazoxide	97	17	Non étudiée
tribénuron-méthyl	78	15	Non étudiée
triclopyr	226	32	Non étudiée
tridémorphe	275	40	Non étudiée
triflumuron	90	17	Non étudiée
trifluraline	9	4	"+"
triflusulfuron-méthyl	150	23	Non étudiée
triforine	87	16	Non étudiée
trinexapac-éthyl	271	39	Non étudiée
triticonazole	266	38	Non étudiée
vamidotion	284	41	Non étudiée
vinchlozoline	19	6	"++"
zinebe	255	36	Non étudiée
zirame	208	29	Non étudiée

ANNEXE 2. LISTE ALPHABETIQUE HIERARCHISEE DES SUBSTANCES TIREES DE LA LISTE NATIONALE ET EXPERIMENTALEMENT MESURABLES AVEC UNE BONNE (+++) OU UNE EFFICACITE MOYENNE (++) CALCULEE A PARTIR DES DONNEES DE 2003.

H : substance herbicide ; I : substance insecticide ; F : substance fongicide

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Action de la substance	Famille	Performance métrologique pour le compartiment aérien
acétochlore	72	15	H	Chloroacétanilide	"+++"
aclonifen	32	8	H	Diphényl-ester	"+++"
alachlore	17	5	H	Amide	"+++"
atrazine	145	22	H	Triazine	"+++"
bromoxnyl octanoate	76	15	H	Benzonitrile	"+++"
carbaryl	29	7	I	Carbamate	"+++"
carbofuran	52	11	I	Carbamate	"+++"
chlorpyriphos ethyl	41	9	I	Organophosphoré	"+++"
chlorpyriphos methyl	185	26	I	Organophosphoré	"++"
cyproconazole	43	9	F	Triazole	"+++"
cyprodinil	99	17	F	Phénylaminopyrimidine	"+++"
deltamethrine	95	17	I	Pyréthrianoïde	"+++"
diazinon	74	15	I	Organophosphoré	"++"
diclofop méthyl	47	10	H	Aryloxyacide	"+++"
diflufenicanil	169	25	H	Phénoxyntilanilide	"+++"
diméthénamide	111	19	H	Chloroacétamide	"++"
diuron	7	3	H	Organonitré	"+++"
endosulfan	8	4	I	Organocloré	"+++"
époxyconazole	40	9	F	Triazole	"+++"
fenoxaprop-p-ethyl	125	20	H	Propionate	"+++"
fenpropimorphe	152	23	F	Morpholine	"+++"
flusilazole	12	4	F	Triazole	"+++"
folpel	35	8	F	Phtalimide	"+++"
hexaconazole	21	6	F	Triazole	"+++"
isoproturon	53	11	H	Urée	"+++"
kresoxim-methyl	174	25	F	Strobiline	"+++"
lambda-cyhalothrine	203	28	I	Pyrethrianoïde	"+++"
malathion	224	31	I	Organophosphoré	"+++"
metazachlore	148	23	H	Chloroacétanilide	"++"
metolachlore	200	28	H	Amide	"+++"
oxadiazon	60	12	H	Diazole	"+++"
parathion	153	23	I	Organophosphoré	"++"

Substance	Rang préordre médian	Rang préordre final	Action de la substance	Famille	Performance métrologique pour le compartiment aérien
parathion methyl	45	10	I	Organophosphoré	"+++"
pendimethaline	49	10	H	Dinitroaniline	"+++"
perméthrine	280	40	I	Pyréthroïde	"+++"
phosalone	260	37	I	Organophosphoré	"+++"
phosmet	276	40	I	Organophosphoré	"+++"
S10	2	2	Sans objet	Sans objet	Sans objet
S30	285	41	Sans objet	Sans objet	Sans objet
S40	217	30	Sans objet	Sans objet	Sans objet
S50	139	21	Sans objet	Sans objet	Sans objet
S60	57	11	Sans objet	Sans objet	Sans objet
S70	36	8	Sans objet	Sans objet	Sans objet
S80	13	4	Sans objet	Sans objet	Sans objet
simazine	112	19	H	Triazine	"++"
Smax	1	1	Sans objet	Sans objet	Sans objet
tebutame	233	32	H	Benzamide	"++"
terbutylazine	38	9	H	Triazine	"+++"
tolyfluanide	196	27	F	Sulfamide	"+++"
vinchlozoline	19	6	F	dicarboximide	"++"