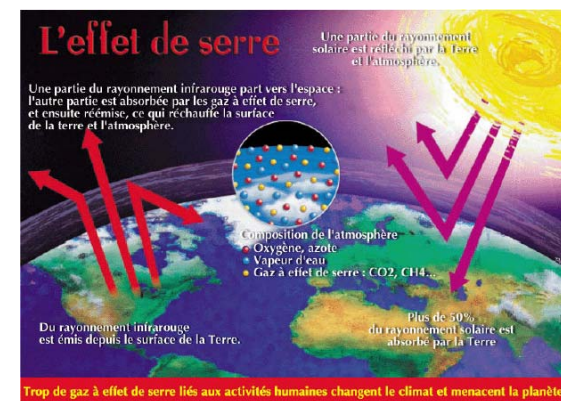
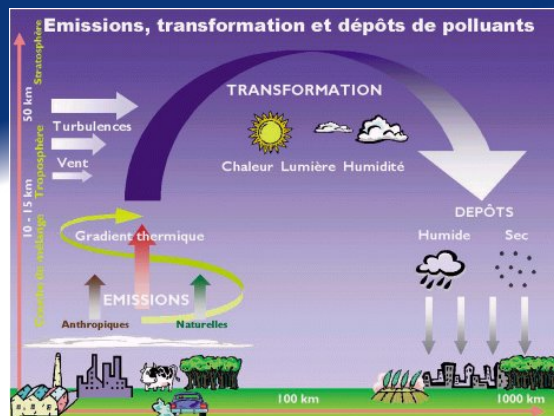




CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

Environnement et activités spatiales



Sommaire

1. Généralités

2 Plan de Mesures Environnement

- Mesures physico-chimiques
- Bio-indicateurs

- **La protection de l'environnement: préoccupation majeure des sociétés « post industrielles »**
- **Les problèmes environnementaux: une coopération internationale à l'échelle planétaire**
- **Des programmes spatiaux majeurs dédiés à l'observation des planètes et aux aspects environnementaux.**
- **Les activités spatiales: des financements gouvernementaux via les agences spatiales**

- Les activités de lancement d 'engins spatiaux:

- **Sont des activités de haute technologie,**
- **Nécessitent de la propulsion très haute énergie,**
- **Sont des activités ponctuelles,**
- **Sont très médiatisées,**
- **Doivent être cohérentes avec les politiques nationale et internationale des agences spatiales,**
- **Sont soumises à la réglementation Française et Européenne concernant les installations Classées pour la protection de l 'Environnement**

Obligations réglementaires

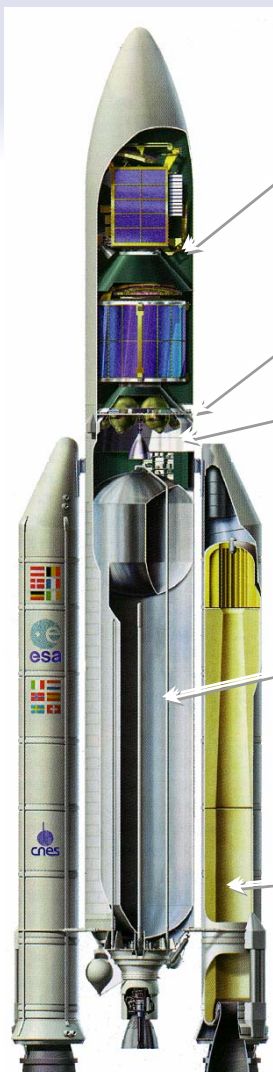
La majorité des installations du CSG sont des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation, dont certaines sont soumises à la Directive Seveso II.

Ces installations sont autorisées d'exploitation dans le respect des textes en vigueur : Code de l'environnement (loi 1976 et décret de 1977, SEVESO II, Code du travail, règlement pyrotechnique et règlement sauvegarde).

Surveillance de l'impact des activités sur l'environnement

- Pollution de l'eau – Analyses des eaux process avant chaque rejet et surveillance des effets sur l'environnement :
 - analyses des eaux souterraines et eaux de surface (1 point en amont et 2 en aval des installations) semestrielles ; mesures sur les sédiments, la faune (poisson) et la flore, une fois par an.
- Pollution de l'air – Surveillance des rejets des systèmes de neutralisation et surveillance des effets sur l'environnement :
 - suivi des retombées en alumine sur l'avifaune ;
 - alumine + gaz chlorhydrique sur la flore (pluviolessivats) ;
 - à chaque lancement, surveillance des retombées de poussières dans l'atmosphère des agglomérations de Kourou et Sinnamary et sur la BLA ; contrôle des paramètres HCl, Al₂O₃, N₂O₄ et produits hydrazinés.
- Pollution par le bruit – Mesures faites de Vol 501 à Vol 504 - Redondance
- Surveillance des sols – Sans objet

• COMPARAISON ARIANE 5 G ET ARIANE 5 ECA



- Satellites :**
 - . quantités variables
 - maximum environ 9 t.
- Case à équipements :**
 - . Hydrazine : 70 kg.
- Etage Supérieur Cryotechnique (ESC-A) :**
 - . LH2 : 2.7 t.
 - . LOX : 12 t.
- Etage Principal Cryotechnique (EPC) :**
 - . LH2 : 25 t.
 - . LOx : 130 t.
- Etage d'Accélération à Poudre (EAP) :**
 - . Propergol solide : 237 à 260 t.



- Satellites :**
 - . quantités variables
 - maximum environ 9 t.
- Case à équipements :**
 - . Hydrazine : 70 kg.
- Etage à Propergol Stockable (EPS) :**
 - . N2O4 : 6,5 t.
 - . MMH : 3,2 t.
- Etage Principal Cryotechnique (EPC) :**
 - . LH2 : 25 t.
 - . LOx : 130 t.
- Etage d'Accélération à Poudre (EAP) :**
 - . Propergol solide : 237 à 260 t.

• Produits de combustion majoritaires ARIANE 5

Altitude (m)	Time (s)	Ejected mass (kg)	Total mass/Meter (kg/m)	Al ₂ O ₃ (kg)	CO/CO ₂ (kg)	HCl (kg)	H ₂ /H ₂ O (kg)	N ₂ (kg)
100	10.4	26,684	267	8,249	6,625	4,973	4,823	1,958
200	12.5	10,066	101	3,268	2,625	1,970	1,406	776
300	14.2	8,220	82	2,670	2,144	1,610	1,144	634
400	15.5	6,329	63	2,056	1,652	1,240	879	488
500	16.7	5,876	59	1,910	1,534	1,151	815	453
750	19.2	12,344	49	4,014	3,224	2,420	1,707	953
1.000	21.4	10,977	44	3,571	2,869	2,153	1,512	848
1.500	25	17,983	36	5,851	4,700	3,528	2,477	1,389
2.000	28	14,267	29	4,630	3,719	2,791	1,998	1,099
3.000	33.5	42,188	42	7,814	6,276	4,711	3,481	1,855
5.000	42.9	35,484	35	11,349	9,115	6,842	5,408	2,694
7.500	51.8	31,584	13	10,056	8,077	6,063	4,935	2,387
10.000	59.5	28,505	11	9,104	7,312	5,489	4,378	2,161
Sum		250,507		74,542	59,872	44,941	34,963	17,695

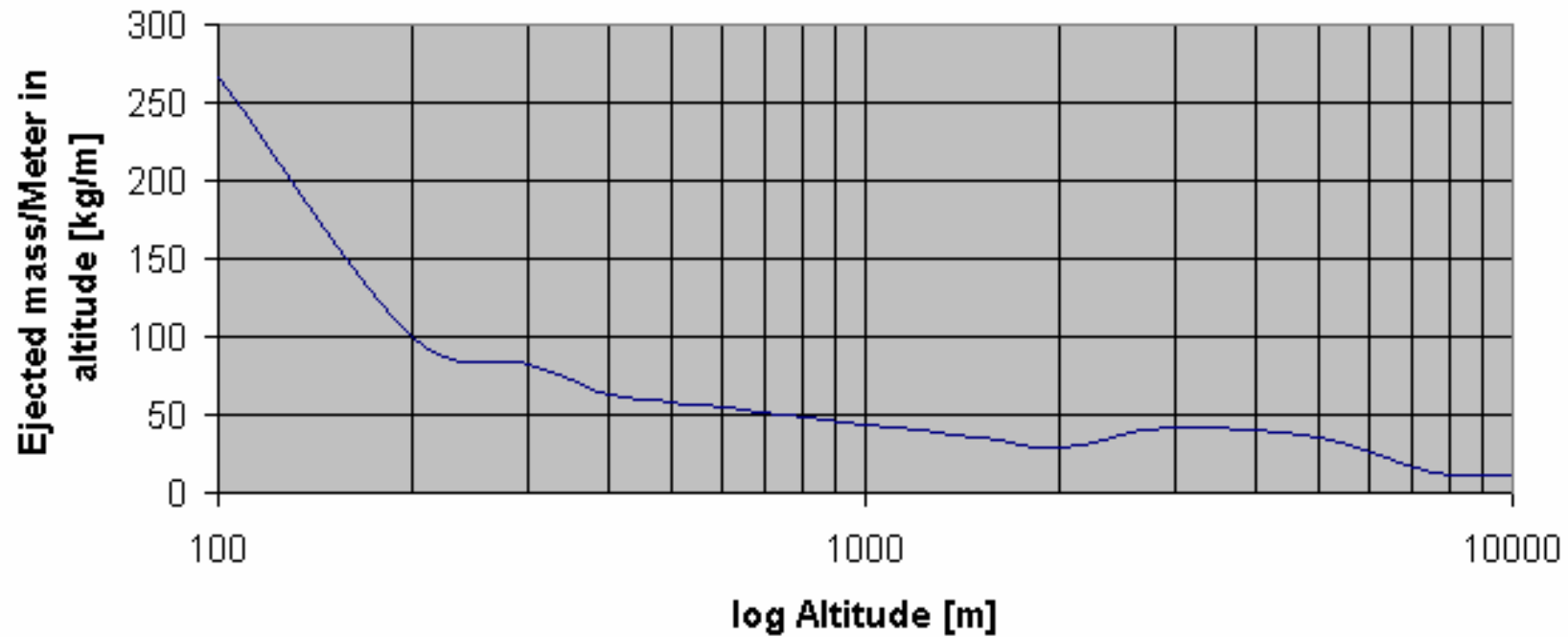
Table 11 Quantity of the Ariane 5 rocket emission products in different altitudes of the troposphere [DR2]

HCl / CO / CO₂ / Al₂O₃

Concentrations significatives autour de la zone de lancement n°3 (500m)



Change of the amount of exhaust gases of Ariane 5



• EFFETS SUR SANTE / ENVIRONNEMENT

GAZ CHLORHYDRIQUE (HCl)

Toxique pour l'homme

- **Acide fort en solution** - risque de brûlures cutanées
- **Gaz suffocant** - irritation par inhalation
- Valeur seuil en atmosphère de travail - **VLE = 7.5mg/m³**
- Valeur seuil cas accidentel - **SEI (30mn) = 119 mg/m³**
- Risque de pluies acides (flore)
- VTR = 0.02mg/m³

ALUMINE (Al₂O₃)

- Le risque relatif à l'alumine n'est pas lié à sa nature chimique mais à son état de poussière
- Valeur seuil en atmosphère de travail - **VME = 10 mg/m³**
- Rares fibroses pulmonaires observées (ex: Mines)
- Ion aluminium peut être phytotoxique (flore)
- Terre de Guyane riche en alumine (Kaw riche en bauxite: 30% d'alumino-silicate).

1. Rappel sur les données existantes (1/2)

Etat initial du BEAP – Objectifs des études réalisées (méconnaissance du milieu et des impacts) – Critères météo de stabilité thermique de l'air et vitesses de vent

- **Vidéométrie** (CSG) – Voir la hauteur de stabilisation et dispersion du nuage (fermeture de la RN1)
- Développement d'un **modèle de dispersion** spécifique
- Analyses des **retombées chimiques** (Apave) – Algade
- **Thermographie** Infra-Rouge (Apave) – Avoir la T°C à cœur du nuage pour recalculer le modèle
- **Mesures Hydrologiques** (IRD/ORSTOM et INRA) - suivi de variation pH dans les criquets – Pas de corrélation d'augmentation de pH associé à l'activité
- Analyses de l'**eau du carneau** (EDF/PS)
- Mesures d'**impact sur la flore** (INRA et IRD) – Suivi ficus et feuilles de bois canon + radis (impact soleil) – mesures à l'intérieur et à l'extérieur de la feuille
- Mesures d'**impact sur la faune** (HYDRECO (poissons) / Ecole Vétérinaire (rats))

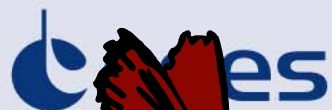
1. Rappel sur les données existantes (2/2)

Réalisation de l'état initial de ELA3 – Domaines étudiés – Instituts de Recherche

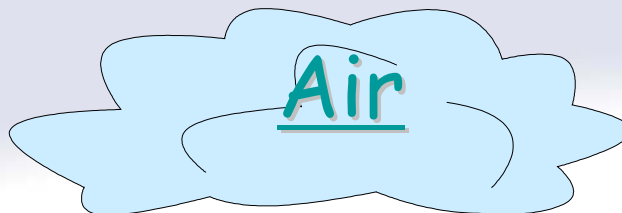
- **Hydrologie** (Passoura, Karouabo et Malmanoury),
- **Pédologie** (domaine du CSG – IRD),
- **Faune aquatique** (IRD),
- **Flore** (INRA), avifaune du littoral, mangroves et marais côtiers

Cet état zéro a été réalisé en collaboration avec des organismes extérieurs (IRD, CNRS, Universités, ENGREF, INRA, ECOBIOS,...).

- **Analyses du bruit de fond** – Travaux de Sabatier sur la caractérisation de l'atmosphère du CSG,
- **Etude des sols** (analyses physico-chimique),
- **Suivi vidéométrique** et mesures pour la validation du modèle de dispersion SARRIM.



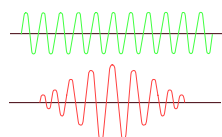
faune



(24 appareils en continu,
40 préleveurs d'air)



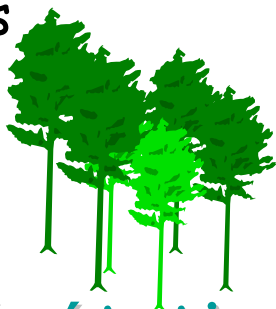
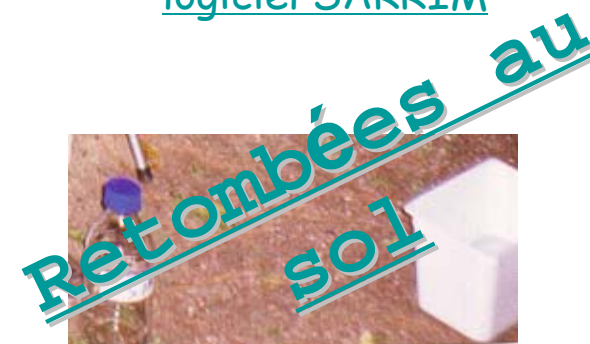
Application du
logiciel SARRIM



bruit et
vibrations

3 sites

Plan de mesures
environnement
Ariane 5



Végétation

10 arbres

Eaux de surface et souterraines

(3 sites, 2 en ZL3 et 1 au BAF)



(alumine, HCl)
45 sites

Mesures liées aux lancements : Mesures de la qualité de l'air (Appareil type « Algade », « Zellweger », bac à eau), de la qualité de l'eau de la crique Karouabo (préleveur automatique), suivi de l'avifaune (annuel), mesures de bruits et vibrations (réalisées jusqu'à A.504), suivi de la végétation (analyses des eaux de pluies prélevées sous le couvert végétal).

Mesures et contrôles liés aux activités sol : surveillance des eaux de surface et souterraines (bi-annuelle), surveillance de la faune aquatique (annuelle), surveillance de la colonie d'échassiers (annuel), et analyse des métaux lourds dans les sédiments (annuelle).



Suivi
échassiers

Suivi faune aquatique

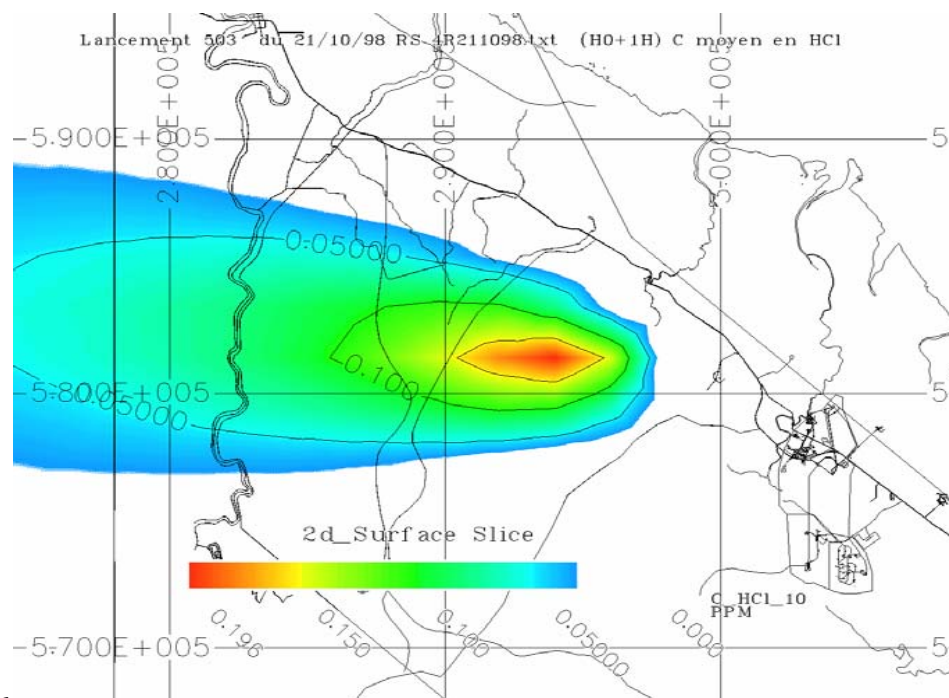


Suivi avifaune
14

- Simulation de dispersion atmosphérique de polluants

Modélisation de la trace du nuage au sol en fonction des données météorologiques (logiciel SARRIM)

Optimisation de l'emplacement des capteurs



La stabilisation et la dispersion du nuage

H0 + 7mn 45s

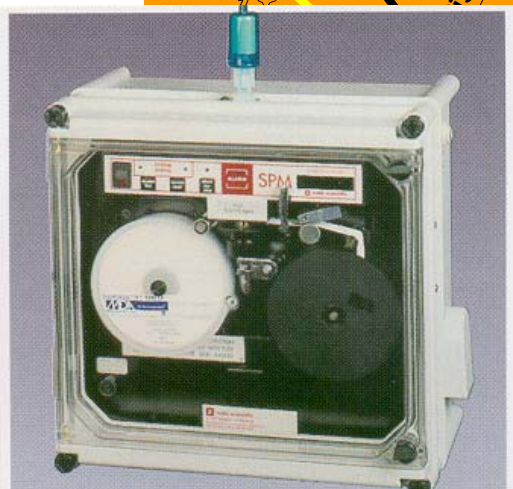
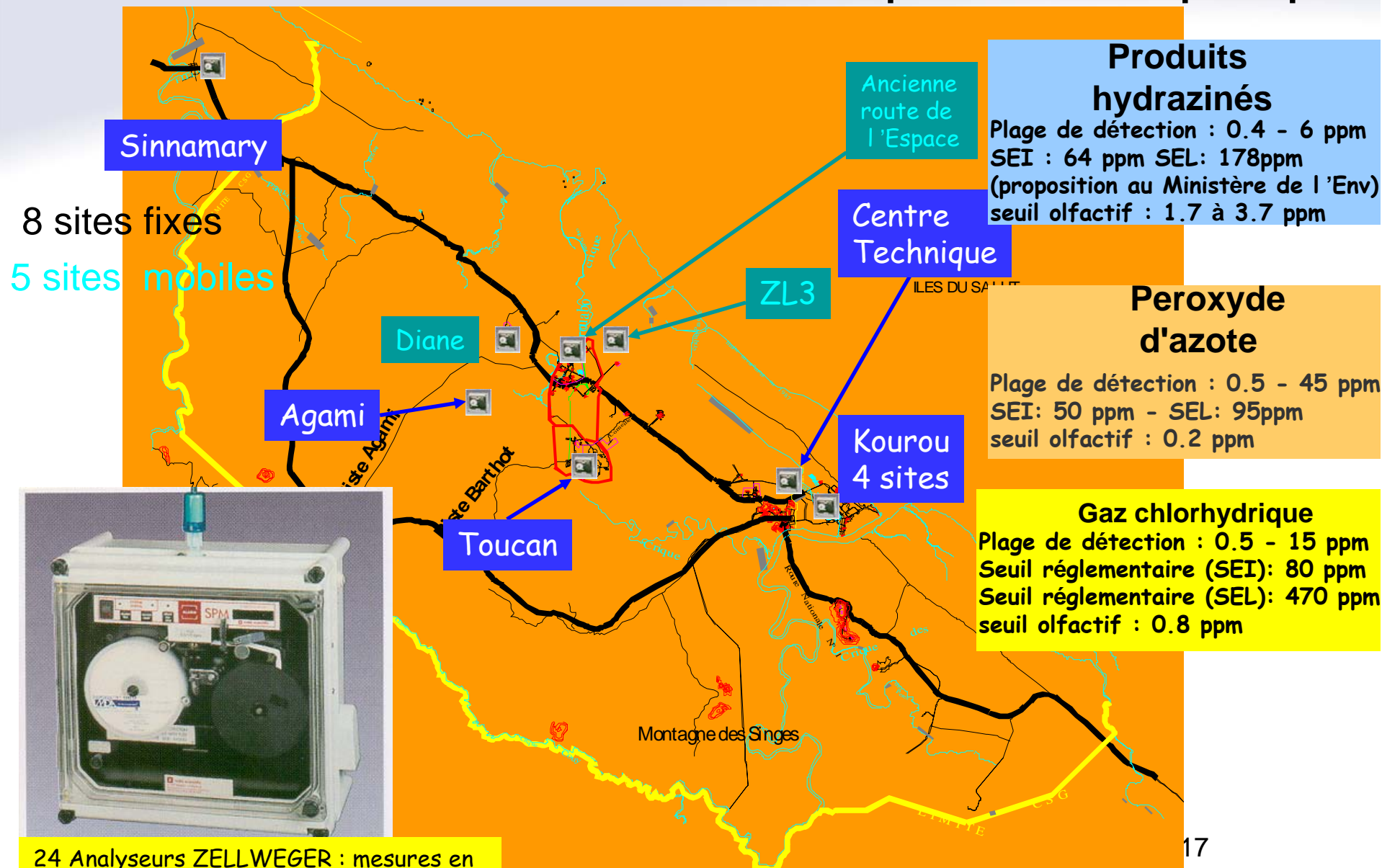
L'eau des déluges alourdit le nuage de combustion et
et
une grande partie des polluants émis retombent à
proximité de la ZL3

stabilisation 1500m

Une fois stabilisé, le nuage va
commencer à se diluer.
Les particules d'alumine,
chargées d'acide, subissent
l'influence des courants d'air et
sont dispersées avant leur
arrivée au sol.



Mesures des retombées au sol des polluants atmosphériques

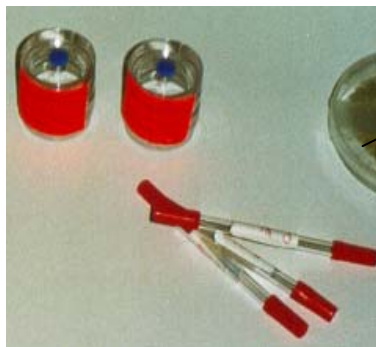


24 Analyseurs ZELLWEGER : mesures en continu pendant les lancements.

Préleveur Algade

Tubes - HCl (chromatographie ionique)

Filtres - Alumine (AAS)



Pièges à eau

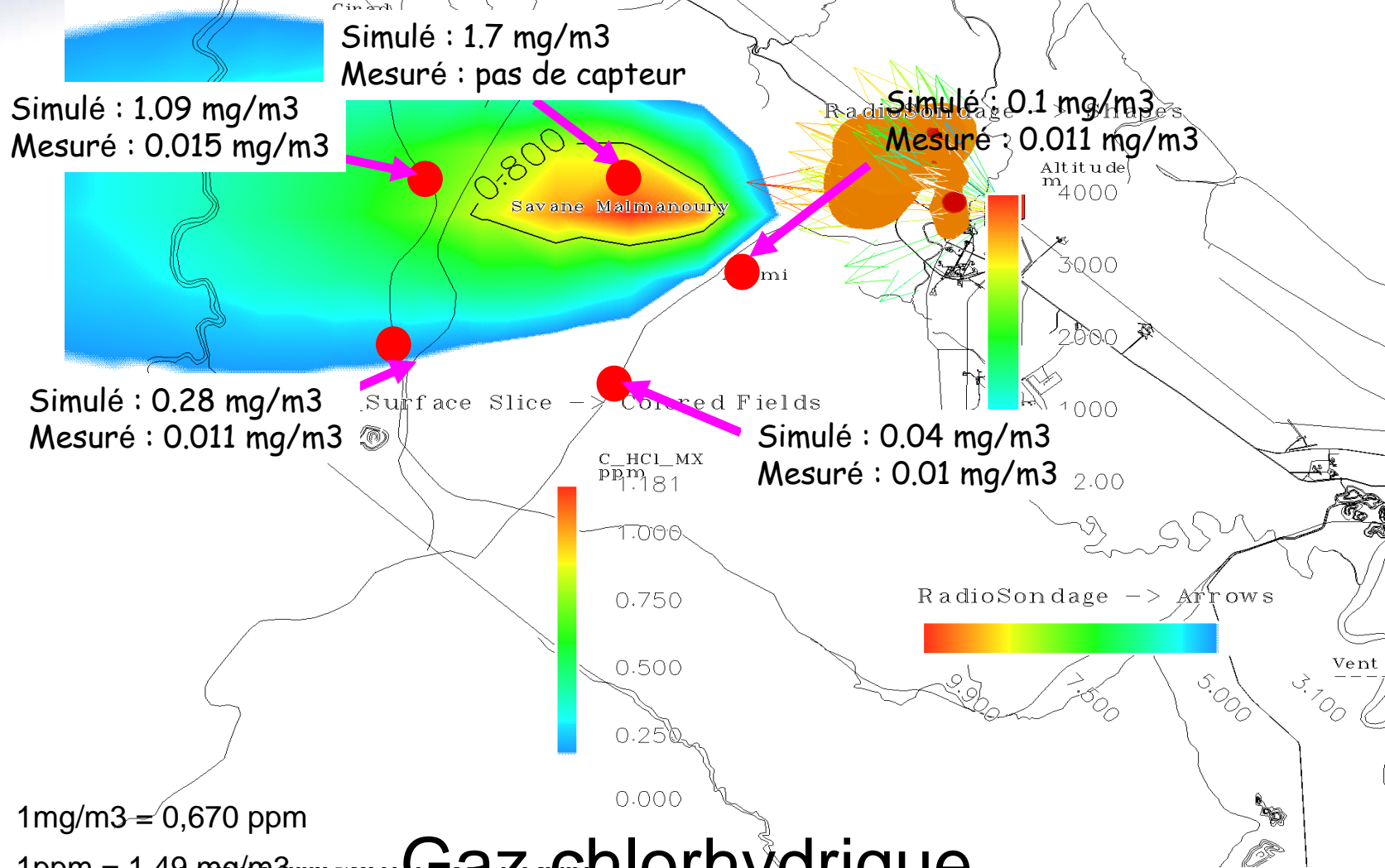


Particules minérales $>0.7\mu\text{m}$
pH
Conductivité
chlorures
Aluminium

Vent : 0 - 700m : 95°
800 - 3000m : 125°



Simulation SARRIM : lancement nominal ARIANE 520 (V165) : Cmax HCl (ppm)
Position du nuage stabilise (hauteur de stabilisation de 1303.3 m)
RS de 12/18/2004 a 17:04:00.00 TU



1mg/m³ = 0,670 ppm
1ppm = 1,49 mg/m³

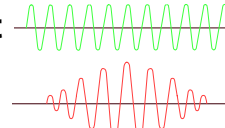
Gaz chlorhydrique



pH
Conductivité
Chlorures
Aluminium
Sodium

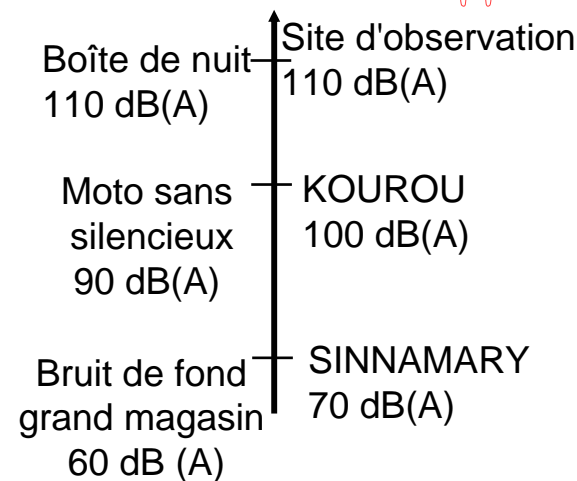
Surveillance qualité des eaux
souterraines et eaux de surface
(paramètres physico-chimiques ; pH,
DBO5, DCO, Al, N total)

Mesures de bruit

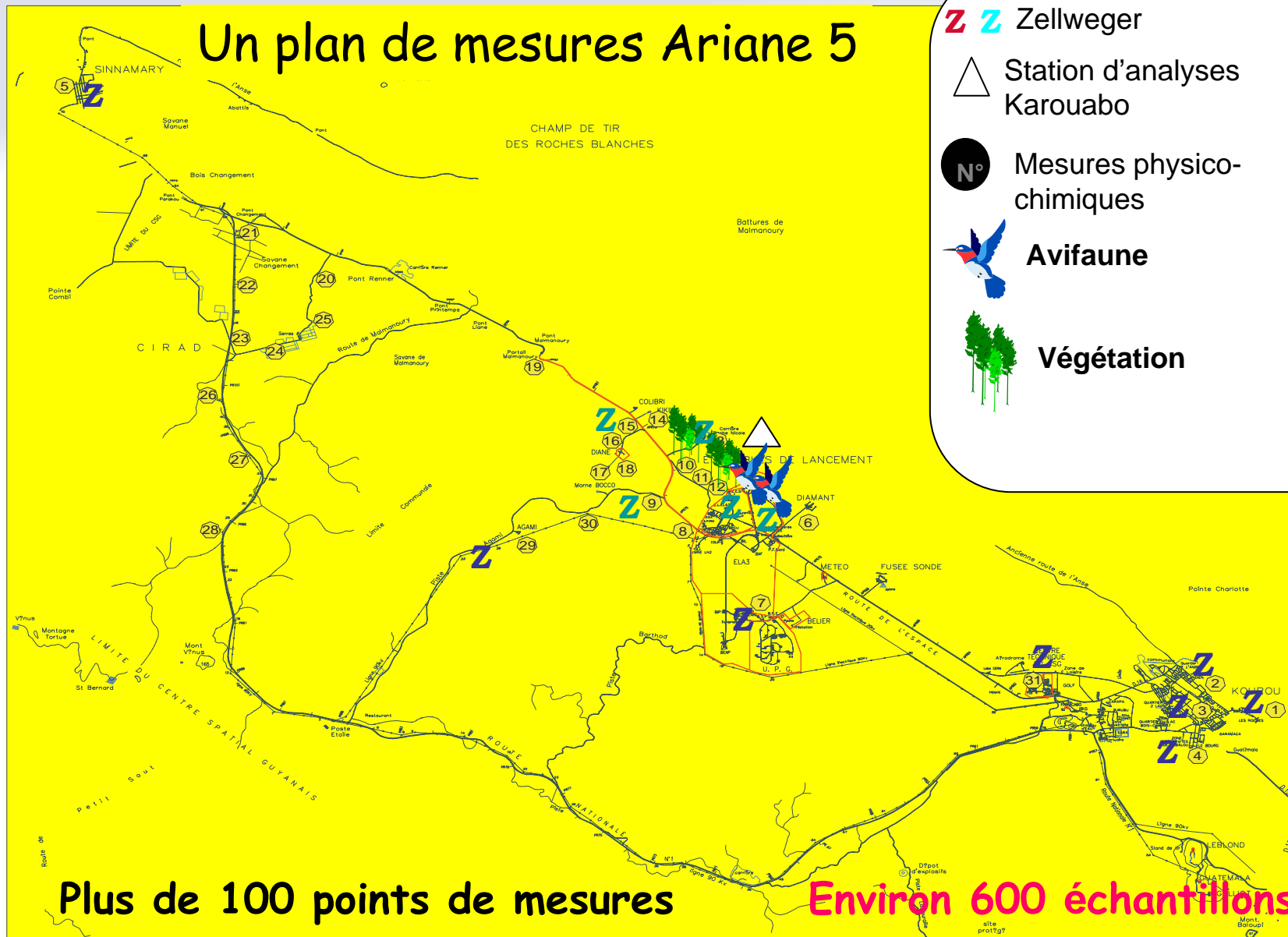



Suivi végétation

Analyse des pluviollessivats
(teneurs en anions, cations, pH,
conductivité) qui renseigne sur la
capacité d'amortissement de la
pollution par la végétation



Un plan de mesures Ariane 5



Z Z Zellweger

Station d'analyses Karouabo

Mesures physico-chimiques

Avifaune

Végétation

Plus de 100 points de mesures

Environ 600 échantillons

15 Mars 2006 - Mercredis de l'espace

•Surveillance annuelle de la faune aquatique

Abondance
Diversité
Caractérisation de l'habitat
Espèces dominantes
Caractéristiques des espèces
(longueur, poids)
Recherches de lésions
Dosages d'aluminium dans les chairs



•Suivi annuel de l'avifaune

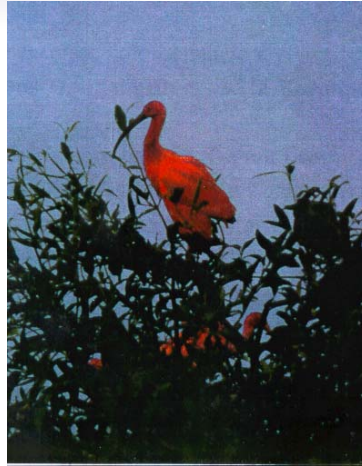
Plumes couvertes :
alumine issu du
métabolisme

Plumes couvrantes :
alumine présente
dans l'atmosphère



- Évaluation de la richesse des espèces
- Etude des comportements

Surveillance annuelle de la colonie d'échassiers



Estimation de la densité
et de la localisation des
nids
des diverses espèces
par transect échantillon

Estimation du
succès
reproducteur des
diverses espèces

Recensement
exhaustif de la
nidification des
espèces rares

Résultats des PME en 2004

Qualité de l'air : Impact très localisé autour de la ZL3. En champ lointain, faibles retombées.

Qualité des eaux :

Eaux process : Rejets des eaux en conformité avec l'arrêté.

Eaux de surface, eaux souterraines et eaux des rivières : Pas de variations observées des paramètres physico-chimiques par rapport à l'état initial.

Avifaune : En champ proche, impact visible sur plumes couvrantes et pas de modification du métabolisme. Pas d'effets sur le comportement des oiseaux ni sur la qualité des peuplements aviens plutôt élevée. En champ lointain, impact faible sur plumes couvrantes.

Faune aquatique : Faible densité de populations dans la Karouabo. Tendance à de plus grandes concentrations d'aluminium chez certaines espèces. La Malmanoury est non impactée. Il n'y a pas de relation entre le poids des poissons et le taux d'aluminium dans les muscles.

Végétation : Impact localisé en champ proche dans un rayon de 250 à 500m avec des concentrations plus élevées en chlorures et aluminium sur les feuilles nécrosées. Ailleurs, aucun impact n'a été relevé.

Réflexion sur le plan de mesures environnement global du CSG à l'échelle locale

Plus de voies de progrès significatifs à attendre sur la modélisation/métrologie (constat d'atteinte des limites)

Pour interpréter la mesure et lier les impacts aux évolutions observées du milieu :

- Réaliser une étude globale et mettre en cohérence les acquis
- Chercher des partenariats avec des organismes de recherche pour mettre en place un programme de recherches (bio-indicateurs, suivi du milieu, DOT...) dans les domaines présentant un manque de données pour mieux appréhender les processus d'interaction complexes du milieu naturel à toutes variations de mesures ponctuelles constatées.

Un rapport d'expert dirigé par l'IRD : au niveau scientifique, manque d'éléments sur les processus de transfert par exemple.

Dès 2006, débutera une thèse sur l'impact à long terme des activités du spatial.

Chaque plan de mesures donne lieu à un rapport qui est largement diffusé aux mairies de Kourou et Sinnamary, à la DRIRE, DIREN, ORA de Guyane, ONF, ADEME, S3PI, IRD, ...

Ils sont disponibles en ligne sur le site du SPPPI à l'adresse :
www.ggm.drire.gouv.fr

Site internet du CSG : thème environnement + lien vers le site du S3PI

