

SPACE APPLI 2012

Monde associatif et monde spatial

*Opportunités de les relier au service
de l'environnement et de l'humain.*

Bruno GENTY

Président

FNE : France Nature

Environnement, Paris, France

information@fne.asso.fr

Rémy MARTIN

Président

FNE Midi Pyrénées

Toulouse, France

contact@fne-midi.pyrenees.fr

Frédéric MANON

DCT/SB/VS

CNES

Toulouse, France

frederic.manon@cnes.fr

Résumé — Les APNE (*Associations de Protection de la Nature et de l'Environnement*) sont aussi des sentinelles de l'environnement sur Terre, comme les satellites le sont depuis l'espace. Ces 2 réseaux de vigilance sont très actifs et complémentaires mais ne semblent pas reliés. Cet article se propose d'étudier sans prétention l'opportunité de les connecter, du moins d'initier les premiers axes de réflexions pour le faire.

Environnement, Nature, Association, Satellite, Surveillance, Protection

I. INTRODUCTION

La fédération France Nature Environnement (FNE), avec une expérience de plus de 40 ans, fédère environ 3000 APNE regroupant 850 000 adhérents bénévoles, (métropole, départements – territoires - collectivités d'outre-mer). Elle constitue de fait un formidable vivier d'initiatives et d'idées, un réseau de vigilance très vaste, et un vecteur de communication et d'échanges extraordinaires pour la sensibilisation du citoyen et des élus aux questions environnementales.

De leur côté, les satellites sont de formidables outils de surveillance et de collecte d'informations de toute nature et à grande échelle, permettant d'avoir des instantanés de notre environnement et de voir ou prévoir son évolution, pour agir et préserver la planète, mieux gérer ses ressources, et contribuer aux choix nécessaires.

Pourtant, alors que ces 2 réseaux de sentinelles sont très actifs à des échelles différentes et complémentaires, tournés vers un même objectif, ils ne semblent pas reliés, chaque réseau ignorant les capacités et compétences de l'autre. D'un côté, le rôle et les résultats des missions spatiales sont peu ou pas connus du monde associatif, et de l'autre, le secteur spatial n'intègre pas l'expérience et le travail de terrain des bénévoles. On peut alors se poser les questions suivantes :

- N'y a-t-il pas un moyen de **valoriser** et rendre plus efficient le travail des missions spatiales et celui des

associations en corrélant données spatiales et observations in situ réalisés par les bénévoles ?

- N'y a-t-il pas des problématiques identifiées par le milieu associatif qui pourraient **contribuer** aux appels à idées sur les futures missions spatiales, comme sur la biodiversité par exemple ?
- Les APNE ne pourraient-elles pas devenir un relais efficace pour **communiquer** auprès du grand public sur le rôle et l'importance des missions spatiales ?

En résumé, en quoi et comment les APNE pourraient-elles être complémentaires des missions spatiales, et inversement ?

Au travers de ces différentes questions, nous proposons d'aborder l'opportunité de rapprocher les 2 réseaux dédiés à l'environnement, associatif et spatial, en tentant d'identifier des axes de collaboration ou du moins de réflexion, pour partager l'acquis, enrichir les moyens de surveillance, mieux communiquer, et ainsi préparer l'avenir de la planète.

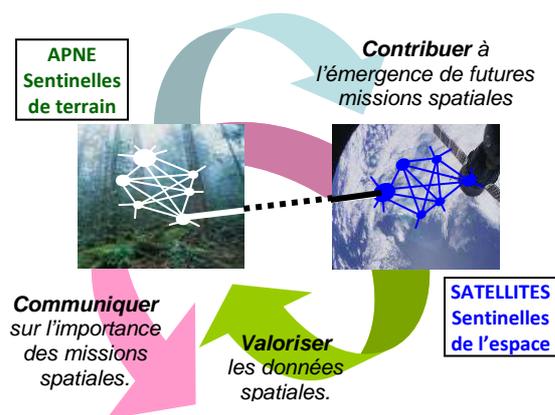


Figure 1. Les 2 réseaux des sentinelles de l'environnement
Opportunités et perspectives de les connecter.

II. LES APNE, DES SENTINELLES SUR LE TERRAIN

A. *Un vaste réseau national de compétences et d'idées*

Des sommets des Alpes aux mangroves de Guyane, les associations de protection de la nature et de l'environnement interviennent sur tout le territoire français, en métropole et outre-mer. La fédération France Nature Environnement (FNE) rassemble 3000 de ces associations, représentant 850 000 bénévoles, pour être le porte-parole depuis plus de 40 ans d'un vaste mouvement citoyen, pour une nature préservée et un environnement de qualité. En région Midi-Pyrénées, ce sont plus de 140 associations membres soit près de 10 000 citoyens qui sont rassemblés autour de la fédération régionale FNE-Midi-Pyrénées affiliée au mouvement FNE.

B. *Des interlocuteurs incontournables sur les questions environnementales ...*

Reconnue d'utilité publique depuis 1976, pour son travail d'alerte, de concertation et de proposition, FNE et son réseau d'associations est un acteur incontournable du dialogue environnemental, que ce soit en étant partie prenante lors des négociations du Grenelle de l'environnement, ou bien en siégeant dans plus de 200 instances nationales de concertation, dont le Conseil économique, social et environnemental (CESE), le Comité national de l'eau, le Conseil supérieur des installations classées ou encore le Conseil national de protection de la nature....

C. *... et aussi des partenariats constructifs*

FNE construit des partenariats avec différents types d'organisations : établissements publics ou entreprises privées, fondations, etc. A travers cette démarche, un dialogue permanent est entretenu avec différents acteurs de la société. Les objectifs : développer avec les partenaires des projets de protection de la nature et de l'environnement et favoriser l'émergence d'une économie responsable.

D. *Un travail de terrain et de sensibilisation indispensable*

Que ce soit sur les questions de climat, biodiversité, mobilités durables, agriculture, forêt, eau, risques industriels, prévention des déchets, économie verte, les APNE développent individuellement leur expertise sur le terrain jour après jour. En favorisant la mise en réseau, FNE permet aux compétences de chaque APNE, confrontées aux mêmes questions, de partager leurs expériences, et de s'enrichir mutuellement au bénéfice de l'environnement.

Concrètement, les associations travaillent pour faire progresser la préservation de l'environnement en alternant actions de terrain (réhabilitation de sites, inventaires naturalistes, actions sur l'éco-consommation, surveillance et alertes, etc.) et sensibilisation - communication auprès du grand public et des élus pour placer les enjeux environnementaux au cœur des décisions publiques.

III. COMPÉTENCES ET ENGAGEMENT: LES 2 PILIERS DU MOUVEMENT ASSOCIATIF

A. *Faibles moyens mais compétences et engagements bénévoles*

Le travail de terrain touche de multiples domaines, et souvent les moyens disponibles pour réaliser les études, mener les inventaires, effectuer les observations, ne sont pas à la hauteur des enjeux. Les APNE sont des associations à but non lucratif, et leurs faibles ressources financières ne permettent pas d'engager tous les moyens nécessaires pour mener dans les meilleures conditions leurs projets. Les profils des associations sont très variables, s'intéressant à un domaine particulier ou à plusieurs, comprenant quelques dizaines de membres bénévoles à plusieurs centaines, certaines ayant une équipe de salariés qui gère et anime l'association. Les profils sont différents, les compétences aussi, mais toutes sont animées d'un même engagement, et la qualité des études et travaux réalisés par les équipes associatives s'élève très souvent au niveau de celui des cabinets d'experts ou des bureaux d'études professionnels.

Les 3 exemples de projets décrits ci-après, illustrent bien l'apport du travail associatif dans la protection de l'environnement, tant par les compétences mises en jeu, que par la diversité des thématiques et des milieux étudiés.

- **Protection de biotope en Guyane** : projet APB (*Arrêté de Protection de Biotope*) pour la protection de la forêt sur sables blancs de Mana : projet porté par l'association **GEPOG** (*Groupe d'Etude et de Protection des Oiseaux en Guyane*),
- **Surveillance du Littoral Sud-Ouest** : projet porté par la **SEPANSO** (*Société pour l'Etude, la Protection et l'Aménagement de la Nature dans le Sud-Ouest, représentant de FNE en Aquitaine*)
- **Lien entre Agriculture et Environnement** : projet porté par **SOLAGRO** (*Entreprise associative à but non lucratif*)

B. *Trois exemples de projets représentatifs du travail associatif*

1) *Le GEPOG en Guyane Française*

a) *Le projet de préservation du biotope des forêts de sables blancs*

Les forêts sur sables blancs de Mana représentent un biotope très mal connu en Guyane et fort peu préservé. Or, ces quelques 25000 hectares de forêt sont aujourd'hui très menacés car souvent situés au cœur d'un



Forêt amazonienne Photo © GEPOG

aménagement rural d'attribution de parcelles agricoles. Le GEPOG se propose donc de coordonner des inventaires pluridisciplinaires afin de caractériser cet habitat rare et

fragile et d'émettre des recommandations en vue de sa conservation.



Un incontournable : l'observation in situ - Photo © GEPOG

Les objectifs du projet, porté par le GEPOG sont multiples :

- faire le point sur les peuplements d'animaux protégés évoluant au sein de l'APB,
- faire le point sur le mitage illégal de l'espace et dégager des tendances évolutives,
- proposer des mesures conservatoires applicables et pertinentes,
- sensibiliser les élus et mieux connaître la population illégalement installée,
- produire un document de référence sur cet espace naturel protégé,
- améliorer considérablement les connaissances naturalistes sur cet écosystème.



Baguer les oiseaux
Photo © GEPOG

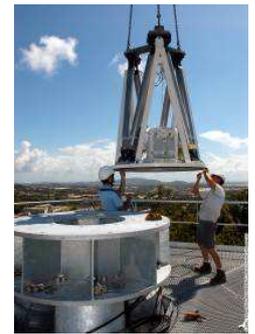
Dans le cadre de ce projet, l'accessibilité à l'imagerie spatiale est très importante et permettra, entre autre, d'analyser l'évolution de l'emprise de l'occupation humaine non réglementaire affectant le biotope.

b) Les autres besoins en imagerie spatiale du GEPOG

Les équipes du GEPOG travaillent également sur le suivi de l'évolution des traits de côtes et de la dynamique des bancs de vase dans le cadre de leurs études sur les limicoles (Petits échassiers caractérisés par leur habitat : marécages, zones humides de l'intérieur des terres et des rivages marins). Ce sont donc également des domaines d'actions privilégiés pour l'utilisation d'images spatiales. Pour une autre action de terrain, le GEPOG a équipé des Hérons agami en balises argos. L'utilisation de l'imagerie spatiale sera d'une aide pertinente lorsqu'il s'agira d'étudier les zones préférentielles d'alimentation ou de migration de ces oiseaux.

c) En Guyane, des données spatiales disponibles, mais un manque de formation à l'utilisation

A Cayenne, en février 2006, a été mise en service la station de réception des données de télédétection SEAS (Surveillance de l'Environnement Amazonien par Satellite). Cette station permet de réceptionner directement les images acquises par les satellites d'observation de la Terre, Spot et Envisat, dans le but de créer un centre de référence pour la connaissance et le suivi des dynamiques de l'environnement amazonien. Installée par l'IRD (Institut de la Recherche et du Développement), et cofinancée en grande partie par la Région Guyane, le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales), l'Etat et les fonds européens, les données recueillies sont mises gratuitement à la disposition de la communauté scientifique, des services de l'Etat, des collectivités, des bureaux d'études, etc.



L'antenne SEAS inaugurée le 07 février 2006, en Guyane, © CNES



Limicoles :Bécasseaux semipalmés *Calidris pusilla*, Kourou, février 2009 © J.-P. Policard / Gépog

On peut cependant regretter que le milieu associatif dont l'utilité et la qualité du travail n'est plus à démontrer, n'ait pas été identifié dès le départ du projet SEAS comme partenaire utilisateur des données spatiales réceptionnées, traitées et centralisées par SEAS. Et pour le GEPOG, même si l'accès aux données SEAS ne présente pas la plus grande des difficultés, l'absence d'accompagnement dans le choix des données pertinentes pour les études, et l'aide nécessaire à l'analyse et l'interprétation, sont très souvent un obstacle difficilement franchissable par les membres de l'association.



Héron Onoré agami © GEPOG

2) Surveillance du Littoral Sud-Ouest par la SEPANSO

a) Descriptif du projet

La surveillance et la protection du littoral est un enjeu fort sur le plan national. En effet, sans tenir compte des territoires d'outre-mer, à elle seule, la France métropolitaine comprend 3427 km de côtes sur ces quatre façades maritimes (du nord au sud) : la mer du Nord, la Manche, l'océan Atlantique et la mer Méditerranée.

Un des projets de la SEPANSO est d'apporter sa contribution dans la surveillance du littoral de la façade atlantique, et de façon complémentaire au travail déjà réalisé par les organismes concernés, comme l'Observatoire de la Côte Aquitaine. Cette contribution s'oriente sur différentes problématiques qui concernent l'érosion littorale et le recul du trait de côte, les évolutions sensibles de l'habitat des zones intertidales (zone de balancement des marées ou estran), et les conséquences des ré-ensablements des plages des stations balnéaires du fait de l'érosion.

Au-delà de ce projet dédié au littoral, la SEPANSO s'intéresse aussi aux problèmes de turbidité des eaux qui peuvent être de bons marqueurs des phénomènes de pollution, aux températures de surface des eaux, autre marqueurs des pollutions liées aux effluents, et aussi aux phénomènes d'artificialisation des sols à l'échelle régionale induits par l'emprise de l'habitat, des infrastructures de transports, des zones industrielles et commerciales.

b) Un accès gratuit à l'imagerie spatiale est espéré

Les projets de surveillance et d'étude de la SEPANSO ont besoin de l'imagerie satellite de différentes natures telles que la haute résolution de type "Pleiade" ou bien des images à moyenne résolution de type MODIS (2 images par jour à résolution de 250 m) pour le suivi et l'étude de l'occupation des sols à échelle régionale.

Mais les moyens financiers nécessaires pour accéder aux images satellites sont un obstacle insurmontable pour les APNE qui disposent souvent de quelques centaines d'euros par an pour l'achat de fournitures. Or pour jouer un rôle de sentinelle elles ont besoin de connaître comment évolue leur environnement. Cependant, des solutions existent, comme le programme KALIDEOS-Littoral, créé par le CNES au cours de l'année 2006, et qui a pour objectif le développement de bases de données de télédétection de référence à destination de la communauté scientifique et de la recherche, et ce gratuitement. Ici encore, l'accès gratuit aux images pour les associations, leur permettrait de réaliser leurs surveillances dans les meilleures conditions et avec beaucoup plus d'efficacité et de pertinence.

c) Quelques exemples d'utilisation de l'imagerie spatiale d'après la SEPANSO

Surveillance et évolution

L'érosion littorale et le recul du trait de côte sont quantifiés grâce à des images satellites à très haute résolution. Par exemple, l'Observatoire de la Côte Aquitaine réalise chaque année des mesures d'érosion sur les 220 km du littoral à partir d'images Spot-5 et Formosat-2. L'utilisation des futurs capteurs Pleiades-1, 2 et Spot-6, 7

avec leurs résolutions inférieures à 1m va améliorer la précision des mesures.

La SEPANSO a besoin de visualiser les images satellites pour mieux s'approprier les résultats des études scientifiques et pour jouer son rôle de sentinelle.

L'impact d'un ouvrage (digue, épi...) tel qu'une érosion à proximité immédiate d'une digue peut être suivi grâce à la répétitivité des clichés satellites à haute résolution et cela dans de bonnes conditions.

A une échelle plus globale, l'élévation du niveau marin suite au réchauffement climatique est obtenue à partir de mesures spatiales altimétriques des capteurs Topex/Poseidon puis Jason.

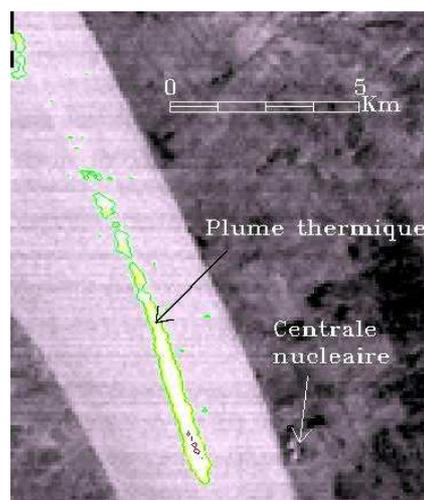
Aménagement et gestion du littoral

De nombreuses stations balnéaires souvent trop urbanisées sont situées en bordure du littoral et sont soumises à des contraintes dues à l'érosion. Il est souvent nécessaire de ré-ensabler les plages ce qui nécessite des prélèvements au détriment d'autres environnements. La télédétection à très haute résolution fournit une cartographie détaillée utilisable pour mettre en place une stratégie du recul comme le préconise le rapport présenté par Alain Cousin suite au Grenelle de la Mer. Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCOT) doivent également bénéficier de la télédétection spatiale pour mettre en place des projets partagés avec les APNE.

Et puis encore ...

Les autres sujets abordés par la SEPANSO :

- **La température des eaux de surface.** C'est un bon marqueur des effluents provenant par exemple de la centrale nucléaire du Blayais. Malheureusement, il est difficile d'obtenir des images satellites Aster et les capteurs spatiaux en infra-rouge thermique actuellement opérationnels sont assez rares.

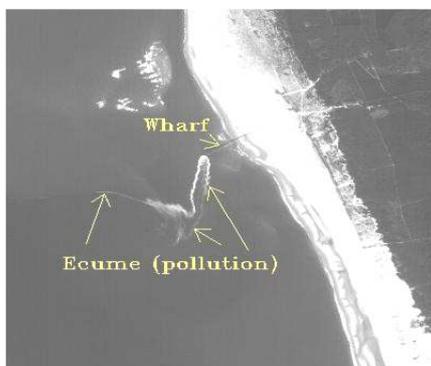


Plume thermique émise par la centrale nucléaire du Blayais (Aster, 22/12/2006) [1]

- **La turbidité des eaux** est facile à visualiser avec des images Modis ou Meris. La turbidité est un bon marqueur des apports fluviaux (et donc des pollutions éventuelles liées aux eaux continentales),



Plume turbide de l'Adour (Meris, 14/03/2006) [1]



Rejet du wharf de La Salie (Formosat-2, 14/10/2011) [1]

- **L'artificialisation des sols.** Elle est le résultat de l'étalement urbain. Elle nécessite des images à haute ou très haute résolution (10m et moins) de type Pleiade, Formosat-2 et Spot.



Ensablement et érosion à Biscarrosse (Formosat-2) [1]

3) Lien entre Agriculture et Environnement par SOLAGRO

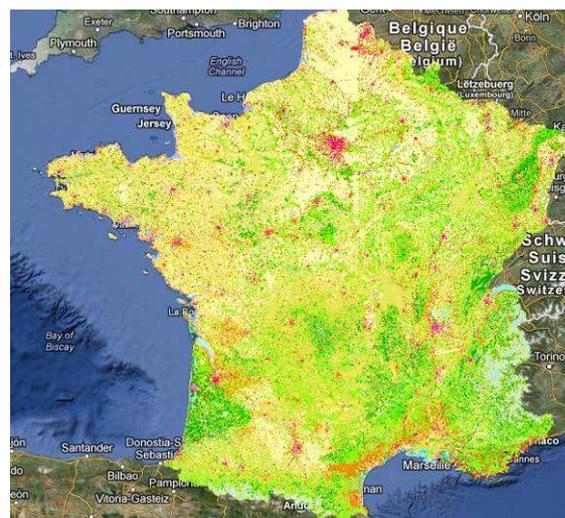
a) Descriptif du projet

L'étude du lien entre agriculture et environnement est aujourd'hui un champ d'étude complexe couvrant plusieurs thématiques : eau (qualité et quantité), biodiversité (remarquable et fonctionnelle), sol (érosion et fertilité), air (émissions de particules fines, de gaz à effet de serre, d'ammoniac), paysage. Toutes ces thématiques requièrent :

- l'utilisation d'un grand nombre de données pour caractériser un état (e.g. : la qualité de l'eau à un moment donné), une pression (e.g. : l'utilisation de produits phytosanitaires) et un impact (e.g. : dégradation de la qualité de l'eau),
- le croisement de différentes échelles d'analyse (micro-parcelle, ilots, exploitations, bassins versants, régions, pays, continent européen)

Les projets en cours à SOLAGRO touchent plusieurs dynamiques en lien avec l'agriculture :

- Caractérisation de l'agriculture à l'échelle régionale et définition de zone à enjeux environnementaux,
- Spatialisation des surplus d'azote agricole en France,
- Spatialisation des émissions de GES de l'agriculture en France,
- Aménagement agro-paysager de bassins versants,
- Analyse de la continuité écologique à l'échelle de communauté de communes,
- Risques de dégradation des sols en Europe et le lien avec les pratiques agricoles,



Carte : Corine Land Cover – France

b) *Un grand besoin en données spatiales mises à jour régulièrement*

Corine Land Cover est aujourd'hui la source d'information la plus utilisée en agriculture pour connaître l'occupation des sols (échelle de résolution 25ha soit des pixels de 500 m x 500 m – mise à jour des données : 6 ans). Mais cette source de données atteint parfois ses limites quand on s'intéresse à une caractérisation de l'agriculture à une échelle plus fine et que l'on souhaite identifier l'évolution de cette caractérisation année après année, voire sur une année.

Une meilleure résolution, un pas de temps plus court et la capacité de « détecter » d'autres paramètres, devraient permettre alors :

- **Une meilleure caractérisation de l'état et des pressions sur l'environnement** et notamment de l'occupation des sols :
 - Assolements (occupation à un moment donné), rotations (succession d'assolement),
 - Couverture des sols en hiver et au printemps (e.g. : analyse de la sensibilité d'un bassin versant à l'érosion),
 - Connaissance des surfaces irriguées,
 - Présence de haies et d'éléments naturels (e.g. : analyse de la continuité écologique ; Trame verte et bleue) et lien avec des RNT,
 - Connaître l'état des éléments paysagers (e.g. : meilleure caractérisation des types de haie : largeurs, hauteurs, espèces, richesse biologique),
 - Suivi de l'étalement urbain.
- **Une meilleure caractérisation des impacts sur l'environnement** :
 - Niveau d'érosion (e.g. : couleur des cours d'eau dans les bassins versants agricoles et relevé des coulées boueuses),
 - Diminution de taux de matière organique des sols (e.g. : couleur des sols),
 - Emissions des gaz à effet de serre (e.g. : suivi des concentrations de méthane et de protoxyde d'azote dans l'air),
 - Emission de particules fines liées au travail du sol,
 - Emission d'ammoniac,
 - Suivi des marées vertes et du niveau d'eutrophisation des masses d'eau.

IV. OPPORTUNITÉS ET PERSPECTIVES

Nous l'avons vu dans les paragraphes précédents, la télédétection spatiale utilisée par les APNE pourrait jouer un rôle prépondérant, en complément des indispensables observations de terrain, due travail d'inventaire, d'étude, de suivi et d'alerte réalisé régulièrement par les bénévoles. Les satellites permettent d'observer à grande échelle les changements d'affectation des sols (agriculture à la place de la forêt), ou de mesurer l'évolution de la trame béton-bitume (étalement urbain et infrastructures) et son intrication dévastatrice et irréversible dans la trame verte et bleue (continuité des couloirs végétal et hydraulique pour la faune et la flore), d'évaluer l'état de la végétation, des zones humides, des rivières, fleuves, lacs, littoral, de surveiller l'état de l'air, l'état sanitaire des forêts ou de leur exploitation et d'évaluer l'avancée de la déforestation (forêts tropicales et boréales), de mesurer l'impact des accidents climatiques (tempêtes, inondations, sécheresses) ou des incendies, etc. Autant de thématiques qui intéressent autant les organismes de surveillance et de protection officiels de l'environnement que le monde associatif. Pour se faire une idée de vaste domaine que recouvrent les différentes problématiques environnementales qui intéressent les APNE, on se reportera à l'ANNEXE en fin d'article.

A. *Rapprocher APNE et organismes institutionnels*

1) *Ne pas se substituer mais être complémentaire*

Les données spatiales sont en effet une source de connaissance globale de ce qui se passe à la surface de la terre, et un petit peu au dessus et en dessous. L'autre source de connaissance est le retour sur le terrain d'observations, de mesures, de constats et d'analyses de situation. Et entre ces 2 sources, on trouve des systèmes d'acquisition de données de toutes natures et méthodes : télédétection spatiale, photos aériennes, webcam, systèmes fixes ou mobiles de mesures automatiques (stations météorologiques, hydrologiques, observatoires air), avec en arrière plan des systèmes complexes de gestion et de compilation des données, d'analyse et de publication de résultats commentés.

Deux exemples illustrent cette complexité :

- **le suivi en continu de la forêt métropolitaine** est faite sur le terrain et grâce à de l'imagerie spatiale et aérienne par un institut spécialisé, « l'inventaire forestier national », doté d'environ 200 agents très spécialisés à plein temps avec un budget annuel de plusieurs millions d'euros,
- **le suivi de la biodiversité**, réalisé essentiellement à partir d'observations humaines de terrain, mobilise en continu des structures dédiées très lourdes et complexes, telles que les muséums, les conservatoires botaniques, etc.

Que peuvent alors apporter les APNE dans l'approche « inventaire systématique » ou « suivi en continu à grande échelle »? Probablement fort peu en tant que tel, car même si l'enthousiasme des naturalistes et spécialistes en faune et flore des associations comme le GEPOG permet de réaliser un travail considérable sur le terrain, il n'a pas la force de

frappe des grands instituts. La mise en place d'un réseau efficace d'observation en continu couvrant une grande zone géographique d'action est impossible vu les moyens financiers et humains nécessaires et ferait probablement doublon avec ce que font les organismes et instituts spécialisés existants. C'est le cas dans le suivi continu et l'inventaire, mais probablement aussi dans d'autres domaines couverts par d'autres institutions, comme pour le travail sur le littoral que suit la SEPANSO qui ne doit pas se substituer à celui de l'Observatoire de la Côte Aquitaine ou des bureaux d'étude.

2) *Le « travailler ensemble » dans la complémentarité, ou le partenariat gagnant - gagnant*

Si les APNE ne peuvent et n'ont pas à se substituer aux organismes et institutions officiels, elles peuvent jouer un rôle tout à fait complémentaire. Par exemple, dans le cas du suivi continu, ou de l'inventaire, il est possible d'améliorer ce qui est opérationnel en incitant par exemple les naturalistes des APNE à renforcer leur participation aux réseaux d'observation systématique déjà opérationnels, en améliorant la coordination interne, et en appuyant les démarches citoyennes d'observation (tel que le réseau d'observation des espèces envahissantes ou de la phénologie par exemple).

Et si cette complémentarité, nécessite une concertation et une coordination sur les partages des rôles, pour être totalement efficace, elle suppose aussi un accès partagé aux données issues des observations satellites et utilisées par les organismes officiels. Des projets pilotes utilisant des données spatiales définis conjointement, serviraient alors de base de départ pour la mise en place de ce « travailler ensemble ».

Se donner raisonnablement les moyens de ses ambitions, c'est aussi éviter de vouloir tout régler d'emblée, c'est rechercher une approche à petits pas : identifier les besoins de base, rapprocher les structures impliquées et intéressées, rechercher les sujets majeurs, les complémentarités dans les compétences, etc. Tout ceci nécessite en amont une réflexion, une recherche de partenariat à minima mais un partenariat gagnant – gagnant entre les APNE et les laboratoires, collectivités, institutions, universités, collectivités, entrepreneurs, et le CNES.

Proposition : La recherche de la complémentarité entre monde associatif et communauté scientifique et institutions au service de l'environnement est un axe de réflexion à privilégier. Elle permettrait d'ouvrir aux APNE l'accès aux images et données satellites, mais aussi d'apporter un support sur des actions critiques ou des points chauds que les services et bureaux d'études de la puissance publique ne sont pas toujours en mesure de prendre en charge. Là encore, les APNE peuvent jouer un rôle particulièrement performant si les moyens leur sont mis à disposition.

B. *Contribuer à l'orientation des choix sur l'utilisation et la définition des missions spatiales*

Les APNE sont par nature à l'affût des lieux à problème pour l'environnement. Elles sont en général les premières à lancer l'alerte quand sur certains secteurs, ou dans certains

domaines (faune, flore, pollution, eau, etc.) il y a risque ou atteinte à l'environnement.

Cette position privilégiée des APNE sur le terrain du constat ou de l'observation, pourrait être utilement exploitée pour faire émerger des propositions sur l'utilisation des données spatiales ou bien orienter le choix des nouvelles missions spatiales afin de les mettre au service de la recherche systématique ou ponctuelle d'informations sur des points chauds ou des problématiques identifiées comme critiques.

Proposition : FNE peut jouer alors plusieurs rôles dans l'utilisation des données et l'orientation des choix des missions spatiales dédiées à l'environnement :

- **Un rôle fédérateur**, en tant que fédération nationale de plus de 3000 APNE, pour collecter idées et propositions sur les missions spatiales,
- **Un rôle de soutien** aux projets, en tant qu'interlocuteur reconnu auprès de la puissance publique, de l'industrie, des collectivités territoriales, etc.

C. *Valoriser les données spatiales par le biais du milieu associatif*

La valorisation des données spatiales pourrait passer par plusieurs volets :

- La mise à disposition sans contrainte de droits d'exploitation : usage gratuit,
- Le développement de compétences et la formation à l'utilisation de ces données,
- La mise à disposition des outils d'exploitation de ces données.

1) *Accès gratuit aux données spatiales*

Des projets de diffusion gratuite de données de télédétection spatiales à destination des communautés scientifiques et universitaires, des bureaux d'études et instituts de l'Etat, ont été mis en place à l'initiative du CNES. C'est le cas avec la station SEAS à Cayenne en Guyane, c'est aussi le cas avec le projet KALEIDOS-Littoral en région Aquitaine. Il suffirait alors que cet accès gratuit à l'imagerie spatiale puisse être ouvert au milieu associatif, afin d'enrichir les actions et démarches de protection de l'environnement.

2) *Une formation indispensable et des outils d'exploitation à partager*

Mais l'accès gratuit aux données spatiales n'est pas suffisant pour faciliter le travail associatif. Nous l'avons vu dans le cas du GEPOG en Guyane avec la station SEAS, mais c'est vrai aussi pour d'autres associations dans d'autres secteurs (SOLAGRO pour l'agriculture), le manque de formation à l'utilisation de la donnée spatiale est aussi un frein et nécessiterait des actions de formation ou d'accompagnement.

Accéder aux données c'est bien, encore faut-il pouvoir les exploiter. Outre la formation, il y a aussi la problématique

des outils d'exploitation, permettant de mettre en forme, visualiser, retraiter les images et les mesures spatiales. Vulgariser l'utilisation des outils d'exploitation des données spatiales pour élargir le panel des utilisateurs et créer un effet de masse, s'appuyer sur l'open source, assurer la maintenance corrective et évolutive des outils, sont autant d'axes à explorer pour améliorer l'exploitation des données.

3) *Le « travailler ensemble », une piste pour la formation accompagnée*

Si l'investissement nécessaire dans une formation directe s'avérait être un obstacle en temps et en moyen, la recherche d'un « travailler ensemble » dans la complémentarité entre communauté scientifique et milieu associatif, serait peut-être une première approche permettant de déverrouiller progressivement le blocage que rencontrent les associations dans l'utilisation des données spatiales.

D. *Communiquer vers le grand public*

Le troisième et dernier volet de réflexion sur l'opportunité de rapprocher les réseaux de sentinelles de l'environnement porte sur la sensibilisation et la communication vers le grand public, les élus, et les acteurs économiques.

De nombreuses missions scientifiques d'observation de la Terre ont été imaginées pour contribuer à la connaissance de notre environnement et de son évolution, mais trop souvent dans la communication sur ses missions, peu de lien et de cohérence sont établis entre elles. Un panorama structuré de toutes ses missions pourrait offrir un support de compréhension homogène, valoriserait les banques de données, permettrait de faire émerger de nouvelles idées de missions spatiales, et offrirait aux APNE, une autre façon de communiquer.

Les questions environnementales sont souvent à la une des médias, et « l'Espace et l'Exploration Spatiale » sont des domaines qui fascinent toujours le grand public.

L'Espace et l'Environnement sont donc 2 thématiques très porteuses auprès du grand public, elles peuvent l'être encore plus si elles se rejoignent.

Informé le grand public du rôle des missions spatiales via les vecteurs de communication des APNE, c'est, pour une agence comme le CNES, un moyen de toucher un public plus large, et pour les APNE, très proches du public, une nouvelle façon de sensibiliser à l'environnement.

Proposition : Les APNE sont des vecteurs de communication importants vers le grand public. De part son rôle fédérateur, FNE pourrait jouer un rôle majeur dans la sensibilisation du grand public à l'environnement via les applications spatiales. La recherche d'un partenariat CNES – FNE pourrait être alors une opportunité pour mettre en œuvre une communication partagée sur l'environnement et l'espace.

V. EPILOGUE

En 2011, FNE a dressé un état des lieux quasi exhaustif des dégradations et menaces faites en métropole ou sur les territoires d'outre-mer. Constat inquiétant : 34,1 % des zones de protection spéciale et 19,1 % des zones spéciales de conservation du réseau Natura 2000 sont touchées par des dégradations ou sont susceptibles de l'être.

C'est un fait, l'humain est placé tout naturellement au centre de toutes les préoccupations sociétales d'aujourd'hui, ou du moins les discours, qu'ils soient scientifiques, politiques, philosophiques ou théologiques, conduisent à le placer au centre.

Cependant, on oublie trop souvent que l'humain est aussi et surtout au centre de l'environnement. Et si l'environnement, a pu se passer de l'humain pendant des centaines de millions d'années, l'humain, lui, ne peut se passer de son environnement, et ne survivrait pas à sa destruction. On ne peut en effet espérer trouver, même à long terme, l'équivalent d'une autre planète Terre capable de nous accueillir et qui soit accessible au plus grand nombre, pour fuir un milieu qui deviendrait invivable.

Se pose alors la question de savoir comment nous pourrions éviter un scénario catastrophe. Des réponses et des moyens commencent à émerger. Mais est-ce suffisant ? Il faudra probablement que cela passe aussi, et rapidement, par une prise de conscience collective sur la fragilité du petit grain de poussière auquel l'humanité est accrochée, comme un naufragé à sa bouée sur un océan sans horizon.

Surveiller et observer la Terre de près ou depuis l'espace, c'est faire un premier pas vers cette prise de conscience collective. Mais exploiter au mieux ces observations, en les partageant, c'est se donner les moyens de progresser plus vite vers la prise de conscience.

**« Il ne sert de rien à l'homme de gagner la Lune
s'il vient à perdre la Terre. »**

François Mauriac



Amas de galaxies et la Terre, petit grain de poussière sur lequel l'humanité est accrochée. Il y a des centaines de milliards d'étoiles dans une galaxie, et des centaines de milliards de galaxies dans l'univers. Il y a autant d'étoiles dans l'univers que de grains de sable sur la Terre.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les membres des APNE du mouvement FNE qui ont, grâce à leur précieuse contribution, participé à l'élaboration de cet article: B. Badereau (FNE), H. le Boulter (FNE), J. Cambou (FNE), ML. Cambus (FNE-Midi Pyrénées), A. Carlot (FNE-Midi Pyrénées), N. De Pracontal (GEPOG), S. Doublet (SOLAGRO), M. Dubromel (FNE), A. Ducouso (SEPANSO), A. Fayolle (FNE-Midi Pyrénées), JM. Froidefond (SEPANSO), H. Hourcade (FNE-Midi Pyrénées), A. Lassman-Trappier (FNE), V. Le Scornec (FNE), N. Loustalot (FNE-Midi Pyrénées), P. Mahé (Nature Midi Pyrénées), A. Pouget (FNE82), S. Recly (FNE82), C. Reilhac (FNE-Midi Pyrénées), A. Taillade (FNE-Midi Pyrénées), L. Weber (Nature Midi Pyrénées).

REFERENCES

- [1] J.M. Froidefond (SEPANSO) : images satellites téléchargées sur les sites de la Nasa, de l'Esa (images obtenues sans financement) et du CNES (Kalideos-Littoral) dans le cadre d'une étude du laboratoire EPOC (Environnement et Paléoenvironnement Océanique) de l'Université Bordeaux-1. Elles ont été publiées pour certaines dans les articles [2] et [3].
- [2] J.M. Froidefond, C. Petus 2008. Qualité des eaux côtières par télédétection spatiale. 7ème Congrès International de Limnologie Océanographie (De la source à la mer). Rouen, 14-16 octobre 2008.
- [3] D. Doxaran, J.M. Froidefond, P. Castaing, M. Babin (2009). Dynamics of the turbidity maximum zone in a macrotidal estuary (the Gironde, France): Observations from field and MODIS satellite data. Estuarine, Coastal and Shelf Science 81 321-3.

ANNEXE

Le tableau de synthèse ci-dessous, donne par thématique environnementale une liste non exhaustive des besoins en données et des objectifs d'utilisation associés. Cette liste a simplement pour but de donner un aperçu des différentes problématiques environnementales qui sont ou qui devraient être étudiées, et des objectifs recherchés à travers ces études, et des besoins en données pour les mener. Bien entendu, les besoins identifiés en données ne préjugent pas de l'origine des données : mesures réalisées à partir d'un satellite, ou instrument de mesure au sol. Un travail complémentaire d'analyse serait à mener pour chaque donnée, afin d'identifier si une mission spatiale pourrait fournir l'information recherchée, soit directement (la mesure effectuée par la ou les charges utiles du satellite répond au besoin) soit indirectement (la mesure doit faire l'objet d'un traitement avec d'autres données prises par ailleurs pour être transformée en mesure exploitable pour l'étude).

TABLE I. BESOINS / OBJECTIFS PAR THEMATIQUE

AMENAGEMENT DURABLE du TERRITOIRE	
<i>Transport & Mobilité durable</i>	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte des lieux de stockage de différents produits et des circuits empruntés jusqu'aux lieux de livraison. ▪ Photographies des périphériques d'agglomérations aux heures de pointe. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mettre en évidence la nécessaire complémentarité de l'utilisation des chemins de fer et des camions poids – lourds. ▪ Evaluer le manque actuel de développement du covoiturage et inciter le « grand public » à ce moyen.

Artificialisation des sols : Trame béton bitume	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte ou images à fréquence régulière (1 an) et définition suffisante (10m) des zones urbaines, périurbaines, commerciales et industrielles, et des axes d'infrastructures. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cartographier la trame Béton - Bitume représentant l'artificialisation des sols liée à l'urbanisation (habitat, zones commerciales et industrielles) et aux infrastructures de transport, ▪ Mesurer les vitesses de progression de la trame Béton – Bitume, ▪ Etablir des projections à moyen et long terme de l'occupation de la trame Béton – Bitume.
Trame Verte et bleue	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mêmes besoins que pour la trame Béton – Bitume, ▪ Carte des couloirs migratoires des animaux (oiseaux, etc.) ▪ Carte de l'emplacement des obstacles au déplacement des animaux créés par l'activité humaine : éoliennes, micro centrales, retenues, seuils, remblais, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cartographier la trame Verte et Bleue représentant les couloirs naturels végétal et aquatique reliant les écosystèmes, ▪ Mesurer les vitesses de régression de la trame Verte et Bleue soumise à la pression de la trame Béton – Bitume, ▪ Identifier les écosystèmes enclavés qui seront menacés de disparition, évaluer leur superficie, leur caractéristique, pour en déduire leur capacité de « survie », ▪ Etablir des projections à moyen et long terme de l'occupation de la trame Verte et Bleue, ▪ Identifier les obstacles aux migrations des animaux, à la continuité écologique et leurs impacts,
Montagne / Mer littoral / Outre-mer	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Imagerie des estuaires, ▪ Imagerie régulière (1 mois) du manteau neigeux des massifs, des glaciers, ▪ Carte des coraux, mesures d'acidité et température des océans. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suivre l'évolution des bouchons vaseux des estuaires, ▪ Suivre l'évolution des précipitations neigeuses sur les massifs, ▪ Suivre l'évolution des glaciers et leur vitesse de recul, ▪ Surveiller l'évolution à grande échelle des coraux., ▪ Evaluer et suivre la dégradation des sites naturels due au développement du tourisme et à l'affluence des touristes.
BIODIVERSITE	
Biotechnologie	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte des zones particulièrement propices à l'exploitation de la biomasse (« houille verte »), ▪ Cartes de forêts existantes, assez denses pour envisager leur gestion rationnelle et efficace. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exploiter la photosynthèse qui absorbe du gaz carbonique (dans l'atmosphère), consomme de l'eau et rejette de l'oxygène (dans l'atmosphère). ▪ Envisager la production du charbon de bois (carbonisation, « pyrolyse »), plus concentré en énergie que le bois.

Nature	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte des zones fortement impactées par la déforestation, ▪ Réactualisation régulière (1 an) des cartes des sites Natura 2000 et des ZNIEFF type 1 et 2 (Zone Naturelle d'Intérêt Faunistique et Floristique), ▪ Reconnaissance des couverts végétaux, ▪ Inventaire et suivi annuel des espèces « clef de voute », ▪ Discrimination fine des habitats, voire des espèces végétales invasives, évolution dans le temps, ▪ Carte détaillée des caractéristiques de chaque zone (altitude, végétation, type de sol, humidité, artificialisation, faune et flore), ▪ Détection des nanoparticules dans l'eau, dans l'air, ▪ Cartographie des champs d'OGM et des périmètres de contamination, 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mettre en évidence les conséquences néfastes de la déforestation (érosion des sols, désertification, etc.), ▪ Vérifier, lors de nouveaux projets (avec nuisances), la protection des zones impactées par la déforestation, ▪ Suivre l'évolution des zones « protégées » Natura 2000 et des ZNIEFF : création, suppression, ▪ Eviter des projets en zones limitrophes des zones dites « protégées », ▪ Evaluer la réponse des habitats aux agressions (changement climatique, activité humaine, etc.) et de l'évolution de l'état de ces habitats, ▪ Suivre l'évolution des populations d'espèces protégées, ▪ Suivre l'évolution des espèces exotiques invasives, ▪ Evaluer la fragmentation du paysage (trame Verte et Bleue) du point de vue de différentes espèces animales et végétales et de son évolution au cours du temps, ▪ Caractériser pour les inventaires, chaque zone par des indicateurs permettant : <ul style="list-style-type: none"> ▪ de suivre dans le temps l'état de la population faune et flore en fonction des agressions (artificialisation des sols, évolution climatique, occupation humaine, pollution, etc.) ▪ de prédire les risques de disparition d'espèces dans la zone caractérisée, ▪ d'identifier les zones non encore explorées pouvant potentiellement abriter des espèces rares ou protégées non encore inventoriées dans la zone.
EXPLOITATION des RESSOURCES RENEUVELABLES	
Forêt	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Photographies des forêts existantes et de zones identifiées comme possibles pour l'implantation de nouvelles forêts, ▪ Reconnaissance des couverts végétaux, ▪ Suivi annuel de la phénologie des forêts à l'échelle de l'arbre, ▪ Suivi annuel des fructifications des arbres, ▪ Suivi annuel de la croissance 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disposer d'un outil de protection, développement, et gestion, des forêts existantes et, éventuellement, de création de nouvelles forêts.

des arbres,	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Suivi annuel de l'état sanitaire et des dépérissements. 	
AGRICULTURE	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Photographies aériennes des divers champs agricoles, différentes cultures, ▪ Evolution des cultures et corrélation avec les conditions atmosphériques, nature et état d'appauvrissement des sols. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proposer un outil d'aide au choix du type de culture en fonction des réserves d'eau locales, d'irrigation, de l'état des sols, des évolutions du climat local.
INDUSTRIE	
Risques et impacts industriels	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte des communes mettant en évidence les différentes zones : agricoles, zones industrielles (ZI), zones d'activités (ZA), résidentielles, etc., ▪ Rejets des eaux sur les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement de type Seveso seuil haut). ▪ Cartographie en Guyane des zones d'orpillage légales et illégales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier la cohérence des plans locaux d'urbanisme (PLU et PLU i), c'est à dire : structuration rationnelle du territoire. Mettre en évidence les incohérences (ex : habitations trop près de zones industrielles). ▪ Analyser sur les points de rejets, analyser la qualité des cours d'eau en continu, suivi de la pollution dans le temps, ▪ Mettre en place des moyens de prévention rapide via la détection des pollutions en temps réel, ▪ Identifier et mesurer les risques sur l'environnement de la forêt amazonienne dus à l'orpillage.
Prévention et gestion des déchets	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte des déchetteries générant l'énergie biogaz (méthanisation) avec 4 utilisations possibles : la chaleur, l'électricité, le carburant, la réinjection dans les réseaux de gaz naturel, ▪ Imagerie pour le repérage des décharges sauvages et des déchets enfouis, ▪ Suivi des déchets dangereux dans la filière de retraitement (de l'enlèvement des déchets à leur traitement en centre adapté). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mettre en évidence la répartition rationnelle de ces déchetteries sur l'ensemble du territoire et, certainement, faire apparaître une optimisation possible de cette répartition territoriale.
Eco-consommation	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Photographies aériennes nocturnes des agglomérations illuminées, ▪ Carte de positionnement des entreprises fortement consommatrices d'énergie électrique, ▪ Thermographie aérienne des villes et suivi dans le temps. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inciter les agglomérations à des économies d'énergie (excès d'utilisation pour des illuminations), ▪ Réduire la pollution lumineuse et suivi de la loi sur l'extinction des enseignes lumineuses entre 1h et 3h du matin, ▪ Identifier les secteurs d'habitat où des programmes d'isolation renforcés sont à prévoir, ▪ Vérifier la proximité géographique des entreprises consommatrices avec les centrales électriques existantes.

RESSOURCES en EAU et MILIEUX NATURELS AQUATIQUES	
Eau	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte des fleuves, des rivières, des lacs réserves d'eau, ▪ Carte des gravières et de leur environnement, ▪ Carte des milieux naturels aquatiques correspondant à des zones naturelles à protéger, ▪ Carte réactualisée régulièrement (6 mois) des niveaux des nappes phréatiques, ▪ Carte de la qualité des eaux (pesticides, nitrates, ...) ▪ Carte de l'emplacement des obstacles artificiels (créés par l'homme en milieu aquatique : micro centrales, retenues, seuils, remblais, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Favoriser le développement de l'énergie hydraulique quand c'est possible (respect des espaces naturels), énergie très ancienne, mais également énergie renouvelable la plus répandue aujourd'hui, ▪ Eviter aux riverains des gravières les nuisances inévitables, ▪ Suivre l'emprise des carrières et la réhabilitation des sites après exploitation, ▪ Préserver les ressources et les espaces naturels, ainsi que leurs fonctions , ▪ Evaluer l'impact des obstacles sur la température, le débit, les niveaux d'eau et des sédiments, des cours d'eau, etc.
SANTE & ENVIRONNEMENT	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte de répartition (rationnelle) du sol pour différentes activités : agricoles, industrielles, gravières, habitations, activités sportives, etc., ▪ Mesures des rejets radioactifs dans l'eau (suivi des rejets des eaux usées des hôpitaux), ▪ Mesures de la qualité de l'air aux alentours des ICPE : pollutions ponctuelles et diffuses, ▪ Recensement des véhicules polluants (poids lourds) dans les ZAPA (zones action prioritaires pour l'air), ▪ Mesures des pollutions diverses autour des voies de circulation. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tendre vers une répartition la plus cohérente possible de l'occupation des sols, ▪ Eviter le voisinage immédiat entre lotissements d'habitations et terres agricoles (actuellement traitées par du phytosanitaire), ▪ Eviter le voisinage immédiat entre habitations et gravières, et éviter les nuisances des riverains (camions, tapis de plaine, etc.), ▪ Eviter le voisinage immédiat entre lotissements d'habitations et zones industrielles générant diverses nuisances, ▪ Evaluer et alerter sur tout risque de pollution portant atteinte à la santé humaine et l'environnement, gaz au dessus des villes par exemple.
CLIMAT	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte de veille des grandes intempéries possibles : tornades, cyclones, raz de marée, ouragans, pluies diluviennes, inondations, zones anticycloniques, etc., ▪ Carte d'évolution géographique des différents climats, ▪ Concentrations en GES au niveau local, ▪ évolution des températures, de la pluviométrie, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prévoir les cataclysmes afin de prévenir, à titre préventif, les populations concernées, ▪ Disposer d'un outil de prospection pour les futurs projets d'installation d'habitations, d'entreprises, ▪ Disposer d'un outil permettant de proposer des changements de pratiques agricoles (choix des cultures par exemple) pour s'adapter au mieux aux évolutions climatiques pour chaque région.
ENERGIE	
<i>Besoins :</i>	<i>Objectifs :</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte de répartition du flux de chaleur géothermique, ▪ Carte de mesures de l'éclairement solaire au 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimiser l'exploitation de réservoirs souterrains de chaleur, ▪ Différencier les zones à

niveau du sol.	gradient géothermique normal 3,3°C/100 m (production de chaleur) et les zones de hautes températures (plus de 150°C pour exploitation et production de chaleur d'électricité),
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carte des versants accessibles, les mieux exposés, les plus ensoleillés, proches des habitations, ▪ Carte des chutes d'eau et des lacs naturels, ▪ Carte d'identification des zones les plus ventées, en bordure du littoral (à plus de 500 m des habitations) et en mer (à proximité du littoral), ▪ Carte identifiant les zones de fortes marées. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimiser l'implantation de panneaux d'énergie solaire photovoltaïques, ▪ Optimiser l'implantation de système de production hydroélectrique, ▪ Identifier des zones, soit en bordure du littoral, soit en mer (à proximité du littoral), propices à l'implantation d'éoliennes et respectueuses de l'environnement, ▪ Mettre en exergue les zones possibles pour des centrales marémotrices, ▪ Utiliser au mieux l'énergie solaire photovoltaïque et les éoliennes, ainsi que l'énergie hydroélectrique.