

8 - COMMISSION OPERATION « ATLAS » page 141
L.CORP et CH. MARTIN-BRISSET

9 - COMMISSION PRESERVATION DU PATRIMOINE..... page 163
P. VERDIER

10 - COMMISSION SENSIBILISATION DU GRAND PUBLIC :

10-1 PAE au Lycée FOCH de RODEZ : D. FENIOU page 181
10-2 Sensibilisation dans un planétarium : R. LENDORMI - L.CORP.....page 184

11 - COMMISSION RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

11-1 Vers un indice de qualité des sites du point de vue de la pollution lumineuse
M.BONAVITACOLA..... page 189
11-2 Mesure CCD de la qualité de fond de ciel :
A. KLOTZ.-D.SALABERT..... page 213
11-3 Le programme THOT (nouvelles options) M.BONAVITACOLA page 249

DISPONIBLE SUR CD-ROM

ANNEXES DU DEUXIEME CONGRES DE RODEZ

- ANNEXE 1 : Eviter la pollution lumineuse - F. LAMIOT
Présentation Power Point

- ANNEXE 2 : Impact sur le milieu naturel - F. LAMIOT
Présentation Power Point

- ANNEXE 3 : Commission Recherche et Développement
3-1 Développements mathématiques de l'indice de site
3-2 Recalage du modèle THOT

- ANNEXE 4 : Rapport du PAE de Marseille
Lycée BENOIT et Collège J.BOUIN
(Madame TAKVORIAN)

LES PARTENAIRES DU CONGRES

PAR ORDRE ALPHABETIQUE

L'Association Andromède Astronomie Aveyronnaise (4A)

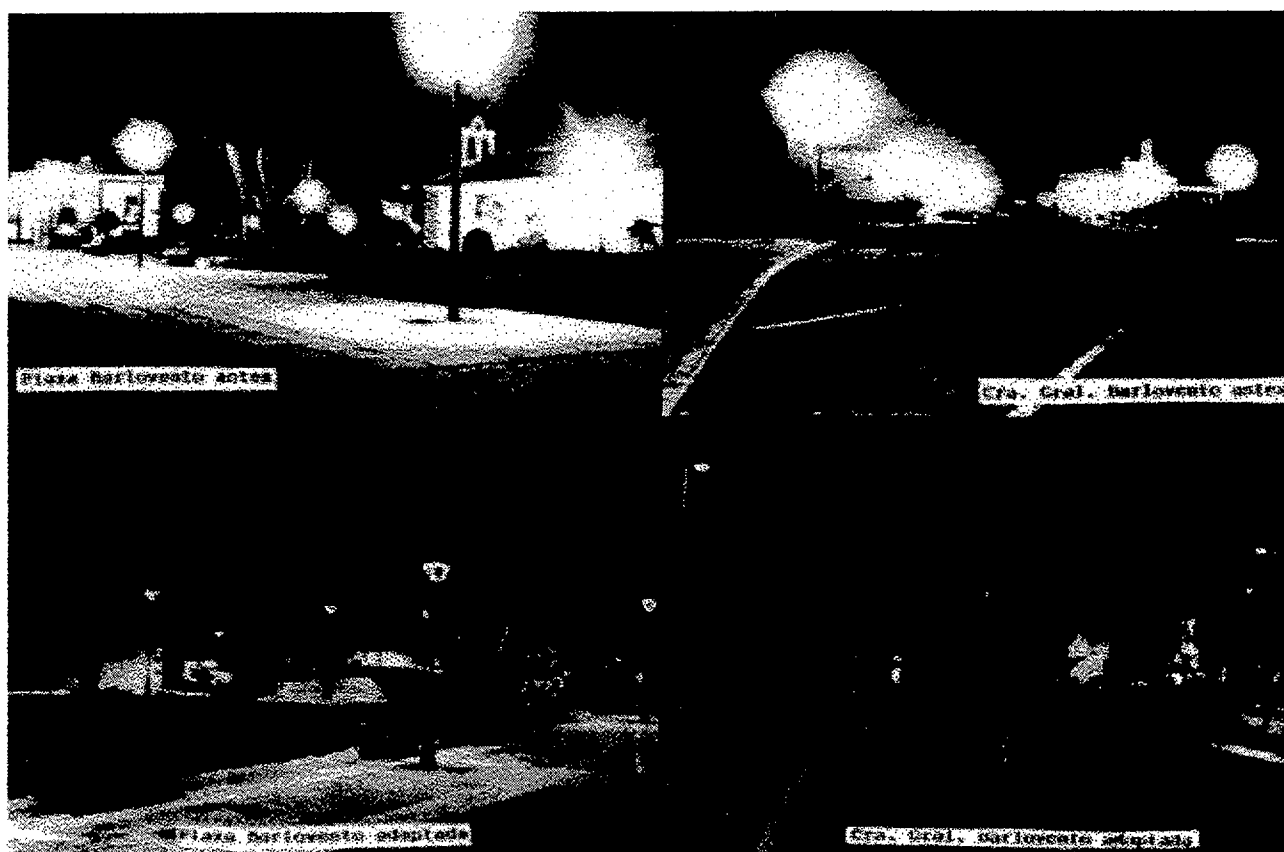
Le Centre de Protection du Ciel Nocturne (C.P.C.N.)

La Mission Départementale de la Culture de l'Aveyron

L'Observatoire de Midi - Pyrénées

La Société Astronomique de France (S.A.F.)

La Société Astronomie Populaire (S.A.P.)



NOTE DE LA REDACTION

Les organisateurs du Congrès remercient tout particulièrement la ville de Rodez représentée par Monsieur le Président Marc CENSI, lequel, ayant pris part à notre Congrès, nous a vivement encouragé dans notre action.

Si le travail pour l'organisation du congrès a été impressionnant, la rédaction du rapport a été un véritable parcours du combattant.

J'ai consigné les échanges et interventions qui m'ont été fournis ou rapportés pendant ces deux journées . Malgré tout, certaines commissions ont rendu un rapport extrêmement succinct (voire inexistant). Il s'est donc avéré difficile de transmettre les messages exprimés.

Tout a été mis en œuvre pour que le maximum d'informations diffusées par les congressistes soit à la disposition de chacun.

D'autre part, un CDROM regroupant toutes les informations, images, programmes et données présentées lors du 2^{ème} congrès de Rodez est en préparation.

D'autre part, le volume d'informations lors du présent congrès étant très important (environ 700 pages), nous avons été conduits à publier les annexes à part .(CDROM).

Le titre est :

ANNEXES DU DEUXIEME CONGRES NATIONAL SUR LA POLLUTION DU CIEL NOCTURNE .

Je rends hommage au travail remarquable de saisie des textes, effectué en un temps record, par Mesdames CARRAU et TRICARD , sans lesquelles la publication de ce rapport n'aurait pas été possible.

Merci à tous ceux qui ont mis leur compétence au service des autres. Il s'agit de ceux qui ont écrit, réécrit, relu et affiné la présentation (Messieurs MOSSER et HOFFER).

Nous publions volontairement l'intégralité des articles au mépris des répétitions ; ainsi chaque partie se suffit à elle-même dans distorsion ni réduction.

Nous espérons que cet ouvrage sera pour vous le départ vers de nouveaux horizons.

M. BONAVIDACOLA
Secrétaire de l'ANPCN

LISTE DES CONGRESSISTES

ANGLES Jean-Michel		Service Technique de Rodez 12000	RODEZ
BALLOT Jérôme		167, rue de Paris 91120	PALAISEAU
BANYULS Bernard		12, Avenue Jean Mermoz	66000 PERPIGNAN
BASSERAS Micheline		36, rue A. de Musset	31200 TOULOUSE
BESSIERES Mylène		Ass. 4 A	
BONAVITACOLA Michel		21 Val de Frosines	31180 ST-GENIES BELLEVUE
BONIS Jean-Luc	Ass. 4 A		
BOURIT Karine			
BOUSQUET Josette		Ass. 4 A	
BRANGE Valérie		37, rue du P. Calmette	12000 RODEZ
BREFUEL Céline		Ass. 4 A	
BRUNET Pierre		17, rue de la Honville	91510 LARDY
CANNAT Guillaume		15, Avenue Gambetta	92410 VILLE D'AVRAY
CASTELBOU Michel		Ass. 4 A	
CAZES Andrée		« Maruts »	12600 THERONDELS
CIEL EN CARDALEZ			12600 THERONDELS
CENSI Marc		Place de la Mairie	12000 RODEZ
COLAS François		Observatoire de Meudon	
		5, Place Jules Janssen	92190 MEUDON
CORP Laurent		56, Avenue de Paris	12000 RODEZ
CRAWFORD		IDA	
		3225 N First Avenue	Tucson AZ 85719 USA
DECLERQ Françoise	15, rue Saint-Bernard		75011 PARIS
FAVARD M-Thérèse		119, Avenue Morizet	92100 BOULOGNE BILLANCOURT
FENIOU Danielle		Le Camp Gras	12850 ONET LE CHATEAU
FERLET Roger		S.A.F./3, rue Beethoven	75016 PARIS
FONTALBA Jacques		Route de Caylor	34520 RIVES
FOURLON Eric		Campus Bellevue	
		1, Place Aristide Briand	92195 MEUDON CEDEX
GARNAUD Daniel		37, rue du P. Calmette	12000 RODEZ
GRES Alain		Les Parras	12240 COLOMBIE
GRAFFAND J-François		Avenue du Ségala	12240 RIEUPEYROUX
GRAFFAND Jean-Paul	Avenue du Ségala		12240 RIEUPEYROUX
GRIMAL Christian		97, rue Revelongue	31180 TOULOUSE
HIPAUX Alain	Ass. 4 A		
HIRTZ Jean-Marie		32, Avenue Léon Blum	31500 TOULOUSE
LADET Isabelle		Ass. 4 A	
LAGANIER Vincent		rue des Brotteaux	01708 MIRIBEL CEDEX
LALIEU Patrick		34, rue du Ruisseau	31180 ST-GENIES-BELLEVUE
LAMIOT Florent	Hôtel de Région		
		Centre Rihour	59555 LILLE CEDEX
LAMOUREUX Annick		Ass. 4 A	
LAZOU J-Michel		54, rue de l'III	67116 REICHSTETT
LECACHEUX J-François		Observatoire de Meudon	
		5, Place Jules Janssen	92190 MEUDON
LE GUE Alain		8, rue Xavier Gral	22000 SAINT-BRIEUC
LENDORMI René		9, rue des Bergeronnettes	12850 ONET-LE-CHATEAU
LEONI J-François			26760 BEAUMONT LES VALENCES
MARTIN-BRISSET Ch.		2, rue Anatole France	41000 BLOIS
MARTINEZ Patrick		10, rue Alphonse Daudet	31200 TOULOUSE
PAILLARD Michel		105, Rte d'Estaires	62138 VIOLAINES
PELLEGRIN Emmanuel		Route de Lacaune	81360 MONTREDON-LABESSONIE
PIERRE René		78, Bd. Exelmans	75016 PARIS
REYNAUD Lionel		Résidence du Soleil	04730 DAVEZIEUX
RICHARD Jean		Place de la Bascule	34520 LA VACQUERIE
SAGOT Danielle		345, Chemin des Confines	84170 MONTEUX
SERRE M-Françoise		7, rue Lazare Carnot	81200 AUSSILLON
SERIN SIEDA			
TAKVORIAN Renelle		Chemin des Florides	84800 L'ISLE SUR LA SORGUE
TRICARD Anne Marie		SAP / 1 rue Camille Flammarion	31200 TOULOUSE
VERDIER Paul			

DEROULEMENT DU CONGRES

Samedi matin :

9 H : Accueil. Présentation du Congrès.

11 H 45: Vin d'honneur à l'Hôtel de Ville - Mot de bienvenue de Mr le Maire de RODEZ :
Monsieur Marc CENSI.

Samedi après - midi :

14 H : Interventions de personnalités (Pouvoirs publics).
Première session des commissions (**Etat des Lieux**)

17 H 30 : Rapport des commissions.

Samedi Soir :

21 H : Conférence de Mr Paul VERDIER “ L'Eveil de l'esprit scientifique dans le bassin méditerranéen ”

23 H : Création de l'Association Nationale

Dimanche matin :

9 H : Seconde session des commissions (**Les enjeux**)

Dimanche après - midi :

14 H : Troisième session des commissions (**Propositions et actions**)
Rapport des commissions et synthèse du congrès.
Conclusion

17 H : Clôture du Congrès.

COMMISSIONS

SESSIONS	THEMES	SALLES	COMMISSIONS	INTERVENANTS	DUREE
SAMEDI 9h 30	<i>Introduction</i>	SALLE DE CONFERENCE	Bilan : trois ans après le 1 ^{er} Congrès " Light Pollution "	L. CORP Dr. D. CRAWFORD	15 mn 50 Mn
15 h	<i>Etat des lieux</i>	SALLE PTOLEMEE	1) Technologie de l'éclairage, usages et normes. Les avancées de RODEZ Propositions d'un Eclairagiste AFE : Bilan du Congrès de POITIERS Les avancées en Aveyron	Services Techniques de RODEZ Mr Angles P. LALIEU J.M. LAZOU SIEDA - Mr SERIN	30 mn 45 mn 30 mn 20 mn
		SALLE DE CONFERENCE	2) Aménagement du territoire, urbanisation et vie urbaine 1) La France de Nuit par Satellite 2) Les sites à protéger 3) Cas concrets sur le terrain Les hameaux du LARZAC PITHIVIERS LE VEIL RODEZ BLOIS TOULOUSE TUCSON (ARIZONA - USA)	E. FOURLON M. BONAVIDACOLA J. RICHARD L. CORP C. MARTIN BRISSET J.M HIRTZ D. CRAWFORD	30 mn 10 mn 20 mn 5 mn 25 mn 30 mn 30 mn 30 mn
17h30	<i>Synthèses</i>			Les Rapporteurs	20 mn
DIMANCHE 9 h	<i>Les enjeux</i>	SALLE DE CONFERENCE	Présentation du Comité Présentation des commissions Le rôle de la SAF au sein du comité La Protection du Ciel Nocturne : un défi pour l'Europe	Par ses représentants R. FERLET E. FOURLON	10 mn 10 mn 30 mn
10 h			1) Impact sur le milieu naturel (humain, faune, flore, paysages).	F. LAMIOT J.M. LAZOU	1 h 30mn
DIMANCHE 13 h 15	<i>Propositions et actions</i>	SALLE DE CONFERENCE	1) Recherche et développement. 1) Logiciel " THOT " 2) Indices du fond du Ciel	M. BONAVIDACOLA A KLOTZ D. SALABERT.	1 H 30
		SALLE PTOLEMEE	2) Préservation du patrimoine. 1) Orientation des Monuments	Mission Dép. Culture P. VERDIER	50 mn
15 h		SALLE DE CONFERENCE	1) Les Opérations " ATLAS " 1) Résultats et interprétations " ATLAS 96 " 2) Les Grandes Comètes en ville 3) Un cas exemplaire : BLOIS 4) Les améliorations - ATLAS 2000	L. CORP A.LE GUE C. MARTIN BRISSET L. CORP	20 mn 20 mn 20 mn 20 mn
		SALLE PTOLEMEE	2) Sensibilisation des jeunes et du grand public. 1) PAE au lycée FOCH de RODEZ 2) Sensibilisation dans un planétarium	4A D. FENIOU R. LENDORMI	30 mn 30 mn
17 h	<i>Clôture</i>				

La devise du Congrès : "La Nature est un livre sublime que nous ne devons pas nous lasser de lire. Il est écrit pour toutes les âmes. Nul livre humain ne peut lui être comparé."

Camille Flammarion

Au 18ème siècle, l'astronome Charles MESSIER observait les comètes et les objets célestes qu'il a catalogué depuis l'hôtel de Cluny en plein centre de Paris. Aujourd'hui dans nos villes "de lumières", seules les plus brillantes étoiles et les planètes sont visibles. La lumière émise par les divers éclairages urbains est diffusée par les molécules d'air et la vapeur d'eau de l'atmosphère. Il en résulte une lueur générale qui masque les noirceurs du ciel nocturne. Ce halo interdit au citadin de contempler le merveilleux spectacle de la voûte céleste.

Sans nous en rendre compte une partie de notre culture s'effondre. Lentement, sans faire de bruit la ville nous vole la nuit. Les objets célestes deviennent des êtres théoriques, imaginés au travers des livres, vidéos et grandes messes cathodiques. Ils ne font plus partie de notre vécu. A la campagne le ciel est largement plus pur ! Mais qu'en sera t'il dans quelques décennies ?

Peut-on arrêter ou du moins ralentir ce type de nuisance à l'environnement nocturne ? Des solutions existent souvent peu onéreuses. Elles ne visent pas à supprimer l'éclairage mais à l'utiliser intelligemment et à en limiter les dommages tout en réalisant des économies d'énergie.

Le ciel nocturne fait partie intégralement du paysage. Il est un élément essentiel du patrimoine culturel de l'humanité. Il est indispensable à la vie terrestre, à son équilibre, car l'alternance du jour et de la nuit règle les cycles biologiques des espèces animales et végétales.

L'ensemble des astronomes de France se mobilise pour sensibiliser le grand public et les élus locaux sur les effets pervers de ce type de nuisances, et les gâchis financiers et énergétiques importants que représentent les éclairages mal maîtrisés.

In peu d'histoire :

* **1980** : Rapport de l'U.A.I. et de la Commission Internationale de l'Eclairage analysant l'origine des lumières parasites entrant dans les télescopes. La relation avec l'éclairage urbain est directe et sans équivoque.

* **1985** : Rapport de l'Académie des Sciences sur la protection des Observatoires Astronomiques Professionnels.

* **1988 et 1992** : Espagne : Loi votée et textes législatifs pour protéger l'Institut d'Astrophysique des Canaries.

Parallèlement : En Australie des règlements locaux sont signés tandis qu'aux Etats Unis des accords visent à protéger les observatoires professionnels. L'association "International Dark-Sky Association" est très active (publications de bulletins, diaporama grand public, etc..).

* **1992** : Sous l'égide de l'UNESCO et organisé par l'U.A.I. et le Comité International des Unions Scientifiques analyse les impacts sur l'Astronomie de la "pollution lumineuse" dans le cadre des problèmes d'ENVIRONNEMENT.

* **1993** : Signature par les principales associations d'astronomie amateur de France d'une charte pour la préservation de l'environnement nocturne. Celle-ci s'inscrit dans l'objectif global énoncé pour le droit des générations futures de la Fondation Cousteau.

* **1995** : 1^{er} Congrès National sur la Protection du Ciel Nocturne à RODEZ (Aveyron). Mr CENSI – Maire de RODEZ – s'engage à mettre sa ville en conformité. Naissance du Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne

* **1996** : Opération « ATLAS 96 » : mesure de la qualité du Ciel en FRANCE

* **1997** : Rencontres et négociations auprès des ministères et des éclairagistes. 140 communes de l'Aveyron ne sont plus subventionnées par le Syndicat Intercommunal d'Electrification de l'Aveyron si elles décident de poser des lampadaires « boules ».

* **1998** : 1^{ER} Congrès Européen sur la Protection du Ciel Nocturne à PARIS, participation au congrès de l'Association Française de l'Eclairage. Dixième Anniversaire de l'IDA.

Un congrès pourquoi ?

1) faire un état des lieux

Les objectifs de ce congrès sont :

- évaluer, répertorier, analyser les causes de la dégradation du ciel nocturne en France.
- analyser les progrès scientifiques et les perfectionnements techniques propres à réduire ce type de nuisances.
- inventorer les juridictions actuelles concernant les foyers lumineux et leurs mises en oeuvre (droit français, européen, international, conventions ...) et identifier les organismes et institutionnels avec lesquels il faudra dialoguer.

2) Identifier les enjeux

3) Agir

- générer des propositions visant à réduire ce type de nuisances sur le territoire et initier une sauvegarde des zones géographiques où le paysage nocturne n'est pas encore affecté.
- initier un dialogue constructif et réaliste entre les pouvoirs publics, collectivités locales, professionnels de l'éclairage d'une part et d'autre part les utilisateurs et consommateurs des paysages nocturnes.

Un congrès pour qui ?

La dégradation du ciel nocturne n'est plus simplement une affaire de spécialistes. Ce congrès réunira des utilisateurs du ciel nocturne, des juristes, des urbanistes, des représentants de l'Etat et collectivités locales, des industriels et professionnels de l'éclairage, médecins, biologistes, gestionnaires de l'environnement, des professionnels de la culture et du tourisme rural, et bien sûr des astronomes amateurs et professionnels.

Tout le monde **doit se rencontrer, échanger, débattre et construire.**

L. CORP

M. BONAVITACOLA

1 - INTRODUCTION DU CONGRES

LAURENT CORP

Mesdames et Messieurs les présidents, Mesdames, messieurs, je vous souhaite la bienvenue à Rodez.

Je tiens à remercier tous les partenaires, les institutions et les associations ou clubs d'astronomie , et pour la première fois parmi nous, Mr D. CRAWFORD (directeur de l'IDA)

Les personnes suivantes sont excusées :

- Mr Jean KOVALEVSKI – Pdt d'honneur du Comité National Pour la Protection du Ciel Nocturne.
- Mr ESPINASSE -Maire de LUC – LA PRIMAUBE.
- Mme DURAND – Maire de SEBAZAC CONCOURS
- Mr GODFRAIN -Maire de MILLAU.
- Nous avons écrit aux 8 communes représentant le District du GRAND RODEZ, parmi ces huit, quatre n'ont pas donné de réponse.
- Mr CRANSAC - Directeur de l'Association Régionale pour l'Environnement de Midi - Pyrénées.
- Mr Florent POIGET – Astronome Amateur qui devait intervenir pour présenter un cas un peu particulier, celui de PITHIVIERS-LE-VEIL.
- Mr PELLETIER de la société MEDAS.

L'ANSTJ n'est pas représentée et je trouve cela très regrettable.

Si vous avez besoin de renseignements :

- concernant les hôtels, les repas, veuillez vous adresser à l'accueil.
 - concernant l'installation des stands, vous vous adressez à Jean Luc BONIS.
- Et si vous désirez faire une intervention dans une commission , veuillez me le

signaler .

Tout d'abord examinons le programme.

COMMISSIONS

Certains d'entre vous étaient déjà parmi nous en 1995, je tiens ici à cette occasion à remercier tous les intervenants.

Toutes les demandes d'interventions ont été retenues

Durant ces deux jours, tous les intervenants doivent donner leurs documents et diapos à André MAZARS.

Après votre intervention, quelque soit la salle, les documents doivent être remis à Mme TRICARD de la SAP afin de rédiger rapidement le rapport du Congrès.

Depuis trois ans, que s'est il passé ?:

- Mise en route du Comité National
- Publication du rapport du 1^{er} congrès en 1996
- La première mesure du fond du ciel à l'échelon national a été l'Opération ATLAS 96
- des démarches auprès des mairies, des préfectures ont été maintes fois entreprises
- Côté Faisceaux lasers : Nous nous sommes aperçus que la loi existante était inaplicable tel quel et qu'il fallait se mobiliser pour la réviser .

- 1998 : rencontre avec le ministère de l'environnement, l'Association Française de l'Eclairage et des éclairagistes.
- En Mai, 1^{er} Congrès Européen à PARIS organisé par l'AFA
- Ce soir, le comité va se structurer en loi 1901. La présence de tous est indispensable à cette réunion. J'espère que dans les prochains mois nous serons ainsi mieux écoutés.

Mais durant ces trois années, les Américains ont lancé les satellites IRIDIUM, l'observatoire du PIC DU MIDI a été sauvé; mais d'autres observatoires restent toujours menacés de fermeture.

Dans quelques années, au coucher de soleil, nous pourrons voir des dizaines de satellites .Ce sont les fameuses « constellations » ; cela va certainement nous poser de gros problèmes.

Comme chaque fois, nous sommes passés à côté d'une catastrophe planétaire, je ne veux pas parler de gros cailloux venant percuter notre planète mais de lancement en orbite basse de réflecteurs de 25 m ou de 70 m de diamètre. Ces réflecteurs pouvant être 100 fois plus brillants que la pleine lune. Le numéro de novembre de Sky et Telescope parle du lancement probable de ce type d'objets.

Les fréquences utilisées par les radio - astronomes sont de plus en plus utilisées à des fins commerciales.

De nouvelles normes sur l'éclairage sont en cours, celles – ci nous seront expliquées cet après – midi.

Mais le travail sur le terrain est très important. Vous tous, vous pouvez contribuer à la sauvegarde du Ciel.

Pour la première fois, nous aborderons de manière approfondie le thème de l' impact sur le milieu naturel ”.

En 1999, avant la grande éclipse de soleil, il y aura un événement qui passera sans doute inaperçu mais qui pour vous et moi sera capital :

Il s'agit du Symposium IAU- Nations Unies en Autriche. Je fonde beaucoup d'espoir dans ce symposium; j'espère que la résolution 1A qui s'appelle “ protégeons le Ciel Nocturne ”sera adoptée.

Nous devons tous nous mobiliser pour sauver notre ciel, laisser derrière nous nos querelles franco – françaises . Progresser, s'entre-aider , négocier auprès de nos élus et des éclairagistes, faire aimer l'astronomie au grand public et aux jeunes.

Restez vigilant, unis et mobilisés si un projet de lancement de grand réflecteur devait avoir lieu.

C'est à ce prix là que nous retrouverons notre Ciel , le Ciel que l'on nous vole un peu plus tous les jours.

Merci de votre attention,

JE VOUS SOUHAITE UN EXCELLENT CONGRES

Je laisse maintenant la parole à Mr CRAWFORD, directeur exécutif de l'IDA.

2 - Light Pollution -- Help Us Bring Back the Night

By David L. Crawford - *Translation by D. Fenion*
Volunteer Executive Director of the International Dark-Sky Association

crawford@darksky.org
IDA's Web site: www.darksky.org

Pollution lumineuse - Aidez- nous à retrouver la nuit / *Traduction de Danielle FENION*

Introduction

Avez-vous récemment levé les yeux vers le ciel ? Pour la plupart d'entre nous, habitants des villes, les étoiles et la voie lactée se sont évanouies. Le ciel noir de nos ancêtres n'est plus.

Une précieuse part de l'héritage de l'humanité n'apparaît plus dans le ciel nocturne.

La contemplation de la voûte céleste depuis des siècles a inspiré, non seulement les poètes, les écrivains, les musiciens et les astronomes, mais aussi l'humanité toute entière.

Or, nous sommes nombreux à penser que le ciel nocturne reste un élément essentiel pour comprendre notre place dans l'univers.

En effet, le cycle jour-nuit existe depuis toujours et est sans conteste, ancré dans nos organismes ; son absence perturberait de manière significative notre équilibre socio-psychologique .

Malheureusement, à l'heure actuelle, la plupart des jeunes Américains ne peuvent découvrir le ciel que leurs parents et grands-parents ont si bien connu. Ils ne voient le ciel nocturne que sur des images, à la télévision ou dans un planétarium. Ceci est vrai, non seulement pour les habitants des centres urbains, mais aussi pour ceux qui vivent dans les banlieues, voire même dans les zones rurales, où les lampadaires et les autres sources de pollution lumineuse empêchent l'observation des constellations, des météores et des planètes.

Le halo lumineux du ciel urbain en est la cause principale et la véritable source de pollution. Il est dû à un éclairage mal conçu de nos villes et de nos campagnes.

En tant qu'êtres humains, nous perdons un peu de nous-mêmes lorsque nous ne pouvons plus lever les yeux vers le ciel et voir les étoiles ni les différents aspects de la nuit autour de nous. C'est un peu comme si nous perdions à jamais une espèce animale ou si nous n'entendions plus jamais le rire d'un enfant. Nous renoncerions à une part de nous-mêmes alors qu'elle constitue un élément essentiel de notre environnement.

Pour la science, les conséquences sont aussi dramatiques. Par exemple, les astronomes intéressés par les origines de l'univers, étudient la lumière des galaxies et des quasars à d'incroyables distances de la Terre. Pourtant, après avoir traversé le cosmos, la lumière de ces objets à la fin de son voyage, peut se perdre dans le rayonnement de notre propre ciel.

Le problème d'un mauvais éclairage nocturne

Il est clair que nous voulons tous de l'éclairage la nuit, pour y voir mieux, pour des raisons de sécurité et pour un environnement nocturne plus agréable. Mais pourquoi ne pas opter d'emblée pour un éclairage de bonne qualité qui permette d'atteindre ces buts au lieu de gêner les voisins, de gaspiller de l'énergie et de détruire l'ambiance nocturne.

Permettez-moi de faire la liste des conséquences négatives d'un mauvais éclairage nocturne :

1. La lumière du ciel urbain détruit l'observation de l'univers. Nous ne vivons pas dans le ciel, donc nous n'avons pas besoin de lumière là-haut.

2. La lumière qui nous éblouit. Celle-ci ne favorise pas la visibilité, et nous la rencontrons beaucoup trop souvent dans toutes nos villes. Nous devrions lutter de toutes nos forces pour un environnement non éblouissant. L'éblouissement n'est pas nécessaire. Un éclairage nocturne de bonne qualité ne doit pas être éblouissant.

3. L'excès de lumière. De nombreuses installations d'éclairage urbain provoquent une gêne plus qu'une aide. La lumière ainsi gaspillée, illumine nos jardins, nos cours, nos fenêtres et même nos télescopes. De la même manière que la pollution due au bruit, nous n'avons pas besoin de cette lumière si envahissante.

4. Un environnement confus et médiocre. Tous, autant que nous sommes, devrions lutter pour mettre en valeur notre environnement nocturne tout comme nous devrions le faire pour notre environnement diurne. Ceux-ci, parfois trop médiocres, sont responsables en partie du stress de notre vie quotidienne.

Nous devrions agir non composer avec ces problèmes. Pensez-y, la nuit aussi, fait partie intégrante de notre environnement.

5. Le gaspillage d'énergie. Nous gaspillons une quantité astronomique d'énergie et d'argent à cause du mauvais éclairage de nos lieux publics, parfois là où cela n'est pas utile ni voulu (y compris le ciel). Nous faisons aussi un mauvais usage de nos sources d'énergie en utilisant des matériels mal conçus.

Il vaudrait mieux dépenser cet argent à améliorer notre monde plutôt qu'à le dégrader. Des études montrent, qu'aux USA, environ 2 milliards de dollars sont dépensés chaque année à éclairer le ciel !

Que pouvons-nous faire ?

Chacun d'entre nous a déjà eu un problème avec la pollution lumineuse, consciemment ou non d'ailleurs. Nous souffrons tous de l'un de ces problèmes énoncés précédemment. Mais nous ne devrions pas en souffrir. Alors, que faire ?

1. Utilisez de bons éclairages. De tels désirs de qualité ne sont que l'expression du bon sens. De bons éclairages limitent les conséquences des effets négatifs et augmentent les avantages d'un bon éclairage. Il ne faut absolument pas tolérer les erreurs, il faut les supprimer.
2. Réduisez les lumières de la ville, quand il le faut. Contrôlez les émissions de lumière aux endroits où cela s'avère nécessaire. Utilisez des lampadaires de bonne qualité. Réduisez au minimum la lumière émise et les excès.
3. Utilisez des réducteurs d'éclairage ou des dispositifs anti-éblouissants et assurez-vous que la lumière est présente là où il faut, quand il le faut. Eteignez quand il n'y a plus besoin de lumière.
4. Concevez et installez des lampadaires qui n'éblouissent pas. La plupart du temps ces matériels sont assez médiocres. Choisissez ceux de qualité. L'éblouissement n'a jamais amélioré la visibilité et une bonne visibilité, c'est le but d'un bon éclairage nocturne.
5. Selon l'objectif visé, étudiez la bonne quantité de lumière, ne sur-éclairez pas. Emettre plus de lumière n'est pas la bonne approche. Lorsque l'œil n'est pas ébloui, c'est un instrument merveilleux et il peut voir très bien ce qui apparaît peu éclairé. De plus, passer de zones très éclairées à des zones peu éclairées, déclenche une mauvaise vision (à cause de l'adaptation transitoire) et est dangereux.
6. Utilisez des sources d'énergie lumineuse efficaces. Leur efficacité est très variable. Prenez par exemple les lampes à sodium à basse pression : ce sont les meilleures et les astronomes les préfèrent car la lumière émise par le LPS est monochrome et peut être filtrée sans problème. Les LPS sont d'un excellent rendement pour l'éclairage des rues, des parkings ou pour tout autre objectif concernant la sécurité. Il est possible de concevoir toutes sortes d'objets urbains qui utilisent des LPS.

Ces solutions permettent un bon éclairage nocturne. Elles fonctionnent. Nous en sommes sûrs. Un bon éclairage, c'est le bon sens. Heureusement on trouve de plus en plus de bons lampadaires et autres objets, qui sont installés en de nombreux endroits, d'autant que la prise de conscience de cette nécessité augmente rapidement. Les villes qui ont amélioré leur éclairage public font état de la reconnaissance des citoyens, des économies d'énergie et d'argent et d'un ciel plus noir. (pas les rues !)

Vraiment, nous devons tous gagner.

La prise de conscience des enjeux

Les personnes intéressées par l'importance de ces enjeux aura souci de faire connaître à d'autres les problèmes et les solutions à envisager, et ainsi cela permettra de sortir de l'apathie générale qui prévaut partout.

Voici quelques suggestions qui aident à la prise de conscience.

1. Discutez avec les gens des lumières qui gênent. Demandez leur aide. Soyez amical mais tenace. Il faut toujours revenir sur le sujet, mais éviter de se créer des ennemis. Nous avons besoin d'alliés, pas d'ennemis, or un bon éclairage, c'est une bonne chose. Cela permet de faire comprendre qu'une mauvaise lumière, est non seulement gênante, mais aussi occulte les problèmes afférents à l'éclairage nocturne.

2. Parlez aux gens de ce qui peut être fait. La plupart des personnes ne connaissent rien à propos de l'éclairage nocturne : Que peut-on faire, quels sont les coûts voire même quelle est la différence entre bon ou mauvais éclairage ; ils n'en ont pas conscience, tout simplement.

3. Sensibilisez les gens à propos du mauvais éclairage : éblouissement, confusion, excès de lumière, halo lumineux du ciel nocturne, gaspillage d'énergie. Montrez ce qu'un bon éclairage peut entraîner comme améliorations. Apprenez-leur à utiliser un éclairage de qualité et faites-le vous-même. Montrez le bon exemple.

4. De nombreuses communautés ont mis en place des réglementations dans le but d'éliminer le mauvais éclairage, tout en maintenant une bonne visibilité, sécurité et sûreté nocturnes et en économisant de l'énergie. Ces règlements sont une excellente aide pour sensibiliser les entreprises locales, les décideurs de vos communes et le public en général sur la valeur d'un bon éclairage.

5. Adhérez à l'IDA ! C'est une bonne façon de se sentir concerné et de se tenir au courant de la progression des choses.

Il y a quelques cas dans la vie où résoudre le problème signifie aussi économiser de l'argent.

Car remédier au problème de pollution lumineuse permet d'économiser de l'argent, de retrouver un meilleur environnement nocturne et de sauver le ciel noir. On peut gagner !

Comment obtenir de l'aide ?

L'association internationale pour le ciel noir est une association à buts non lucratifs qui a été créée aussi pour sensibiliser et éduquer le public. Elle compte 2700 membres aux USA et dans 68 pays différents. Elle continue à se développer à un bon rythme du fait de sa réputation et de la diffusion de ses résultats. En grandissant, elle va devenir encore plus puissante, totalement vouée à la préservation du ciel noir et à la défense des bons éclairages.

L'IDA édite de nombreuses lettres d'information qui présentent les résultats obtenus ainsi que des diaporamas, des vidéos, des affiches et toutes sortes de documents utiles pour celui ou celle qui veut être informé(e) et qui veut répandre la bonne parole. De nombreuses agences de l'IDA sont présentes dans de nombreuses villes et pays et peuvent constituer une bonne source d'information et d'aide pour toutes les personnes qui veulent faire quelque chose.

Consultez la page web de l'IDA sur Internet : là vous trouverez une grande quantité d'informations utiles, voici l'adresse : <http://www.darksky.org>

Il y a aussi un bulletin d'adhésion. S'il vous plaît, adhérez, si vous ne l'avez pas encore fait.

Nous avons besoin de votre aide !

Conclusion

Il y a un énorme problème de pollution lumineuse et cela empire presque partout.

Toutefois il y a des solutions et nous savons qu'elles fonctionnent. Elles améliorent la qualité de notre éclairage nocturne et permettent d'économiser de l'énergie et de l'argent. C'est l'indifférence et l'apathie qui sont le principal obstacle. Il faut agir.

Un mauvais éclairage nocturne a des effets indésirables tels que l'éblouissement, la confusion, l'excès de lumière, le gaspillage d'énergie et le halo lumineux des villes. Aucun de ces éléments de pollution lumineuse ne sont intéressants.

Le ciel noir est compatible avec un environnement nocturne sûr et tranquille. Cela ne répond pas au besoin seul des astronomes mais aussi à celui du public car il mérite tout autant un bon environnement nocturne.

Grâce à un bon éclairage la nuit, nous gagnerons tous !

Pour plus d'information, contactez :

The International Dark-Sky Association (IDA)
3225 N First Avenue, Tucson AZ 85719 USA
Phone: 520-293-3198 Fax: 520-293-3192
Email: ida@darksky.org
IDA's Web page: www.darksky.org

3 -

COMMISSION TECHNOLOGIQUE DE L'ECLAIRAGE - USAGES ET NORMES

■ Bilan du congrès de l'A.F.E. à POITIERS : JM. LAZOU

■ Les avancées en Aveyron : Mr SERIN

3.1

2EME CONGRES DE RODEZ

RAPPORT DES JOURNEES NATIONALES DE LA LUMIERE (JNL) ORGANISEES PAR L'ASSOCIATION FRANCAISE DE L'ECLAIRAGE (AFE) A POITIERS LES 24 ET 25/09/98

A la demande des organisateurs du 2ème congrès de Rodez, je viens vous présenter quelques extraits des JNL qui ont réuni 400 spécialistes de la lumière, professionnels de l'éclairage, constructeurs, architectes, ingénieurs conseils, chercheurs et représentants des collectivités -- autour des thèmes de l'Europe, des Outils d'aide à la conception et de l'Environnement.

Après une brève incursion dans le monde féerique de la polychromie, des effets artistiques de la lumière et des illuminations du patrimoine historique, les JNL se sont ouvertes sur la question des produits de l'éclairage en fin de vie : une question importante en matière de gestion et de recyclage des déchets.

On sait en effet que rien que, pour les lampes fluorescentes, rien qu'en France et en une année, c'est plus de 800 Kg de mercure qui sont dispersés dans la nature. Avec les nouvelles réglementations européennes, il est probable que les coûts de recyclage et de régénération vont devenir plus importants que les coûts de fabrication des lampes elles-mêmes....

Pour nous rapprocher de notre sujet d'aujourd'hui et de la Protection du Ciel nocturne en particulier, une intervention que nous avions souhaitée et pour laquelle le CNPCN a joué depuis quelques mois un certain rôle, une intervention a été capitale. Pour beaucoup, c'était même « une première », et le fait qu'elle ait été faite par le secrétaire national de l'AFE, Mr REMANDE (que nous connaissons bien : SAF à Paris en février 1998, c'est lui qui m'avait mandaté pour représenter l'AFE aux Journées du Ciel et de l'Espace à La Villette en mai dernier), a été certainement décisif.

Le sujet tournait autour de ce que l'on appelle (de façon excessive me semble-t-il) la Pollution Lumineuse (nuisance, une « pollution » est autrement plus grave, et ne s'élimine pas en appuyant simplement sur un bouton, fut-il électrique--).

Ce qu'en dit l'AFE, c'est la chose suivante : la finalité de l'éclairage, c'est la sécurité, la qualité de vie et la mise en valeur esthétique. Mais, la multiplicité des éclairages et leur qualité très inégale génèrent des nuisances dénoncées par les astronomes (et quelques écologues). De tels griefs doivent être entendus par les éclairagistes, lesquels doivent en tenir compte (AFE), quoique le problème ne soit pas inconnu, ni nouveau pour eux.

Il faut noter que le Comité International de l'Eclairage avait, dès 1984, créé une commission d'étude technique du « halo lumineux ». Et en 1992, des recommandations ont été publiées, cette fois-ci sur les nuisances que peut engendrer l'éclairage public, sous forme de débordements de lumière, d'éblouissements, de projection verticale, et de lumière qui pénètre dans les habitations privées.

L'intervention a notamment porté sur la distinction qu'il convient de faire entre ces nuisances, que l'on peut techniquement réduire et même éliminer, et le halo lumineux en tant que tel, celui dont nous parlons en général.

Le halo c'est la partie éclairée du ciel nocturne, du fait des réflexions de la lumière sur les particules en suspension dans l'atmosphère (vapeur d'eau, poussières, gaz, aérosols...). Il dépend donc aussi de l'état de l'atmosphère et de la pollution ambiante dans les couches d'air.

Il est principalement généré par l'éclairage : en partie par la lumière émise directement par les lampes, et en partie par la lumière qui est réfléchiée par les surfaces éclairées (luminance).

On exprime un ratio, un pourcentage de flux de lumière émise vers le haut, par rapport au flux total qui éclaire le ciel et forme ce halo. Ce ratio permet de définir 4 zones de territoire :

- les parcs naturels et les secteurs protégés ou le ratio doit être de 0 %
- les zones rurales, 5 % maximum
- les zones urbaines, 15 % maximum
- les zones de pleine agglomération, 25 % maximum.

Ce sont là des recommandations, on en reparlera dans un instant.

Quels sont à présent les types d'éclairage qui conviennent le mieux, en terme de sécurité et de coût (consommation + maintenance et entretien), mais aussi de protection du ciel nocturne ?

Sans aucun doute, les sources au sodium, Sodium Haute Pression en général, ou Sodium Basse Pression quand c'est possible (ce qui est malheureusement peu fréquent pour diverses raisons tout à fait objectives).

Il faut aussi parler du type de luminaire, c'est à dire ce qui est autour de la lampe, qui lui permet de fonctionner convenablement et dans le but précis que l'on recherche.

Le meilleur matériel est la vasque fermée, profonde, pour éviter l'éblouissement direct de la lampe à la vue de l'utilisateur, avec un verre --alors là semble-t-il, les américains et les anglais d'une côté défendent le système cut off avec un verre plat, alors que pour les spécialistes de l'éclairage que j'ai rencontré, c'est un verre bombé ou galbé qui est conseillé, beaucoup moins dispersif, mais aussi moins gourmand en énergie...

Pour ce type de matériel, les chiffres avancés sont les suivants:

Sur les 10 % en moyenne que ce type d'éclairage et la luminance propre de la surface éclairée renvoient vers le ciel, seul 1 % est dû à un reliquat de lumière directe qui part vers le haut. Il faut aussi ajouter que les meilleurs luminaires intègrent un dispositif de réfraction optique interne, à calottes ou à miroirs à facettes, très efficaces, permettant une très bonne focalisation du flux, un meilleur rendement et une moindre réflexion globale vers le ciel.

On doit ajouter que la disposition des lampadaires sur la chaussée est essentielle, que la meilleure solution serait peut-être un éclairage central, axial, au milieu de la chaussée, (mais ça n'existe guère plus que dans les pays d'Europe de l'Est) avec un luminaire accroché entre 2 maisons ou entre 2 poteaux qui se font face, et c'est très peu esthétique ! Ca ne règle pas non plus le problème des piétons, qui devient aujourd'hui essentiel, quoiqu'à Strasbourg le long des voies de circulation du Tram, le résultat dans ce domaine et avec ce type d'éclairage soit une réussite.

Passons maintenant, après les éclairages fonctionnels ou routiers que nous venons d'évoquer, aux éclairages « d'ambiance » ou résidentiels.

Il faut faire un sort aux boules diffusantes, qui projettent 50 % de la lumière en pure perte vers le ciel.

Il s'en vend encore aujourd'hui environ 100.000 chaque année en France. Si le lotisseur ou la mairie veut quand même conserver le principe de la boule (pour des raisons presque exclusivement financières à l'achat), il suffit de rajouter un réflecteur qui cache la source à la vue, ou un paralume bien conçu : on ne comptera plus alors que 7 % de dispersion de la lumière vers le haut dans le meilleur des cas.

Mr Depond, Président de l'AFE pour la région des Pays de Loire, (que Christophe Martin-Brisset connaît bien), me disait que ces dispositifs se montent maintenant sans problème et que les coûts ont nettement diminué. J'en profite, pour l'avoir cité, pour dire qu'en rencontrant à Poitiers, il m'a tout de suite dit que c'était à la suite de nos contacts, il y a 2 ans à Chinon et cette année avec Christophe notamment, qu'il avait convaincu le maire de Blois, Jack Lang, de revoir le plan lumière de sa ville en y intégrant la protection du ciel nocturne et la lutte contre la « pollution lumineuse », même s'il n'aime pas vraiment employer ce terme (il parle plutôt de voiles de luminance). Tout ça pour dire que les choses font leur chemin, qu'il ne faut pas se décourager, que ce qu'on sème (quand on le fait avec un certain art de la

présentation et de la communication comme Christophe l'a fait, il nous en parlera) revient un jour en notre faveur et c'est une belle reconnaissance de notre travail....

Une partie importante de ces journées a aussi été consacrée aux normes et aux dispositions réglementaires.

Il faut rappeler que les normes sont en général volontaires et qu'elles servent de base d'entente pour résoudre des problèmes répétitifs.

Mais c'est vrai aussi que ces normes peuvent s'imposer, partiellement ou en totalité, par des directives européennes par exemple lorsqu'elles sont traduites dans des décrets nationaux.

Pour le moment en France, il n'y a pas de réglementation qui s'impose : il y a des normes et surtout des recommandations.

Différents exposés ont présenté les dispositions qui sont en cours d'étude à Bruxelles, la question des certifications de produits, le marquage normatif et l'information aux usagers et aux clients. Enfin, les normes d'éclairagisme en préparation.

Un comité européen de normalisation travaille sur ces questions, où malheureusement la France n'est pas beaucoup représentée. Les JNL doivent relancer cette participation française - en tout cas le message est passé.

Bruxelles travaille donc à ces futures normes, qui ne seront sans doute plus simplement volontaires, mais devraient devenir réglementaires c'est-à-dire plus restrictives, ce qui n'est pas forcément que négatif. Elles seront néanmoins moins explicatives ou pédagogiques, comme le sont aujourd'hui les recommandations, ce qui n'est pas non plus sans poser d'autres problèmes...

Bref sur ces questions de normes et de futures réglementations européennes, on peut retenir que c'est encore assez vague. Le Président de l'AFE lui même disait en conclusion qu'il y avait aujourd'hui sans doute la moitié des professionnels qui ne saisissait pas grand chose de ces débats juridiques assez complexes, et une autre moitié qui n'arrivait pas vraiment à expliquer ce qu'ils pensaient avoir compris !

Pour être plus concret, et ça nous le savions déjà : 55 à 60 % seulement du parc d'éclairage public français présente à l'heure actuelle des sources au sodium et leur remplacement va au rythme d'environ 3 % par an. Ça fait peu et il y a beaucoup à faire. Nous devons donc être présents.

Par contre, lorsque les choses se font, elles se font de plus en plus avec une « démarche qualité » (en fonction des finances bien sûr) et dans le domaine de l'éclairage fonctionnel en tout cas, en privilégiant le piéton, voire le cycliste parfois, en tout cas sans l'exclusive de l'automobile.

Le débat sur l'éclairage routier est, en ce moment, particulièrement polémique --entre les partisans du tout éclairage et ceux (administrations, et payeurs surtout) qui ne voient pas de facteur accidentogène significatif lié à l'extinction des autoroutes par exemple.

La seule choses sur laquelle les uns et les autres s'entendent, c'est que meilleur est le confort, moindre sont les accidents --et qu'il vaut mieux parfois, ne pas éclairer que de mal éclairer. Cela n'est pas loin de ce que nous disons, quand nous disons qu'il ne s'agit pas tant de moins éclairer, que de mieux éclairer.

Les questions ont bien sûr été nombreuses, je ne peux les reprendre ici, mais peut-être quand même une qui nous touche très directement : les éclairagistes sont à la recherche ou en attente de données photographiques et photométriques issues des images satellites. C'est un point de rencontre supplémentaire avec eux, quoique l'exploitation et l'interprétation des données soient encore incertaines.

Parmi toutes les rencontres que l'on peut faire lors d'un congrès comme celui-là, j'en citerai deux ou trois.

Je précise au préalable que j'ai pu constater que c'était spontanément, et avec une sincère curiosité et beaucoup d'intérêt aussi, que les participants sont venus me trouver après mes questions ou mes interventions, lors des différentes pauses, pour me parler de protection du ciel nocturne. J'ajoute qu'il y a deux ou trois ans, ça n'aurait jamais pu se faire, et que le CNPCN et ses représentants dans nos régions ont été les principaux acteurs de ce changement.

Un exemple de rencontre intéressante : un responsable de grandes surfaces de bricolage françaises, spécialiste des rayons éclairages s'est montré intéressé pour axer la présentation de ses produits d'éclairage extérieur en y intégrant la protection du ciel nocturne.

Un autre exemple : le patron d'un cabinet-conseil en éclairage, un concepteur-lumière très en vue semble-t-il, me disait qu'il venait de faire le plan lumière d'une ville de moyenne importance dans le massif central, en pensant à la protection du ciel nocturne et en y intégrant ce critère. Il avait rencontré il y a quelques temps un astronome-amateur que vous connaissez bien ici à Rodez et à Toulouse : Mr Guy Hoffer qui lui avait fait visiter l'observatoire et qui l'avait convaincu « avec beaucoup de persuasion et de gentillesse », que Sauver la nuit c'était une bonne idée et que lui aussi, de sa place, il pouvait y contribuer.

Pour finir et avant de conclure en évoquant une troisième rencontre pour le moins utile, je ne vous parlerai pas des illuminations du Stade de France : 1600 lux en éclairage vertical sur la pelouse -- contre 20 lux dans la rue à l'extérieur du stade -- plus de 450 projecteurs de 200 Watts rien que pour la pelouse crache depuis 40 mètres de hauteur leurs 950.000 Watts à partir de lampes à arc court qui ne mesurent que quelques centimètres de longueur et de diamètre ! Tout ça pour répondre aux exigences de la retransmission télévisée et des ralents spectaculaires qu'on a pu voir pendant la coupe du monde... Non, je ne vous parlerai pas des prodiges de la technique, de peur de vous irriter --mais c'est quand même très fort !

Je vous dirai plutôt, qu'au sein même de l'AFE, j'essaie de faire avancer le dialogue et ça ne marche pas si mal, même si je n'ai pas non plus trop d'illusions. Je reste en tout cas assez optimiste, et je continue de penser qu'on peut encore progresser ensemble avec les professionnels de l'éclairage.

Une forme de preuve peut-être : par la rencontre faite avec la responsable de la Revue Française de l'Eclairage (Lux), laquelle m'a demandé de faire un article sur notre sujet : la Protection du Ciel Nocturne, et sur ce deuxième Congrès de Rodez.

La protection du Ciel Nocturne fait donc aujourd'hui partie des thèmes et des travaux de ceux que l'on considérait hier encore comme des ennemis irréductibles. Rien que pour cela, j'ai l'impression que nous n'avons pas perdu notre temps, et qu'on a encore beaucoup à faire et à gagner dans un esprit d'échange réciproque et constructif avec eux.

Je vous remercie.

Jean-Michel LAZOU
CNPCN Commission Eclairage
Société Astronomique de France Groupe Alsace
Membre de l'AFE - EST

LA LUMIERE ET LA VIE

Extraits des JNL de Poitiers

Les Journées Nationales de la Lumière organisées par l'Association Française de l'Eclairage (24 et 25 septembre 1998) à Poitiers la semaine dernière avait réservé une part de ses débats à la question des liens que la nature entretient avec la lumière. Sans doute n'y avait il pas grand chose de nouveau à apprendre --et c'est pourquoi je ne prendrai pas longtemps la parole, préférant la laisser à notre ami Florent LAMIOT, tout à fait dans le sujet qui nous préoccupe tous : quels sont les effets connus, ou ceux qui risquent de se produire depuis qu'il y a quelques dizaines d'années (moins d'un siècle pour l'essentiel) on a décidé d'allumer la planète en l'éclairant un peu partout ?

Je dirais qu'à l'échelle du développement de la vie sur terre, qui a pris des centaines de millions d'années, l'apparition de l'éclairage sur des pans entiers de territoires en si peu de temps, représente une fraction de seconde dans l'âge de notre planète. Qu'est-ce que cela va produire, on ne le sait pas trop, mais on peut quand même y réfléchir...

A Poitiers donc, une intervention du Professeur Perdriel, ophtalmologiste (il est expert et conseiller technique de l'Association Française de l'Eclairage.. mais aussi de « Ciel et Espace » - voir le dernier article sur l'éclipse de soleil du 11 août 99) a évoqué les effets de la lumière sur la reproduction et le développement des animaux.

Un cycle photo-neuro-endocrinien est à l'origine de la maturation des glandes sexuelles, par voie nerveuse puis sanguine. En bref : l'augmentation d'intensité et de durée de la lumière permet la ponte, ce que les poulaillers industriels exploitent à grande échelle....

Cette voie optique dite accessoire existe aussi chez l'homme et pourrait bien expliquer la maturité sexuelle plus précoce dans les pays chauds où la lumière est plus forte et les jours sont plus longs, et à l'inverse l'arrêt de la maturation qui apparaît plus tôt chez les esquimaux par exemple.

Certains animaux on le sait, manifestent des appels sexuels par la lumière : le ver luisant femelle émet un signal lumineux constant, mais intermittent chez le mâle, leur permettant de se repérer pendant les périodes propices. La moindre lumière parasite inhibe ce signal et l'accouplement n'aura sans doute pas lieu...

Certains papillons femelles d'Afrique émettent aussi des signaux électro-luminescents lors de la période de reproduction, pour se signaler aux mâles de la même espèce.

Chacun connaît le rôle de la lumière dans la fixation du calcium et la vitamine D qui permettent la croissance osseuse. On sait peut-être un peu moins par contre que la vision n'est en réalité possible que si la lumière parvient jusqu'aux cellules de l'oeil : non exposées dès la naissance, elles se détériorent. En général, on ne sait pas non plus l'importance de la lumière sur l'affectivité, le comportement des animaux (sérotonine), voire le traitement des dépressions cycliques et saisonnières de l'être humain....

Au total, on connaît encore bien peu de choses. Sinon qu'en l'état de cette connaissance, les photo-réactions restent très variables, même dans la même espèce....

L'intervention de Claude Varlet-Graucher, directeur de recherche à l'Institut National de la Recherche Agronomique, a porté sur l'influence de la lumière, la croissance et le développement des végétaux.

Après un bref rappel sur l'absorption du rayonnement solaire par les feuilles, selon leur longueur d'onde, l'intervenant évoquait la compétition établie entre les plantes, grâce à leur plasticité morphologique en fonction de leur besoin propre en lumière.

Les effets de ces besoins sont connus et l'impact sur la croissance n'est plus à démontrer. Par contre, à plus long terme et sur le développement de l'espèce, on ne sait pas grand chose.

Un exemple parmi d'autres : s'il est établi que la germination des « mauvaises herbes » est réduite dans les zones d'ombre, du fait de perceptions différenciées entre le rouge clair et le rouge sombre par les photorécepteurs des plantes (les graines enterrées y sont aussi d'ailleurs précocément sensibles), on ne sait pas pour autant ce que l'éclairage permanent peut induire à long terme. On n'a pas encore de modèle suffisamment élaboré pour répondre à cette question de façon satisfaisante sur le plan scientifique. Il conviendrait de s'y pencher, ce qui passera sous doute par des orientations de recherche à infléchir et des financements à trouver...

Comme promis et parce qu'il a sans doute beaucoup de choses à nous apprendre, je cède la parole à Florent LAMIOT

Jean-Michel LAZOU
CNPCN Commission Eclairage
Société Astronomique de France Groupe Alsace
Membre de l'AFE - EST

II ème Congrès National sur
la Protection du Ciel Nocturne
RODEZ (AVEYRON)
3-4 Octobre 1998

3.2 *Les Avancées en AVEYRON*

**Intervention de M. Joël SERIN - Directeur
du Syndicat Intercommunal d'Electricité du Département de l'Aveyron**

L'éclairage public relève des pouvoirs généraux du Maire en matière de police donc de sécurité publique (Art L.131.2 du code des collectivités) et lui impose de veiller à son bon fonctionnement.

Les communes ont la responsabilité directe de ce service et assurent la maîtrise d'ouvrage des travaux y afférents (entretien, rénovation, extension).

Le S.I.E.D.A., depuis de nombreuses années, **leur apporte un soutien technique et financier** afin de répondre à leurs préoccupations dans un secteur particulièrement sensible.

Vient maintenant se greffer le désir de mettre en valeur par la lumière le riche et varié patrimoine Aveyronnais.

L'ensemble de ces besoins a conduit notre collectivité à intensifier ses actions afin de rationaliser les équipements tout en permettant de répondre :

- à la sécurité publique
- au confort de la population
- à l'embellissement et la protection de l'environnement

• Le Constat Actuel

Même si la tendance s'inverse, depuis plusieurs années (plus de 2 000 lampes neuves sont posées chaque année) le **parc existant des installations d'éclairage public en AVEYRON se révèle ancien, voire vétuste** - donc particulièrement polluant dans son ensemble.

A partir des cartographies informatisées nous avons établi des statistiques sur les 140 communes qui nous ont confié le suivi des installations de leur éclairage public.

▲ Le nombre de lampes est de :	19 912	
dont :		
➔ Tubes Fluos (de 20 à 30 ans)	5 912	soit 30%
➔ Ballons Fluos (de 10 à 15 ans)	5 430	soit 27%
➔ Sodium H.P.	8 570	soit 43%

Ces chiffres sont édifiants, et, malgré une nette amélioration, nous prouvent les efforts restant à accomplir.

• Les actions mises en place par le S.I.E.D.A.

➤ Cartographie informatisée des installations d'éclairage public

Depuis 1993, nous avons engagé l'informatisation de ce secteur pour les 140 communes adhérentes au service d'entretien de l'éclairage public:

- 800 planches cadastrales sont vectorisées
- 20 000 lampes sont positionnées, numérotées et répertoriées (marque, type et puissance)

Cet outil de travail nous permet de **bien connaître l'état du réseau** de chaque commune, de **déceler les anomalies** et donc de **proposer aux collectivités des programmes cohérents de renouvellement et de rationalisation de leurs installations.**

Cette prestation a été entièrement prise en charge par le S.I.E.D.A., pour un investissement à ce jour de 1.2 M.F. (scanérisation, saisie des données, environnement informatique - logiciel spécifique et matériel).

➤ Entretien des installations.

Nous proposons aux communes une convention tripartite pour l'entretien de leurs installations d'éclairage public.

Moyennant un forfait annuel par lampe - ce contrat prévoit le remplacement systématique des ampoules tous les deux ans - tous les dépannages ponctuels sur les lampes ou appareils de commande. L'électricien habilité, choisi par la commune, doit également fournir au S.I.E.D.A. les éléments nécessaires à la mise à jour de la cartographie

Le S.I.E.D.A. règle directement l'entreprise et répercute en fin d'année, auprès de la commune, 70% du coût d'entretien.

Il apporte donc une aide de 30% représentant une dépense annuelle de 3,8 M.F..

Ce service permet d'améliorer grandement la qualité de l'éclairage et de réduire la consommation d'énergie.
(L'ampoule qui fonctionne, mais n'éclaire plus, consomme plus d'électricité notamment sur les vieux appareillages).

➤ Études de projets neufs d'extension ou de rénovation des installations d'éclairage public.

Nous offrons une maîtrise d'oeuvre gratuite aux collectivités qui sollicitent nos services pour bâtir un projet d'éclairage public :

- reconnaissance sur le terrain avec les élus.
- plan d'implantation des appareillages.
- simulation par traitement d'image à partir de plusieurs modèles.
- consultation de plusieurs entreprises pour des propositions de prix.
- projet de plan de financement tenant compte de l'aide du S.I.E.D.A.

Chaque année nos techniciens étudient environ une centaine de dossiers sur l'ensemble du département.

Le soutien financier annuel apporté par le S.I.E.D.A. aux communes sous forme de subvention s'élève à 4 M.F.

Ce partenariat nous permet d'être directement impliqués dans les projets donc de pouvoir conseiller, préconiser, suggérer et surtout empêcher certaines erreurs.

- **Mise en valeur par la lumière**

La richesse du patrimoine Aveyronnais et la très forte sollicitation des élus ont amené le S.I.E.D.A. à mettre en place, depuis le 1er Mars 1998, une structure de mise en valeur par la lumière.

Équipé du matériel nécessaire (projecteurs, câbles, véhicule...), ces « **concepteurs lumière** » sont mis gratuitement à la disposition des collectivités pour :

- Réaliser les essais
- Établir l'étude
- La faire chiffrer par une entreprise habilitée
- Établir un projet de plan de financement

En quelques mois 22 sites ont ainsi fait l'objet d'essais d'illumination.

Cette formule permet de **bâtir des projets plus mesurés** et plus accessibles pour nos communes rurales.

Parfaitement informés des dernières nouveautés en matière de projecteurs, nos concepteurs veillent à n'utiliser que des sources lumineuses de faible puissance.

En effet, le temps des illuminations qui « cognent » est révolu et le virage est définitivement pris pour des mises en valeur douces, discrètes et recherchées.

• **Éclairer mieux en polluant moins**


Après une longue période d'intensification de l'éclairage public, tous azimuts - les comportements évoluent et de nouveaux critères sont maintenant pris en compte (notamment celui des économies d'énergie).

Si l'on a encore tendance à utiliser des puissances surdimensionnées notamment dans les mises en valeur mais aussi en éclairage public - le matériel actuel permet de limiter le nombre, la puissance et d'adapter au mieux les sources lumineuses.

La politique du S.I.E.D.A. est clairement établie. Toutes les mesures ou services, mis en place, visent à allier à la fois : sécurité - économie - esthétique - environnement et par la même aider à la Protection du Ciel Nocturne trop souvent agressé par un mauvais éclairage.

Je vous remercie pour votre aimable attention.

Le Directeur du S.I.E.D.A.,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Serin', written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat messy.

J.SERIN.

4 -

COMMISSION AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

■ L'Europe vue de nuit par satellite : E. FOURLON

■ Les sites à protéger : M. BONAVITACOLA

■ Cas Concrets sur le terrain :

RODEZ : L. CORP

BLOIS : CH. MARTIN-BRISSET

PIC-DU-MIDI : Mrs LECACHEUX, COLAS et
BONAVITACOLA

DIJON : Société Astronomique de Bourgogne

ERIC FOURLON**(notes prises par M. BONAVIDACOLA)**

Les satellites observent depuis longtemps l'EUROPE.

Les plus intéressés sont les militaires qui peuvent faire de la surveillance mais surtout tenter de prévoir l'évolution de telle ou telle zone (ou pays) dans l'avenir.

Ces données (et images) sont obtenues à partir de satellites en orbite polaire (orbite circulaire passant par le pôle à une altitude de 800 à 1500 kilomètres).

Le travail que présente E. FOURLON est issu d'images prises par les satellites DMBP américains. Ces images ont nécessité 200 survols, étalés sur 6 mois. Ces images ont été communiquées par la NOAA sous formes de fichiers numériques. En plus de l'image, il est possible d'estimer le flux émis pour une banque spectrale donnée.

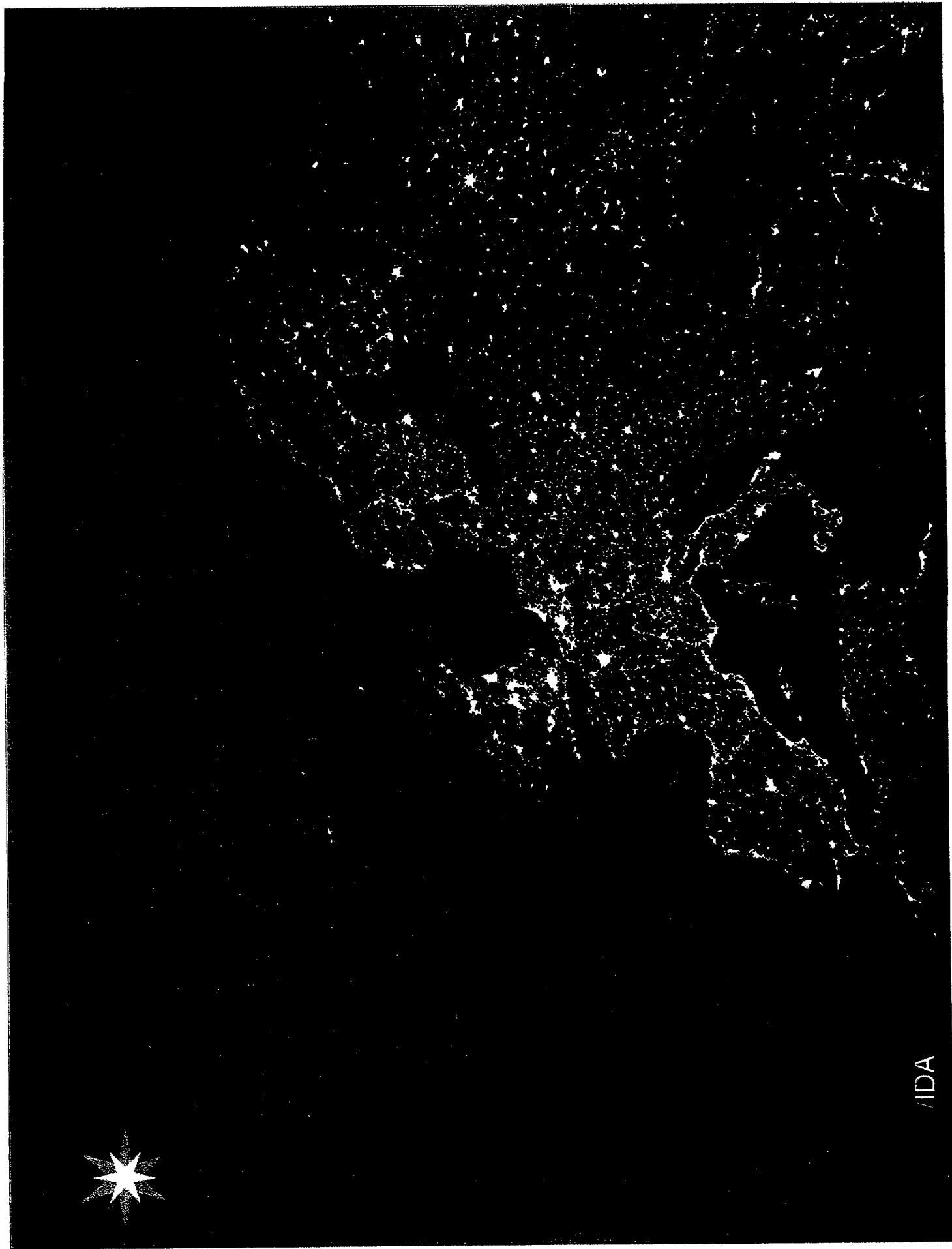
La banque spectrale utilisée est le proche infrarouge.

L'interprétation de ces données (images et données) est un travail difficile. En effet, ce que l'on voit est la source (dans certains cas) mais surtout la réflexion de la lumière sur le sol. Remonter à la source ou au calcul d'énergie n'est pas aisé. Toutefois, le géographe pourra facilement reconnaître les agglomérations, les grands axes routiers, les torchères, etc...

Si l'on compare l'évolution de ces images dans le temps, il est facile de remarquer l'évolution des zones éclairées. Ainsi on peut tenter d'extrapoler pour prévoir les zones qui vont se développer et celles qui vont décroître à court et moyen terme. D'où..... vous devinez la suite « business is business ».

La résolution de ces images est de l'ordre du kilomètre. Il est donc possible de faire des choses très précises pour une zone donnée.

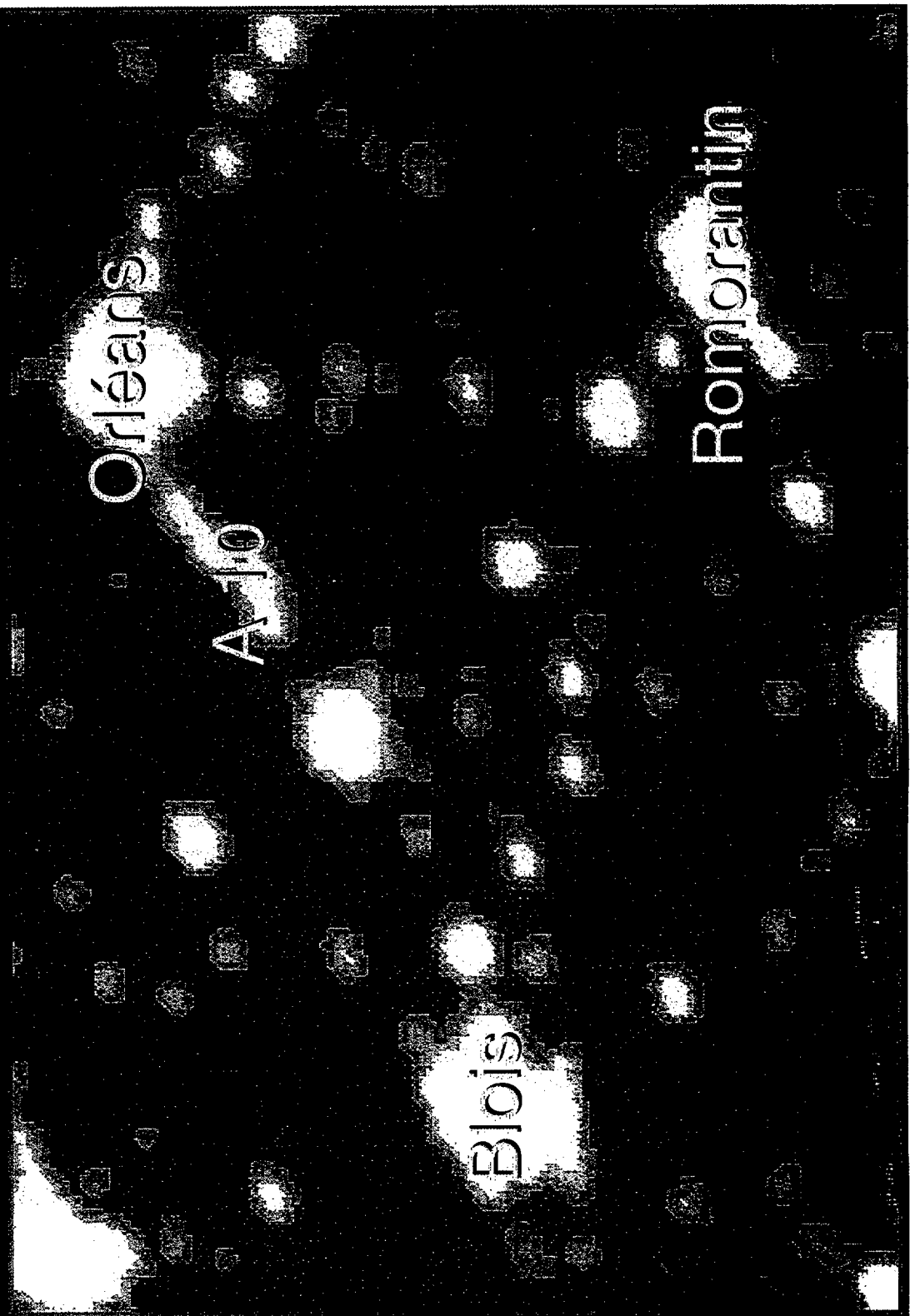
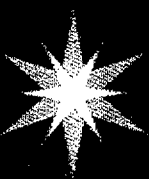
Ces images et fichiers de données ne peuvent être copiés et exploités qu'après accord du propriétaire (La NOAA). Si vous voulez les étudier, contacter E. FOURLON qui est habilité à les distribuer sous contrôle. D'autre part, il est possible de zoomer sur des zones locales (ici l'exemple planche 2) de BLOIS afin de faire des mesures très précises.



/IDA



« les zones d'impact ... »



Michel Bonavitacola

Lorsqu'on regarde les images satellites prises de nuit, on est frappé par la densité de lumière dans les zones urbanisées (grandes agglomérations) et les « trous » des milieux ruraux. Or, la très grande majorité des astronomes amateurs et amoureux du ciel est située dans ces « villes de lumières » et ne rêve que d'une chose « trouver un bon site ».

Or ces images satellites sont quelque peu trompeuses. La gêne engendrée par les villes est très nettement visible à grande distance.

La photo 1 montre l'horizon nord du Pic-du-Midi où l'on voit TOULOUSE (soit 130 km de distance), PAU, BAYONNE, LANNEMEZAN. La photo 2 montre TOULOUSE vue de l'observatoire de RABASTENS (Tarn) à plus de 38 km. On voit que le halo, malgré la distance monte très haut au-dessus de l'horizon.

La photo 3 montre 2 images que j'ai prises de la comète Hale Bopp à deux jours d'intervalle. Le temps de pose est le même, c'est la même pellicule, le même instrument, seul le site change. En haut il s'agit d'un très bon site (1000 m dans l'Aveyron), celle du bas est prise à 15 km de TOULOUSE (Saint-Genies-Bellevue). Le contraste entre les deux est saisissant.

La question qui se pose est la suivante : « Existe-t-il des sites très bons, voire exceptionnels ? » proches que je pourrais facilement utiliser.

D'autre part, si j'ai envie d'investir ce site, comment se dégradera t'il dans le temps ?

La méthode (dite : « indices de sites ») que je développe dans la commission Recherche et Développement a pour but de répondre d'une manière pratique à cette question.

Cette méthode est basée sur une loi expérimentale (mais évolutive) très simple. La dégradation du fond de ciel est fonction de la population et de la distance (ville, observateur), (loi de Walker).

A cette loi simple, il faut rajouter des paramètres aggravants : (laser, grandes surfaces, zones artisanales...)

Pour ceux qui veulent en savoir plus, voir Recherche et Développement.

Bref, on dispose d'un outil simple mais efficace.

A partir des positions géographiques des villes, des paramètres démographiques, des localités, on peut définir pour chaque site un indice global théorique de dégradation du fond de ciel.

Cet indice théorique comparé aux mesures de sites calibrés fournit un indice de qualité du site considéré.

Cette méthode que j'ai mise au point, permet rapidement de comparer des sites au niveau de la qualité de fond de ciel. Elle sera améliorée, compte-tenu de l'expérience acquise et de vos remarques. Nous pouvons ainsi définir la catégorie des sites allant du médiocre à l'exceptionnel, mais il faut garder à l'esprit que rien n'est plus fiable qu'une bonne vieille observation sur le site choisi.

Le but est tout bonnement d'identifier des sites qui doivent être protégés (comme le littoral a en son temps été protégé).

Une fois que ces sites ont été identifiés, il faut empêcher qu'ils se dégradent. Comment ?

Par exemple, passer des conventions avec les municipalités, la région, le département ou un ministère. Il faut trouver de arguments valables et dans un esprit de concertation (patrimoine, tourisme, culturel, protection de la nature, économie d'énergie, etc...).

L'idée serait de sortir un indice annuel de classement des sites français (ou un label qualité) basé sur une méthode incontestable. Cela se fait pour les plages, pourquoi pas demain pour le ciel ?

Le programme THOT permet de classer les sites et de faire une analyse globale de fond de ciel. Une première itération a permis de sélectionner quelques sites potentiellement exceptionnels en France. Pour tout cela, il faut travailler et valider la méthode, mais la direction est correcte, beaucoup en sont convaincus.

OBSERVATOIRE DU
PIC DU MIDI

HORIZON NORD

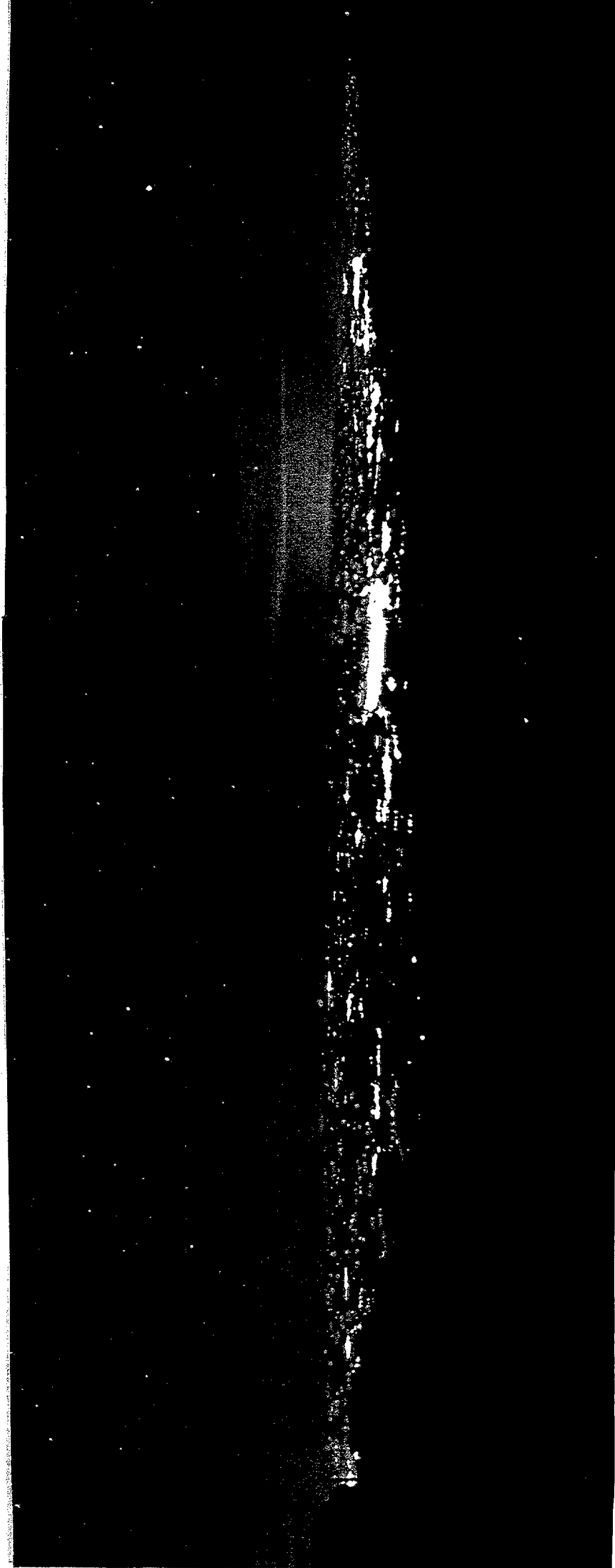
Arnauld PIGNOLO

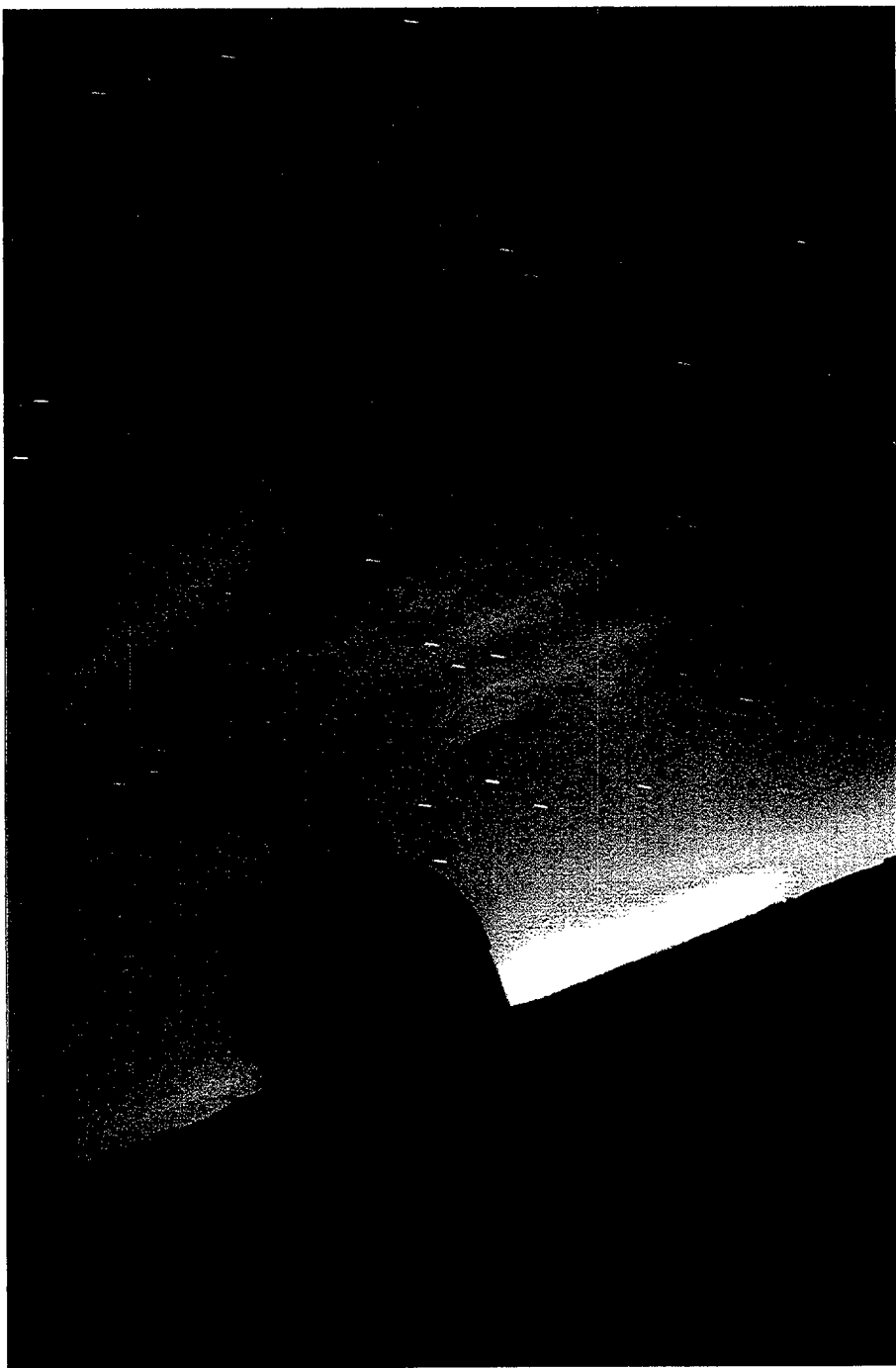
Objectif 28 mm
1000 ASA

2heures du matin

POSE 30 secondes

photo 1





Le 30 août 1998 à l'observatoire de Rabastens
(Thierry JEAN)

Vue du halo de la ville de Toulouse ,
illuminant le passage de quelques nuages .

Appareil photo VIXEN VX-1 muni d'un objectif 35 mm
ouvert à 3,5 (LENSKOO traité multi-couches) .
Sur monture G11 , sans suivi .
Pellicule photo EKTAPRESS 640 développée chez
Photo Service , poussée à 1600 ISO .
Début de la pose à 1h11mn (HL)
Temps de pose : 2mn30s

photo 2

4.3 Cas concrets sur le terrain

4.3.1 Expérience concrète réalisée à RODEZ **Laurent CORP**

Le titre de l'exposé était : "La pollution lumineuse" ou touche pas à mon ciel.

Souvent les amateurs pensent à des solutions très particulières pour combattre le phénomène de la pollution lumineuse :

- 1) la fuite : fuir pour observer sous des cieux meilleurs, si c'est une fuite passive cela ne sert à rien, il faut que celle-ci soit active.
- 2) La casse : casser les ampoules des lampadaires (solution heureusement jamais utilisée).

Nous en avons choisi une troisième qui à mon avis est la plus efficace :

- la discussion, c'est à dire allez voir les élus, les éclairagistes locaux afin d'améliorer l'éclairage urbain. Et pour nous cette méthode a été très fructueuse. En 1995, nous avons été récompensé de nos efforts.

Lors du premier congrès sur la protection du ciel nocturne du 7 et 8 OCTOBRE 1995 à RODEZ, Monsieur le maire de la ville de RODEZ s'était engagé publiquement à mettre en conformité l'éclairage de sa ville.

Mise en conformité signifie : interdiction de poser de nouveaux lampadaires boules ; les nouveaux lampadaires doivent avoir leur faisceau rabattu vers le sol.

Qu'en est-il aujourd'hui ?

Les trois années d'effort semblent aujourd'hui payantes, diverses mesures effectuées soit en plein centre de RODEZ, soit à 8 Km montrent une amélioration sensible.

Des clichés réalisés le 20 MARS 98 indiquent le progrès, en effet le halo à 8 Km à vol d'oiseau de RODEZ ne mesure plus que 8 degrés de haut , sachant qu'en 1992 il était de 20 degrés.

Actuellement tous les monuments et ponts de RODEZ et alentours sont éteints à 23H TU, soit minuit en hiver et 1H du matin en été.

Sur le département, le Syndicat Intercommunal d'Electrification Départemental de l'Aveyron gère près de 90 % de l'éclairage public des communes. Actuellement, suite à rénovation d'un éclairage public, les nouveaux lampadaires sont conformes.

Quels moyens avons-nous utilisés ?

Lors du premier congrès national nous avons fait une conférence de presse et placardé la ville d'affiches représentant des lumières de lampadaires se confondant avec les étoiles.

De 1992 à aujourd'hui, l'Association ANDROMEDE que je préside depuis 1983 a fait de gros efforts de sensibilisation . Nous pouvons détailler notre action de deux manières :

- auprès du grand public : en décrivant le phénomène de la pollution lumineuse dans la presse, lors de soirées d'observation, et lors de séances commentées dans notre planétarium.

- auprès des élus : en les rencontrant pour leur expliquer notre problème, plutôt qu'en faisant signer des pétitions illusoires.

Entretien avec Mr Censi Maire de RODEZ

1) Action Ruthénoise reconnue internationalement

Publications dans plusieurs revues nationales et internationales.

Sites Internet Français et étranger

2) Poursuite de la politique

Interdiction de poser des lampadaires "boules"

Poser des lampadaires éclairant vers le bas

Problèmes des néons sur les façades

3) Extinction de tous les monuments à 23h (heure locale) toute l'année.

4) Mener une politique commune sur le Grand District de RODEZ

5) Rodez – première ville française membre de l'IDA.

Coût : 1000 F / an

4.3.2 Sensibilisation à la protection du ciel nocturne et lutte contre la pollution lumineuse: un cas concret développé en Loir et Cher

*Par **Christophe MARTIN-BRISSET**
Responsable de la Commission Environnement de l'ANPCN
et Président de Blois Sologne Astronomie*

Sommaire

I / Situation géographique et population

- 1) Le Loir et Cher
- 2) Densité de population en France et en Europe
- 3) Informations ADEME sur l'Eclairage Public
- 4) Rappel 1^{er} Congrès de RODEZ

II / Relations nationales

III / Les démarches

- 1) Rencontres et Contacts en faveur de la Protection du ciel
- 2) Revue de presse

IV / Les résultats

- 1) Réussites et retombées départementales
- 2) Protection du ciel contre les « lasers »
- 3) Comité de pilotage du Plan Lumière de la Ville de Blois
- 4) Plan Lumière: propositions et réflexions

Introduction

Plusieurs faits marquants ont été les détonateurs de mon action locale et de mon implication en faveur de la protection du ciel et de l'Environnement nocturne.

Le premier et le plus concret est, bien évidemment, le 1^{er} Congrès de Rodez en 1995 (où, malheureusement, j'étais absent), qui nous a démontré qu'une réelle prise de conscience nationale était en train de naître.

Parallèlement, la parution dans le « Ciel & Espace » de juillet - août 1995, de l'excellent article : « Trop de lumières dans la nuit », accompagné des coordonnées des premiers défenseurs du Ciel français, sans oublier malheureusement l'apparition en mai 1996 d'un faisceau laser indésirable sur l'horizon sud/est de notre site d'observation solognot, m'ont définitivement décidé à agir le plus rapidement et le plus efficacement possible.

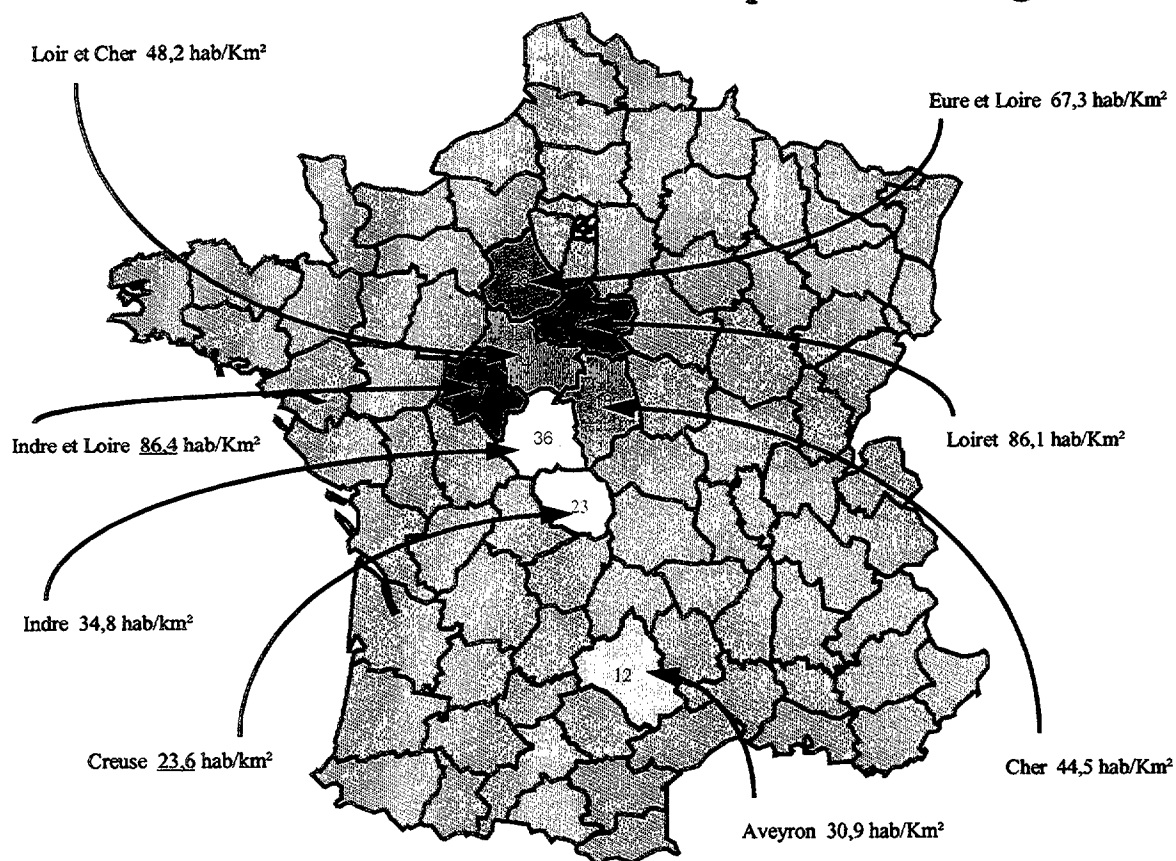
*« Quand il allume son réverbère, c'est comme s'il faisait naître une étoile de plus »
Le Petit Prince, Antoine de Saint-Exupéry*

*« Oui, mais à force d'en allumer, aujourd'hui, on ne voit plus les étoiles »
Les amoureux de la Voie Lactée*

Situation géographique et population :

1) Le Loir et Cher

Population en Région Centre



Le Loir et Cher (41) est l'un des 6 départements qui composent la région Centre. Blois, sa Préfecture, est située à 180 kilomètres au sud-ouest de Paris.

Si l'on compare sa densité de population avec celle des autres départements de la région, le Loir et Cher se situe dans une moyenne basse (48,2 habitants au kilomètre²). En effet, l'Indre et Loire (avec ses 86,4 habitants au kilomètre²) arrive largement en tête et l'Indre (avec une densité de 34,8 hab/km²) se situe en queue de peloton.

Plus il y a d'habitants, plus le nombre de lampadaires est important. Ceci dit, en tant qu'astronomes Blésois et Solognots, nous sommes un peu privilégiés par rapport à certains de nos voisins.

Si l'on poursuit cette logique, les sites aux cieux exempts de tout halo de pollution lumineuse (donc à protéger le plus rapidement possible) devraient être plus nombreux dans notre département.

Pour comparaison, sur la carte de France où apparaissent les populations en région Centre, j'ai également représenté l'Aveyron et la Creuse et l'on constate que sur l'ensemble, c'est ce département du Limousin qui a la densité de population la plus faible.

Faut-il en conclure que pour observer le ciel dans les meilleures conditions, il faille absolument habiter dans un département victime de l'exode rural, ou pratiquer la politique de la fuite et s'exiler loin des halos de pollution lumineuse?

La réponse pourrait être oui si la situation actuelle perdurait et que le nombre de lampadaires mal adaptés ou inutiles se développait au rythme actuel que nous connaissons (mis à part les Parcs Régionaux, aucune région n'est à l'abri de l'implantation de luminaires).

En revanche, elle serait négative si la voie du dialogue et de la concertation avec les Elus et les Eclairagistes aboutissait à une véritable politique d'économies d'énergie et de sauvegarde du ciel.

2) Densité de population en France et en Europe (tableau numéro 1)

En parallèle avec la précédente carte et pour une vision à plus vaste échelle, voici un tableau sur la densité des populations européennes.

Là aussi, on se rend aisément compte que pour avoir un ciel de qualité, il faut plutôt résider en France qu'en Belgique ou aux Pays-Bas. En effet, avec des taux de densité parmi les plus élevés au monde et des autoroutes éclairées toute la nuit, ce sont les nations de notre planète les plus polluées par les lumières artificielles.

Mais pour notre pays, il ne faut pas se tromper d'analyse : c'est bien la superficie de celui-ci qui «sauve» les astronomes et autres espèces nocturnes. 60 millions d'habitants concentrés pour la plupart en région parisienne et dans les grandes villes et moyennes agglomérations de province, cela laisse encore des espaces vierges de toute pollution lumineuse sur les 544000 km² que compte notre territoire.

Mais la réalité de terrain est bien différente et il devient de plus en plus rare de trouver des sites aux horizons totalement exempts de pollution lumineuse, même dans des départements ruraux. Il faut donc rester extrêmement vigilant, si nous ne voulons pas que ces derniers territoires disparaissent. En effet, comme nous l'avons appris de l'Association Française de l'Eclairage (A.F.E.), il se vend encore **100 000** « boules lumineuses » par an dans notre beau pays, de quoi accroître largement et sur de plus grandes distances, les halos lumineux.

Marcherons-nous encore longtemps sur la tête ou notre action constructive d'astronomes et d'amoureux du ciel débouchera-t-elle bientôt sur une véritable prise de conscience collective.

***L'Environnement nocturne est un bien et un Patrimoine commun,
nous devons tous le protéger comme tel !***

3) Informations ADEME sur l'éclairage public (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) (tableau numéro 2)

En ma qualité de Responsable de la Commission Environnement de l'ANPCN et pour bien mettre en évidence les principales données concernant la consommation électrique de l'éclairage public, voici quelques chiffres importants à retenir.

Ceux-ci sont formulés en 4 tableaux et les données prioritaires qui en ressortent sont les suivantes :

- **3,6 milliards de Kwh** consommés en 1991 ... on peut facilement imaginer la consommation actuelle !
- Le prix moyen de l'énergie éclairage par habitant et par an, pour une ville de plus de 2000 personnes est de **43,88 F**.
(L'exemple de Blois avec 48,4 F/hab/an pour 51600 habitants, corrobore de façon parfaite l'étude de l'ADEME).
- Le coût de la maintenance (entretien, réparation, nettoyage, changement des lampes, etc...) est égal à **+ ou - 15%** du coût de l'énergie.
(moyenne nationale = **30,74 F/hab/an**)
- Coûts totaux :
L' énergie + la maintenance, sans tenir compte des investissements (mobilier, raccordement EDF, ...) avec pour base, une moyenne de 80 F par Français, est de **4,8 milliards de francs** (données ADEME, source EDF, 1991).
Cela laisse songeur !

Si seulement 10% d'économies étaient réalisées sur les valeurs actuelles (proches des 6 milliards de francs), ces dernières seraient certainement les bienvenues pour l'ensemble des budgets communaux et autres impôts que nous devons tous acquitter.

4) Rappel du 1^{er} Congrès de RODEZ (informations ADEME)

Consommations énergétiques nationales pour la fonction éclairage :

- éclairage public	= 5 TWh*
- éclairage bureaux, commerces	= 18 TWh
- éclairage domestique	= 10 TWh
Consommation totale d'électricité (année 1993)	= 385 TWh
Production annuelle d'une centrale nucléaire de 1300 MW*	= 8 TWh
Estimation du gisement d'économies sur l'éclairage	= <u>10 TWh</u>

*TWh : Tera Watt heure – MW : Méga Watt

II / Relations nationales

Toujours en ma qualité de Responsable de la Commission Environnement et afin de coordonner au mieux les actions de notre Association nationale, depuis 1997 je suis en relation avec différentes structures et institutions françaises:

- Le Ministère de l'Environnement et en particulier le Responsable et son Adjoint (spécialiste en droit) du Bureau des Actions Territoriales et de la Direction de la Nature et du Paysage.
- Le Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais et son Chargé de Mission à l'Environnement (très en avance dans le domaine de l'impact des lumières artificielles sur les écosystèmes nocturnes : création de couloirs de noir pour la survie des espèces dans cette région)
- Contacts avec le Ministère de l'Industrie – programme SERURE - Service des Energies Renouvelables et de l'Utilisation Rationnelle de l'Energie
- Contacts avec l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) et l'ADEME

III / Mes démarches locales

- Limitation de la pollution lumineuse pour les principales villes du Loir et Cher: Blois et Romorantin
- Eviter le développement de la pollution lumineuse dans les petites communes
- Lutte contre les lasers avec la Préfecture

Après un aperçu édifiant et révélateur des coûts liés à l'éclairage nocturne, voici le détail de mon travail local.

Etant donné le nombre de démarches, rencontres, entretiens et correspondances, importants et variés, réalisés dès le mois de septembre 1996 jusqu'à ce jour: allant du Conseil Régional, à la petite commune de Mur-de-Sologne, en passant par la ville de Blois et la Préfecture du Loir et Cher pour la réglementation des « lasers », voici de façon simplifiée leur déroulement.

1) Rencontres et Contacts en faveur de la Protection de l'Environnement Nocturne: plusieurs axes de travail

Mairie et Ville de Blois

- Maire, M. Jack LANG: contacts concernant la réglementation des lasers (correspondance avec Mme Corinne LEPAGE, Ministère de l'Environnement, Décret 96-946, Loi 95-101 art 53 II)+ Plan Lumière Ville de Blois
- Maire-Adjoint en charge de l'Environnement (plus de 7 rencontres ainsi que de très nombreuses correspondances+ Plan Lumière Blois)
- Maire-Adjoint en charge des Infrastructures et Vice-Président du Conseil Général (rencontres « Semaine de la Science »+ Plan Lumière Blois)
- Maire-Adjoint en charge de la Culture (Plan Lumière Blois)
- Responsable des Services Techniques (rencontres « Semaine de la Science »+ Plan Lumière Blois)
- Responsable de l'Eclairage (rencontre individuelle + réunion avec AFE Val de Loire et Plan Lumière Blois)

- Rencontre avec le Responsable de la « Direction de l'Architecture de l'Urbanisme et du Paysage » (Ville de Blois)
- Rencontre avec le Responsable de la SEMADEB (Organisme de Développement Urbain, Ville de Blois)
- Rencontre avec l'Architecte en Chef des Bâtiments de France
- Rencontre avec le Responsable du Muséum d'Histoire Naturelle (exposition sur la pollution lumineuse dans le cadre de « La Semaine de la Science »)
- Entrevue avec la Présidente des Commerçants du Centre Ville
- Entrevue avec la Responsable d'« Observatoire Loire »
- Contact avec le Directeur du « Centre Leclerc » de Blois (renseignements sur la campagne environnement nationale + enseignes lumineuses locales)
- Contact avec le Responsable Environnement de la CCI du Loir et Cher

Conseil Régional (Région Centre)

- Rencontre et correspondances avec le 1^{er} Adjoint de la Ville de Romorantin
- Rencontres avec le Directeur de la Maison du Loir et Cher, Maire-Adjoint de Veigné (Indre et Loire) + réunion avec le Responsable AFE Val de Loire
- Rencontres et contacts avec le Représentant départemental des « Verts » (récemment élu)

Conseil Général (Loir et Cher)

- Plusieurs rencontres et nombreuses correspondances avec le Directeur du CDPNE (Comité Départemental Pour la Protection de la Nature et de l'Environnement), Maire de Mont-près-Chambord + réunion avec le Responsable Environnement de la DDE de Blois
- Correspondances + rencontre avec le Vice-Président, 2^{ème} Maire Adjoint de la Ville de Blois
- Rencontre avec le Responsable de la Commission Environnement, Maire de Saint-Aignan-sur-Cher

Préfecture de Loir et Cher

- Plusieurs rencontres et correspondances avec la Responsable et son Adjointe du Service Environnement et Cadre de Vie (réglementation des « lasers » Loi 95-101, décret 96-946, circulaire d'application du 26 mai 1997)
- Rencontre avec le Préfet dans le cadre de « La Semaine de la Science » au Muséum d'Histoire Naturelle de Blois

Ville de Romorantin

- Rencontre avec son 1^{er} Adjoint
- Rencontre et correspondances avec le Secrétaire Général (réglementation laser + invitation soirées d'observation)
- Contact avec le Maire-Adjoint en charge de la Culture

Commune de Bracieux

→ Rencontre avec son Maire, Responsable du SIDELC (Syndicat intercommunal de l'électrification en Loir et Cher), ancien Responsable Eclairage de la DDE de Blois. Le SIDELC donne une subvention de 100F par ampoule sodium haute pression (SHP) installée.

Commune de Mur-de-Sologne (1061 habitants)

→ Plusieurs rencontres et correspondances avec son Maire, Mme Françoise BLOCH: sensibilisation à la protection du ciel, invitations à « La Semaine de la Science » + observations locales (présentation d'un projet d'observatoire astronomique)

Association des Maires de Loir et Cher (AMLC)

→ Rencontre avec sa Présidente, Maire de La Chaussée-Saint-Victor et élue du Conseil Général = diffusion de la plaquette de l'ANPCN et de la Charte pour la Protection du Ciel Nocturne = information à l'ensemble des communes du département lors du Congrès de l'AMLC de 1997.

DDE de Loir et Cher

→ Réunion avec le Responsable du Service Environnement + le Directeur du CDPNE (voir Conseil Général)
→ Rencontre avec le Responsable du Service Voirie et Eclairage

Association Française de l'Eclairage (AFE)

→ Plusieurs rencontres avec son Responsable régional (Val de Loire): réunion conjointe avec un Elu du Conseil Régional + idem avec Maire-Adjoint à l'Environnement et Responsables Services Techniques et Eclairages de la Ville de Blois

Centre Sciences

(Organisme de vulgarisation de la culture scientifique en Région Centre)

→ Nombreuses rencontres et correspondances avec son Responsable départemental = diffusion de l'information pour la protection du ciel nocturne et participation de Blois Sologne Astronomie à « La Semaine de la Science » (Thème de « l'Astronomie à Internet », avec exposition sur la pollution lumineuse).

Médias (locaux, régionaux et nationaux)

→ Nombreuses correspondances et contacts avec :
« La Nouvelle République du Centre Ouest » édition Loir et Cher
« Le Journal de la Sologne »
« Terre Sauvage »
« Le Monde »
« Ciel et Espace » et « Ecolo 6 » émission de la Chaîne M6

Divers

- Correspondances avec les Préfectures de l'Indre (36) et de la Creuse (23) concernant la réglementation des lasers
- Nombreuses rencontres, correspondances et échanges avec les Associations astronomiques de la région Centre et d'ailleurs :
 - l'AEAAC d'Orléans,
 - Société Astronomique de Tours (SAT)
 - PLVO à Pithiviers le Vieil
 - Association de la Marche à Guéret
 - ATCO et Observatoire de Chinon
 - l'AGAA Guadeloupe
 - l'Observatoire des Makes à la Réunion
 - l'Observatoire des Pises (Cévennes) et la SAM (Montpellier)
 - La 3AS à Saumur
- Correspondances très fructueuses avec Vincent COUDÉ du FORESTO, Président d'Honneur de mon Association astronomique blésoise (Blois Sologne Astronomie) et Astronome professionnel à l'Observatoire de Meudon (DESPA): informations sur le Congrès de l'UAI à Kyoto + divers renseignements pour la protection du ciel
- Soirées d'observation de notre Association = information systématique sur la pollution lumineuse et diffusion d'une documentation: « Le Ciel Etoilé et la Voie Lactée sont en danger ! » (cf. annexe)
- Réunions informelles en centre ville et vœux annuels adressés à l'ensemble des personnes contactées .

2) Revue de presse (voir articles en annexe)

Information importante ayant trait à l'ensemble de mes démarches : je conseille vivement aux personnes ou associations, souhaitant effectuer des démarches similaires, de prendre rendez-vous (parallèlement à leurs rencontres en Mairie ou Préfecture), avec les journalistes en charge de l'environnement et qui écrivent pour les quotidiens départementaux et régionaux.

Dans mon cas, les entrevues successives avec ceux-ci ont abouti à la publication d'excellents articles qui ont grandement sensibilisé la population ainsi que les Elus à l'impact de la pollution lumineuse et au gaspillage d'énergie qui en découle.

A ce sujet, vous trouverez en annexe copies de ces derniers articles , plus d'autres parus lors de la « Semaine de la Science », quelques jours seulement après notre deuxième Congrès pour la Protection du Ciel Nocturne de Rodez.

Dans tous les cas, lors de vos différentes rencontres, il faut mettre en avant la perte d'énergie, du fait d'un éclairage non maîtrisé. Ensuite il est tout à fait possible d'aborder l'impact des halos et des lumières artificielles sur l'Environnement nocturne et sur les observations astronomiques.

IV / Les Résultats

Rencontres, sensibilisation, modification de l'éclairage et protection de l'Environnement nocturne

Bien sûr, après tant de démarches et de rencontres, où le plus souvent j'ai reçu une écoute attentive et intéressée (je n'ai jamais eu un seul mauvais accueil !), les résultats ont été pour la plupart positifs. Cependant, même si l'information est bien passée, il reste encore beaucoup de travail à accomplir.

En effet, malgré des succès extrêmement positifs (création d'éclairages adaptés dans quelques communes « pionnières » de mon département), grâce au soutien d'Elus du Conseil Général et de Maires de mon département, après de nombreux contacts, rencontres et courriers, la construction de nouveaux lotissements équipés de ces fameuses boules lumineuses, ou le remplacement d'anciens candélabres par des lampadaires mal conçus, est malheureusement là pour nous rappeler qu'il y a vraiment un important travail de sensibilisation à accomplir.

C'est pour cette raison que la communication est extrêmement importante et que chaque défenseur du ciel, en diffusant au mieux l'information, apportera sa pierre à l'édifice.

Les éclairages sont trop souvent mal conçus, vieillissants ou inutiles et leurs lumières partent en vain vers le ciel, c'est une évidence !

A nous tous de devenir des « éco-citoyens » sensibles à la protection de notre Patrimoine Naturel et à la beauté des immensités célestes.

1) Réussites et retombées départementales

Pour revenir concrètement à mon action locale, dès 1996, année du début de mes travaux, je me suis concentré sur les principaux « points noirs » très lumineux du département.

La Ville de Blois avec ses 8000 luminaires, sans compter l'éclairage publicitaire, industriel et privé est évidemment venue en première position sur ma liste.

Pour les autres communes du département, avec le soutien d'un Comité local de défense de l'Environnement, le Comité Départemental pour la Protection de la Nature et de l'Environnement (CDPNE) et de son directeur, Gilles CLEMENT, Maire de Mont-Près-Chambord et Conseiller Général, cinq municipalités du Loir et Cher se sont engagées dans une politique d'économies d'énergie et de protection du ciel nocturne.

Parallèlement, avec quelques contacts très bien suivis, la Ville de Romorantin (deuxième Commune du département) a elle aussi agi dans le bon sens. En effet, lors de dernières modifications et créations apportées à son éclairage public, ce sont des luminaires couverts, aux lampes encastrées, donnant ainsi une bien meilleure répartition au sol et ne polluant pas le ciel nocturne qui ont été judicieusement choisis.

2) Protection du ciel contre les « lasers »

Alors que je commençais à contacter des Maires et les Elus de mon département, j'ai également rencontré à plusieurs reprises, la Responsable et son Adjointe du Service Environnement et Cadre de Vie de ma Préfecture.

Mes premières démarches étaient surtout motivées par l'obtention d'informations sur la Loi 95-101 et en particulier son article 53 II, stipulant qu'une autorisation préfectorale pour l'installation et l'utilisation d'une enseigne à faisceau de rayonnement laser était obligatoire.

J'ai appris malheureusement à cette même période, que la loi n'était pas encore totalement applicable, car il lui manquait son décret et sa circulaire d'application.

Par chance, depuis la fin de l'année 1996 et le début de 1997 (précisément le 26 mai 1997), sont parus respectivement le Décret 96-946 et la circulaire d'application de cette première Loi tout à fait favorable à la protection du ciel nocturne.

Ainsi, dès maintenant, quiconque souhaite protéger son site d'observation, ou tout simplement l'Environnement nocturne, peut rencontrer son Préfet pour que la Loi soit appliquée. Pour ma part, avec l'aide du service concerné, mais aussi grâce à la communication que j'avais diffusée dans la presse locale, deux nouvelles enseignes lasers en projet n'ont pu ainsi se créer.

La première devait s'installer dans un centre commercial, en particulier sur le toit d'une grande surface (dont je tairai le nom), située en bordure de voie rapide, en périphérie de Blois. La seconde était le projet d'une discothèque implantée sur les rives de Loire, à deux pas d'une des rares réserves ornithologiques de notre département.

Pour la première et pour que le projet n'aboutisse pas, nous avons obtenu l'appui de la Prévention Routière qui s'est totalement opposée à l'implantation (risque évident d'accident par distraction et éblouissement des automobilistes). Pour la seconde et par le biais de quelques personnes interposées, une simple pression de ma part auprès d'un des responsables de l'établissement, lui stipulant qu'il fallait dorénavant déposer une demande préfectorale (et que cette dernière serait refusée), a fait périliter l'installation.

3) Comité de pilotage du Plan Lumière de la Ville de BLOIS

Présentation et intervenants

Après ces premiers résultats incontestables et tout à fait encourageants, une autre conséquence concrète a été, dès le 26 juin 1998, mon invitation en tant que Président d'Association Astronomique à participer au Comité de pilotage du Plan Lumière de ma Ville (certainement une première en France !).

A ce sujet, je remercie encore vivement Monsieur Jack LANG, maire de ma commune (BLOIS), ainsi que ses Adjointes, Messieurs LEMAIRE et VALETTE, en charge respectivement de l'Environnement et des Infrastructures, de m'avoir associé à ce groupe de réflexion.

Actuellement, après de nombreuses correspondances, trois réunions et une visite nocturne du parc de l'éclairage municipal, en novembre 1998, les réflexions sont toujours en cours et nous nous rapprochons d'un scénario définitif avec des avancées et des signes certainement positifs pour la protection du ciel nocturne.

En effet, dès la première rencontre où la majorité des invités était largement favorable à une augmentation importante du flux lumineux général, il semblerait que nous nous orientions actuellement, à l'instar de Rodez, vers un éclairage mieux dirigé, de meilleure qualité, plus sécurisant, mais également (et c'est là où l'information devient capitale), consommant moins d'énergie et surtout, moins polluant pour le ciel.

Pour ce Plan Lumière, c'est l'Agence Concepto et M. Roger NARBONI, son concepteur lumière, qui ont été choisis par la Mairie de BLOIS.

Plusieurs autres entreprises étaient en lice, dont CITELUM (filiale d'EDF). En ce qui concerne cette dernière, j'ai pu assister le 27 octobre 1997 à un essai de mise en lumière «énergique» de notre cathédrale Saint Louis. La tentative n'a certainement pas dû convaincre puisque CITELUM n'a pas été retenue.

Pour montrer l'importance de ce projet de Plan Lumière pour la Mairie de Blois, voici la liste des participants et des invités de ce dernier. Par modestie, je me suis volontairement mis en fin de liste.

- Agence CONCEPTO – M Roger NARBONI
- Maire-Adjoint en charge de l'Environnement
- Maire-Adjoint en charge des Infrastructures
- Maire-Adjoint en charge de la Culture
- Conseiller Municipal Délégué au Tourisme
- Responsable des Services Techniques
- Responsable de l'Eclairage Public
- Responsable des Infrastructures
- Responsable des Parcs et Jardins
- Conseil des Sages de la Ville
- Responsable Office de Tourisme
- Responsable de la Caisse Nationale des Monuments de France
- Ecole Nationale des Monuments Historiques
- Responsable de la Direction de l'Architecture, de l'Urbanisme et du paysage
- Conservateur des Archives Municipales
- Architecte en Chef des Bâtiments de France
- Responsable du Service Départemental de l'Architecture
- Responsable du Développement Social Urbain
- Président de « Blois Sologne Astronomie »

En annexe, vous trouverez également des informations qui m'ont été communiquées sur les réalisations (heureuses et malheureuses) de l'agence Concepto, ainsi que d'autres concernant la Ville de Blois (Tableau numéro 3).

Au sujet de cette Agence, il est à noter que son Responsable, Monsieur NARBONI, est membre de l'Association Française de l'Eclairage (A.F.E.). Cette dernière possédant depuis peu une Commission Pollution Lumineuse, j'espère que nous obtiendrons des retombées positives pour le ciel de notre Ville.

4) Plan Lumière: propositions et réflexions (carte 1 en annexe)

Dans l'étude Concepto qui se dévoile petit à petit, il y a malheureusement des propositions très défavorables pour la protection du ciel blésois.

En effet, tous les monuments y compris de nombreux murs et une bonne partie de la végétation du centre ville devraient être éclairés (illumination de bas en haut pour la plupart). Si le projet devait réellement se concrétiser, cela contribuerait évidemment à un renforcement du halo de la ville, qui au demeurant, est déjà visible à plus d'une vingtaine de kilomètres. Le seul aspect positif de ces suggestions reste la proposition d'une extinction nocturne.(à partir d'une certaine heure dans la nuit) .

Comme nous l'a confirmé M. NARBONI lors de notre première réunion, après l'une de mes questions concernant l'impact des émissions verticales, cette dernière semble indispensable et souhaitée, aussi bien pour protéger le ciel, que pour créer « l'événementiel » !

Effectivement, selon ses propos (que je partage tout à fait), «éclairer des monuments toute la nuit détourne de sa vocation première une mise en lumière, il faut créer l'événement ...».

Il nous faudra attendre l'inauguration du Plan Lumière et ses premières nuits de fonctionnement pour vérifier cela. Actuellement, sur l'ensemble des monuments que compte notre ville, l'église Saint Nicolas est l'un des rares édifices à être éclairé et son illumination s'arrête bien à minuit. J'ai habité suffisamment longtemps dans ses environs proches pour l'avoir constaté.

Autre approche, positive cette fois-ci: grâce à notre visite nocturne programmée le 6 novembre 1998, tous les intervenants sont tombés d'accord sur la piètre qualité de l'éclairage nocturne des « boules lumineuses » et autres candélabres aux ampoules apparentes: éclairage agressif, trop vif et éblouissant, mauvaise répartition au sol, création de zones « d'ombre » entre les mâts, sensation d'insécurité, éclairage intempestif des intérieurs et de surcroît émissions verticales et surconsommation inutile.

Ces derniers représentent plus de la moitié du parc blésois et sont utilisés en différentes configurations: lampes SHP ou à incandescence, verre transparent, opaque ou très opaque, forme ronde, ovale, en colonne ou de type lanterne (voir photographies n°1, 2 et 3).

Si le Plan Lumière de la Ville de Blois, comme il semble se dessiner, aboutit effectivement à une modification ou une suppression progressive de ces luminaires inadaptés (aussi bien pour les citoyens que pour la protection du Ciel), nous devrions réellement assister à une diminution du halo de pollution lumineuse recouvrant notre Cité royale.

Dans tous les cas et si les engagements sont pris, cela se fera de façon lente mais certainement bien visible (à l'instar de Rodez où le halo a baissé en moyenne de 25% entre 1995 et 1998). En effet, le changement même partiel d'un parc de luminaires est une opération lourde financièrement et impossible à réaliser sur une courte période. C'est certainement pour cela, entre autres, que la Mairie de Blois a opté pour un plan pluriannuel.

En tant que Président d'Association astronomique et aidé de mes amis observateurs, je serai présent pour suivre l'évolution du projet, que ce soit en ville, par une vérification physique des luminaires ou en périphérie.

A ce sujet, j'ai réalisé une analyse et une série de prises de vue du halo lumineux de Blois à différentes distances et en utilisant toujours les mêmes paramètres d'exposition, pour clairement le mettre en évidence, mais également pour suivre son évolution générale et dans un but d'archives.

Vous trouverez des renseignements précis sur ce travail et sur mes résultats concernant les zones d'influence des halos de pollution lumineuse pour l'ensemble du Loir et Cher (corroborés par des images satellites et les mesures Atlas), dans le compte-rendu de notre ami Florent LAMIOT du Conseil Régional Nord-Pas-de-Calais.

a) Concernant le Plan Lumière de Blois, voici quelques détails précis et peut-être définitifs. A l'heure actuelle, rien n'est tranché et la Ville doit encore choisir parmi les propositions de l'Agence Concepto (choix financiers, choix de prestige et espérons-le aussi, choix pour la qualité du Cadre de Vie).

- Premier point important, la Loire, dernier fleuve « vivant » d'Europe ne sera pas illuminée, les berges sont assez proches l'une de l'autre et se suffisent à elles-mêmes. Ces dernières en aval et en amont du pont Jacques Gabriel seront peut-être éclairées.

- Trois ponts traversent la Loire à Blois. Pour le premier, le pont Jacques Gabriel, son éclairage d'ambiance très puissant sera revu et totalement corrigé. La mise en lumière du pont François Mitterrand sera certainement, elle aussi, réalisée « en douceur » afin de mieux le dissocier des berges. Quant au pont Charles de Gaulle, assemblage de béton inesthétique et coûteux des années 70, ce dernier ne sera pas mis en valeur. Cependant (à mon humble avis), baisser l'intensité lumineuse de l'éclairage fonctionnel de son réseau routier afin de limiter la vitesse trop souvent excessive, serait le bienvenu.

- Le centre ville : les illuminations à venir seront très certainement éteintes en cours de nuit, probablement à Minuit, comme c'est le cas actuellement pour l'Eglise Saint-Nicolas. L'idéal serait 23h à l'instar des monuments de Rodez.

- Rocade Nord : là-aussi, avancée marquée pour la Ville de Blois, il n'y aura pas d'éclairage routier mais certainement des systèmes aussi efficaces et infiniment moins coûteux (catadioptrés). Comme cette voie est parallèle à l'autoroute A10 sur plusieurs centaines de mètres, les automobilistes ne seront pas éblouis et auront une meilleure vision des monuments éclairés dans le lointain.
(voir en annexe l'article du « Monde » sur la nouvelle réglementation des voies rapides et des autoroutes)

- Futur incinérateur : ce dernier devrait être équipé de lampadaires adaptés (éclairant uniquement vers le bas). Seul bémol : le bâtiment de style moderne et volumineux devrait lui aussi être mis en valeur au même titre que les « vrais » monuments du centre ville. Est-ce vraiment utile et attractif pour les touristes et cela ne gênera-t-il pas la vision d'ensemble ? Dans tous les cas, une extinction nocturne devrait s'appliquer.

- Quartiers Nord : pour toute la ZUP et autres quartiers nommés pudiquement « Zone d'habitation sociale », (Sarrazines, Quinière, ...) où les immeubles de « style » ont fleuri dans un passé proche, l'éclairage devrait être repensé de façon globale et pluriannuelle. Les boules lumineuses et autres fléaux de l'Environnement nocturne installés du fait de leurs bas prix passeront progressivement de vie à trépas : mauvaise qualité de lumière, sensation d'insécurité, éblouissement et pollution du ciel ont apparemment signé leur fin programmée. Dossier à suivre...

b) Autres détails précis et positifs déjà fonctionnels et validés par la Ville :

- Centre ville : comme c'est le cas depuis de nombreuses années, les décorations et illuminations de Noël sont éteintes à Minuit.

- Pendant toute la période de rénovation de la façade de l'Eglise Saint Nicolas et suite à mes remarques, l'illumination complète de cette dernière a été volontairement « débrayée ». En effet, était-il indispensable d'éclairer les échafaudages masquant le monument ? Bravo au Maire-Adjoint en charge de l'Environnement pour cette action.

- De nouveaux éclairages routiers fonctionnels et équipés de lampes SHP sont déjà utilisés depuis quelques années (Boulevard Daniel Dupuis, Avenue de la Butte, Pont François Mitterrand ...) : mâts hauts avec réflecteurs sphériques fermés, au flux parfaitement dirigé, aussi bien pour la route que pour les trottoirs des deux côtés de la voie (évitant ainsi un doublé inutile avec des mâts bas trop souvent dotés de boules lumineuses). Excellent exemple pour la Protection du Ciel Nocturne (voir photo n°4).

- Eclairage routier de l'Avenue de Châteaudun (photographie n°5). Anciens lampadaires de bonne qualité, mâts hauts supportant deux réflecteurs équipés de lampes SHP. Malheureusement, pas de fermetures de protection pour les insectes, mais, dès 23h, extinction par alternance d'une lampe pour chaque mât. Très bon exemple d'une mesure d'après choc pétrolier et de protection du Ciel.

- Déchetterie Nord : même si malheureusement, c'est une quinzaine de boules lumineuses qui ont été installées durant l'été 1997, ces dernières sont équipées d'un système de coupure et par conséquent, ne fonctionnent pas toute la nuit.

- Espace Poulain (Rue de la Chocolaterie) : depuis la reconversion du quartier en site universitaire et locatif, l'éclairage a également été modifié. Pour une parfaite adéquation de style, ce sont des lampadaires modernes pourvus de réflecteurs sommitaux et utilisant des lampes SHP qui ont été installés. Excellent travail et très bon choix, si ce n'est la puissance excessive des lampes donnant une ambiance par trop éblouissante.

- Plusieurs bâtiments administratifs « mis en valeur » expérimentent déjà depuis de nombreuses années ou quelques mois une extinction nocturne (Centre administratif, Ecole d'ingénieurs du Val de Loire). Pour cette dernière, la lumière était précédemment et généreusement dispensée toute la nuit. Grâce à mes communications de presse, la situation a changé... Encore un exemple de bonne volonté spontanée.

Pour résumer cette réflexion, la mise en lumière de la Ville de Blois, dans un premier temps, augmentera certainement le halo général de notre cité (une aggravation de 10% est sûrement et malheureusement à prévoir).

Lentement, après la modification ou la suppression des « mauvais lampadaires », une diminution générale est à espérer, approchant les valeurs de 1998, après un ou deux ans.

Ensuite, le halo devrait régresser plus encore et une chute de 25% est un minimum à espérer !

Bien sûr, il sera toujours impossible de bien discerner la Voie Lactée en centre ville, mais les étoiles y seront, à coup sûr, plus nombreuses. Pour les sites distants d'une vingtaine de kilomètres, le halo de Blois deviendrait pratiquement invisible et le ciel plus beau que jamais !

En conséquence, si toutes les bonnes volontés, en particulier celles de la Mairie (ce qui semble pratiquement acquis) le veulent bien, la situation ne peut que s'améliorer. En effet, tout en mettant en valeur notre Patrimoine Historique et en maintenant la protection des personnes et des biens, il est tout à fait possible de réaliser des économies d'énergie, mais également de protéger et d'améliorer la qualité de notre Patrimoine Naturel et de l'Environnement Nocturne.

La Ville de Blois, en préservant notre Cadre de Vie et en s'engageant sur cette voie donnerait ainsi l'exemple à suivre ... Rendez-vous au Troisième Congrès de Rodez pour les résultats !

Protection de l'Environnement Nocturne dans le Loir et Cher et à Blois : d'une sensibilisation à la sauvegarde du Ciel à la reconquête des Etoiles

Après des années successives de dégradations, sans que quiconque ne se préoccupe réellement de l'évolution et de l'impact des halos de pollution lumineuse sur le ciel nocturne de mon département, j'ai sollicité et rencontré les Elus.

Parallèlement, le public a également été sensibilisé par les médias et par les manifestations de notre association blésoise.

Aujourd'hui, mon action commence à porter ses fruits et avec l'aide de mes amis astronomes, nous avons su créer un effet « Rodez » en Loir et Cher.

En espérant que cela n'est qu'un excellent début, je souhaite que mon travail de précurseur soit largement suivi par le plus grand nombre, pour une meilleure protection du Ciel étoilé et de l'Environnement nocturne.

Remerciements : à Karine pour son soutien de tous les jours, à Jean-Michel qui a su m'orienter lors de mes premières démarches et à Laurent pour son aide et sa documentation non moins précieuse.

ANNEXE de la première intervention

Sensibilisation à la protection du ciel nocturne et lutte contre la pollution lumineuse: un cas concret développé en Loir et Cher

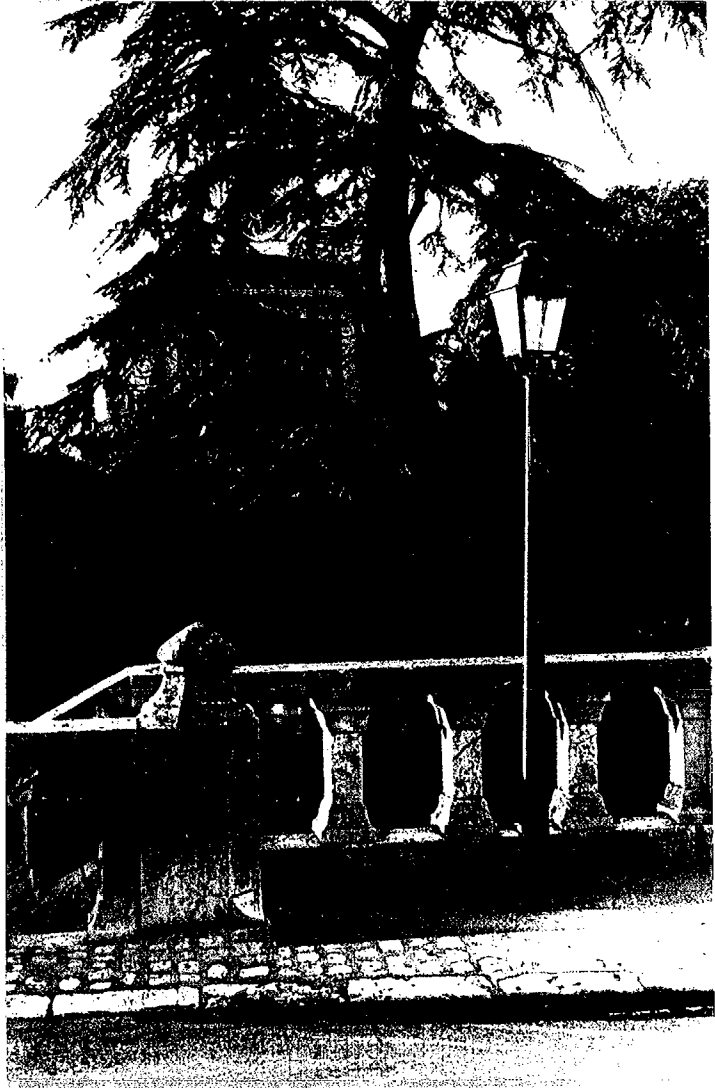
+ commentaires à joindre aux photographies des luminaires blésois :

Photographie n°1 : Lampadaires type lanterne « très communs » du centre ville et sans aucun rapport historique avec notre cité royale. Exemplaires installés en contrebas de la Façade des Loges du Château de Blois. Deux configurations différentes : lampe apparente pour le 1^{er} et encastrée pour celui de la voirie (lequel est le plus éblouissant ?) A noter, les projecteurs installés dans l'arbre centenaire et éclairant l'Aile François 1^{er}.

Photographies n°2 et 3 : Eclairage d'un nouveau lotissement réalisé dernièrement rue du Commandant Jules en périphérie ouest de Blois et malheureusement mal équipé. Exemple typique à proscrire et que l'on trouve encore trop souvent dans la ville (déchetterie Nord, ZUP, Quinière, Place Moser, Parvis de la Halle aux Grains en centre ville, etc...).

Photographie n°4 : très bon exemple de l'Avenue de la Butte, proche de la Gare (voir chapitre IV – 4).

Photographie n°5 : Eclairage de l'Avenue de Châteaudun, vers la sortie Nord de Blois (voir chapitre IV – 4).



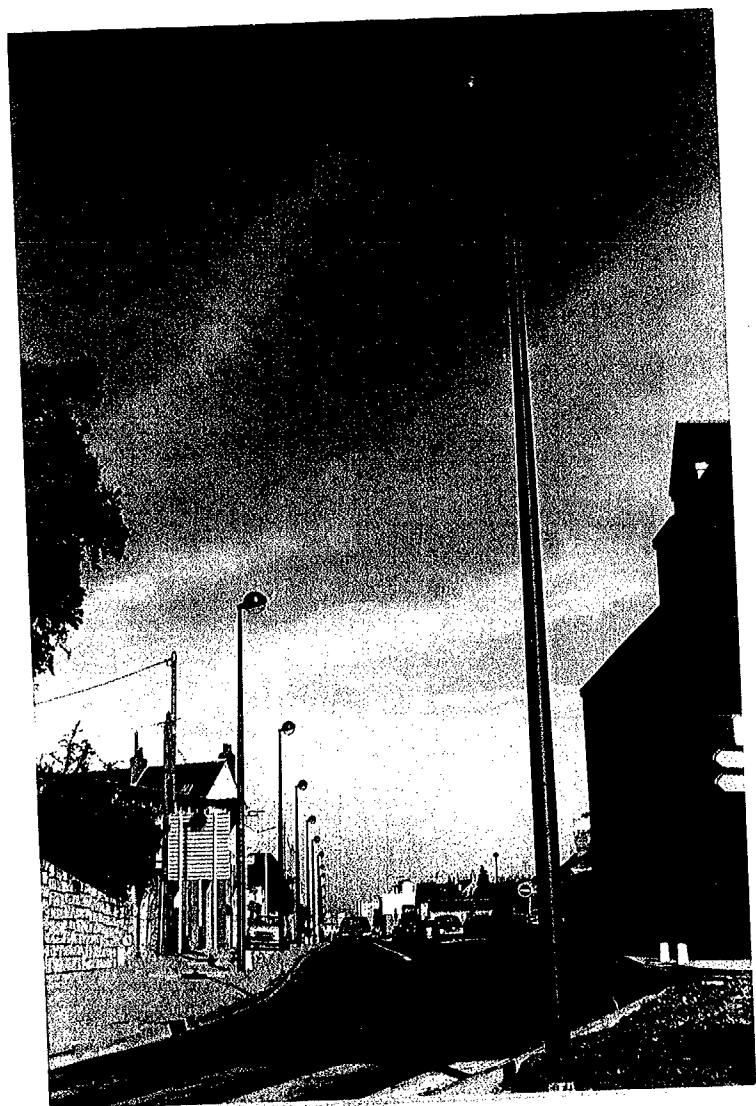
1.



2.



3.



4-



5-

(Tableau n°1)

Densité de population en Europe

- PAYS-BAS	439 hab/km ²	
- BELGIQUE	326	
- JAPON (pour comparaison)	325	
- ROYAUME-UNI	235	
- ALLEMAGNE	219	
- ITALIE	191	-
- SUISSE	166	-
- LUXEMBOURG	146	-
- FRANCE	<u>104</u>	- 60 millions d'habitants 543965 km ²
- ESPAGNE	77	-
- IRLANDE	51	-
- SUEDE	19	-

Densité de population à Paris et en Ile de France

- PARIS	20500 hab/km ² (2152423 hab)
- ILE DE FRANCE	897 hab/km ² (10760861 hab - 12000 km ²)

Densité de population en Loir et Cher (41)

- DEPARTEMENT	<u>48,2</u> hab/km ² (305937 hab - 6314 km ²)
- BLOIS	51549 hab
- BLOIS + villes proches	≈ 75000 -
- ROMORANTIN	18472 -
- VENDOME	18359 -
- MUR-de-SOLOGNE	1061 -

Aveyron (12)

- DEPARTEMENT	30,9 hab/km ² (270141 hab - 8735 km ²)
- RODEZ	26794 hab

(Tableau n°2) Informations ADEME sur l'Eclairage Public

(source EDF) année 1991

année	Puissance consommée	Nombre Points lumineux *
1991		

* (100 000 Boules lumineuses vendues par an) source A.F.E.

Coûts de l'Energie

Types de communes	Prix moyen du Kwh T.T.C.	Prix moyen par habitant T.T.C./an	% par rapport aux dépenses énergétique habitant/an
< 2000 Habitants	0,59		15,45 %
> 2000 Habitants	0,54		20,41 %
Blois 51600 Hab			

Coût de la Maintenance (+ ou - 15 % de l'Energie)

Type de Villes	Maintenance (Francs/habitant/an)
< 2000 habitants	1,58
2000 à 5000 habitants	29,73
5000 à 20 000 habitants	44,35
20 000 à 100 000 habitants	38,30
> 100 000 habitants	56,79
Moyenne nationale	

Récapitulatifs des principaux ratios

Postes budgétaires	Par habitant	Par point lumineux
Energie + Maintenance		450 à 620 francs
Travaux	25 francs	200 à 300 francs
Totaux	84 à 126 francs	650 à 920 francs

(Tableau n°2) Informations ADEME sur l'Eclairage Public

(source EDF) année 1991

année	Puissance consommée	Nombre Points lumineux *
1991	3,6 <i>Milliards de Kwh</i>	5,8 <i>Millions</i>

* (100 000 Boules lumineuses vendues par an) source A.F.E.

Coûts de l'Energie

Types de communes	Prix moyen du Kwh T.T.C.	Prix moyen par habitant T.T.C./an	% par rapport aux dépenses énergétique habitant/an
< 2000 Habitants	0,59	33,21	15,45 %
> 2000 Habitants	0,54	43,88	20,41 %
Blois 51600 Hab		= 48,40	

Coût de la Maintenance (+ ou - 15 % de l'Energie)

Type de Villes	Maintenance (Francs/habitant/an)
< 2000 habitants	1,58
2000 à 5000 habitants	29,73
5000 à 20 000 habitants	44,35
20 000 à 100 000 habitants	38,30
> 100 000 habitants	56,79
Moyenne nationale	30,74

Récapitulatifs des principaux ratios

Postes budgétaires	Par habitants	Par point lumineux
Energie + Maintenance	59 à 101 francs (moyenne 80)	450 à 620 francs
Travaux	25 francs	200 à 300 francs
Totaux	84 à 126 francs	650 à 920 francs

FRANCE 1991 (Energie + Maintenance) sans mobilier ≈ 5 Milliards de Francs/an

(Tableau n°3) Agence CONCEPTO

Responsable M. Roger NARBONI – membre (A.F.E.)
ingénieur informaticien, plasticien

Réalisation de l'agence :

Nantes (Cour des 50 Otages), Bordeaux, Vichy, Alençon,
Bibliothèque de France, Ile de la Cité, Niort, Melle (Deux Sèvres),
Poitiers, Bruxelles Capitale + 33 communes

Travail de l'agence :

Eclairage public, illuminations, création de matériel.

Poitiers :

Illumination de Notre Dame de la Garde = 130 000 F,
fonctionnement de juin à septembre (coupure nocturne ?).

Niort :

- (Sèvre Niortaise) spots dans l'eau pour former des nénuphars et des roseaux lumineux + tubes fluos bleus sous les passerelles et les ponts = 260 000 F T.T.C.
pour 1200 mètres de rivière « traitée » !
Nécessité d'un entretien annuel des luminaires immergés à cause des algues = coûts maintenance élevés (extinction à Minuit).
- coulée verte : aménagement des bords de rives = 4 500 000 F (luminaires type lanterne).

Citadelle de Brouage en Charente Maritime (moins de 1000 habitants) :

financement par la Région et par la Communauté Européenne,
éclairage des remparts et création d'un mobilier spécifique
(pourtant, proximité de nombreux marais aux écosystèmes riches).

Serres d'Auteuil à Paris.

Illuminations provisoire (quelques mois en 1997) de certains ponts parisiens,
suite à la déclaration par l'UNESCO des berges de la Seine

comme Patrimoine

Mondial

Ville de BLOIS Données 1997

(source Office de Tourisme + Services techniques)

- « Son et Lumière » Château de Blois : 33000 personnes
- Entrée Château : 340 000 visiteurs (4ème position nationale)
- Taux d'occupation des hôtels de mai à septembre : 60 % (parc de 1500 chambres)
- nombre de luminaires publics = **8000**
- consommation électrique annuelle = **2 500 000 F**
(maintenue depuis 10 ans, malgré l'augmentation du parc et du coût de l'énergie)
- 51600 habitants = 48.5 F/hab/an = étude ADEME
- **total énergie + entretien ≃ 4 000 000 F/an**

Responsable M. Roger NARBONI – membre (A.F.E.)
ingénieur informaticien, plasticien

Réalisation de l'agence :

Nantes (Cour des 50 Otages), Bordeaux, Vichy, Alençon,
Bibliothèque de France, Ile de la Cité, Niort, Melle (Deux Sèvres),
Poitiers, Bruxelles Capitale + 33 communes

Travail de l'agence :

Eclairage public, illuminations, création de matériel.

Poitiers :

Illumination de Notre Dame de la Garde = 130 000 F,
fonctionnement de juin à septembre (coupure nocturne ?).

Niort :

- (Sèvre Niortaise) spots dans l'eau pour former des nénuphars et des roseaux lumineux + tubes fluos bleus sous les passerelles et les ponts = 260 000 F T.T.C. pour 1200 mètres de rivière « traitée » !
Nécessité d'un entretien annuel des luminaires immergés à cause des algues = coûts maintenance élevés (extinction à Minuit).
- coulée verte : aménagement des bords de rives = 4 500 000 F (luminaires type lanterne).

Citadelle de Brouage en Charente Maritime (moins de 1000 habitants) :
financement par la Région et par la Communauté Européenne,
éclairage des remparts et création d'un mobilier spécifique
(pourtant, proximité de nombreux marais aux écosystèmes riches).

Serres d'Auteuil à Paris.

Illuminations provisoire (quelques mois en 1997) de certains ponts parisiens,
suite à la déclaration par l'UNESCO des berges de la Seine comme Patrimoine
Mondial

(source Office de Tourisme + Services techniques)

- « Son et Lumière » Château de Blois : 33000 personnes
- Entrée Château : 340 000 visiteurs (4ème position nationale)
- Taux d'occupation des hôtels de mai à septembre : 60 % (parc de 1500 chambres)
- nombre de luminaires publics = **8000**
- consommation électrique annuelle = **2 500 000 F**
(maintenue depuis 10 ans, malgré l'augmentation du parc et du coût de l'énergie)
- 51600 habitants = 48.5 F/hab/an = étude ADEME
- **total énergie + entretien ≅ 4 000 000 F/an**

Ces lumières qui tuent la nuit

Les nuits sont trop blanches aux yeux des astronomes. La gabegie de lumière atteint ses limites, d'autant qu'il est possible de mieux éclairer, à moins cher.



L'éclairage de l'avenue de Châteaudun figure parmi les systèmes les mieux adaptés. (Photo P. Milhiet)

LA petite goutte qui a fait déborder le vase fut l'arrivée des lampadaires à globe. Ces éclairages publics en forme de ballon, soigneusement disposés le long des rues passagères, entourant les places, traversant les squares, longeant les immeubles feraient des ravages dans le monde des astronomes.

Aux yeux des observateurs du ciel, le phénomène « lumière tous azimuts » s'est développé comme un virus, pour suivre la mode branchée des concepteurs d'urbanisme. Qui d'autre d'ailleurs que ces chasseurs d'étoiles pouvaient dénoncer cette prolifération de lumière, gage d'une meilleure sécurité et d'un confort accru pour l'immense majorité des administrés ?

Christophe Martin-Brisset, astronome averti, l'admet volontiers : en dénonçant le gâchis de lumière et sa mauvaise utilisation, il défend au premier chef son carré de ciel noir.

« Mais nous soulevons du même coup une somme d'aberrations, et surtout nous proposons des solutions qui peuvent satisfaire tout le monde. Attention, ne voyez pas chez nous des partisans à la restriction de l'éclairage public ! Il ne s'agit pas de moins

éclairer, mais de mieux éclairer. »

Lasers et spots

Le comité national pour la protection du ciel nocturne se constituait en 1995, à la suite d'un congrès rassemblant en octobre de cette même année une centaine d'astronomes amateurs et professionnels. Les bases du mouvement vi-

sant à stopper la gabegie de lumière étaient posées.

« La France n'est malheureusement pas très en avance dans ce domaine, notamment par rapport à la plupart de ses proches voisins qui ont pris des mesures afin de limiter le gâchis d'énergie », poursuit Christophe Martin-Brisset.

La première ville à vraiment s'impliquer fut Reichstett, près de Strasbourg. Sous l'impul-

sion de la municipalité, 600 foyers d'éclairage ont été remplacés, et depuis deux ans, toutes les lampes fonctionnent au sodium à haute pression. Coût de l'opération : un million de francs, pour un amortissement escompté sur six ans, dans la mesure où l'économie d'énergie est de 30 % pour une ville de 5.000 habitants.

« Une lumière trop vive, mal dirigée, aveugle plutôt qu'elle n'éclaire. C'est souvent le cas dans les squares », ajoute Christophe Martin-Brisset. La pollution lumineuse ne se limite pas au seul éclairage public. Les faisceaux laser signalant les discothèques, les fêtes locales, l'éclairage intempêtif des zones industrielles sont rarement bien perçus du voisinage.

La toute nouvelle antenne départementale du CNPCN entame sa tournée des élus locaux. Le premier contact est plutôt favorable. Prôner les économies d'énergies en limitant les nuisances tout en facilitant le travail des observatoires n'est pas de nature à générer l'hostilité.

Henri LEMAIRE.

■ Pour tous renseignements, joindre le comité départemental pour la protection du ciel nocturne au 02.54.74.87.15.

La Belgique en tête

De la station MIR, Claudie André-Deshays a réalisé une série de photographies de la surface de la planète afin de déterminer l'état de la pollution lumineuse. Une mission désormais classique, réalisée également par satellite, qui permet d'établir une carte très détaillée des sources lumineuses importantes. Blois, entre Orléans et Tours, figure d'un minuscule point blanc, à côté de la centrale nucléaire, que l'on sait particulièrement éclairée de nuit.

La Belgique, avec son réseau d'autoroutes entièrement équipées d'éclairage, est le pays d'Europe le plus lumi-

neux, vu du ciel, avec certaines zones industrialisées de l'Italie.

A titre d'exemple, la diffraction de la lumière émise par la ville de Paris se voit à 150 km. Plus localement, il faut s'éloigner d'une trentaine de kilomètres de Blois pour observer le ciel dans de bonnes conditions. Les Parisiens devront faire 100 km pour quitter le halo blanc de la capitale.

Enfin, les dispositifs de faisceaux de rayonnement laser sont soumis à l'autorisation du préfet, mais il n'existe aucun moyen légal pour obtenir la protection d'installations scientifiques.

La direction des routes éteint la lumière

RENDRE les routes plus sûres la nuit en les éclairant moins ! La direction des routes du ministère des transports ne craint pas le paradoxe. Convaincu que la lumière n'est pas la meilleure façon d'éclairer le chemin, elle propose une modification de la circulaire de 1974 qui régit l'éclairage du réseau autoroutier et des voies rapides.

La nouvelle circulaire est radicale dans ses conclusions : selon les nouveaux critères retenus – qui s'appliqueraient aux voies récemment construites ou à venir – l'obligation d'éclairage la nuit ne concernerait plus qu'une centaine de kilomètres au lieu des mille deux cents qui devaient être éclairés en application des anciennes normes. La sécurité des automobilistes en serait renforcée.

« Folie ! », s'exclament les professionnels de l'éclairage – une centaine d'entreprises – qui croient avoir débusqué les prémices de cette nouvelle politique. Ainsi, l'éclairage des rampes d'accès sur le pont de Normandie a déjà été retiré ainsi que des deux sorties de l'A1 menant au Stade de France. « Le projet revient à dire que tout ce qui devrait être éclairé

ré l'a été et qu'il ne faut pas en faire davantage », déplore Roland Pige, président du Serce, Syndicat des entrepreneurs de réseaux et constructions électriques, qui conteste la complexité des nouveaux critères.

Jusqu'à présent, le paramètre retenu pour éclairer une voie reposait sur son trafic journalier : plus de 50 000 véhicules pour une autoroute ou une voie rapide. Les nouveaux critères relèveraient la barre aux alentours de 100 000, voire 150 000 véhicules/jour. Cette barre limiterait à une centaine de kilomètres le nombre de voies à équiper, soit dix fois moins que prévu. Selon une étude récente, 1 200 kilomètres de liaisons autoroutières supplémentaires devraient en effet être éclairées en application de la directive de 1974. Le coût d'ensemble, à raison de 2 millions de francs par kilomètre, serait de 2,4 milliards de francs. « Il est permis de rappeler qu'un accident mortel coûte 2 millions à la société », souligne le Serce.

La direction des routes a une autre vision. Elle insiste sur la nécessité de développer sur l'ensemble des tronçons l'éclairage passif,

comme par exemple le marquage réfléchissant au sol, qu'elle juge plus performant. « La modulation du flux lumineux des sources d'éclairage ne peut être réalisée que si un dispositif de substitution permettant à l'usager de conserver de bonnes conditions de navigation existe », précise la nouvelle circulaire en évoquant le balisage.

Autre argument avancé par l'administration : « Plus une route est éclairée, plus les accidents se multiplient. » Les lampes donneraient aux automobilistes une impression de sécurité largement illusoire, selon la direction des routes, au même titre que le système de freins ABS quand il est mal maîtrisé. S'estimant en sécurité, les automobilistes rouleraient alors plus vite, et le risque d'accident augmenterait.

Les experts du ministère des transports avancent un dernier argument, pas vraiment lumineux, pour étayer leur thèse : aucune étude n'établit de corrélation entre la sécurité et l'éclairage. Est-ce suffisant pour faire le noir ?

Dominique Gallois



Blois Sologne Astronomie
Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne
2, rue Anatole France 41000 BLOIS
02.54.74.87.15 cnpncmb@minitel.net

Amis des Etoiles,

Notre Ciel Etoilé et la Voie Lactée sont en danger !

Aujourd'hui avec la multiplication des éclairages de toutes sortes, le plus souvent inadaptés: boules lumineuses, lampadaires sans protection sommitales, enseignes nocturnes, sur-éclairage des zones commerciales et industrielles, lasers des discothèques ..., les étoiles disparaissent petit à petit de notre quotidien.

Dans les villes, il est déjà trop tard et les étoiles ont succombé sous les assauts de la pollution lumineuse*. Maintenant, dans les campagnes, la menace gagne sournoisement !

Si nous ne voulons pas que dans le futur, nos enfants et petits enfants ne découvrent la beauté des immensités célestes qu'aux fins fonds des déserts ou sous la voûte des planétariums ..., agissons maintenant, car il est encore temps de sauver les étoiles !

Pour cela, rien de plus simple: il faut impérativement changer notre politique actuelle d'éclairage . Bien sûr, il ne s'agit pas d'interdire les lumières nocturnes, bien au contraire. Il suffit seulement d'utiliser des lampadaires adaptés, éclairant exclusivement vers le sol (là où leurs lumières sont utiles), d'éviter toute émission verticale, de réglementer les enseignes lumineuses, d'imposer des heures de coupures ... et de réaliser ainsi des économies d'énergie non négligeables !

Alors, n'hésitez pas: rencontrez votre Maire ou le Responsable des Services Techniques de votre ville si vous apprenez une création ou la modification de l'éclairage de votre commune ... ou d'ailleurs.

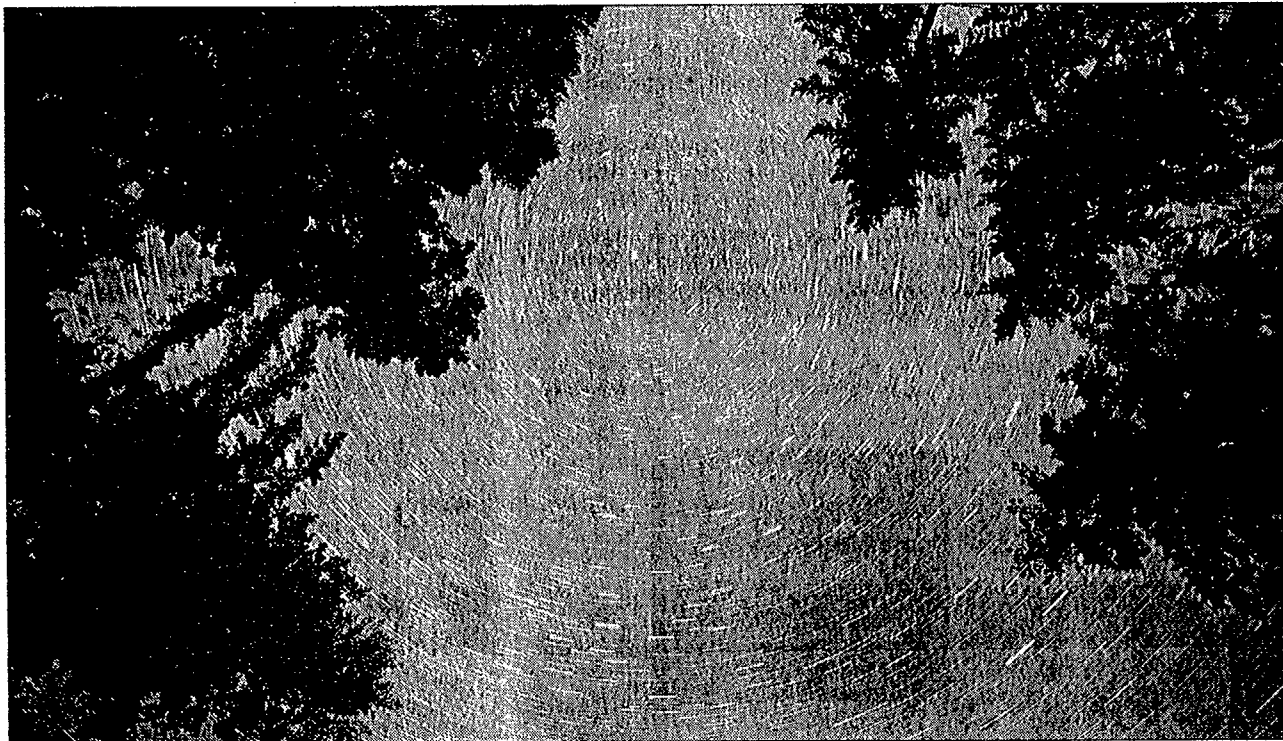
Chez vous, pensez à couper les lumières inutiles, mais aussi protégez toutes vos lampes extérieures pour éviter que leurs lumières partent vainement vers le ciel.

Ensemble avec

l'Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne (ANPCN)
et Blois Sologne Astronomie,

protégeons les étoiles et le ciel nocturne,
ces Patrimoines de l'Humanité.

La science fête sa semaine



Une « rotation » d'étoile en forêt de Sologne photographiée par Blois Sologne Astronomie.

LA manifestation placée sous l'aile auguste du ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie, s'appelait jadis la « Science en fête ». Elle se baptise cette année la « Semaine de la science », sans que ses objectifs ne s'en trouvent pour autant bouleversés. Il s'agit toujours de favoriser, de manière aussi sérieuse que ludique, la rencontre entre l'école et la recherche, le public et les chercheurs. On parle de la science, de son évolution et de ses implications pour la société, en expliquant ce qu'est la réalité du travail de recherche.

La manifestation est coordonnée à Blois par Olivier Mo-

rand, de Centre Sciences (Centre de promotion de la culture scientifique, technique et industrielle, région Centre). En attendant que les appellations raccourcissent, il brosse un portrait de l'événement, qui connaîtra son point fort samedi 10 et dimanche 11 octobre, au muséum d'histoire naturelle. Il y a déjà en place l'exposition Centre Sciences « Il suffit de passer le pont ». La Loire sert de prétexte à découvrir toutes les techniques de fabrication des ponts, de la simple passerelle de bois au pont haubané de Saint-Nazaire ; 150 ponts sur 1.000 km de patrimoine ligérien.

Le thème principal de ces deux jours s'oriente autour de l'astronomie et d'Internet. France Télécom met trois postes à la disposition du public, qui pourra consulter des sites pré-choisis ayant trait à la recherche, mais aussi gambader à travers des musées, ou d'autres sites.

Un coup de bâton... de Jacob !

Président de Blois Sologne Astronomie, Christophe Martin-Brisset décline les offres de sa discipline favorite : « Nous aurons un télescope de 50 cm de diamètre, le plus grand du Loir-et-Cher. Nous pourrons

faire de nombreuses observations, comme les taches solaires par exemple. Evidemment, si le temps nous aide. Comme Météo France participe à l'opération, nous saurons vite à quoi nous en tenir ! »

On parlera également de la « pollution lumineuse », Christophe faisant partie du Comité départemental pour la protection du ciel nocturne (CDPCN). Il ne s'agit pas d'éradiquer l'éclairage public, mais de limiter la gabegie d'énergie, tout en permettant aux astronomes de mieux observer le ciel.

En consultation, un cédérom permet de choisir sa destination dans le ciel, grâce à de très belles photos. Une exposi-

Une conférence à la bibliothèque Abbé-Grégoire, des portes ouvertes à l'Observatoire Loire et de nombreuses animations au muséum d'histoire naturelle, c'est " la Semaine de la science ".

tion de fac-similés d'objets anciens et un atelier de fabrication pour les enfants devraient connaître le succès. En peu de temps, ces glorieux ancêtres d'instruments permettant de se repérer grâce aux constellations, deviennent familiers. Et quels noms charmeurs : nocturlabe, sphère armillaire, célescope, astrolabe, bâton de Jacob !

Pour rester dans le ton, Jean-Louis Poinat, directeur du muséum, sortira ses plus belles météorites !

Alain VILDART.

■ Muséum, rue Anne-de-Bretagne, 10 et 11 octobre, de 14 h à 18 h. Entrée libre ; tél. 02.54.90.21.00.

Les faisceaux laser réglementés

Le Comité national pour la protection du ciel nocturne, qui dispose d'une antenne locale en Loir-et-Cher, vient d'obtenir l'application de la loi qui prévoit maintenant une autorisation préfectorale pour l'utilisation d'enseignes à faisceau de rayonnement laser. L'association attend donc la réponse de l'action du préfet sur ce point précis, concernant les établissements du Loir-et-Cher utilisant ce système publicitaire.

Par ailleurs, le comité signale le lancement d'une campagne nationale sous le nom d'opération Atlas. Il s'agit de compter certaines étoiles à l'œil nu, ou à l'aide de jumelles. Il sera alors possible de mettre en évidence les zones polluées par la lumière et celles qui ne le sont pas.

■ Pour tous renseignements, il est possible de joindre Christophe Martin-Brisset au 02.54.74.87.15.

3

LOISIRS

Une randonnée nocturne

Blois Sologne Astronomie propose, le 4 septembre, une randonnée sous la pleine lune en forêt de Russy.

CRÉÉE il y a un peu plus d'un an par un groupe d'astronomes amateurs, l'association Blois Sologne Astronomie que préside Christophe Martin-Brisset propose, le samedi 4 septembre, une randonnée nocturne sous la pleine lune, à la découverte du ciel étoilé.

Au programme de cette soirée d'observation et d'écoute de la vie nocturne qui se déroulera en forêt de Russy, loin de la pollution lumineuse, vous pourrez effectuer une petite boucle de 4 kilomètres afin de reconnaître visuellement les constellations et quelques planètes.

En fin de randonnée, une fois revenu sur le site de départ, vous pourrez explorer le relief lunaire et observer quelques objets stellaires du ciel profond avec un télescope de 20 centimètres de diamètre. Enfin une carte du ciel sera offerte à chaque participant.

Si les conditions météorologiques s'avéraient défavorables, la soirée serait automatiquement repoussée au lendemain.

« De nuit, avec la pleine lune, nous avons une parfaite vision du sol et du ciel. Sur la boucle que nous allons effectuer en forêt de Russy, les chemins sont bien découverts et

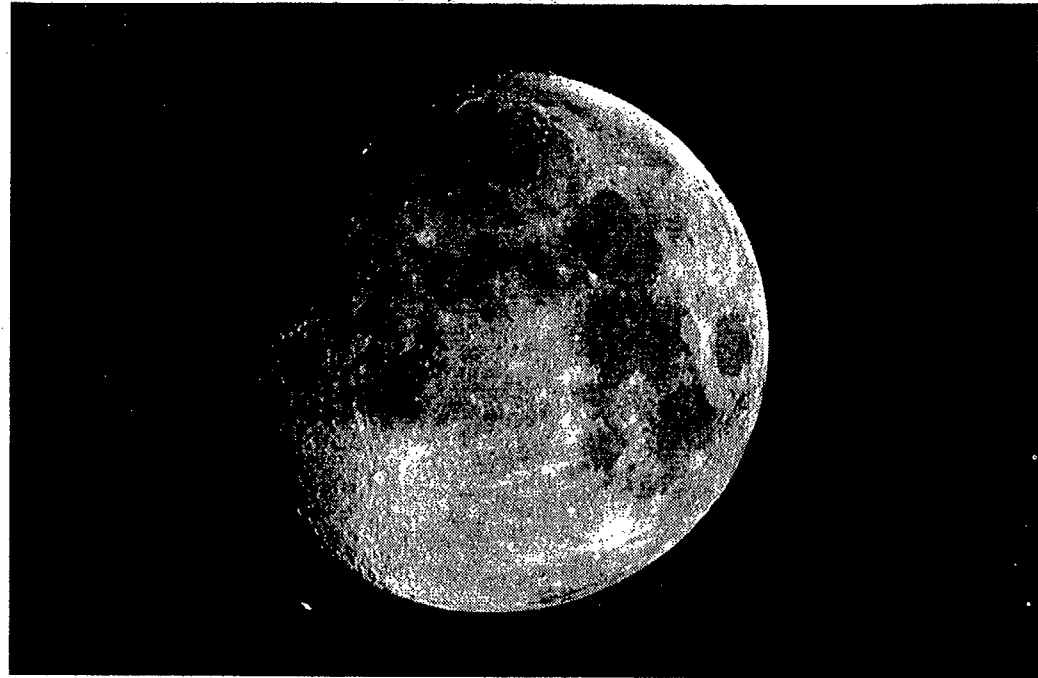


Photo réalisée par Christophe Martin-Brisset deux jours avant une pleine lune, en Sologne, à partir d'un télescope de 20 cm de diamètre.

larges ce qui permet une excellente observation. A un endroit, on a même une vision du ciel à 360°. Nous invitons tous ceux qui sont passionnés d'astronomie à cette randonnée, mais aussi tous ceux qui aiment la faune. La vie de la forêt en pleine nuit est très différente », explique Christophe qui croise les doigts pour que le temps soit clément.

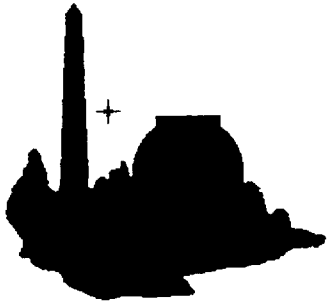
Blois Sologne Astronomie adhère au comité national pour la protection du ciel nocturne et se bat notamment contre les mauvais éclairages

publics, les faisceaux laser des discothèques ou encore l'éclairage intempestif des zones industrielles. Son objectif : économiser l'énergie tout en limitant les nuisances et ainsi faciliter le travail des observateurs.

Car le groupe d'amateurs de l'association a une passion, l'observation. Elle a mené des programmes d'observation sur l'île de la Réunion, depuis le volcan, de nuit, en avril dernier. Son prochain grand projet : assister le 11 août 1999 à l'éclipse totale du soleil, la dernière éclipse du siècle, entre la

Normandie et l'Alsace... puisqu'en Loir-et-Cher l'éclipse ne se verra qu'à 95 %.

■ Pour la soirée du 4 septembre, un lieu de rendez-vous sera fixé à la sortie sud de Saint-Gervais-la-Forêt. Un nombre limité de personnes sera accueilli (environ 30). Il faut donc s'inscrire à l'avance auprès de Blois Sologne Astronomie, 2, rue Anatole-France à Blois (tél. 02.54.74.87.15). A ce moment-là, les organisateurs vous donneront le lieu précis de rendez-vous, comment s'habiller, quel matériel emporter, etc. Gratuit.



Société d'Astronomie Populaire

1, Avenue Camille Flammarion - 31500 Toulouse - Tél 05 61 58 42 01

N° SIREN 776882227

N° SIRET 77688222700023

Toulouse, le 26 Octobre 1998.

14-3-3 Le PIC DU MIDI

Monsieur le Directeur du Syndicat Mixte
et Monsieur le Directeur du Pic-du-Midi

Monsieur le Directeur,

Lors du récent congrès de Rodez sur la protection du ciel nocturne, Mrs. François COLAS et Jean LECACHEUX, astronomes professionnels à l'Observatoire de Meudon, nous ont fait part de leur très vive inquiétude quant à la dégradation potentielle de la qualité des observations, suite au réaménagement de l'Observatoire.

Ces dégradations seraient dues à deux causes :

1°) - Nuisances lumineuses (rideaux inadéquats aux fenêtres, lumières de sécurité en coupole, toujours à la pleine puissance).

2°) - Nuisances d'ordre thermiques, liées à la turbulence à l'intérieur et dans le voisinage des coupoles (positionnement inapproprié des évacuateurs de buées de cuisine).

Pour nous astronomes amateurs, la fréquentation de votre observatoire est évidemment liée à la qualité observationnelle du site.

Nous sommes très inquiets des remarques des astronomes professionnels concernant ces deux types de nuisances.

Dans l'état actuel des choses, nous sommes certains que des solutions conservatoires pourraient être rapidement mises en oeuvre, cela à condition qu'existe une volonté de prise en compte des nécessités, régissant à minima le travail des observateurs, tant amateurs que professionnels.

Nous comptons sur votre bienveillante prise en considération de ces problèmes et nous nous tenons à votre disposition afin de préciser les points que nous souhaiterions voir reprendre d'urgence.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de nos sentiments respectueux et dévoués.

P/L'Association Nationale
pour la Protection du Ciel Nocturne
Président de la SAP de Toulouse,
M. BONAVIDACOLA

COPIES : Mrs LECACHEUX, COLAS, FERLET, CORP,
BUIL, FOURLON, LAS VERGNAS et HOFFER.

4.3.4

La pollution lumineuse

Société Astronomique de Bourgogne.
4 rue Chancelier de l'Hospital 21000 DIJON - § 03 80 36 44 13

Madame, Monsieur,

Par ce présent rapport nous aimerions vous faire part de la **situation inquiétante** dans laquelle se trouve le **ciel nocturne**.

En effet, les astronomes, aussi bien amateurs que professionnels, mais également les simples curieux du ciel, se trouvent de plus en plus gênés par une forme de pollution dite «pollution lumineuse». Ce phénomène existe depuis déjà quelques années, mais prend une ampleur alarmante ces temps derniers.

Cette pollution par l'éclairage public et privé est véritablement **dramatique** et nécessite une prise de conscience rapide de tout un chacun.

Nous vous remercions de bien vouloir porter votre attention sur le document qui suit.

Préambule.

Nous voudrions tout d'abord souligner que le ciel nocturne a été déclaré **Patrimoine Mondial** en 1992 par l'UNESCO. A cette occasion l'UNESCO a co-signé une *charte* visant à préserver l'environnement nocturne. De nombreuses personnalités ont soutenu ce texte. (Document ci-joint)

La cause première des dégradations de ce patrimoine est notre peur ancestrale du noir et la persistance de certaines *idées reçues*. L'éclairage des voies de circulations ou des lieux d'habitation est bien sûr un facteur essentiel de sécurité. Et la sécurité doit rester une priorité absolue. Toutefois quelques préjugés doivent être bannis :

- Une lumière blanche et crue (comme celle des lampes à vapeur de mercure) donne l'*illusion* d'être bien éclairé, alors que la vision est en réalité diminuée (contraction de la pupille et fatigue de l'œil), la visibilité est réduite (relief écrasé, ombres allongées, déformation des silhouettes, mauvaise appréciation du mouvement).
- **La majorité des cambriolages ou vols avec agression ont lieu en plein jour!** (Statistiques de la police et de la gendarmerie nationale). De plus, les maisons des villages discrètement éclairées sont moins « visitées » que les habitations hyper-éclairées...
- **Le sur-éclairage des grands axes routiers fait croître le risque d'accident, car éblouit** les automobilistes et les incite à augmenter leur vitesse, qui reste, rappelons-le, la première cause des accidents de la circulation et accroît leur gravité. (Demandez au SAMU...)
- La diffusion de la lumière dans toutes les directions donne l'*impression* de sécurité alors qu'elle est très *dangereuse*, surtout par temps de brouillard ou de pluie.

1. La pollution par l'éclairage urbain.

Quelles sont les causes de ce type de pollution ?

- Premièrement, pendant un certain nombre d'années on a utilisé des ampoules à vapeur de mercure, à la lumière crue et rassurante, mais qui présentent de graves inconvénients, en plus du **danger** lié à l'utilisation de mercure. La vision est déformée et la visibilité réduite ; **Ces ampoules sont coûteuses.**

Il est préférable d'utiliser des lampes à **vapeur de sodium haute pression** qui restent les plus économiques et offrent un bon rendu des couleurs. On pourrait également utiliser des lampes **basse pression**, un peu plus chères mais plus économiques à l'usage et dont la lumière peut être aisément filtrée, car monochromatique. Toutefois ces dernières sont peu appréciées à cause de leur «inquiétante» couleur jaune-orangée.

- Deuxièmement, la conception des lampadaires est souvent mauvaise ou irréfléchie. En effet, on observe depuis quelque temps la prolifération des lampadaires boules ; et lorsque ce n'est pas le cas, les lampes ont désespérément une inclinaison trop importante. Ces lampadaires sont **dangereux**, car les ampoules sont visibles directement, et donc fortement éblouissantes.

Ils sont également une véritable **source de gaspillage** : en effet, plus de 50% de l'énergie dépensée sert à éclairer le ciel...

La solution pour éviter ce gâchis inutile consisterait à doter tous les systèmes d'éclairage d'abat-jour, calottes ou **réflecteurs suffisamment larges** de manière à n'éclairer que ce qui doit l'être. Ces solutions sont applicables, car les dispositifs existent déjà dans les catalogues des fabricants. Il serait souhaitable que ces solutions soient prises en compte lors de l'installation de nouveaux systèmes d'éclairage ou la rénovation des anciens.

(Information tirée de l'article *Eclairage extérieur : Du simple rôle fonctionnel à la mise en valeur des villes* dans Le Moniteur des travaux publics du 6 juin 1997)

- Troisièmement, depuis quelques années nous assistons à la multiplication des « **mises en valeur** » de monuments par un **éclairage nocturne**. A quelques rares exceptions près, les projecteurs restent allumés toute la nuit et les faisceaux sont souvent beaucoup plus larges que le monument éclairé. De fait, **le ciel se trouve directement et puissamment éclairé**.

Nous proposons donc, pour réduire les dépenses inutiles et les gênes occasionnées, de concentrer correctement les faisceaux, de favoriser les projecteurs « en lumière solaire » (du haut vers le bas), et éteindre les illuminations à 22 ou 23 heures selon la saison. En effet, ces illuminations n'ont de l'intérêt que si elles sont admirées. Or qui les observe en plein milieu de la nuit ?

Enfin, nous souhaiterions vous faire part de l'inquiétude que suscitent ces éclairages nocturnes. Fin 97, la délégation régionale de l'**Association Française d'Eclairage** a tenu à Dijon son assemblée générale. Au sujet de la « mise en lumière », il a été tenu les propos suivants : « Pourquoi pas des milieux naturels, par exemple dans le parc du Morvan ou ailleurs, partout où un site, quel qu'il soit, mériterait cette valorisation ». (Source : Le Bien Public.)

Ces propos nous semblent des plus inquiétants, et l'on peut se demander si les conséquences sur l'environnement ont été prises en compte...

Notons toutefois que l'**A.F.E.** a pris conscience de cette pollution et a créé une commission s'occupant de ce problème.

2. La pollution par les « lasers ».

Cette forme de pollution est récente, mais on constate une telle prolifération de ces canons à lumière (improprement nommés lasers), qu'**une action devient urgente**. On observe une escalade dans la puissance de ces faisceaux. En effet, ces lasers sont bien souvent un moyen publicitaire utilisé surtout par les boîtes de nuit, et la concurrence jouant, **l'intensité des projecteurs est sans cesse augmentée**. De plus ces faisceaux sont rarement fixes, mais bien souvent tournoyants ou multidirectionnels, balayant ainsi une large partie du ciel.

Or ces canons sont de véritables ennemis de la voûte céleste, sans compter le fait qu'ils sont très «distrayants» pour les automobilistes... et donc très dangereux.

Pour éviter les abus, le 2 février 1995 a été votée une loi, modifiant un texte de 1979 et stipulant que « Les enseignes à faisceau de rayonnement laser sont soumises à l'autorisation du préfet ». Cette nouvelle a été accueillie avec le plus grand soulagement. Ce sentiment a été

renforcé après la parution d'un décret daté du 24 octobre 1996, venu du ministère de l'environnement, qui précisait les modalités de l'autorisation.

Quelle ne fut pas la surprise des astronomes en prenant connaissance d'une circulaire de ce même ministère datée du 26 mai 1997 qui annonçait : « Tout système d'enseigne qui utiliserait une source lumineuse autre que le rayonnement laser, quand bien même son intensité lumineuse et sa portée seraient comparables à celles du rayonnement laser, n'entre pas dans le champ d'application de cet article » ! (Textes de lois ci-joints)

Tous les espoirs des amoureux du ciel ont été anéantis par cette phrase, car **personne n'utilise de rayonnement laser, mais des projecteurs haute puissance, type DCA**. Les astronomes n'ont pas compris et ne comprennent toujours pas ce retournement de situation.

Ils ne comprennent pas non plus la non-considération, vis-à-vis de la loi, de ces spots lumineux comme étant des moyens de publicité. Or du propre aveu des dirigeants de boîtes de nuit utilisant ce procédé, leur seul objectif est d'attirer de la clientèle. N'est-ce pas la définition même de la publicité ?

Les astronomes souhaiteraient donc que la loi soit conforme à la réalité dans ce domaine.

Conclusion.

Il ne faut pas éclairer moins mais éclairer mieux.

Il serait également souhaitable que l'on puisse disposer de lois claires et non ambiguës dans ce domaine.

Ce souhait n'est pas uniquement celui d'un petit nombre, celui des astronomes, mais aussi celui de toute personne soucieuse de préserver notre environnement. Les étoiles ne sont pas les seules victimes de cette agression lumineuse : **tout notre écosystème en pâtit**. Des études montrent que le suréclairage, qui tend à faire reculer la nuit, trouble quantité d'animaux aussi bien nocturnes que diurnes ; les grandes agglomérations, fortement lumineuses, dérèglent complètement les animaux migrateurs ; sans compter le nombre important d'insectes qui, détruits par des ampoules non protégées, ne seront pas à la base de la chaîne alimentaire ; sans oublier non plus les effets néfastes sur les plantes qui ne peuvent pas se "reposer" la nuit et continuent leur photosynthèse...

Il est nécessaire de réagir. De nos jours, le ciel étoilé est presque un luxe. En ville, une main suffit à compter les étoiles visibles. A 5km d'une ville de la taille de Dijon, la voie lactée reste invisible. **Même la campagne est gagnée par cette pollution.** Il faut toujours plus s'éloigner des villes pour pouvoir contempler les merveilles célestes.

Aux vues de l'évolution de ce phénomène, il semble clair que d'ici quelques années seulement, la voie lactée sera devenue en Europe une espèce de mythe, dont on aura entendu parler par oui-dire. Alors que dire d'une civilisation qui prive ses descendants du ciel nocturne, qui fut pourtant une si grande source d'inspiration, d'imagination ou de contemplation pour l'espèce humaine ; et qui a permis le développement des techniques et le progrès scientifique ?

Nous vous remercions sincèrement de votre attention,

Les membres de la commission « pollution lumineuse »,
Nicolle Dubief, Alain Jaquot, Jérôme Ballot.

Achévé le lundi 2 mars 1998.

Photos : Alain Jaquot-S.A.B.

CHARTRE POUR LA PRESERVATION DE L'ENVIRONNEMENT NOCTURNE.

ATTENDU que l'alternance du jour et de la nuit règle depuis un milliard d'années la vie animale et végétale sur la planète TERRE.

CONSIDERANT que le ciel nocturne est un élément naturel et inaliénable de l'environnement de l'homme sur sa planète,

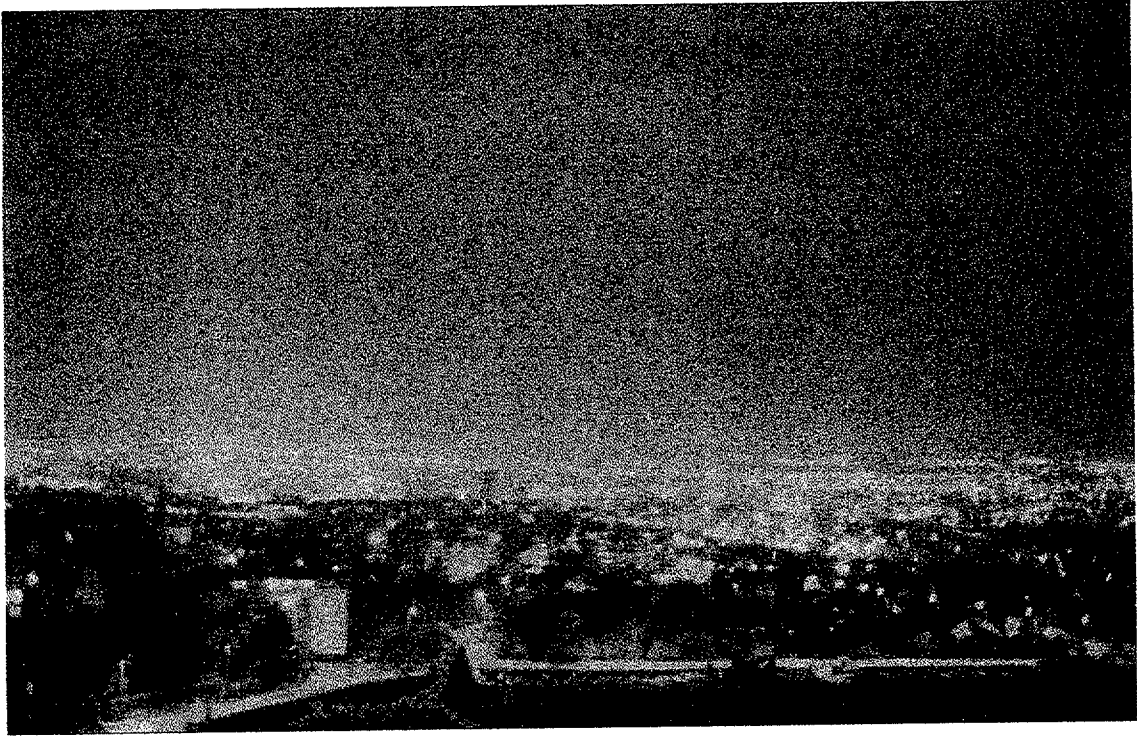
CONSTATANT que l'éclairage public et privé est indispensable à la vie sociale dans les domaines du confort et de la sécurité, mais que la prolifération d'un éclairage urbain et routier mal conçu constitue une menace pour l'équilibre naturel de la Vie et pour l'existence d'un ciel nocturne étoilé,

Les dispositions suivantes seront appliquées pour tout éclairage public ou privé :

- Article 1. De façon générale, l'éclairage public ou privé doit être **limité en intensité** et en durée aux stricts besoins de la population et aux impératifs réels de sécurité.
- Article 2. Tous les appareils d'éclairage extérieur doivent utiliser des **capuchons réflecteurs efficaces**, de manière à éclairer uniquement ce qui doit être vu ; en aucun cas la lumière ne sera dirigée vers le ciel où elle constitue une pollution pour la végétation, la faune nocturne, l'astronomie, l'aviation.
- Article 3. Pour **éviter tout gaspillage d'énergie**, on utilisera en priorité absolue les lampes ayant le meilleur rendement énergétique : type sodium à basse pression ou tout autre système qui pourrait être développé à l'avenir.
- Article 4. Les éclairages de monuments, d'enseignes publicitaires, de tous autres édifices ou lieux, doivent être **éteints au plus tard à 23 heures** sur tout le territoire français, dérogations exceptionnelles accordées pour des raisons de sécurité.
- Article 5. Pour satisfaire aux exigences ci-dessus, des réglementations strictes doivent être arrêtées et appliquées et des campagnes publiques d'information organisées tant auprès des particuliers que des collectivités locales.

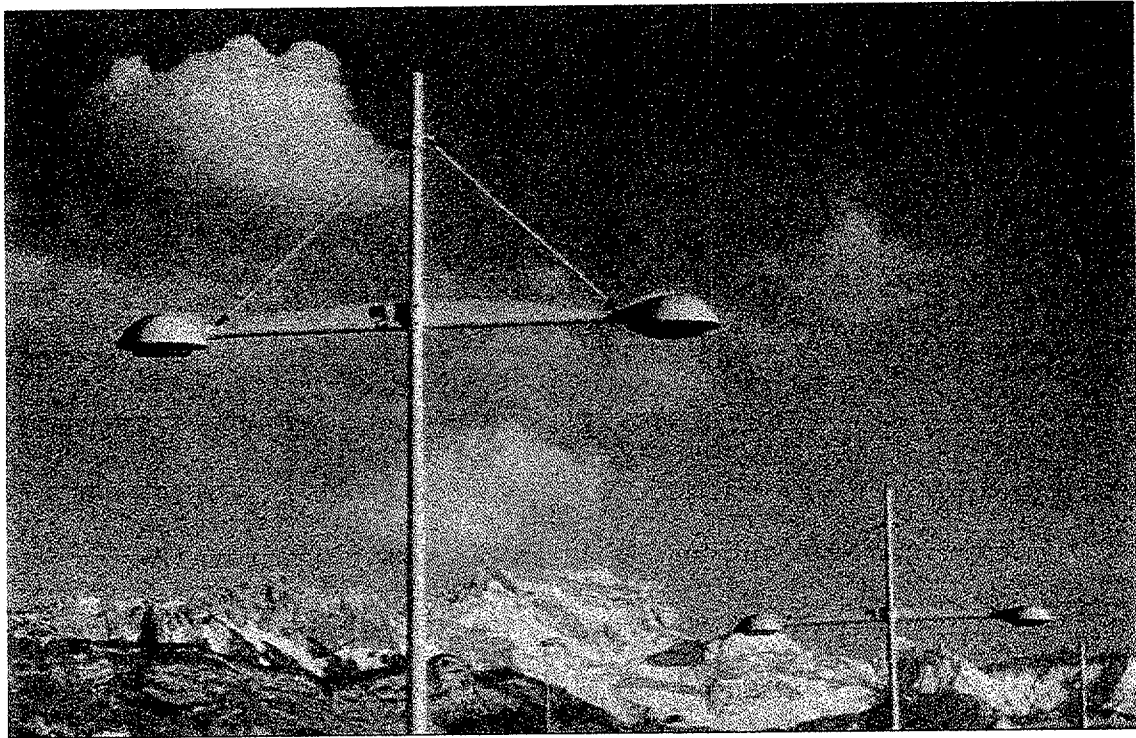
Remarque : Ce texte fut soutenu par

- Commandant Yves COUSTEAU de l'Académie Française,
- Albert JACQUART, Biologiste,
- Jean KOVALESKY de l'Académie des Sciences,
- Antoine LABEYRIE, Astronome,
- Jean-Claude PECKER, Astronome,
- Hubert REEVES, Astrophysicien,
- Evry SCHATZMAN de l'Académie des Sciences.

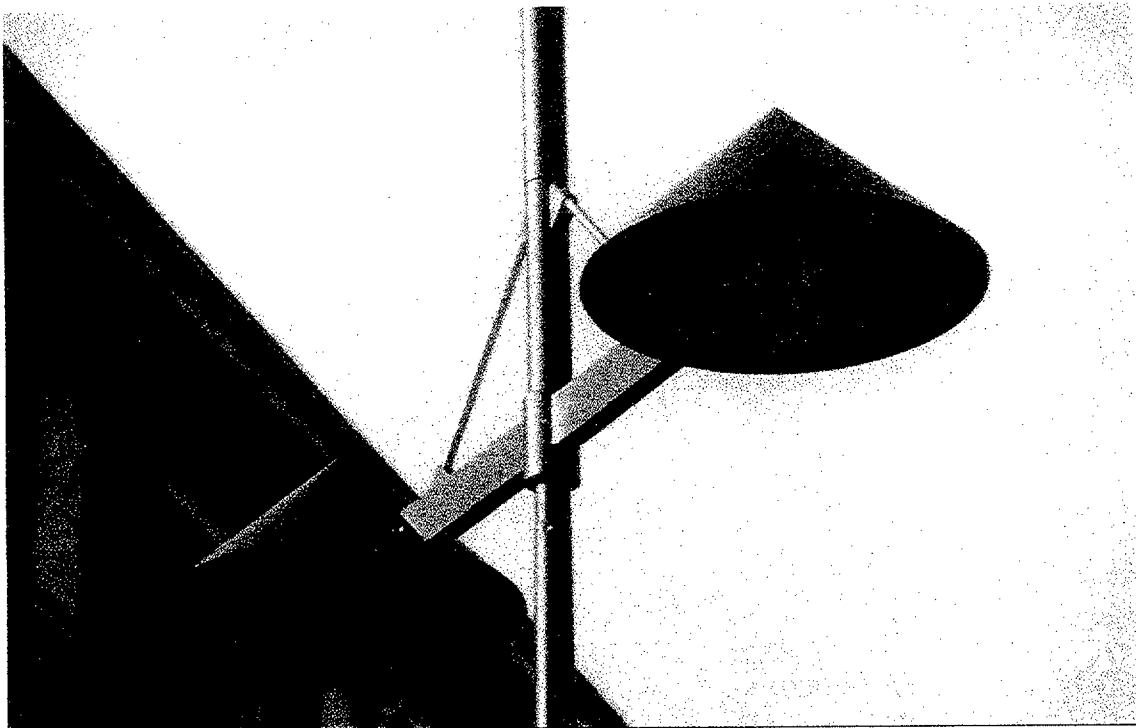


Les lumières de la ville de Dijon.
On remarquera en particulier un faisceau laser
« tournoyant » (Ci-dessous)





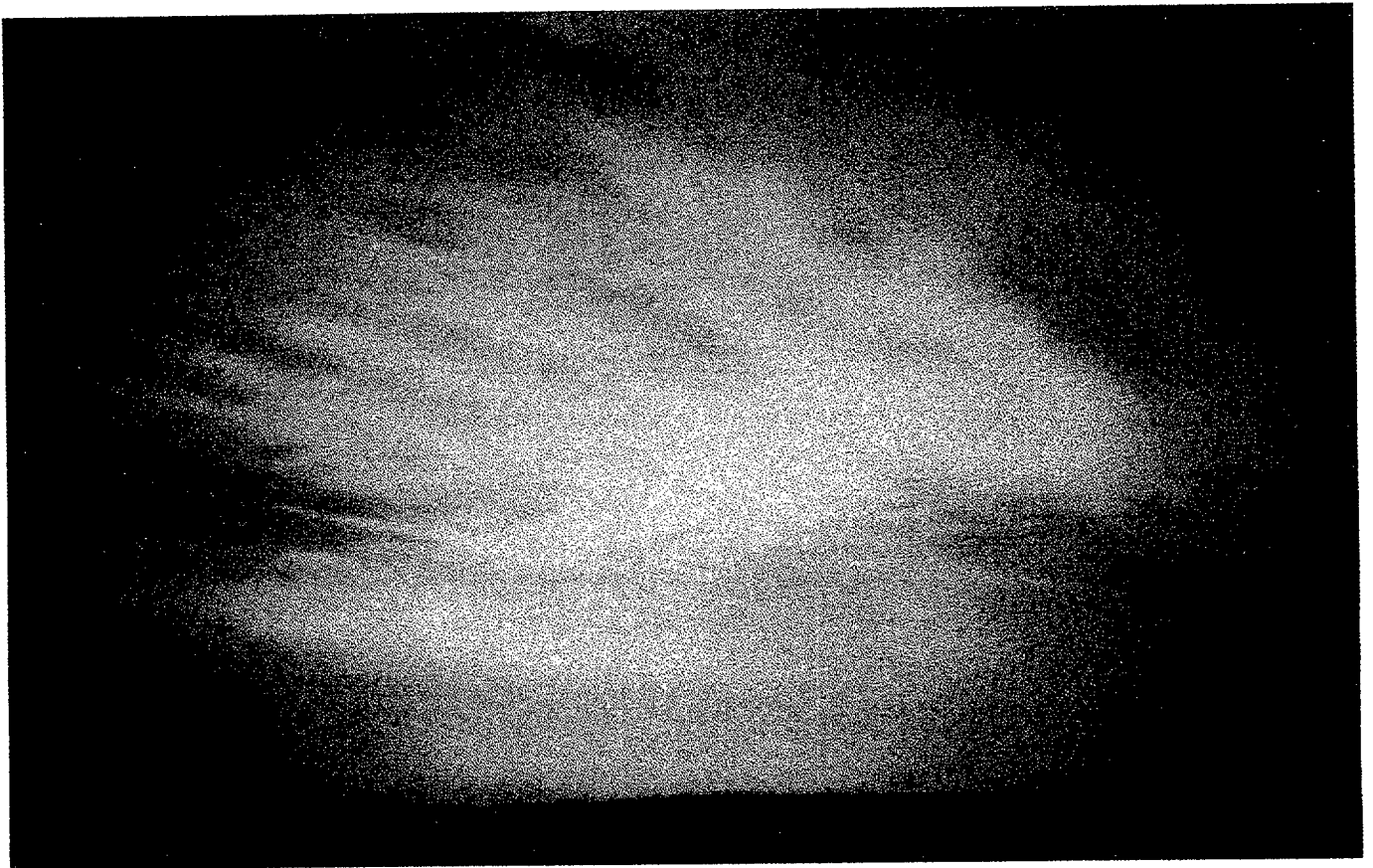
Exemples de lampadaires bien conçus, munis d'abat-jour intelligents qui évitent l'éclairage du ciel.
Des solutions existent bien.





▲Ci-dessus, le pire ennemi du ciel : le lampadaire globe.

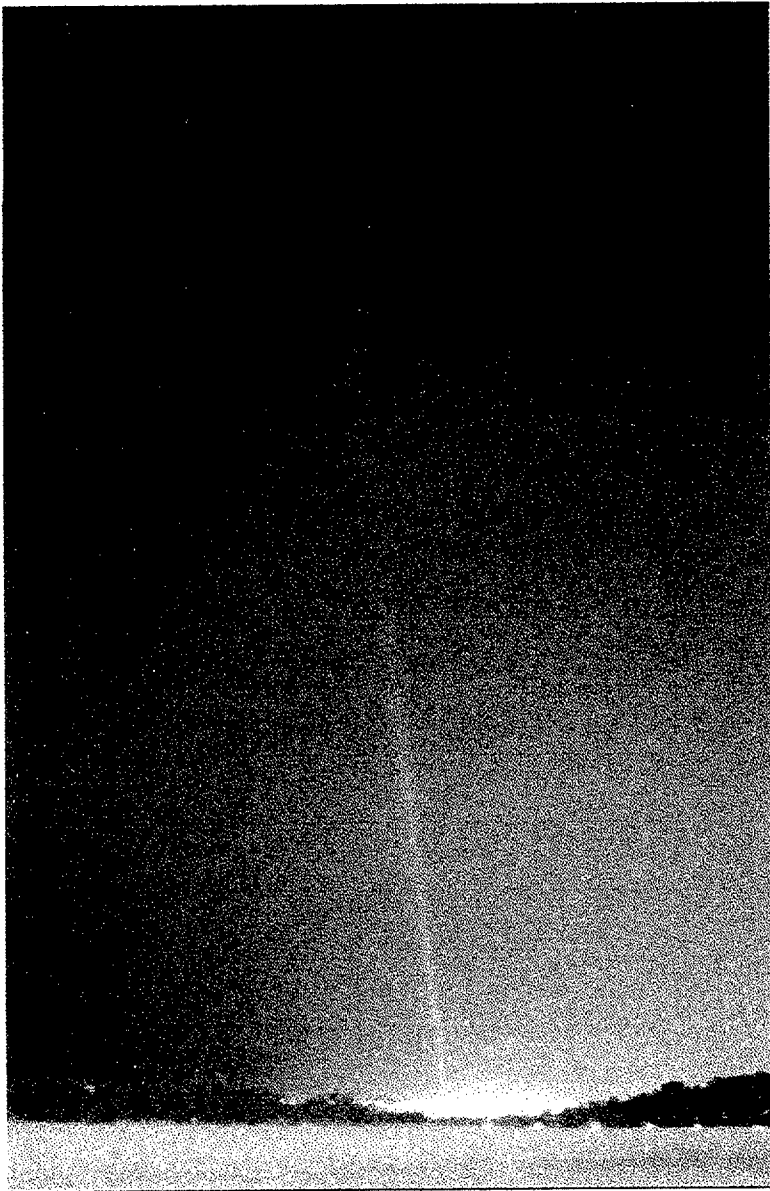
La pollution gagne même la campagne : cette photo du halo de Dijon a été prise à 40km de la ville. ▼





▲ Un exemple d'éclairages de monuments et de lampadaires mal conçus, dont une grande partie de l'énergie lumineuse produite est gâchée en éclairant le ciel. ▼ Ici, les lampadaires n'éclairent que la route.

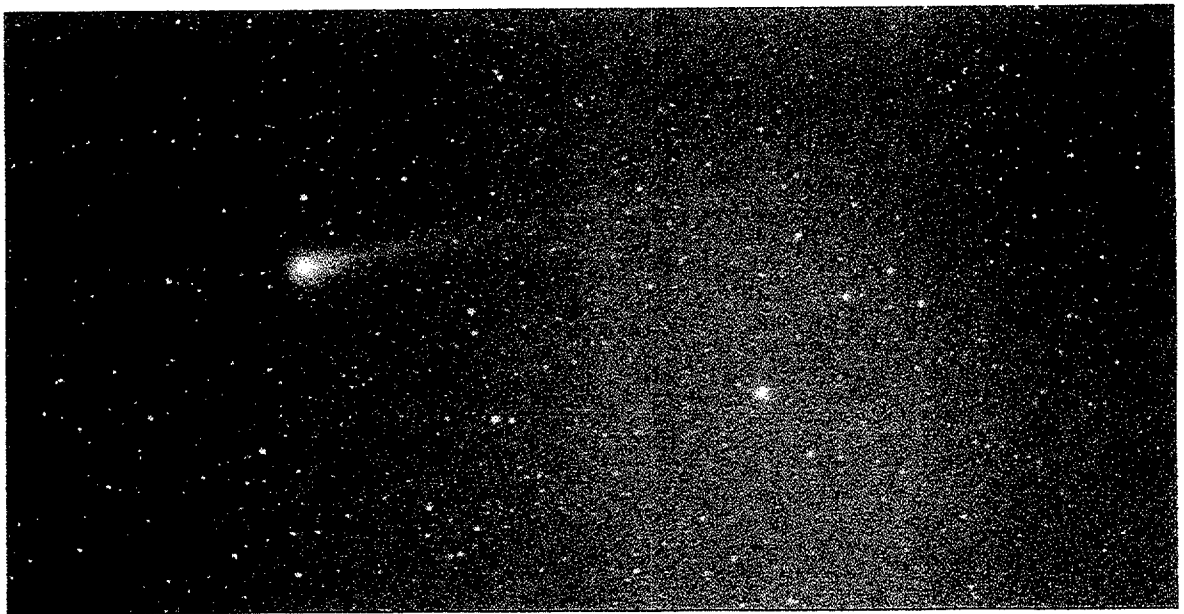


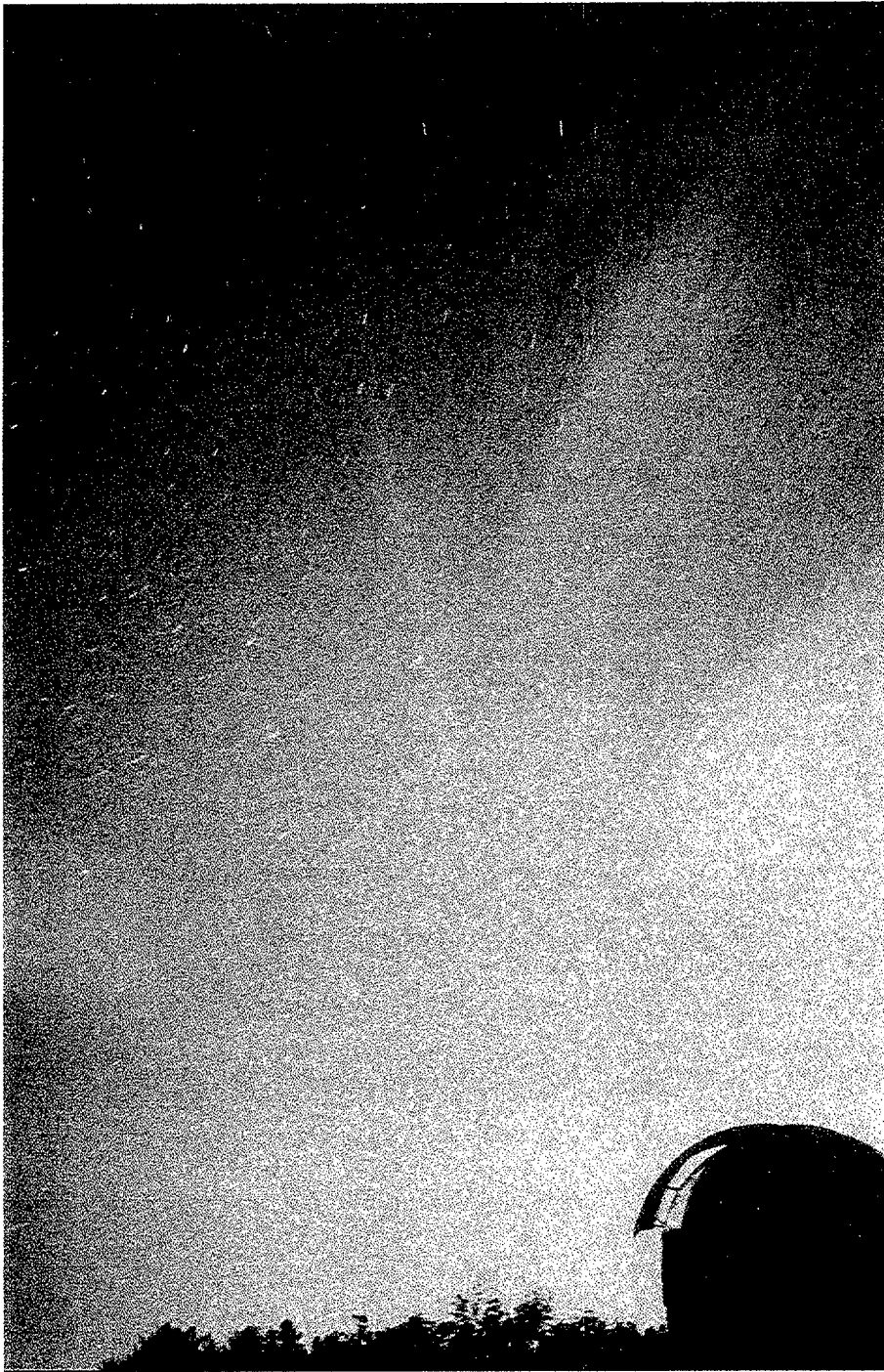


Les « Lasers ».

◀ Ci-contre, le faisceau du projecteur d'une boîte de nuit dans la région dijonnaise. Admirons la puissance du projecteur.

▼ Ci-dessous la comète Hyakutake « sous les projecteurs »





L'observatoire astronomique des Hautes-Plates en banlieue dijonnaise. Il est inutile de préciser que les conditions d'observation sont très mauvaises.

Textes de lois cités.

- **Extrait du Journal Officiel de la République Française du 30 décembre 1979.**

« (...) LOI n°79-1150 du 29 décembre 1979 relative à la publicité, aux enseignes et préenseignes.
(...) Chapitre II

Dispositions applicables aux enseignes et préenseignes.

Art 17. – Un décret en Conseil d'Etat fixe les prescriptions générales relatives à l'installation et à l'entretien des enseignes en fonction des procédés utilisés, de la nature des activités ainsi que des caractéristiques des immeubles où ces activités s'exercent et du caractère des lieux où ces immeubles sont situés.

Les actes instituant les zones de publicité autorisée, les zones de publicité restreinte et les zones de publicité élargie peuvent prévoir des prescriptions relatives aux enseignes :

Le décret prévu au premier alinéa fixe les conditions dans lesquelles ces prescriptions peuvent être adaptées aux circonstances locales lorsqu'il n'a pas été fait application des dispositions du deuxième alinéa.

Sur les immeubles et dans les lieux mentionnés aux articles 4 et 7, ainsi que dans les zones de publicité restreinte, l'installation d'une enseigne est soumise à autorisation.(...)»

- **Extrait du Journal Officiel de la République Française du 3 février 1995.**

« (...) LOI n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

(...) Art 53. - La loi n°79-1150 du 29 décembre 1979 relative à la publicité, aux enseignes et préenseignes est ainsi modifiée et complétée :

(...) II L'article 17 est complété par un alinéa ainsi rédigé :

« Les enseignes à faisceau de rayonnement laser sont soumises à l'autorisation du préfet »

(...) »

- **Extrait du Journal Officiel de la République Française du 31 octobre 1996.**

« (...)

Décret n°96-946 du 24 octobre 1996 modifiant (...) le décret n°82-211 du 24 février 1982 portant règlement national des enseignes.

(...)

Art 2. - Le chapitre II du décret du 24 février 1982 susvisé est complété par l'article suivant :

« Art 13-1. – L'autorisation d'installer une enseigne à faisceau de rayonnement laser prévue par l'article 17 de la loi du 29 décembre 1979 susvisée est délivrée par le préfet dans les formes et conditions prévues par les articles 8 et 10 à 13 du présent décret. Le préfet exerce les compétences attribuées au maire par ces articles.

« La demande d'autorisation est établie en deux exemplaires et adressée par la personne ou l'entreprise qui exploite l'enseigne, par pli recommandé avec demande d'avis de réception postal, au préfet, ou déposée contre décharge à la préfecture.

« La demande comporte :

« 1. L'identité et l'adresse du demandeur ;

« 2. Un plan de situation avec l'indication des immeubles bâtis les plus proches ;

« 3. Une notice descriptive mentionnant, notamment, la puissance de la source laser, les caractéristiques du ou des faisceaux et la description des effets produits. »

(...) »

- **Extrait de la circulaire du 26 mai 1997 (Environnement).**

« Déclaration préalable des dispositifs supportant de la publicité et de certaines préenseignes et autorisation préfectorale pour les enseignes laser.

(...) Chapitre II (...)

A / champ d'application de l'autorisation préfectorale

Seuls les dispositifs constituant des enseignes au sens de l'article 3 de la loi d'une part et utilisant d'autre part une source de rayonnement laser entrent dans le champ d'application de l'autorisation préfectorale préalable.

En spécifiant l'utilisation du rayonnement lasers comme source lumineuse, le législateur a entendu réserver à cette seule technologie particulière l'application du régime d'autorisation préalable. Les lasers ne peuvent en effet être assimilés à des dispositifs utilisant des sources lumineuses classiques, compte-tenu de la spécificité technique et des effets physiologiques de ce procédé

Tout système d'enseigne qui utiliserait une source lumineuse autre que le rayonnement laser, quand bien même son intensité lumineuse et sa portée seraient comparables à celles du rayonnement laser, n'entre pas dans le champ d'application de cet article.

(...) »

5.0.

LE COMITE NATIONAL

5.0. LE COMITE NATIONAL POUR LA PROTECTION DU CIEL NOCTURNE

Il a été créé en 1995 au sein de la Société Astronomique de France (S.A.F) avec le concours de l'Association Française d'Astronomie (A.F.A.) et de l'Association Nationale Sciences Techniques Jeunesse (A.N.S.T.J.), formant avec la S.A.F. un Comité Inter-Associatif (C.I.A.).

SON BUT :

* Arriver à conserver à l'humanité ce qui lui reste des beautés du ciel, la nuit, selon les recommandations explicites de l'U.N.E.S.C.O.

* Améliorer sa qualité pour favoriser les avancées dans la connaissance de l'Univers.

* Respecter les cycles biologiques naturels indispensables aux hommes, mais aussi à l'ensemble de la faune et de la flore.

* Veiller à la conservation de notre patrimoine ; nos monuments ont aussi besoin d'une trêve nocturne évitant la prolifération de micro végétaux destructeurs.

* Concilier confort, sécurité et économie pour les habitants des campagnes et des villes, dans leur résidence et pour leurs déplacements.

SES MOYENS :

Le Comité :

Son Président d'honneur est Jean KOVALEVSKY, astronome de renommée mondiale, membre de l'Institut.

Le président est Laurent CORP qui a organisé le premier congrès sur la pollution lumineuse, à RODEZ, en octobre 1995.

Trois vice-présidents représentent chacune des trois composantes du C.I.A.. Secrétaires, trésorier, conseiller technique, documentaliste et un réseau de correspondants régionaux complètent l'équipe.

Le courrier est centralisé au siège de la S.A.F.. C'est elle qui alimente la trésorerie jusqu'au début 1998.

Les actions auprès des pouvoirs publics.

Des contacts sont établis avec les différents Ministères concernés, pour obtenir des modifications de la législation existante ou pour mettre au point de nouvelles directives.

La concertation est entreprise, avec les collectivités locales, par les résidents, pour des modifications des éclairages publics, particulièrement à l'occasion de la réfection des réseaux.

Le comité entreprend des actions auprès des Associations de maires, des Conseils Généraux, des instances régionales et aussi des organismes nationaux de fabrication des matériels d'éclairage, de l'E.D.F. et des cabinets de concepteurs de projets.

LES ACTIONS ENTREPRISES ET LES RESULTATS OBTENUS.

Dès 1991, la Fédération d'Astronomie Populaire Amateur du Midi met au point un dossier d'information sur les problèmes de pollution lumineuse et lance un cri d'alarme.

En 1992, la S.A.F. réalise, en collaboration avec Jean Kovalevsky, une charte pour la préservation de l'environnement nocturne.

Co-signée par l'A.F.A. et l'A.N.S.T.J., elle est présentée à l'U.N.E.S.C.O. au cours de la réunion de l'Union Astronomique Internationale et du Conseil International des Unions Scientifiques .

En 1994, la commune de Reichstett, sous l'impulsion de Jean-Michel Lazou, adjoint au maire, refait son éclairage en tenant compte des données antipollution lumineuse ; les habitants sont satisfaits, d'autant que les économies de consommation d'énergie ont allégé leurs obligations fiscales.

En février 1995, l'Assemblée nationale vote une loi soumettant à une autorisation préfectorale l'obtention de l'utilisation des rayons lumineux publicitaires, type lasers.

En octobre 1995 se tient le Congrès de Rodez, décidé par le Comité de Protection du Ciel Nocturne. De nombreux contacts très utiles y sont établis et la campagne a été véritablement lancée.

Le maire de Rodez s'est engagé publiquement à mettre en conformité l'éclairage de sa ville. Le rapport du congrès a été publié en 1996.

1995 voit la création du C.N.P.C.N. par la S.AF, l'A.F.A. et l'A.N.S.T.J..

Un dossier de présentation est mis en chantier, pour être diffusé largement auprès des astronomes amateurs qui ont des problèmes d'environnement, auprès des instances départementales et régionales pour les sensibiliser, auprès des différents médias, pour obtenir leur aide à la diffusion.

1996 amène un élargissement des actions vers l'extérieur, en particulier la Grande-Bretagne et les U.S.A.

En octobre, au cours des journées techniques de Chinon, le thème de la pollution lumineuse a été très largement abordé.

En 1997 le Comité lance l'opération Atlas 97 qui mobilise de nombreux amateurs qui ont pour mission de déterminer l'incidence des éclairages de leur environnement sur les résultats de leurs observations, directement visuelles, par photographie.

CONCLUSION.

Les approches sur le terrain se sont amplifiées, mais on doit les multiplier en les favorisant par notre aide en logistique et en conseils techniques.

Les contacts avec les professionnels de l'éclairage, qui ont déjà fait prendre conscience aux fabricants des problèmes de mise à disposition des utilisateurs, d'appareillages adaptés ; quand on pense que souvent un simple réflecteur au dessus d'un lampadaire peut éviter de la nuisance, on peut espérer convaincre nos interlocuteurs.

Comme c'est un enjeu mondial, nous allons accentuer nos actions vers l'extérieur et nous pensons que là aussi l'Europe a un rôle primordial à tenir.

1998 marquera la naissance d'une nouvelle association de type loi 1901, celle -ci ayant pour but de remplacer le Comité actuel, qui permettra ainsi à d'autres structures de nous rejoindre dans notre démarche.

L'année 1998 a été marquée par le 1^{er} congrès Européen sur la protection du Ciel Nocturne qui réunissait plusieurs responsables de divers pays.

En Octobre 1998, s'est tenu à Rodez le 2^{ème} Congrès National sur la protection du Ciel Nocturne organisé par le Centre de Protection du Ciel Nocturne (Ass. Loi 1901 sur Midi Pyrénées).

DECLARATION D'UNE ASSOCIATION

Monsieur le Préfet,

Nous avons l'honneur, conformément aux dispositions de l'article 5 de la loi du 1^{er} juillet 1901 et de l'article premier de son décret d'application du 16 août 1901, de procéder à la déclaration de l'association dite :

Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne (ANPCN)

Son siège est fixé dans les locaux de la Société Astronomique de France,
3 rue Beethoven 75016 Paris téléphone : 01 42 24 13 74 fax : 01 42 30 75 47

Cette association a pour objet de restaurer et de défendre la qualité du ciel nocturne et de sensibiliser les acteurs concernés pour que soient adoptées les mesures appropriées, au plan national et international.

Les personnes chargées de son administration ou de sa direction sont :

Monsieur CORP Laurent, 56 avenue de la Paix 12000 Rodez
de nationalité française, né le 17 - 12 - 1963 à Rodez
Analyste programmeur Président de l'ANPCN

Monsieur THIOT André, 89 bis rue de Chailloit 95100 Argenteuil
de nationalité française, né le 12 - 02 - 1932 à Ménilles 27
Ingénieur chimiste en retraite Vice-président de l'ANPCN

Monsieur BONAVIDACOLA Michel 21 Val des Frosines 31180 Saint Genie Bellevue
de nationalité française, né le 07 - 09 - 1956 à Alberville
Secrétaire de l'ANPCN

Monsieur LE GUE Alain, 8 rue Xavier Grall 22000 Saint-Brieuc
de nationalité française, né le 21 - 02 - 1951 à Saint-Brieuc
Agent France-Télécom Secrétaire adjoint

Monsieur LAURENT Michel 17 bld Gambetta 02700 Tergnier
de nationalité française, né le 29 - 01 - 1925 à Boulogne 70
Médecin retraité Trésorier de l'ANPCN
tél : 03 23 57 03 06 ou 01 42 24 13 74

→

Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne

Article 1. Il est fondé entre les adhérents aux présents statuts une association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901 et ses modifications et le décret d'application du 16 août 1901 et ses modifications. Cette association a pour titre Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne.

Buts de l'association

Article 2. L'Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne a pour but de restaurer et défendre la qualité du ciel nocturne et de sensibiliser les acteurs concernés pour que soient adoptées les mesures appropriées, au plan national et international.

Siège Social

Article 3. Le siège social est fixé à la Société Astronomique de France - 3 Rue Beethoven - 75016 PARIS .

Membres

Article 4. L'association se compose de personnes physiques et/ou morales :

- Membres fondateurs,
- Membres bienfaiteurs,
- Membres de droit,
- Membres actifs.

Article 5. Les membres de droit de l'association sont :

- La Société d'Astronomie Populaire
- La Société Astronomique de France
- L'Association Française d'Astronomie
- L'Association Française de l'Eclairage
- La ville de Rodez

Article 6. Les Membres fondateurs sont les associations qui ont contribué au lancement de la présente Association à savoir par ordre alphabétique :

l'Association Française d'Astronomie,
Le Centre de Protection du Ciel Nocturne,
la Société Astronomique de France,
la Société Astronomique de Bourgoigne,
la Société d'Astronomie Populaire

Radiation

Article 8. La qualité de membre se perd par :

- a) la démission
- b) le décès
- c) la dissolution de l'association membre;
- d) la radiation prononcée par le conseil d'administration pour non-paiement de la cotisation ou pour motif grave, l'association ou l'adhérent intéressé ayant été invité par lettre recommandée à se présenter devant le bureau pour fournir des explications. Dans ce cas, l'intéressé peut faire appel de la décision du Conseil d'administration devant l'Assemblée générale.

Ressources

Article 9. Les ressources de l'association comprennent :

- 1- les cotisations,
- 2- les subventions de l'Etat, des Régions, des Départements, des communes,
- 3- le produit des rétributions perçues pour service rendu,
- 4- toutes les autres ressources autorisées par la loi.

Conseil d'administration

Article 10. L'association est dirigée par un conseil de six à douze membres.

Parmi ceux - ci sont membres de droit :
l'Association Française d'Astronomie
la Société Astronomique de France
la Société d'Astronomie Populaire

Le conseil d'administration choisit parmi ses membres, au scrutin secret, un bureau composé de

- 1 - un président,
- 2 - un vice-président,
- 3 - un secrétaire,
- 4 - un secrétaire-adjoint,
- 5 - un trésorier,
- 6 - un trésorier-adjoint.

Le conseil est renouvelé par tiers tous les deux ans.

En cas de vacance, le conseil pourvoit au remplacement provisoire de ses membres.

Il est procédé à leur remplacement définitif par l'assemblée générale suivante.

Les pouvoirs des membres ainsi élus prennent fin à la date où devait normalement expirer le mandat des membres remplacés.

Les membres sortants sont rééligibles.

Réunion du conseil d'administration

Article 11. Le conseil d'administration se réunit normalement deux fois par an sur convocation du président, ou sur la demande du tiers de ses membres. La convocation est adressée par voie postale au moins 15 jours avant la réunion, le cachet de la poste faisant foi. La présence du tiers au moins des membres du Conseil est nécessaire pour la validité des délibérations.

Le Conseil fixe l'ordre du jour de l'assemblée générale et propose le taux des cotisations de l'exercice à venir,

Les décisions sont prises à la majorité des voix ; en cas de partage, la voix du président est prépondérante.

Tout membre du conseil qui, sans excuse, n'aura pas assisté à trois réunions consécutives, pourra être considéré comme démissionnaire.

Assemblée générale ordinaire

Article 12. L'assemblée générale ordinaire comprend tous les membres de l'association à condition qu'ils soient à jour de leur cotisation depuis 3 mois au moins. L'assemblée générale ordinaire se réunit en principe chaque année au mois de janvier.

Quinze jours au moins avant la date fixée, les membres de l'association sont convoqués par les soins du secrétaire. L'ordre du jour, fixé par le conseil d'administration, est indiqué sur les convocations. Il comprend au moins les points suivants:

- exposé sur la situation morale de l'association par le président;
- compte-rendu de la gestion par le trésorier;
- rapport des commissaires aux comptes et quitus
- exposé du budget prévisionnel de l'année à venir par le trésorier
- proposition du taux des cotisations de l'année à venir par le trésorier;
- vote des quitus du président et du trésorier;
- approbation du budget prévisionnel de l'année à venir et des taux de cotisation
- élection à bulletin secret des membres destinés à remplacer les sortants.

Ne devront être traitées, lors de l'assemblée générale, que les questions soumises à l'ordre du jour.

L'assemblée générale est en principe présidée par le président en exercice assisté des membres du bureau. Si l'ordre du jour ne comprend aucun point visé à l'article 13, l'Assemblée générale peut valablement délibérer quel que soit le nombre des membres présents. Les décisions sont prises à la majorité des voix, celle du Président étant prépondérante en cas de partage.

Les pouvoirs sont admis, le nombre de mandats est limité à 2 (deux) par personnes. Le vote pour le renouvellement du Conseil peuvent se faire par correspondance.

Modification des statuts

Article 13. Les statuts peuvent être modifiés par l'assemblée générale sur la proposition du conseil d'administration ou sur la proposition du cinquième des membres dont se compose l'assemblée générale.

Dans l'un ou l'autre cas, les propositions de modifications sont inscrites à l'ordre du jour de la prochaine assemblée générale selon les modalités prévues par l'article 13.

L'assemblée doit se composer du quart au moins des membres en exercice. Si cette proportion n'est pas atteinte, l'assemblée est convoquée à nouveau, mais à

quinze jours au moins d'intervalle, et cette fois elle peut valablement délibérer, quel que soit le nombre des membres présents.
Dans tous les cas, les statuts ne peuvent être modifiés qu'à la majorité des deux tiers des membres présents.

Dissolution

Article 14. L'assemblée générale appelée à se prononcer sur la dissolution de l'association et convoquée spécialement à cet effet dans les conditions prévues à l'article précédent, doit se composer au moins de la moitié plus un des membres en exercice. Si cette proportion n'est pas atteinte, l'assemblée est convoquée à nouveau, mais à quinze jours au moins d'intervalle, et cette fois elle peut valablement délibérer, quel que soit le nombre des membres présents.
Dans tous les cas, la dissolution ne peut être votée qu'à la majorité des deux tiers des membres présents.

Article 15. En cas de dissolution l'assemblée générale extraordinaire convoquée à cet effet nomme un ou plusieurs liquidateurs et l'actif, s'il y a lieu, est dévolu conformément à l'article 9 de la loi du 1er juillet 1901 et au décret du 16 août 1901 et leurs modifications. La dévolution ne pourra être prononcée qu'au bénéfice d'une organisation poursuivant des buts analogues.

Règlement intérieur

Article 16. Un règlement intérieur peut être établi par le conseil d'administration qui le fait alors approuver par la plus prochaine assemblée générale.
Ce règlement éventuel est destiné à fixer les divers points non prévus par les statuts, notamment ceux qui ont trait à l'administration interne de l'association.

6.0.

IMPACT SUR LE MILIEU NATUREL

Floriant LAMIOT

6.1 ■ Eléments de définitions pour mieux se parler... page 83

6.2 ■ Impact écologique de l'éclairage nocturne. page 90

6.3 ■ Incidence du morcellement du territoire régional. page 110

En supplément annexe :

La présentation de F. LAMIOT sur power point.

"le développement non durable,
c'est le gars qui scie la branche
sur laquelle il est assis"

Etudiant anonyme

6-1 Eléments de définitions pour mieux se parler, s'entendre et se comprendre...

Les éléments de définitions et de réflexion qui suivent concernent quelques concepts clé qui ont été retenus par la Région ou ses partenaires pour leurs travaux sur le développement durable. Ils ne prétendent pas être parfaits ni exhaustifs, nous vous les proposons pour permettre un débat plus clair.

La biodiversité est un des indicateurs du développement durable. Elle est couramment définie comme : "la richesse en organismes vivants (*animaux, végétaux, champignons...*) qui peuplent la biosphère, englobant à la fois les individus et leurs relations fonctionnelles.

- *La biodiversité spécifique* concerne les groupes fonctionnels (guildes, niveaux trophiques¹).

Les biologistes parlent parfois de "richesse totale" (F.Ramade²).

- *La biodiversité infraspécifique* est d'ordre génétique et phénotypique, appréhendée à l'échelle des populations et des espèces.

- *La biodiversité intraspécifique* est caractérisée par la richesse du patrimoine génétique au sein d'une même espèce, par la diversité des sous-espèces, souches, variétés, cultivars...

De manière générale, la biodiversité est "un réseau interactif où la personnalité des acteurs compte autant que l'enchaînement et les effets³ de leurs actions".

Biocénose : ensemble des êtres vivants qui occupent un écosystème donné, caractérisé par une composition spécifique déterminée et par l'existence de phénomènes d'interdépendance. Il occupe un espace appelé biotope, et constitue avec lui l'écosystème.

Biosphère : troisième système planétaire interne du système solaire, incluant l'ensemble des êtres vivants, leurs interrelations et leurs conditions d'existence. (On parle aussi d'écosphère, ou de symbiosphère).

Biotope : espace caractérisé par des facteurs climatiques, biogéographiques, morphologiques ... en équilibre dynamique, occupé par des organismes vivants qui vivent en association spécifiques (biocénoses). C'est la composante non vivante (abiotique de l'écosystème)

Rapport Brundtland : du nom de l'auteur du rapport "*Our common future*" traduit en français par "*Notre avenir à tous*". C'est au titre de Présidente de la *Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies* que Madame Gro Harlem Brundtland a publié ce rapport qui fonde les bases récentes du développement durable et soutenable. (Sustainable development). Ce rapport insiste sur le caractère grave, commun et planétaire des préoccupations, des problèmes, des efforts et des solutions liés aux conséquences du développement. Il alerte les élus et décideurs de tous les continents sur les interdépendances économiques et écologiques qui lient tous les hommes, dans l'espace planétaire et dans le temps, en particulier à propos des pollutions globales, de la

¹ les relations trophiques sont des relations du type prédateur-proie).

² Ecologue français, Professeur d'écologie et de zoologie à l'université de Paris-sud (Orsay), auteur de nombreux ouvrages, conférences et articles sur les thèmes de l'écologie et de la biodiversité.

³ (rétroactions positives ou négatives)

consommation et du gaspillage des ressources non renouvelables. Il conclut à l'urgence de réponses globales et locales aux problèmes globaux, basées sur la coopération.

CNUED : Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement.

Crise écologique/Crise du développement : désertification, érosion et dégradation des sols, régression de la biodiversité, disparition des habitats naturels et en particulier forestiers, effet de serre, dégradation de la couche protectrice d'ozone, pollution globale de l'eau, de l'air et des sols, surexploitation des océans notamment par la pêche industrielle, mais aussi artisanale et traditionnelle, surexploitation des énergies fossiles... Catastrophes technologiques (*Seveso, Bhopal, Amoco Cadiz, Tchernobyl, etc.*) ont des causes et des conséquences sociales, économiques et écologiques. Les tensions démographiques, accroissement de la paupérisation et des inégalités, guerres, dégradation de l'environnement sont de plus en plus intimement liés.

Rem : la prise en compte dans les politiques des interrelations économiques et écologiques qui unissent les hommes, a été plus précoce aux niveaux international que local.

Déchet : la loi du 15 juillet 1975 modifiée par la loi du 13 juillet 92 considère comme déchet "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement, tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon"⁴...

Ce texte donne deux définitions du déchet : l'une physique et l'autre juridique. Cette dernière étant conforme à la jurisprudence sur les "*res derelictae*" (choses sans maître) parce qu'abandonnées par leur propriétaire. Toutefois, la loi précitée ne retient (Art. 2), pour les réglementer, que ceux qui sont, par leurs conditions de production ou de détention, "*de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits et des odeurs et, d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement*",

La Directive européenne du 15 juillet 75 modifiée, relative aux déchets, considère comme déchet "*toute substance ou tout objet qui relève des catégories figurant à l'annexe 1, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire*".

La Cour de justice européenne précise : "*les déchets sont des objets de nature particulière. Leur accumulation, avant même qu'ils ne deviennent dangereux pour la santé, constitue(...) un danger pour l'environnement (...). Il convient de tenir compte de la particularité des déchets*" (CJCE, 9 juillet 92)

Développement : Projet et/ou capacité d'évolution des sociétés vers le mieux-être et le mieux-faire. Le mot recouvre les principes qui définissent cette évolution autant que les modalités concrètes de celle-ci. A Rio, la communauté internationale a rappelé que l'environnement et le développement ne sont pas des absolus ni des fins en soi, mais que l'homme était au centre de ces préoccupations.

Développement durable et soutenable (sustainable développement)

Une définition courante est "un développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre ceux des générations futures". La notion de Développement durable et soutenable. ajoute une dimension éthique et de responsabilité individuelle et collective spatio-temporelle à la simple notion de développement (voir ci-dessus).

La définition proposée par le Conseil Régional est : "Projet volontaire, collectif et partagé de développement économique, social et humain qui préserve, restaure et gère, aux échelles globales et

⁴ Cette loi (Art 3.3) précise en outre : "*Est réputé abandon tout acte tendant, sous le couvert d'une donation à titre gratuit ou onéreux, à soustraire son auteur aux prescriptions de la présente loi et des règlements pris pour son application*". La jurisprudence a ainsi été amenée à souligner que doivent bien être regardés comme des déchets des matières usées tant qu'elles n'ont pas fait l'objet d'un traitement en vue de leur régénération ou de leur recyclage, ..."

locales, les ressources pas, peu, difficilement ou coûteusement renouvelables. On entend par ressources non seulement les ressources énergétiques fossiles, mais toutes les ressources (ex : humaines, sociales, génétiques, paysagères, les ressources en temps, en espace, les ressources en savoir faire et en savoir, etc.)"

Remarque : Le PIB n'est pas un indicateur de développement durable : ex le Chili a un PIB provisoirement élevé lié à la vente du bois de ses forêts, dans quelques décennies, il aura dilapidé un capital de biodiversité dont la restauration prendrait des millions d'années. Une comptabilité intégrant la valeur de la ressource pas ou peu renouvelable perdue lui donnerait un PIB très inférieur à zéro

Ecodéveloppement : mode de développement qui met concrètement en application les principes du développement durable et soutenable. En 1980, Ignacy Sachs définit l'écodéveloppement comme permettant "un mode de vie et un niveau de consommation satisfaisants sans pour autant exploiter jusqu'à complet épuisement la nature et sans compromettre l'avenir des générations futures". A la notion de développement endogène, l'écodéveloppement ajoute les concepts d'équité spatiale et temporelle, d'environnement et de durabilité (l'Université de Lille I propose un DESS "ECODEV").

Rem : Ethymologiquement, "Eco-" (Oïkos en grec) signifie "Maison". Les mots "Ecologie" et "Economie" ont la même origine qui signifie "la gestion de la maison"⁵,

Ecologie : l' " *Economie domestique de la maison Terre* " (selon Friedel) est née en 1886, d'abord comme branche de la biologie qu'elle a ensuite englobée. Le biologiste Ernest Haeckel (1834-1919) l'a défini comme " *la science des relations entre les êtres vivants et le monde qui les entoure* ".

Ecotaxe : système fiscal qui met en oeuvre le principe pollueur payeur. (une partie du prix du produit ou d'un service servira à réparer les nuisances et dégâts sur l'environnement induits par la fabrication, le transport, l'utilisation et la fin de vie du produit ou service.

Ecosystème : subdivision élémentaire de la biosphère constituée d'un réseau trophique et du biotope où il se déploie (*Barbault*). (appliqué à l'eau, on parle d'hydrosystème)

Efficience : Anglicisme (de efficiency). Capacité de rendement, efficacité... L'efficience énergétique vise à produire plus de service et plus de confort en dépensant moins d'argent, moins d'énergie et en polluant moins.

Environnement : au sens large, et étymologiquement notre Environnement est ce qui nous entoure.

Les chercheurs et économistes du développement durable s'intéressent de plus en plus aux aspects fonctionnels de l'environnement. L'environnement, plutôt que le milieu de vie physique de l'homme est alors interprété comme la "résultante de la relation évolutive entre les sociétés humaines et la nature qui les entoure", comme "la résultante de l'activité des organismes qui modifient le milieu par le biais d'interrelations complexes où s'expriment pressions de sélection, de coévolution, jeux de symbioses, de concurrence et de boucles de rétroactions complexes dont la plupart ne sont pas encore comprises" (voir aussi *Biosphère, Ecosystème, Nature*)

De plus en plus, les facteurs climatiques et de milieu apparaissent eux-mêmes rétroactivement "contrôlés" par le Vivant. Le système "*planète-populations*" est une autre manière de définir notre environnement.

Etude d'impact : obligatoire ou non selon l'importance du projet, elle analyse l'impact d'un projet d'aménagement et propose des mesures conservatoires ou compensatoires. Elle comporte un état initial, une analyse des effets directs et différés, temporaires ou permanents, les raisons pour lesquelles

⁵ maison-planète ?

le projet a été retenu, les mesures réductrices et compensatoires et une analyse des méthodes utilisées pour évaluer l'impact sur l'environnement.

Extinction d'espèces : elles sont un des indicateurs de la durabilité et de la soutenabilité du développement.

R. Barbault⁶, distingue :

- 1. les extinctions de bases, ordinaires ou normales, qui correspondent au flux moyen des disparitions d'espèces.
- 2. les extinctions de masse, caractérisées par une soudaine élévation de ces taux moyens de disparition, sur de vastes zones géographiques et pour une grande diversité de taxons.
- 3. les extinctions anthropogéniques, résultant des effets directs et/ou indirects des activités de l'Homme (Chasse, pêche, pollution, agriculture, destruction et morcellement des habitats, etc.).

Les extinctions du troisième type sont en passe de s'apparenter aux extinctions du type 2, mais avec des délais d'extinction beaucoup plus rapide que ceux qui ont caractérisé les pires phases d'extinction des époques géologiques précédentes.

De manière générale, au fil de l'évolution, sauf dans les périodes de crises d'extinction (qui ont à chaque fois duré quelques millions d'années), alors qu'une espèce disparaît, plusieurs autres apparaissent.

Si la dernière période d'extinction de masse du quaternaire qui a commencé au Pléistocène est liée aux dernières glaciations, l'homme a prodigieusement accéléré les taux et les vitesses de disparitions, (de 1000 à 10 000 fois selon Wilson⁷). Ce phénomène est sensible dès l'époque paléolithique. Ces quatre derniers siècles, nous avons fait disparaître au moins 151 espèces de vertébrés supérieurs et ces trente dernières années un très grand nombre d'espèces d'insectes ont disparu de tout ou partie de leur aire de répartition. Dans la région, insectes, reptiles et amphibiens ont fortement régressé depuis les années 75.

Déforestation : Elle inquiète particulièrement car les forêts tropicales renfermeraient 50 %⁸ au moins des espèces de la planète. En Europe, environ 120 espèces d'arbres peuplent environ 7 millions de km² de forêts. En forêt équatoriale, on peut dénombrer plus de 2000 espèces d'arbres sur des surfaces n'excédant pas 100 000 km², et on peut relever des richesses dépassant 200 espèces à l'hectare (rien que pour les arbres). Les forêts de la bande intertropicale ont déjà perdu 50 % de leur superficie.

Les forêts européennes sont jeunes : elles sont en phase de restauration postglaciaire. A la différence des forêts américaines, en raison des barrières rocheuses parallèles à l'équateur, qui ont interdit la recolonisation par le sud, nos forêts ne renferment généralement que quelques espèces d'arbres. Cependant dans les forêts naturelles ou les forêts dites "vierges" européennes, les différences génétiques et phénotypiques au sein d'une même espèce peuvent être importantes et participer à la biodiversité et à la santé de la forêt.

Fragmentation (Morcellement, Insularisation) : le morcellement continu et croissant des habitats naturels par ruptures de continuums paysagers et/ou biologiques devient réellement préoccupant⁹ pour le maintien de la diversité de la faune et de la flore, de même que pour le maintien des grands équilibres naturels. Un nombre croissant de chercheurs¹⁰ voit là la menace la plus sérieuse pour la plupart des espèces des zones tempérées des pays développés. L'écologue s'intéresse, en raison de leurs conséquences majeures, à deux types de fragmentations. La fragmentation des populations et la

⁶(Directeur du laboratoire d'écologie de l'Ecole Normale Supérieure, Professeur à l'Université de Paris VI, directeur du programme national sur la biodiversité)

⁷Wilson, E.O., 1992, - La Diversité de la vie, Editions Odile Jacob, Paris (Edition française de 1993)

⁸(selon les estimations : de 2,5 à 50 millions d'espèces, pour la plupart encore inconnues)

⁹(FORMAN et GODRON, 1986).

¹⁰WILCOVE et al., 1986, cité par WIENS - LAFLEUR. Voir aussi colloque UNESCO Biodiversité Paris 94

fragmentation des milieux (cf. Rapport *ECOTONE*) ; deux phénomènes qui sont liés mais d'autant moins que les espèces sont composées d'individus capables de se déplacer sur de grandes distances et relativement indépendants à l'égard des conditions environnementales.

- Lorsqu'elle concerne de vastes volumes¹¹, la fragmentation en isolant les espèces est un facteur de spéciation¹².

- lorsqu'elle concerne de petits volumes ou espaces, la fragmentation est au contraire facteur de régression ou d'extinction d'espèces. C'est ce qu'a démontré la biogéographie insulaire.

Gestion concertée : démarche visant à arrêter des décisions en associant les acteurs concernés dès l'amont.

Gestion intégrée: intégration pour des raisons éthiques ou d'économie, dès l'amont, du moindre coût et du moindre impact pour l'environnement, pour tous les niveaux de l'entreprise ou pour tous les acteurs d'un projet, de l'amont à l'aval et jusque dans le bâti, les process, la formation du personnel etc. (On parle aussi de management écologique, d'écomanagement)... Dans le domaine de l'eau ; il s'agit de la mise en place à l'échelle du bassin versant de la concertation et de l'organisation de l'ensemble des acteurs. Les objectifs sont de coordonner les actes d'aménagement et de gestion, et d'autre part de favoriser une synergie entre le bon fonctionnement des écosystèmes et la satisfaction des usages. La gestion intégrée vise à optimiser la gestion équilibrée.

Infrastructures naturelles (ou écologiques) : cette notion à la fois simple et complexe a été définie comme suit par le conseil Régional pour le débat régional sur l'aménagement du territoire et pour le débat national sur le développement durable : "*l'ensemble des éléments* de territoires de milieux et/ou du Vivant qui relient fonctionnellement entre eux les habitats essentiels de la flore et de la faune*"
*Attention ces éléments ou infrastructures peuvent être immatériels, comme pour les réseaux de personnes. Ce sont souvent de fait des continuums biologiques ou physiques. Ils sont matériels ou non, réellement continus ou en "pointillé" (en gué), permanents ou non, différents selon les espèces ou groupes d'espèces.

Dans une **approche fonctionnelle** (ou systémique), l'infrastructure écologique a pour fonction de permettre aux espèces animales et/ou végétales de se déplacer pour se nourrir, pour échanger leurs gènes, pour coloniser, ou recoloniser des territoires d'où elles ont disparu. Cette fonction est "vitale" pour chaque espèce et biocénose, mais à des échelles et à des degrés différents selon leur degré d'indépendance à l'égard du contexte écologique" ou de "mobilité". Chaque espèce ayant besoin d'une infrastructure, d'un maillage d'une qualité et d'une échelle qui lui est propre... Chaque espèce ou groupe ou association d'espèce a en effet des besoins vitaux différents, des optimums de vie différents et surtout nécessite une échelle de maillage particulière, variable selon les époques de la vie des individus ou selon le contexte écologique.

Internalisation des coûts environnementaux et sociaux : intégration dans une démarche, dans le prix d'un objet ou d'un service du coût de la réparation des dégâts¹³ sur l'environnement et la sphère sociale. Cette notion fait parfois appel au principe de l'écotaxe. Une difficulté réside dans la mesure très approximative voire impossible de l'évaluation des coûts environnementaux

Juste compensation : (appliqués aux mesures compensatoires proposées par les études d'impact) : mesure visant à réparer le plus objectivement possible l'impact (le coût réel) d'une action sur l'environnement et le social (cf. Comptabilité environnementale) : *exemple, s'il faut couper 4 ha de bois pour faire passer une route ; au lieu de reboiser 4 ou 8 ha de jeunes arbres, on mesure le*

¹¹ le sol et l'eau accueillent un grand nombre d'espèces, on parle bien de volumes et non de surfaces.

¹² (apparition de groupes ou d'essaims d'espèces à partir d'une souche mère)

¹³ dégâts directs ou indirects, apparaissant dans l'espace et le temps, suite par exemple à l'élaboration, l'utilisation ou l'élimination d'un objet ou d'un service ...

tonnage de bois, la quantité d'oxygène produite, le potentiel en épuration de l'eau, etc.. et on replante de manière à tenter de reconstituer un équivalent/fonctionnel et non un équivalent/surface. On rétablit la continuité écologique par des infrastructures appropriées, etc.

Les coûts financiers de la juste compensation sont parfois élevés, mais ils permettent d'avoir une conscience plus claire de l'impact de nos modes de développement.

Milieu naturel : définition élaborée en Février 93 par le comité de pilotage¹⁴ du colloque *Quelle gestion pour les milieux naturels ?* : "Nous entendons par nature tout espace où quelles que soient, ou quelles qu'aient été les interventions humaines, la vie sauvage (les espèces normalement présentes sur une aire biogéographique) se manifeste encore spontanément et de manière significative". Ainsi, un terroir ou une friche urbaine peuvent être de la "nature", alors qu'au sens de cette définition un champ traité ou une sylviculture ne le sont pas.

Pollutions globales : on parle de pollution globale lorsque des actions locales développent un impact qui dépasse le territoire où s'exerce l'action : les pluies acides sont un exemple de pollution transfrontalière. L'effet de serre est un exemple de pollution globale.

L'impact d'une action peut être différé dans l'espace (les glaces du pôle nord contiennent des métaux lourds et des traces de pesticides émis par tout l'hémisphère nord) et dans le temps (ex l'amiante ne produit le cancer que 30 à 40 ans après). Les effets peuvent être exacerbés (ex : les sécheresses de 76 et 89 ont accru la sensibilité des arbres aux pluies acides) ou faire l'objet de synergies (ex : un organisme contaminé par le cadmium devient plus réceptif et sensible au plomb ou au mercure).

Principe de précaution : Il veut qu'on n'attende pas d'être certain de l'impact négatif d'une action pour agir ou pour réduire et/ou compenser l'impact. Depuis 1992, ce principe est inscrit dans le droit européen (*Traité de Maastricht*), dans les objectifs de la France en matière de développement durable (Cf. *Rapport de la France à la commission du développement durable des Nations-Unies ; Mars 1994*), et dans la Charte de l'Eurorégion signée par le Kent, la Wallonie, la Région Bruxelles-Capitale, la Flandre, et la Région Nord/Pas-de-Calais. Il est un des fondements du préambule de la convention sur la biodiversité signée à RIO le 5 juin 1992. Les problèmes de pollution par les nitrates, les pesticides, l'amiante, les farines animales montrent que son application n'est pas suivie.

Subsidiarité : principe selon lequel on travaille à l'échelon de décision le mieux approprié pour agir efficacement en faveur de l'intérêt général. Pour l'Europe (*Traité de Maastricht*), chaque Etat conserve son autonomie et ne partage que ce qu'il est efficace d'entreprendre au niveau communautaire (définition CEE). Les décisions doivent être prises au niveau le plus proche possible du citoyen, compatibles toutefois avec l'efficacité recherchée et compte tenu de l'importance des problèmes posés.

Solidarité (Nord-Sud ou Est-Ouest) : notion de reconnaissance de communauté d'intérêts entre personnes, entreprises, Etats, groupes d'intérêts, espèces, etc. qui entraîne pour les uns l'obligation morale de ne pas desservir les autres et de leur porter assistance. Le principe de solidarité globale, spatiale et temporelle, naît de la prise de conscience des interdépendances économiques et écologiques, et au fait que les écarts entre riches et pauvres ne cessent de croître, les états (ONU, RIO) reconnaissent que le sort des pays du nord est lié à celui des pays du sud. (Ex : c'est dans la zone intertropicale que se situe l'essentiel des ressources planétaires en terme de biodiversité et d'énergie. Ce sont dans les pays dits de l'Est qu'ont été conservées les dernières forêts "primaires" européennes. Ces ressources sont gaspillées ou détruites pour réduire localement la misère ou pour répondre aux "besoins" des pays dits "les plus développés". Inversement, les ressources financières et les ressources en savoir technologique sont concentrées dans les pays du Nord, de même pour les moyens de

¹⁴Ce comité comprenait des naturalistes, mais aussi des représentants des fédérations de chasse, de pêche, les propriétaires fonciers et forestiers, les chambres d'agriculture et de commerce.

protection de l'environnement et les sols les plus fertiles). La dette des pays dits du tiers monde, et les notions de coopération internationale et

Une parabole sénégalaise compare la population planétaire ou l'écosystème planétaire à une pirogue qui navigue sur un océan infini et désert. Les noirs (pays pauvres) sont à l'avant, les blancs (pays riches) à l'arrière. Quelqu'un crie : "Attention, il y a un trou dans la pirogue !"... A l'arrière on dit "Ce n'est pas grave ; c'est à l'avant !".

Rem 1 : La notion de solidarité spatiale et temporelle (transgénérationnelle¹⁵) implique que le principe *pollueur-payeur* (qui n'est que très rarement appliqué, bien que validé par le traité de Maastricht) ne soit pas pris au pied de la lettre, mais aussi en terme de responsabilité directe ou indirecte. Parfois le pollueur n'existe plus (pollution du siècle passé), parfois il est presque contraint à polluer (agriculteur)...

Rem 2 : Les liens croissants d'interdépendance rendent l'application du Développement durable difficile. Les pollutions globales obligent à des solutions globales car les actions isolées sont virtuellement annulées par le contexte général ou par une moindre compétitivité. En effet, les marchés nationaux et les principes d'aménagement n'internalisent pas encore les coûts environnementaux. Ils les reportent sur les générations futures ou sur d'autres zones géographiques. (Ex : un agriculteur "bio" isolé subit des retombées notables de pesticides et d'engrais chimiques de ses voisins, la pluie contient des pesticides et des engrais, de même que l'eau de la nappe.. Mais ces produits sont aussi retrouvés au coeur des forêts tropicales et se concentrent dans le sang des populations du grand Nord).

Rem 3 Les notions d'*Ethique* et de *Morale* sont souvent présentes dans les débats sur le développement durable. L'éthique étant plutôt ce que l'on s'impose à soi même après réflexion et avant action, alors que la morale serait plutôt ce que l'on s'impose et/ou que l'on impose à autrui par conviction et souvent après action... La Bioéthique a pour champ les questions posées par les techniques qui permettent la manipulation du vivant.

¹⁵cf. "Droits des générations futures"

6-2 Impacts écologiques de l'éclairage nocturne...

Dernière mise à jour : 6 mars 98.

Résumé

Contrairement à ce qui se passe en Grande Bretagne ou aux Pays Bas, le problème est toujours très peu étudié en France. Il y a néanmoins consensus sur les points suivants :

L'éclairage artificiel nocturne peut troubler les rythmes biologiques en dérégulant les horloges internes ou certains processus hormonaux, y compris chez l'homme¹.

La lumière "fascine" ou attire certaines espèces animales, transformant certaines sources lumineuses en véritables pièges.

Au contraire, d'autres espèces, dites "lumifuges" (qui sont généralement des espèces nocturnes et/ou vivant dans les anfractuosités, dans les vases ou les berges, sous le sol, dans le bois mort, sous les écorces, etc.) fuient la lumière, de jour comme de nuit.

On suspecte ainsi certains alignements de sources lumineuses d'être source ou facteur aggravant de morcellement² des continuums biologiques, et source de disparition de nombreuses espèces (notamment papillons nocturnes).

Chaque impact sur une espèce est susceptible d'entraîner (via des effets en cascade) des impacts différés dans l'espace et le temps sur d'autres espèces. Les effets peuvent être directs (une espèce ne supporte pas la lumière), ou indirects (perte d'une ressource pour un prédateur spécialisé, prédation accrue, disparition d'un pollinisateur entraînant la disparition de la plante pollinisée, etc.)

L'impact de la lumière artificielle sur le vivant a été très peu étudié. Il est un peu mieux connu pour certaines espèces d'insectes et pour les oiseaux, ainsi que pour quelques rares espèces de plantes, (phototropisme du tournesol, sensibilité à différents types de radiations, etc.).

¹ Pour la Science et La recherche de mars 98, évoquent tous deux une étude qui montre que l'oeil n'est pas le seul récepteur photosensible intervenant pour réguler la synchronicité des alternances de sommeil et de veille avec le rythme naturel jour/nuit : on perturbe le rythme circadien d'une personne bien réglée en éclairant pendant trois heures... la face postérieure de son genou. La peau contient des récepteurs sensibles à la lumière ayant un rôle fonctionnel, qui pourront peut-être contribuer à expliquer certains troubles du rythme éveil/sommeil.

² **Fragmentation** (= Morcellement, Insularisation) : Le morcellement continu et croissant des habitats naturels par ruptures de continuums paysagers et/ou biologiques devient réellement préoccupant pour la survie de la faune et de la flore sauvages rares, mais aussi communes, de même que pour le maintien des grands équilibres naturels. Un nombre croissant de chercheurs voit là la menace la plus sérieuse pour la plupart des espèces des zones tempérées des pays développés. (cf. Colloque UNESCO sur la Biodiversité Paris Juin 94). L'écologue s'intéresse, en raison de leurs conséquences majeures, à deux types de fragmentations. La fragmentation des populations et la fragmentation des milieux (voir Rapport ECOTONE pour plus de détails); deux phénomènes qui sont liés mais d'autant moins que les espèces sont composées d'individus capables de se déplacer sur de grandes distances et relativement indépendants à l'égard des conditions environnementales.

- Lorsqu'elle concerne de vastes volumes la fragmentation en isolant les espèces est un facteur de spéciation (apparition de groupes ou d'essais d'espèces à partir d'une souche mère).

- lorsqu'elle concerne de petits volumes ou espaces la fragmentation est au contraire facteur de régression ou d'extinction d'espèces. C'est ce qu'a démontré la biogéographie insulaire.

Introduction Les "fenêtres" de ciel pur et limpide permettant d'observer, étudier et photographier les objets célestes ne cessent de se réduire dans le Nord - Pas de Calais. Le CERA (*Conseil d'Etudes et de Recherches Astronomiques - 8 rue Bernard Chochoy - 62570 WIZERNES*) à plusieurs reprises a alerté les administrations (DIREN, Conseil Régional, Conseil Général, District, zones de Parc Naturel régional) et ne cessent d'alerter les naturalistes, les scientifiques et responsables sur l'ampleur croissante du problème. Face à l'incrédulité ou à la difficile prise de conscience, le CERA a créé une section environnement qui oeuvre à sensibiliser les acteurs locaux et développe des outils pédagogiques simples (panneaux d'exposition, diaporama, exposés, documents).

Les informations et craintes des astronomes amateurs ou professionnels de la région, de France (Comité de Protection du Ciel Nocturne) ou d'autres pays et continents recourent celles des naturalistes qui travaillent sur les espèces nocturnes ou crépusculaires.

La présente note n'a pas l'ambition d'être une étude bibliographique exhaustive, elle rassemble simplement quelques éléments d'informations pour les élus et techniciens qui sont à la recherche d'informations sur ce sujet.

Le problème... Même si quelques rares espèces ont su s'adapter et/ou d'utiliser à leur profit l'éclairage artificiel, comme d'autres ont su utiliser les bords de routes (Faucon crécerelle) ou les villes (pigeon, étourneau) pour maintenir développer, ou sur-développer leurs effectifs... Il semble que la *pollution lumineuse* puisse avoir des effets négatifs significatifs sur la faune et la flore, au point qu'on la suspecte d'être au moins partiellement responsable de la régression, voire de la disparition d'un certain nombre d'espèces sur tout ou partie de leur aire potentielle de répartition.

Les impacts connus et/ou soupçonnés de l'éclairage direct et indirect du ciel par des sources artificielles sont abordés dans le rapport Ecotone/biodiversité³ ainsi que dans sa synthèse, adopté par l'assemblée plénière du Conseil régional en 1997. Ils ont été signalés dans le cadre de la mise en place du Parc de la Deûle (où la Région a proposé au comité technique et de pilotage l'intégration de la *charte pour la préservation de l'environnement nocturne* du CNPCN). Le Conseil Régional a également abordé ce problème lors de divers séminaires de formation et colloques relatifs à la gestion des milieux naturels, à la haute qualité environnementale (H.Q.E.) ou au génie écologique.

La question de l'éclairage non maîtrisé est également posée comme étant susceptibles de réduire, inhiber ou perturber les fonctions écologiques du projet de *Schéma⁴ directeur vert* de la Communauté Urbaine de Lille. Elle est abordée dans l'évaluation des politiques de conservation de l'environnement sur le littoral avec Resource Analysis, un bureau néerlandais et le 9 mars 98, elle a été proposée à l'Eurorégion (GEIE rassemblant Flandre, Wallonie, Bruxelles-Capitale, Nord pas de Calais pour la mise en oeuvre du développement durable) comme étant à intégrer dans les critères de soutenabilité du développement qui sont depuis un an en cours d'expérimentation avec l'Europe et l'UNESCO.

Le phénomène semble actuellement plus frappant en zone tropicale et équatoriale où il est plus récent, mais certains indices et témoignages laissent penser qu'en France et en Europe du Nord-ouest, avant l'éclairage intense des villes, la faune d'insectes et d'insectivores était considérablement plus riche en nombre d'individus pour toutes les espèces nocturnes. L'assèchement quasi-généralisé des zones humides, et l'utilisation croissante et intensive des pesticides (que l'on retrouve à des doses significatives dans les pluies en mai, juin et juillet) interviennent également, et faute d'étude, il est difficile d'évaluer la part respective de responsabilité de ces phénomènes pour expliquer la disparition de certaines espèces.

³(Commission Environnement Energie Déchets 1995)

⁴ Ce projet envisage en effet de rassembler les politiques espaces naturels sensibles métropolitains, trame verte du conseil général et corridors biologiques du conseil régional pour restaurer, avec l'aide de l'Etat et de l'Europe, un maillage de sites et liens écologiquement fonctionnels et paysagèrement cohérents sur le territoire de l'Arrondissement de Lille.

Faut-il ou peut-on parler de "pollution" ? Le dictionnaire des mots de la géographie précise : "la pollution n'affecte pas toujours directement la santé, mais peut modifier les espèces vivantes naturelle et leur répartition" ; c'est le cas de l'éclairage. Mais certains, considérant uniquement la gêne directe pour les hommes, parleront plutôt de *nuisance*.

Impact sur la faune

Certains oiseaux menacés, tel l'Oedicnème criard semblent désertter les zones artificiellement éclairées la nuit. Le simple passage des pinceaux lumineux des phares de voiture sur son nid, suffiraient selon certains ornithologues à provoquer l'abandon de la couvée et donc, pour partie au moins expliquerait la disparition⁵ de l'espèce qui recherche en outre de vastes espaces ouverts, proche du littoral. Les canards (sauvages) se nourrissent la nuit, semble préférer les zones de noir profond.

D'autres espèces comme l'étourneau semblent s'être habitués sans problèmes à la présence de l'éclairage artificiel urbain, et l'on trouve parfois des oiseaux qui nichent dans les zones industrielles très éclairées, mais généralement dans une zone moins éclairées.

Nombres de mammifères menant une activité nocturne choisissent toujours de circuler dans le noir ou dans les zones d'ombres. Lorsqu'ils ont le choix, certains évitent soigneusement de passer dans les taches de lumière, fussent-elles celles de la lune, comme ils évitent généralement les zones où le sol est nu et découvert. Ils préfèrent traverser ces dernières à l'abri d'arbres, de buissons, dans les entrelacs de branches.

Un flash lumineux, le pinceau des phares de voiture, peut éblouir, ou perturber certains animaux (qui vont par ex, se laisser écraser, tirer, ou capturer sans réagir), ce phénomène est exploité par nombre de braconniers. En France on utilise le magnétophone pour attirer les oiseaux dans les filets à partir desquels ils seront identifiés, bagués, et relâchés ; en Lituanie, les bagueurs se servent de phares avec lesquels ils amènent littéralement les oiseaux dans leurs filets.

Une raie de lumière sur le sol ou un alignement de lampadaires peut ainsi constituer un mur immatériel pour certaines espèces pourtant véloces au sol, ou sachant parfaitement voler. Dans les forêts tropicales, certaines espèces semblent sensibles à des intensités inférieures à celle d'un quart de lune et bien moins dans certaines gammes de longueur d'onde. Or toutes les espèces ont sur le moyen et long terme vitalement besoin de pouvoir se reproduire, et pour cela de se déplacer normalement dans leur (notre) environnement.

Pour les espèces lumiphobes (ou photophobes), on peut donc parler de morcellement des habitats. Et certains effets de ce qu'un nombre croissant de chercheurs appellent "*pollution lumineuse*" s'apparentent effectivement à ceux de la destruction et du morcellement de l'habitat pour un certain nombre d'espèces nocturnes ou à activité crépusculaire. C'est pourquoi, à la suite des astronomes, les écologues et un certain nombre de techniciens de l'éclairage parlent maintenant de "*pollution*" et non plus de "*nuisance*".

Les naturalistes savent depuis longtemps, dans le cadre de leurs inventaires, utiliser des lampes à spectre particulier (émettant des U.V.) qui, tenue dans le vide, ou placée devant un drap blanc attirent inmanquablement de nombreux insectes nocturnes sur des distances importantes, y compris dans le couvert forestier extrêmement dense des forêts équatoriales humides.

Graziella isabella qui est un très grand et très beau papillon français protégé par la loi a failli disparaître suite au braconnage à la lampe à vapeur de mercure qui servait à alimenter le marché de collectionneurs indéclicats.

⁵Il n'en restait que sur le littoral Pas de Calais, précisément là où l'on a fait passer l'autoroute A 16.

Certaines sources lumineuses constituent pour certaines espèces (parfois uniquement à certaines époques de leur développement, ou lors des migrations) une force d'appel ou de répulsion⁶ importante, y compris dans les rayonnements non perceptibles par l'Homme.

Nombre de braconniers et autrefois⁷ de chasseurs ont utilisé et utilisent encore la lumière nocturne pour paralyser, effrayer, piéger, ou attirer les animaux. Les pêcheurs de Calmar ont industrialisé la technique du lamparo et ratissent les océans au moyen des batteries de puissantes lampes orientées vers la mer qui leur permettent de capturer sans effort la totalité de bancs de centaines de millions d'individus. La pêche au lamparo ou à la lumière est désormais interdite en France (sauf dérogation) est responsable de l'épuisement ou la disparition de certains "stocks" de poissons ou d'écrevisse autrefois très abondants. De nombreuses populations d'écrevisse ont disparu de nos lacs, braconnées sous les lampadaires, ou à la lampe. Il est possible que les rassemblement sous la lumière aient accentué la pression de prédation naturelle, sans que nous en ayons eu conscience.

Le cas des oiseaux.

Mortalité directe suite à l'éblouissement.

Ce n'est pas un hasard si le nombre de cadavres de chouettes et d'autres oiseaux nocturnes est si élevé près des routes. L'hyperacuité visuelle des oiseaux nocturnes, plus poussée encore que celle des oiseaux diurnes, les rend probablement plus sensible à l'éblouissement et par suite aux accidents.

⊗ Lors de l'inauguration de l'éclairage (particulièrement intense) de la première section de l'A 16 (Dunkerque-Boulogne), les cadavres d'oiseaux ont été signalés en nombre anormalement élevé par les ornithologues locaux.

⊗ Les marins savent que l'utilisation sur un cargo, en plein océan de l'éclairage puissant des mâts de charge attire des oiseaux de très loin.

Pourtant ce phénomène ne correspond probablement qu'à la partie émergée de l'iceberg des impacts.

Dérèglement de l'horloge interne : Une augmentation du nombre des couvées annuelles a été observée, dans de nombreux cas chez certaines espèces d'oiseaux devenus urbains. Ce phénomène semble pouvoir être au moins en partie attribuable à l'éclairage artificiel. Non seulement celui-ci prolonge le temps durant lequel les oiseaux se nourrissent, mais il représente une sensible augmentation de la photopériode, dont on connaît l'effet stimulant sur l'activité des gonades et des rythmes biologiques. Cette influence est particulièrement nette chez la poule, mais aussi chez les Etourneaux, qui séjournent en hiver dans la plupart des grandes villes, chez le pigeon, le Rouge-gorge ou par exemple le Rouge-queue noir.

Orientation des migrants. Au cours de l'évolution, de nombreuses espèces d'oiseaux, mammifères, poissons, insectes ont acquis la capacité de migrer. Cette faculté leur a permis d'occuper des niches écologiques particulières. La capacité de ces espèces à suivre leur route et à retrouver leurs territoires ou leurs nids semble parfois tenir du miracle. Elle conditionne en tous cas leur survie. Le suivi par baguage et/ou radio-tracking a prouvé que de nombreuses espèces sont également capables de faire des centaines voire milliers de km en mer, et/ou sous l'eau (Manchots) simplement pour aller chercher de la nourriture pour leurs petits.

Tout élément perturbant ces déplacements, souvent épuisants, est susceptible de mettre en péril des groupes d'individus ou des espèces déjà mis en péril par la chasse, la dégradation, la pollution ou la destruction de leur habitat ou d'une partie de leur habitat (aires de nidification, de reproduction, de repos et de nourrissage notamment).

⁶ Le piège de Berlèze très utilisé pour identifier la microfaune du sol utilise une simple lampe qui fait fuir les animaux vers le piège où on peut les identifier. Il est remarquablement efficace. L'essentiel de la faune du sol fuit la lumière et la sécheresse.

⁷ Le code rural interdit maintenant la chasse de nuit, avec ou sans éclairage (sauf battues administratives qui se font souvent de nuit pour des raisons d'efficacité).

La faculté d'orientation des migrateurs est aujourd'hui mieux comprise. Il semble que les oiseaux combinent à la vision l'utilisation de tous leurs sens, et au moins pour certains une sensibilité au champ magnétique.

- L'odorat est essentiel mais non suffisant.

⊗ En effet, de nombreuses espèces migratrices (*oiseaux, mais aussi poissons, mammifères ou amphibiens*) se perdent si on leur détruit ou inhibe le système nerveux "olfaction/goût", cependant la privation d'autres sens empêche également ces animaux d'accomplir leurs migrations.

- Le champ magnétique terrestre est lui aussi utilisé

⊗ la simple pose d'un aimant sur le dos d'un pigeon suffit à le désorienter

- Pour les oiseaux au moins, la lumière du soleil et des étoiles semblent également déterminantes

⊗ un oiseau privé de la vue se perd.

- Chez les oiseaux, la plupart des migrations se font de nuit, deux fois par an, sur un axe Nord/Sud. Ce sont alors les étoiles qui semblent principalement les guider.

⊗ Ainsi, des fauvettes placées sous un ciel artificiel (Planétarium de Brême) correspondant à l'époque de leur départ ont pris aussitôt la bonne direction.

⊗ Une hypothèse est que les oiseaux seraient sensibles à des mouvements infimes, que l'oeil humain est incapable d'identifier. Ainsi (sauf sur une pose photographique) voyons-nous les étoiles comme des points fixes, alors que les oiseaux pourraient, eux, discriminer les mouvements relatifs de ces dernières par rapport à l'horizon et à l'étoile polaire, et seraient capable de les utiliser pour corriger leurs trajectoires.

⊗ La lune ne semble pas jouer un rôle important en tant que source de lumière, si ce n'est en éclairant le paysage par clair de lune.

⊗ Nous n'avons pas trouvé de données concernant la gêne que peut induire chez les migrateurs la pollution lumineuse en tant qu'empêchant une bonne vision du ciel (*de bas en haut*), mais le détournement des chemins de migration par des sources fixes isolées ou mobiles est parfaitement connu.

- De jour, c'est surtout le soleil qui semble guider les oiseaux. Les migrateurs sont capables d'effectuer une correction permanente de cet angle en fonction du trajet décrit par le soleil (*s'ils conservaient un même angle par rapport au soleil, ils tourneraient en rond*).

⊗ Le faucon voit dans l'ultraviolet, l'alouette est sensible à de très bref flash lumineux, d'où l'utilisation du "miroir aux alouettes", il est possible que la lumière "perdue" vers le ciel puisse gêner certaines espèces diurnes lors du crépuscule ou le matin très tôt.

⊗ Des goélands lâchés par temps clair à une certaine distance de leur habitat normal s'orientent bien mieux par beau temps que par ciel couvert : 65 % prennent du premier coup le bon cap, contre 40 % par temps couvert).

⊗ Par temps couvert, la plupart des migrateurs restent capables d'arriver à bon port. Ils semblent utiliser des structures-repères tels que le trait de côte, les îles, lacs, montagnes, etc. Les petites erreurs d'orientations sont corrigées dès que le soleil réapparaît et/ou grâce à l'olfaction (au moins chez certaines espèces) et/ou grâce à une sensibilité aux champs magnétique terrestre (en particulier chez certaines espèces). Mais de nuit les sources de lumière peuvent complètement désorienter ces mêmes oiseaux, or les images satellites mettent en évidence un éclairage croissant des franges littorales, dont l'intensité peut même être dépassée par les forage offshore (leurs halos de diffusion sont moins intense grâce à la relative pureté de l'air marin mais nous n'avons pas encore trouvé d'études particulières en matière d'impact à ce propos).

Quand le ciel nocturne est couvert, certains oiseaux utilisent, comme de jour, des repères topographiques. De nuit et dans le brouillard, les bruits et les odeurs qui sont amplifiées et véhiculées par l'air humide jouent probablement un rôle pour les espèces à l'odorat développé. Certaines espèces au moins, telle le rouge-gorge, sont très sensibles au champ magnétique terrestre... mais elles sont également sensible aux puissantes sources lumineuses. Lorsque ces dernières sont isolées et élevées (phare d'ouessant), les oiseaux sont immanquablement attirés; ils peuvent tourner des heures durant autour des ces sources, jusqu'à l'épuisement.

⊗ Imprégnation : Des étourneaux disposés en période de migration dans des cages en plein air, se tournent dans le sens de leur migration lorsque le soleil est dégagé, alors que par temps couvert, ils ne se positionnent pas de manière particulière. Ces mêmes étourneaux préalablement éclairés à une lumière artificielle selon un rythme présentant 6 heures d'avance sur la lumière solaire, lorsqu'ils sont lâchés ; partent dans une direction faisant un angle de 90° avec la direction qu'ils devraient normalement prendre. Ces 90° (le quart du cercle de 360°) correspondent aux 6 heures (le quart d'une journée) de décalage : l'horloge interne des étourneaux, calquée sur le trajet apparent du soleil, est dérégulée par l'expérience.

La lumière n'est pas le seul repère pour les oiseaux : la mémoire visuelle, auditive et olfactive, les apprentissages individuels ou de groupe interviennent conjointement, et plus ou moins selon les espèces.

⊗ Ainsi parmi une population d'étourneaux des rives de la Baltique hivernant habituellement en Angleterre; on a capturé des adultes et des jeunes. Ceux-ci, lâchés en France après avoir été bagués ont regagné par le plus court chemin leur région d'origine alors que les autres ont fait un crochet par la Grande-Bretagne, comme s'ils voulaient retrouver la zone d'hivernage à laquelle ils étaient habitués.

⊗ Selon certains chasseurs⁸ et ornithologues, l'apparition puis le développement des complexes industrialo-portuaires très puissamment illuminés sur le littoral (Dunkerque, Calais, Boulogne) a très nettement dévié ou perturbé de nombreux axes de migration, attirant certaines espèces, en repoussant d'autres, au profit ou aux dépens des huttes de chasse selon leur implantation.

L'Oedicnème criard, l'engoulevent d'Europe, certaines espèces de chauves-souris et de nombreux insectes semblent très sensibles à la lumière ou par certains types de lumières (phares de voitures, lampes à vapeur de mercure ou émettant dans l'ultraviolet).

⊗ Les ornithologues bagueurs savent qu'il est plus facile de capturer les oiseaux à proximité des zones très éclairées, même quand il s'agit de complexes industriels polluants. Parfois, comme en Lituanie, plutôt que le magnétophone, ils utilisent des phares pour attirer les oiseaux dans les filets.

⊗ Jusqu'à il y a une trentaine d'années, les phares de bord de mer ou de pleine mer situés sur les corridors de migration des oiseaux migrateurs ne disposaient d'aucun dispositif de protection. Lors de chaque migration, la nuit (particulièrement les nuits brumeuses), ces phares étaient responsables de la mort de très nombreux oiseaux qui mourraient épuisés à force de tourner autour de leurs lampes. Avant qu'on ne comprenne comment pouvoir limiter cette fatale attirance, les ornithologues se sont un temps servis de ces "attracteurs" pour le baguage⁹ des oiseaux. Les espèces concernées étaient les petits oiseaux migrateurs de type fauvettes, mais aussi de gros oiseaux comme les canards qui tournoyaient "*attirés comme des papillons par la flamme autour des phares*". "*Il suffisait de les attraper à l'épuisette au sein du tourbillon*". *Les oiseaux, par centaines mourraient épuisés ou à force de percuter le projecteur du phare*".

Ensuite, le simple éclairage des fûts a permis de limiter ce problème. Il fallait y penser...

Exemple d'effets discret indirect

⊗ Sur chacun des énorme mâts supportant des rangées circulaires de spots (halogènes ?) destinés à éclairer les échangeur situés près d'Euralille à Lille (bien visibles¹⁰ de la DEED), ce sont des centaines

⁸ (ex : M. Calonne, ex Président de la Fédération du Pas de Calais)

⁹ Exemple : stage de baguage ornithologique organisés sur le phare d'Ouessant, il y a une trentaine d'années pour la formation des bagueurs et pour les études de migration. Source : L Kérautret

¹⁰ L'éblouissement est tel, que même du 7° étage, nous n'avons pu observer le comportement de ces oiseaux.

Avec des jumelles ou un télescope normal, l'oeil est ébloui, avec des filtres, ce sont les oiseaux qui ne sont plus visibles.

d'étourneaux qui lors des nuits fraîches viennent profiter de la chaleur. Ici, l'espèce profite, non de l'éclairage, mais de la chaleur perdue des lampes... Cette adaptation originale favorise un peu plus cette espèce déjà fort envahissante, au détriment d'autres espèces fonctionnellement utiles. Ces oiseaux "favorisés" entreront en concurrence avec d'autres lors de la recherche de nourriture qui s'effectue le jour, dans les campagnes autour de Lille, contribuant un peu plus aux déséquilibres écologiques.

Exemple d'effets discret direct ;

Ø Entre les mois d'octobre et de novembre, lorsqu'ils étudient les migrations nocturnes de d'alouette des champs, les ornithologues et bagueurs capturent¹¹ (selon les jours) 10 à 100 fois plus d'alouettes des champs dans la vallée de la Deûle au sud de l'Arrondissement de Lille qu'ailleurs. La densité de l'éclairage nocturne est à ce jour la seule explication satisfaisante qu'ils trouvent à ce phénomène. Des séries de captures réalisées simultanément au nord, au sud, à l'est et à l'ouest de la Métropole lilloise pourraient permettre de confirmer ou d'affiner le diagnostic, mais demanderaient des moyens plus importants que ce dont disposent actuellement les ornithologues bénévoles..

Autour du futur parc de la Deûle et de la zone de préfiguration du Parc naturel des *Monts de Flandre*, comme dans le bassin minier, par temps légèrement couvert, le fond de ciel est devenu si éclairé que les ornithologues peuvent parfois voir, par nuit sans lune, les oiseaux les plus sombres se détacher sur le ciel devenu vert-brun-orangé... de même d'ailleurs peuvent-ils repérer les principales villes ou conurbations identifiées par leur signature de lumière sur le bas des nuages, ou celles des autoroutes, voire de simples rond-points sur-éclairés, visibles à des dizaines de km. A Lestrem, où le POS a pour la première fois en France intégré un schéma de corridors biologiques, un complexe industriel (Ets. Roquette) illumine le ciel plus que plusieurs villes moyennes.

Ø Les comptages nocturnes effectués sur le littoral¹² Nord Pas de Calais - *principalement sur des grives littorales, mauvis et musciennes, et merle noir* - en migration post-nuptiales montrent nettement que l'éclairage des stations balnéaires, détourne et concentre les flux migratoires sur ces zones.

Les insectes. Ce sont les espèces qui semblent avoir été le plus touchées par le développement de l'éclairage des villes puis des campagnes. Rappelons qu'après les virus, bactéries et micro-organismes, ils constituent l'essentiel de la biomasse terrestre et qu'ils remplissent des fonctions irremplaçables.

Il est unanimement admis que la forte quantité d'U.V. produits par les lampes à vapeur de mercure ont contribué à réduire ou supprimer certaines faunes urbaines et périurbaines. Les entomologistes les utilisent d'ailleurs encore pour piéger les insectes, Lépidoptères hétérocères, notamment.

Les observations de terrain et de labo montrent que :

- les insectes sont attirés
- le spectre d'émission d'une même source est différemment perçu selon les espèces
- le spectre d'émission d'une même source est différemment perçu selon le contexte : la lumière émise peut être plus ou moins modifiée (filtrée) par la brumes ou la pollution de l'air, réfléchi et modifiée par un mur et/ou un sol ou des objets plus ou moins réfléchissant (ex : acier brossé sur les luminaires des gares T.G.V. nord).
- L'insecte peut réagir à un rayonnement non perceptible par l'oeil humain (U.V. notamment)
- L'énergie nécessaire (*efficace*) pour déclencher une réponse (fuite ou attrait) d'un insecte est très variable, comprise entre une limite inférieure qui peut être très faible, et une limite supérieure (pour laquelle, un papillon par ex. est aveuglé et ne vole pas).

¹¹(comptages et transects établis à partir de captures sur Seclin, Santes, Premesque, Frelinghien, Bois-Grenier, Steenwerke, Lestrem, Flêtre) Source : *Pascal Raevol Greet Ing.*

¹²("couloir de migration le plus important pour toute l'Europe de l'Ouest", selon l'étude d'impact de l'A 16 et de la RN 33)

Même les Gastéropodes ...

La réponse de l'oeil des Gastéropodes à la lumière a été étudiée par Bernard Buisson et Alain Blanc (laboratoire de Biologie animale de St Etienne). Ces deux chercheurs ont découvert que la lumière provoque une migration massive de granules pigmentaires dans le centre de la rétine de l'escargot, avec d'importantes variations de neurosécrétions selon l'heure de la journée, ces neurosécrétions semblant être en rapport avec le cycle activité/sommeil. L'obscurité et l'humidité déclenchent l'activité de l'escargot. En présence d'un éclairage artificiel, son horloge interne conserve son rythme sommeil-veille pendant quelques jours, après quoi le dérèglement l'emporte. La plupart des espèces d'escargots et de limaces sont en forte voie de régression. Les bords de routes étaient l'un de leurs habitat-refuge, et la fauche précoce et répétée, le salage, et l'utilisation de désherbant les menacent également. Leurs fonctions écologiques étant assez mal connues, nul ne peut quantifier les conséquences biologiques et donc économiques de leur régression ou disparition des milieux naturels.

Escargots et limaces ont fortement régressé, nous ignorons précisément pourquoi, nous ignorons l'importance de leur niche écologique, mais ils semblent cette importance ait pu être sous-estimée;

Bien d'autres espèces sont probablement touchées par l'impact de l'éclairage, sans que nous en ayons conscience. Si les espèces touchées ont une importance fonctionnelle particulière dans les réseaux trophiques (pyramide alimentaire) les conséquences peuvent être graves. Certains naturalistes nous ont fait la remarque que diverses espèces autrefois communes d'oiseaux (Oedicnème), chauves-souris (espèces forestières), mammifères (grands mammifères, ours, loup, lynx) survivent mieux ou uniquement dans les zones qui apparaissent comme des "trous d'ombre" sur les photos satellites ou aériennes prises de nuit. Il n'est pas exclu que l'absence d'éclairage nocturne soit également en cause, et non seulement le moindre impact général de la présence humaine dont il est un signe.

Selon la nature de la source lumineuse, sa localisation, son orientation (vers le ciel, vers le sol), selon sa hauteur par rapport au sol, selon qu'elle est isolée (comme le feu du phare), en globe, "chaude" ou "froide", mais aussi selon la nature des milieux éclairés (sol, ciel, eau douce ou salée), etc., l'impact faunistique est très variable. Les espèces les plus concernées (nocturnes) étant par définition souvent très discrètes, l'incidence du phénomène a probablement été très sous-évaluée.

Théoriquement, après un certain temps, les animaux, notamment les plus évolués, devraient développer des comportements d'adaptation, mais il est possible que les comportements d'évitement ou d'attraction vis à vis des sources lumineuses dans le noir soient, pour certaines espèces au moins, très primitifs, et comptent parmi des automatisations biologiques (réflexes) les plus fondamentales et profondément ancrées dans le cerveau dit "reptilien", et qui ne pourraient être modifiés qu'après des durées qui peuvent se compter en décennies, en siècle, en millénaires comme en millions d'années. Le principe de précaution (pilier environnemental de RIO et du traité de Maastricht) veut qu'on cherche à réduire les nuisances plutôt qu'à attendre que les espèces s'y adaptent.

L'impact floristique est à notre connaissance peu ou pas étudié. S'il ne semble pas être significatif en terme d'impact direct, en terme d'effet indirect, il pourrait être éloquent (ex : chaîne de conséquences à partir de la disparition d'un pollinisateur nocturne, ou de tel prédateur ou symbiote occupant une position clé dans l'écosystème).

Dans tous les cas, l'impact peut être sous-estimé, mais cette préoccupation étant nouvelle, il n'est généralement pas même évoqué dans les études d'impact, qui ne concernent au demeurant que les grands projets (plus de 12 M.F, ou moins dans quelques rares cas particulier).

Certaines sources sont surtout visibles du ciel (*plafonds translucides de salle de sport, cours intérieures violemment éclairées, bâtiments industriels, plate-formes pétrolières, etc.*), et les photos aériennes, lorsqu'elles sont utilisées pour les études d'impacts sont toujours des photos prises de jour.

De plus, le halo peut être en permanence ou périodiquement renforcé dans les zones de smog urbain, dans les régions où le brouillard est fréquent.

Enfin, il n'est pas exclu que l'éclairage¹³ puisse contribuer pour une faible part, à la pollution photochimique.

L'impact de l'éclairage artificiel se surajoute à d'autres tels la destruction ou la pollution des milieux, le bruit, le morcellement matériel des continuums écologiques et paysagers, des continuums hygrométriques, hydriques, ou d'odeur, etc par les infrastructures, sans que l'on puisse actuellement précisément évaluer l'importance respective de ces divers facteurs. C'est pourquoi il faut affiner les analyses des impacts et mettre en oeuvre le principe de précaution.

Conclusion

Certains effets de la lumière sont si évidents et si bien connus qu'on en oublie de les analyser. C'est le cas de la lumière qui donne des coups de soleil, qui fait pousser les plantes, qui attire les moustiques. On sait aussi utiliser la lumière depuis longtemps pour le braconnage ou l'étude des papillons. On soupçonne que l'éclat des phares de voiture peut avoir une incidence sur les collisions animaux/véhicules. On a remarqué que la durée du jour (réel) ou d'un éclairage (artificiel) avait une incidence sur la reproduction des oiseaux (observation utilisée par les éleveurs de volaille pour allonger la durée de la période de ponte grâce à un éclairage artificiel...)

On a plus récemment découvert ou scientifiquement confirmé que l'éclairage nocturne peut également troubler les rythmes biologiques en dérégulant les horloges internes ou certains processus hormonaux, y compris chez l'homme.

Mais nombre des impacts sont discrets ou encore inconnus (le monde de la nuit lui-même est encore très peu étudié par les naturalistes) et les problèmes sont plus complexes qu'il y paraît au premier abord. Selon l'espèce concernée, selon le contexte (d'autres paramètres de stress se surajoutent-ils ?), selon l'époque de l'année ou l'heure de la nuit, selon le moment dans le cycle de vie d'une espèce, une même source de rayonnement sera sans effet apparent, ou une gêne, une nuisance ou bien encore une cause indirecte ou directe de mortalité d'individus ou de disparition d'espèces.

Quelques rares espèces donnent l'impression de s'être adaptées en utilisant à leur profit l'éclairage nocturne, telles certaines chauves-souris qui mangent les insectes attirés par les lampadaires ou les lumières domestiques. Mais même dans ce cas, il convient de rester prudent : les écosystèmes sont des systèmes complexes, et une adaptation comportementale qui semble dans un premier temps positive peut s'avérer finalement catastrophique pour une espèce et/ou la biocénose dans laquelle elle est intégrée. Pour reprendre l'exemple ci-dessus : la pipistrelle qui a appris à consommer autour des lampadaires ne risque-t-elle pas de disparaître en surconsommant sa ressource alimentaire ou celle d'autres espèces ? Le développement des adaptations comportementales qui ont permis aux communautés d'étourmeaux, de rats, ou de pigeons de croître au rythme que nous connaissons, alors que des centaines d'autres oiseaux, et mammifères disparaissent de notre environnement est plutôt signe de déséquilibres écologiques que d'une évolution véritablement positive.

L'impact à l'échelle des réseaux trophiques et des écosystèmes est à ce jour impossible à évaluer, mais le principe de précaution nous engage à réfléchir et agir, d'autant que, même si des efforts de réduction des gaspillages ont été faits suite au dernier choc pétrolier, particulièrement dans les domaines de l'éclairage,

¹³ en raison du cocktail : chaleur + ultra violet ou rayonnement puissant... La lumière ultra violette est par ex susceptible de catalyser de nombreuses réactions chimiques dans l'air qui circule d'autant plus qu'il est chauffé. Les U.V. (très cancérigènes et mutagènes dans certaines longueurs d'onde) sont d'ailleurs utilisés par l'industrie pour l'oxydation photochimique ou la polymérisation. Certains luminaires sont équipés de filtre à charbon actif pour limiter l'encrassement du boîtier.

les enjeux en terme d'économie d'énergie restent importants. L'expérience des années 70 a montré qu'une large part du public appréciait de pouvoir contribuer aux économies d'énergie.

Pistes de solution

Le Vice président Environnement et la Direction Environnement du Conseil Régional ont en 1997 proposé au ministère de l'environnement lors d'un séminaire sur l'aménagement du territoire, ainsi que lors des 3^o *assises nationales du paysage* (Versailles 97) non pas de supprimer les éclairages, mais de les améliorer (en cours sur l'A1, et dans quelques villes), et d'envisager des "*corridors d'ombre ou de noir*", en accompagnement d'une planification efficiente et moderne de l'éclairage public, à des échelles intercommunales, voire eurorégionale, qui permettrait d'importantes économies d'énergies (30 à 50 %), la création d'emplois spécialisés et une amélioration du fonctionnement des écosystèmes.

Au nord de Paris, le conseil Régional de Picardie a montré son intérêt, celui du Nord pas de Calais, avec les associations d'astronomes et d'environnement souhaitent également maintenant voir ce problèmes sérieusement pris en compte par les professionnels de l'éclairage, les Chartes d'écologie urbaine, d'environnement, les plans municipaux d'éclairage et surtout les chartes de PNR (Parcs Naturels Régionaux), en particulier dans l'Audomarois et le Boulonnais où un important programme d'inventaire et de protection des gîtes d'animaux nocturnes menacés est en cours, très bien accueilli par les médias et la population.

La formation et l'information de tous les acteurs est également et dans le même temps nécessaire, y compris celles des particuliers qui par ex avec les lampes halogènes de jardin ou de facade contribuent à la pollution lumineuse.

Les études concernant ces impacts sont encore très rares. Elles doivent être généralisée selon des cahiers des charges précis.

Il convient de développer la recherche, avec les industriels et éclairagistes, et avec des réseaux de chercheurs indépendants, intégrant notamment des écologues, car la réduction des impacts sera un argument concurrentiel dans un marché où l'écobilan, la démarche de qualité globale prennent une importance croissante, et parce que la législation inévitablement va devoir intégrer de plus en plus les aspects de *moindre impact* et/ou *d'atteinte compensée* à l'environnement.

Les néerlandophones pourront trouver aux Pays-Bas une étude de plusieurs centaines de pages exclusivement consacrée à ce problème (impact sur les oiseaux, mammifères, reptiles, amphibiens, poissons, plantes, humains, ainsi qu'un guide pour l'anénagement des éclairages routiers en zone naturelle. (source P RAEVEL¹⁴)

¹⁴ - RAEVEL Pascal Bureau d'étude GRRET ING (ingénierie conseil en environnement) 89, Rue du Gal de Gaulle, 59 660 Merville, tel/fax 03 28 42 89 98 associé : Bertrand Mullie (phytosociologue) 06 60 52 89 98

INCIDENCES DE L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES SUR LES MILIEUX NATURELS

par

Pascal Raevel

Directeur des Études du GREET Ingénierie

89 rue du Général de Gaulle

F-59660 Merville

Tél. : 03.28.42.89.98

TCP : 03.28.42.01.81

E-mail : p.raevel/greeting@nordnet.fr

&

Florent Lamiot

Région Nord - Pas-de-Calais

Chargé de Missions auprès de la

Direction Environnement, Énergie et Déchets

Hôtel de Région / Centre Rihour

F-59555 Lille Cedex

Tél. : 03.28.82.74.16

TCP : 03.28.82.74.05

E-mail : deed@cr-npdc.fr

INTRODUCTION.

Contrairement à ce qui passe en Grande Bretagne, en Allemagne ou aux Pays-Bas, les incidences de l'éclairage artificiel, notamment créé par les infrastructures routières est très peu pris en considération. Peu étudiées, elles restent méconnues et ne sont donc que rarement prises en considération dans les études d'impact. Aucune mesure, ponctuelle ou globale de réduction ou de suppression de ce type de nuisance n'est donc appliquée à l'heure actuelle.

Des études écologiques fines, appliquées ou fondamentales, montrent que l'éclairage artificiel nocturne joue un rôle important. Il peut troubler les rythmes biologiques en dérégulant les horloges internes ou certains processus hormonaux, y compris chez l'Homme.

La lumière artificielle « fascine » certaines espèces animales et certaines sources lumineuses fonctionnent comme de véritables pièges écologiques. À l'opposé, certaines espèces dites 'lumifuges' (qui sont généralement des espèces nocturnes et/ou vivant dans les anfractuosités, le bois mort, dans le substrat, etc.) fuient la lumière, de jour comme de nuit.

LES EFFETS DE L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

On peut distinguer au moins trois types d'effets selon que les sources lumineuses sont ponctuelles, en tâche ou linéaires. Les infrastructures routières entrent le plus souvent dans la troisième catégorie.

Les sources ponctuelles ont des impacts locaux (modifications écologiques) plus ou moins importants selon le site d'implantation et le type de source lumineuse. Dans le cas des phares côtiers, par exemple, il peut y avoir détournement ou perturbation des Oiseaux migrateurs nocturnes.

Les sources en tâche correspondent le plus souvent aux agglomérations urbaines et aux zones industrielles ou commerciales. Ces sources peuvent engendrer des modifications considérables des milieux dans lesquelles elles sont situées. Enfin, les sources lumineuses linéaires correspondent le plus souvent aux routes et autoroutes.

La lumière est un paramètre fondamental de la vie et des milieux naturels. La lumière joue un rôle informatif et un rôle énergétique.

La fonction informative est la plus importante sur les plans biologique et écologique. Elle agit selon deux axes. Les effets prévisionnels (= neuro-endocriniens) sur les rythmes nycthémeraux et circannuels (par action physiologique sur les glandes). Les rythmes circadiens entraînent un réglage des fonctions physiologiques et des activités sur l'alternance nuit/jour. Il y a adaptation des rythmes endogènes à la longueur respective du jour et de la nuit (notion d'horloge biologique interne). Les rythmes circannuels procèdent au réglage des fonctions physiologiques et des activités sur le rythme des saisons (notion de calendrier biologique interne).

Les effets neuro-moteurs agissent sur le comportement : effets visuels et perceptifs. On peut citer, par exemple, la fixation de l'orientation spatiale, l'identification plus précise de l'environnement ou d'objets, l'adaptation et l'apprentissage à des stimuli lumineux (réactions de Pavlov), l'éblouissement physiologique et l'éblouissement psychologique.

La fonction énergétique peut être divisée en deux domaines principaux : les effets chimiques et les effets thermiques. Les effets chimiques de la lumière sont la source énergétique de certains processus biochimiques. par exemple, dans la photosynthèse utilisée par les plantes vertes, l'énergie lumineuse est transformée en matière organique. Les effets thermiques consistent en la transformation de l'énergie lumineuse en chaleur.

Les effets de la lumière sur la vie sauvage varient selon un certain nombre de paramètres physiques : la qualité de la lumière (bande spectrale), son intensité, sa fréquence d'émission, son régime temporel (durée) et l'orientation de la source et / ou du rayonnement.

Outre la sensibilité spécifique intrinsèque, la saison et l'heure du jour ou de la nuit, on peut également distinguer des effets directs de la lumière (par action sur la rétine par exemple), indirects (éclairage du crâne ou de toute autre partie du corps d'un animal) ou induits (par exemple, en modifiant la végétation, la lumière peut modifier les ressources trophiques ou l'habitat d'un animal ou en provoquant le chant d'un oiseau, elle peut perturber l'horloge interne d'un autre individu).

QUELQUES EXEMPLES SPÉCIFIQUES

La lumière et les Invertébrés.

Les Lucioles (*Lampyris nocticula*), appelées communément "vers luisants", ont développé un mode de communication basé sur la lumière. Le mâle, ailé, vole activement les soirs d'été à la recherche de la femelle (aptère), laissant apparaître sa lumière de manière intermittente (cette lumière est produite par un phénomène d'oxydation). Le mâle produit également des signaux à un rythme particulier. Ces signaux lumineux (518-656 nm) favorisent la rencontre des partenaires. Leur intensité est cependant très faible : il faut l'équivalent de 6000 lucioles pour obtenir l'intensité d'une bougie ! L'éclairage artificiel réduit voire annihile les possibilités de rencontre entre partenaires, donc la reproduction, donc, à plus ou moins court terme, met l'espèce en péril.

Le Bombyx disparate (*Lymantria dispar*).

Un éclairage constant a un effet stérilisant sur le Bombyx disparate. La disparition du rythme nuit / jour réduit la quantité de sperme produite et celui-ci stagne dans les conduits.

La lumière et les Poissons.

L'influence de la lumière sur la migration des Anguilles (*Anguilla anguilla*). La migration des Anguilles a surtout lieu de nuit, sauf dans les eaux très turbides. Ceci est surtout vrai en début de période de migration. L'évolution de la pigmentation, et en particulier la tache cérébrale, semble jouer un rôle important dans ces changements de comportement. Il faut attendre la mise en place complète de la tache cérébrale et l'extension du pigment noir superficiel sur la tête pour obtenir une protection efficace du cerveau et des lobes optiques. Ce n'est qu'à ce moment-là que la civelle pourra migrer en surface et en plein jour ou effectuer des reptations hors de l'eau sur des substrats humides. Le rôle exact de l'éclairage nocturne n'est pas connu, mais il est vraisemblable que la migration puisse être, au moins partiellement, bloquée. On a utilisé, aux Pays-Bas, depuis une trentaine d'années l'éclairage comme source de protection pour les Anguilles migratrices afin de leur éviter de passer dans les zones de pompage (turbines) (Raad, 1994).

La lumière et les Amphibiens.

L'influence de la lumière sur la migration nocturne des Amphibiens (Anura & Urodela). Les Amphibiens alternent des phases aquatiques et terrestres tout au long de leur cycle annuel. Pour ce faire, ils effectuent des migrations saisonnières. La migration nocturne des Amphibiens a été étudiée le long de la rivière Waal aux Pays-Bas (Creemers, 1992). Cette recherche a montré que les sections illuminées d'une digue étaient plus fréquentées par les animaux migrateurs que les sections non éclairées.

Une étude expérimentale en laboratoire (Jaeger & Hailman, 1973) concernant 121 espèces d'Amphibiens Anoures a montré que 87 % d'entre elles montraient une attraction (phototropisme positif).

La lumière et les Oiseaux.

La migration des Oiseaux est le résultat d'une longue évolution qui a permis à ces animaux de coloniser de très nombreux milieux. Deux fois par an, certaines espèces effectuent des déplacements de plusieurs centaines à plusieurs milliers de kilomètres. Pour s'orienter et naviguer au cours de leurs migrations, ils utilisent, en combinaison, tous leurs sens et différentes sources d'information selon les circonstances et l'heure (champ magnétique, étoiles, soleil, repères topographiques, etc.). L'orientation simple consiste à suivre une certaine direction, mais la navigation implique qu'on se dirige vers un but précis. Un grand nombre d'espèces d'Oiseaux (environ les deux tiers des espèces européennes) entreprennent tout ou partie de leur migration la nuit. Il semble (dans l'état actuel de nos connaissances) que ni la Lune, ni les planètes, ne soient utilisées par les Oiseaux pour leur orientation. En revanche, les étoiles le sont. Les premiers travaux de l'ornithologue allemand Kramer ont mis en évidence cette agitation migratoire (*zugunruhe*). On a placé, à cette fin, des oiseaux dans des planétariums pour étudier leurs positionnements par rapport aux différents ciels projetés. Le dérèglement de l'horloge interne des Oiseaux peut provoquer des erreurs d'appréciation lors de la navigation. Ceci peut avoir des conséquences importantes (souvent catastrophiques pour les individus concernés) si leur horloge interne ne leur donne plus la 'bonne heure'.

Exemples d'erreurs théoriques de navigation liées à un dérèglement de l'horloge interne des Oiseaux migrateurs (d'après Mead, 1983).

Décalage de l'horloge	Déviation de la trajectoire par rapport à l'objectif	
	Erreur de longitude (*)	Déviation après 500 km
1 minute	20 km	2 km
5 minutes	100 km	11 km
10 minutes	200 km	22 km
30 minutes	600 km	65 km

* à la latitude moyenne de l'Europe

La lumière et les Mammifères.

L'influence de la lumière artificielle sur la répartition spatiale des **chauves-souris** (*Chiroptera*). Une étude suisse (Reinhold, 1993) a montré que plusieurs espèces exploitaient préférentiellement les abords des zones éclairées par attraction secondaire. En effet, les Chiroptères sont tout à fait capable, par leur système d'écholocation, de chasser dans l'obscurité complète. Toutefois, la lumière a une influence majeure dans l'attraction des Insectes. Les concentrations d'Insectes volant autour des lampadaires attirent, à leur tour, les chauves-souris, notamment celles à vol rapide. Ainsi, ce chercheur a montré qu'environ 75 % des contacts avec la **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) avaient lieu à proximité des zones éclairées.

Ici également, cet apparent aspect positif (facilitation de la capture des Insectes) cache une situation beaucoup plus complexe. Il y a favorisation de certains Chiroptères au détriment d'autres, risque de surexploitation des stocks de proies. Les espèces qui se concentrent dans les zones éclairées sont exposées à d'autres facteurs de mortalité (pollution, obstacles, ...). Qu'en est-il des zones et des proies habituellement exploitées par les espèces qui se concentrent autour des zones éclairées ? La surexploitation du plancton aérien urbain par les chauves-souris n'entraîne-t-elle pas une compétition au détriment des Oiseaux (hirondelles et martinets par exemple) ?

*Remerciements à
Hans de Vries
Hedwig van Hemel*

et à tous les naturalistes qui nous ont communiqué des informations.

RÉFÉRENCES PRINCIPALES

de MOLENAAR, J.G., JONKERS, D.A. & R.J.H.G. HENKENS, 1998. *Wegverlichting en natuur. Een literatuurstudie naar de werking en effecten van licht en verlichting op de natuur*. DWW Ontsnipperingssreeks Deel 34, Delft.

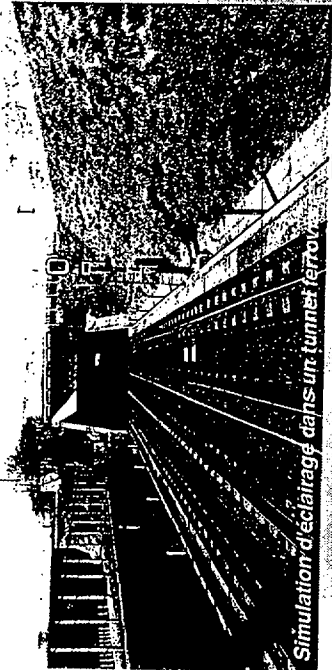
RAEVEL, P. & F. LAMIOT, 1998. *Les incidences de l'éclairage artificiel sur les composantes biologiques des milieux naturels*. 1er Congrès Européen pour la Protection du Ciel Nocturne, Paris-La Villette, 8 juin 1998.

QUELQUES PISTES DE SOLUTION

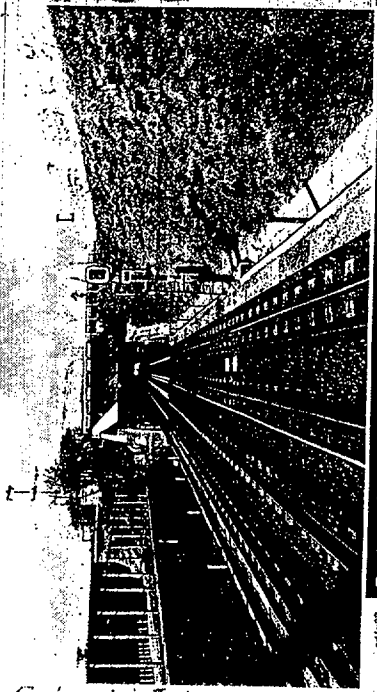
La Direction Environnement, Énergie et Déchets du Conseil Régional Nord - Pas-de-Calais a proposé, en 1997, au Ministère de l'Environnement, lors d'un séminaire sur l'aménagement du territoire ainsi que lors des « 3èmes Assises Nationales du Paysage (Versailles 1997), non pas de supprimer les éclairages nocturnes, mais de les adapter. On pourrait ainsi réduire les zones éclairées, voire adapter le rythme de l'éclairage aux besoins du trafic ou modifier les systèmes d'éclairage (orientation des lampadaires, puissance et spectre d'émission des lampes, etc.). Des essais sont en cours d'étude ou de réalisation dans quelques villes (Nord - Pas-de-Calais et Alsace) ou le long de l'autoroute A1. Des corridors ou des zones d'ombre (voire de noir total) peuvent être envisagés dans les sites d'enjeu patrimonial ou écologique particulier dans le cadre d'une planification efficiente et moderne de l'éclairage public. Ces mesures ne sont réellement efficaces que si elles s'appliquent à des échelles intercommunales, au minimum, et au mieux interrégionale ou internationale. Outre la réduction des nuisances environnementales, cela aurait comme corollaire d'importantes économies d'énergie (30 à 50 %), la création d'emplois spécialisés et une amélioration sensible du fonctionnement des écosystèmes.

Au Nord de Paris, le Conseil Régional de Picardie et celui du Nord - Pas-de-Calais ont montré leur intérêt pour de telles réflexions. Les associations et les professionnels de l'environnement se sont mis au travail. Les écologues ont trouvé des partenaires motivés auprès des sociétés locales d'astronomie qui, pour d'autres raisons (les fenêtres de ciel 'pur', i.e. non éclairé, ne cessent de se réduire), subissent les mêmes gênes. Un Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne (*) a été créé en juin 1998 à l'occasion du premier Congrès Européen pour la Protection du Ciel Nocturne. Une meilleure prise en compte de ces nuisances ne passera que par une réflexion et un travail en commun avec les professionnels de l'éclairage. Les solutions doivent être globales et intégrées dans les textes réglementaires ou contractuels, tels que les chartes d'écologie urbaine, les chartes d'environnement, les plans municipaux d'éclairage et, surtout, dans les chartes des Parcs Naturels Régionaux. Cela est tout particulièrement vrai pour les P.N.R. du Boulonnais et de l'Audomarois où d'importants programmes d'inventaire et de protection des Chiroptères sont en cours et visent à la conservation de ces animaux très menacés. Cette démarche est bien accueillie par les médias et la population.

* *Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne, c/o Société Astronomique de France, 3 rue Beethoven, 75016 Paris.*



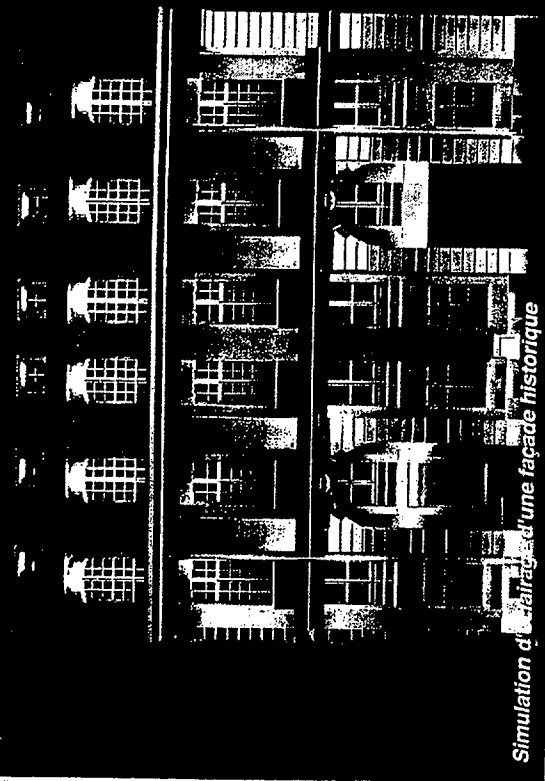
Simulation d'éclairage dans un tunnel ferroviaire



Projet d'éclairage public : Visualisation de la luminance au droit d'un rond point



Immeuble n° 1 - 1 avenue du sénateur Girard - 69000 VALENCIENNES
 Tél. : 03 27 28 34 34 Fax : 03 27 28 34 35
 Web : www.techni-terra.com E-mail : mailbox@techni-terra.com

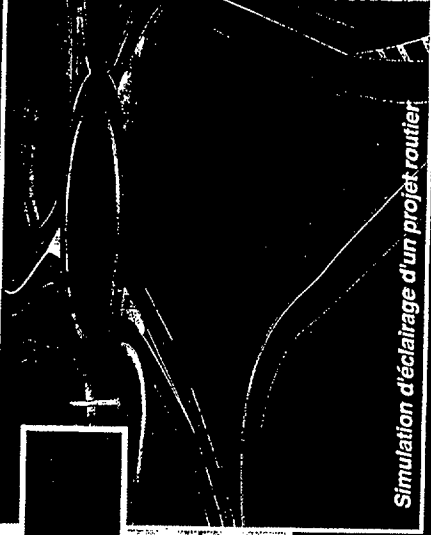


Simulation d'éclairage d'une façade historique

Etude d'éclairage par simulation

Le logiciel Lise, développé par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LPC), est un logiciel de simulation de propagation de la lumière prenant en compte les caractéristiques photométriques et colorimétriques des matériaux et des sources lumineuses.

Lise constitue un outil de simulation qui permet de réaliser des études précises d'éclairage de scènes tridimensionnelles complexes, et notamment de vérifier la pertinence des solutions d'éclairage en matière d'intégration dans le site et de perception par chaque usager.



Simulation d'éclairage d'un projet routier



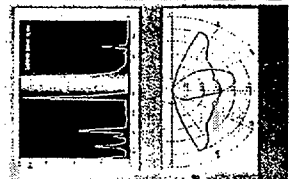
ECLAIRAGE



DESCRIPTION GEOMETRIQUE D'UN SITE



Caractéristiques de la source



Caractéristiques de la source

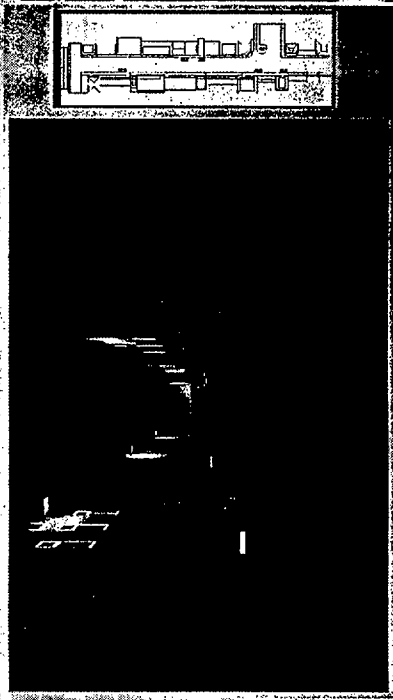


Calcul de la luminance



APPARENCE LUMINEUSE EN FONCTION DU REVETEMENT

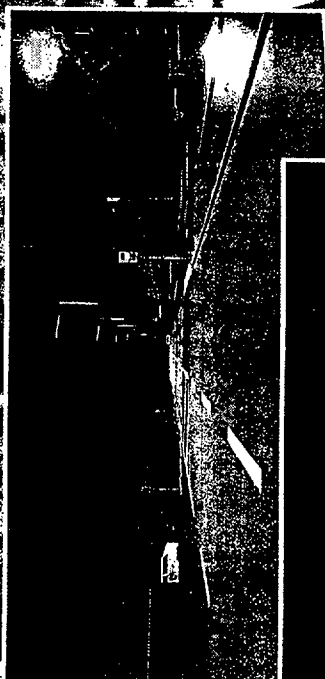
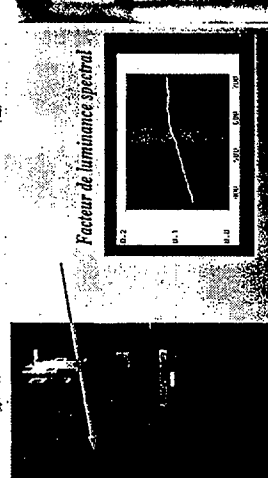
augmentation de la specularité du revêtement



Projet

Propriétés des matériaux

Couleur de la source



Variation des types de lampadaires

ECLAIRAGE : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

6-3 Indice de morcellement du territoire régional

La carte ci-jointe a été établie par SIGALE®, le Système d'Information Géographique du Conseil Régional Nord - Pas de Calais, à partir de la Banque de données cartographiques de l'IGN (mise à jour 1989). Elle met en évidence l'importance du morcellement du territoire par les infrastructures.

Attention, il ne s'agit pas d'une carte exhaustive des infrastructures morcelantes. En effet :

. **Cette carte est simplifiée** : Elle représente les territoires morcelés, regroupés par catégories de surfaces. Elle est construite à partir des données IGN au 50/1000° moins précises que ne le serait une approche au 25/1000°. Pour des raisons techniques¹ et de lisibilité, les "morceaux" de territoire de moins de un hectare ne sont pas pris en compte et seuls les facteurs de morcellement figurant sur la carte IGN sont repris.

. **Cette carte n'est donc pas exhaustive. C'est une carte d'indices** :

Les infrastructures morcelantes prises en compte par l'ordinateur sont uniquement les canaux et rivières, ainsi que les routes, autoroutes, voies ferrées, déjà construites en 1989, et visibles sur les cartes au 50/1000° (*les chemins de terre, chemins de remembrement, certaines routes forestières ou voies privées, les murs, les clôtures de jardins ou de propriétés, etc... ne sont pas pris en compte*).

. **Les impacts en terme de morcellement ne sont pas hiérarchisés selon leur importance ni même pris en compte.**

- L'effet morcelant est plus ou moins important selon le type d'infrastructure.

Exemples : Une voie ferrée "classique" a moins d'impact qu'un T.G.V. protégé par une double clôture. Elle est d'ailleurs utilisée comme corridor par certaines espèces. De même, une route forestière a moins d'impact qu'une route nationale 2 x 2 voies avec muret central et parapets, elle-même moins morcelante pour les grands mammifères qu'une autoroute grillagée. Toutes choses égales par ailleurs, une route très fréquentée a un impact plus fort en terme de coupure qu'un axe peu fréquenté. Pour la majorité des espèces, un canal ou une rivière artificialisée² est un facteur d'insularisation bien plus important qu'une petite rivière... Cependant, pour certaines espèces (*poissons migrateurs, oiseaux et plantes aquatiques*), le canal et la rivière, ainsi que leur réseau de berges seront utilisés comme corridors écologiques...

Dans la mesure où les continuums aquatiques ne sont pas trop morcelés par des "bouchons" de pollution, par des vannages ou des écluses infranchissables, si l'eau n'est pas polluée, le réseau hydraulique superficiel est l'infrastructure naturelle majeure sur laquelle se construisent les écosystèmes. Sa fonction équivaut probablement en importance fonctionnelle à celle de la colonne vertébrale et des réseaux sanguin, nerveux et lymphatique pour l'être humain.

- Les effets du morcellement sont différents selon les espèces ou les communautés d'espèces.

Chaque espèce est caractérisée par une *aire de répartition* et une *aire vitale* particulière, et variable en fonction du contexte. Les individus, les pollens, les semences, ou les fruits doivent se déplacer pour assurer la pérennité de l'espèce.

Pour les oiseaux (*hormis pour quelques rares espèces qui semblent considérer toute nouvelle infrastructure comme une nouvelle limite de territoire que lui opposerait un "concurrent"*), le morcellement a une importance moindre que pour de nombreux insectes, amphibiens, reptiles, plantes ou micromammifères inféodés à des conditions de milieux particulières. Cependant, même si les oiseaux peuvent se déplacer vite et loin, ils sont affectés par la raréfaction de leur nourriture induite par le morcellement. Quelques espèces opportunistes toutefois, telles que pies, corneilles, faucons crécerelle, ont su s'adapter et profiter des infrastructures qui offrent sur leurs délaissés des espaces sans pesticides où leurs proies survivent. Ils consomment aussi les cadavres des animaux victimes de la circulation.

¹ Il s'agit de limiter les artefacts liés à la représentation schématisée des détails par la carte IGN.

² Rivière tubée, aux berges bétonnées ou de palplanches, non végétalisées...

. **Le choix des catégories** (*classes de couleur regroupant les parcelles selon la taille des fragments de territoire*) est **subjectif**. C'est la méthode des quantiles³ qui a été retenue.

En effet, la taille de la "maille" ou le degré de morcellement en deçà duquel une espèce est condamnée à disparaître est différent pour chaque espèce et dépend aussi du contexte⁴ global géo-pédologique, climatique, écologique et de l'occupation des sols.

. **Les données présentées sont donc des indices quantitatifs et non qualitatifs.**

Selon l'espèce, la biocénose et/ou l'infrastructure concernée, l'effet morcelant est tantôt sous-estimé, tantôt surestimé. Globalement, il est sous-estimé car :

* L'échelle retenue est celle du 1/50 000^o, qui gomme de nombreux détails.

* Des facteurs de morcellement tels que les "*barrières physiques ou chimiques*"⁵ dues à certaines pollutions ne sont pas pris en compte.

* La température, l'hygrométrie, la luminosité, la circulation des masses d'air et la nature physique et les caractéristiques biologiques du milieu sont des paramètres déterminants pour le déplacement des animaux et des plantes. Des modifications, mêmes minimales ou subtiles de ces paramètres, dues aux infrastructures de transport ou de drainage, au déboisement ou à la dévégétalisation des sols peuvent bouleverser des écosystèmes fragiles. Elles ne peuvent être prises en compte par cette approche cartographique.

* Les tentatives de modélisations écologiques ou hydrauliques complexes montrent que de nombreux facteurs doivent être surpondérés. En particulier, le morcellement sera plus ou moins important, voire irréversible selon la manière dont l'*insularisation* induite par les infrastructures anthropiques se superpose aux infrastructures naturelles ou semi-naturelles, et aux corridors "*naturels*" de migration des espèces ou biocénoses, chaque cas étant un cas particulier.

* Les infrastructures morcelantes ont un impact direct en terme d'insularisation du paysage et d'habitats faunistiques et floristiques. Elles développent aussi des impacts secondaires qui ont longtemps été ignorés.

Exemple : L'impact d'une route sur l'hygrométrie a été nettement mis en évidence sur le Plateau d'Helfaut, suite au passage d'une route au travers de nappes perchées. Les modifications microclimatiques (*chute de l'hygrométrie, hausse des pics de chaleur et de froid*) ont été telles que dès le début des travaux, le point de rosée n'était plus atteint (*comme dans les grandes villes*).

L'absence de rosée implique, outre des modifications microclimatiques, que les poussières, les spores, certaines graines et pollens ne sont plus fixés par la rosée. La plupart des insectes (*souvent pollénisateurs*) et de nombreux micromammifères (*colporteurs de graines, de spores*), sans la présence du couvert végétal, sans la protection des arbres, et en présence d'un air trop sec, refusent alors de traverser la route ou d'en fréquenter les abords.

Les espèces sauvages sont, de fait, confinées dans des territoires de plus en plus réduits et éloignés les uns des autres. Ceci rend ces espèces plus sensibles aux épidémies et aux aléas divers⁶. Inévitablement, nombre d'entre elles finissent par disparaître, y compris dans les réserves naturelles et en l'absence de pollution significative.

Les effets de l'insularisation sont exacerbés par la banalisation et la dégradation croissante des habitats naturels, par l'imperméabilisation, la dévégétalisation et l'érosion des sols.

Certaines espèces pourraient théoriquement occuper les niches écologiques vacantes, mais en raison du morcellement qui va croissant, elles ne peuvent que très difficilement gagner ces territoires. Et quand elles arrivent à les recoloniser, elles sont exposées aux mêmes problèmes.

³ (représentation proportionnelle par rapport à la somme en hectare des classes)

⁴ Exemple : les infrastructures urbaines (*villes ou villages ou Zones d'Activités, linéaires, notamment*) ou aquatiques (*canaux ou rivières canalisées*) sont facteur d'insularisation pour certaines d'espèces, tout en étant utilisées comme corridor écologique ou "gué" par quelques autres.

⁵ Un champ traité par les pesticides, un segment de rivière polluée, une zone très éclairée la nuit constituent des barrières infranchissables pour de nombreuses espèces ou communautés d'espèces...

⁶ Aléas climatiques, chasse, pollution aiguë ou chronique ou nuisances diverses.

Elles ne peuvent donc que rarement, provisoirement et imparfaitement compenser ou remplacer les fonctions écologiques autrefois remplies par les espèces disparues.

Cette situation favorise et sélectionne⁷ finalement un petit nombre d'espèces à stratégies opportunistes et résistantes, telles que par exemple l'ortie pour la flore, et pour la faune les pigeons, pies, mouettes, étourneaux, rats, rats musqués, ragondins, ou quelques insectes devenus résistants aux pesticides..., autant d'espèces qui ne sont nullement gênées par nos infrastructures et qui savent même les utiliser à leur profit. Ces espèces sont "*favorisées*" par la faiblesse ou la disparition de leurs "*concurrents*" naturels. Elles sont aussi avantagées par le nombre et la capacité à se déplacer de leurs individus. En effet, ces espèces développent des résistances ou comportements d'autant plus adaptés que leurs individus sont nombreux (dans la limite des régulations par les épidémies et surpopulations et de la disponibilité en nourriture).

- La fragmentation du paysage a donc des impacts majeurs sur les aspects fonctionnels des écosystèmes. Ces impacts se manifestent déjà à l'échelle des paysages. Tant pour leurs conséquences sur la santé humaine que sur les ressources en eau et en aliments, il est urgent et nécessaire de mieux les comprendre afin de les atténuer ou les réparer lorsque cela est possible.

- La légende colorée de la carte ne traduit pas non plus l'importance fonctionnelle des milieux morcelés.

. Impact du morcellement sur les microclimats

Nous avons récemment confirmé que l'impact hygrométrique de la fragmentation existe même dans les zones les plus humides du monde comme le bassin du Sinnamary en Guyane, où la disparition de la forêt pour une simple construction de pistes de terre, mais aussi et paradoxalement, pour la mise en eau d'un réservoir de barrage, est systématiquement accompagnée d'une augmentation très importante de la température (*plus de 50°C mesurés à midi, en zone inondée, en début de saison des pluies, au lieu de 29 à 31°C*) et d'une chute très importante de l'hygrométrie (*qui passe par ex de 95% d'humidité relative⁸ à 40, 30 voire 25 % sur les zones artificiellement inondées, en début de saison des pluies* !). Sur la zone soumise à ce qu'on appelle "*l'effet lisière*", où l'air est trop sec, la formation de l'humus, de la rosée, la décomposition de la matière organique, les cycles biologiques sont fortement freinés ou affectés. La plupart des insectes, mousses, lichens, fougères, champignons, algues épiphytes, disparaissent en l'espace de quelques jours à quelques mois, appauvrissant et fragilisant l'écosystème.

Plus une parcelle est petite et isolée de son contexte écologique, plus les espèces en disparaissent rapidement, en commençant par les plus sensibles qui parfois sont aussi des espèces-clés pour le fonctionnement de l'écosystème. Dans les clairières naturelles, de telles modifications existent, mais à un degré bien moindre que sur les lisières artificielles et linéaires.

Attention : Comment lire cette carte

- Dans les centres urbains très denses, à l'échelle retenue du 1/50000^e, la base de données cartographiques IGN ne retient que les grands axes de circulation. Les villes, qui sont en réalité des milieux très morcelés, apparaissent donc sur notre carte comme des zones moyennement morcelées.

Pour une interprétation correcte, superposer à cette carte un transparent avec les zones urbanisées.

⁷ Au sens de la sélection naturelle du 19^e siècle, plus basée sur le *Struggle for life* que sur les stratégies symbiotiques développées par les systèmes complexes qui s'auto-enrichissent et s'auto-stabilisent au travers d'une augmentation rétrocontrôlée de la biodiversité.

⁸ La moyenne des zones les plus désertiques étant, à titre de rappel ou comparaison, de 50 %.

- Sauf cas particulier⁹, le fait qu'une surface ne soit pas morcelée par des infrastructures artificielles est une condition nécessaire, mais non suffisante pour qu'il y ait richesse biologique et stabilité des écosystèmes, ou même simple possibilité de circuler pour les espèces animales et végétales. En effet :

1) Les tâches plus claires (*correspondant à un regroupement de surfaces moins morcelées*), qui sur la carte figurent dans des zones très morcelées, urbaines notamment, peuvent aussi indiquer la présence d'aérodromes, de surfaces de hangar ou de stockage, peu propices à une grande biodiversité.

2) De même, les grandes surfaces claires (de 1 000 à 1 700 hectares) sont de vastes parcelles de cultures intensives ayant presque éliminé toute vie sauvage significative.

Quel est l'intérêt d'une telle carte ?

Les écologues étudient les interactions fonctionnelles qui unissent le vivant à son milieu. Depuis peu, ils nous alertent sur le fait que le morcellement et la destruction des écosystèmes prennent une importance telle, qu'au travers de la destruction des réseaux¹⁰ naturels, ils sont probablement devenus la menace la plus sérieuse pour la plupart des espèces des zones tempérées des pays développés, devant la pollution chimique et le risque industriel.

Le Colloque "*Biodiversité*" du 1er février 1996, à Lille, a montré que le **morcellement** continu et croissant des habitats naturels par ruptures de continuums paysagers et/ou biologiques est devenu réellement préoccupant, car il affecte aujourd'hui les grands équilibres naturels qui nous permettent de vivre. Ce colloque a également montré que des solutions techniques pouvaient et devaient être mises en oeuvre.

La région Nord - Pas-de-Calais possède des réseaux d'infrastructures linéaires (*T.G.V., autoroutes, rocades, canaux, lignes à haute tension et drainage*) parmi les plus denses et les mieux connectées de la planète. Ils constituent des facteurs très graves, et jusqu'à il y a peu très sous-estimés de fragmentation des écosystèmes.

De plus, les transports routiers sont maintenant jugés responsables de 80 % de la pollution de l'air, et d'une grande part des nuisances en terme de bruit, d'occupation de l'espace, de risques, d'atteintes au paysage, de temps perdu, etc... En outre, l'agriculture, la sylviculture, l'industrie et l'urbanisation sont quatre facteurs majeurs (liés) d'artificialisation de l'environnement. Ils s'intensifient fortement depuis 3 décennies environ. Pour les scientifiques, l'impact de ces activités se manifeste significativement à une échelle qui dépasse celle des paysages et des grands événements¹¹ géologiques, et les infrastructures de transport de personnes, de biens ou de flux, s'étendent et se renforcent, en créant des coupures de plus en plus étanches.

Cette carte, superposée à celle des milieux naturels, de l'occupation des sols, des taux de végétalisation, des boisements, des pollutions, des grands projets, permet de mieux appréhender la gravité de la situation.

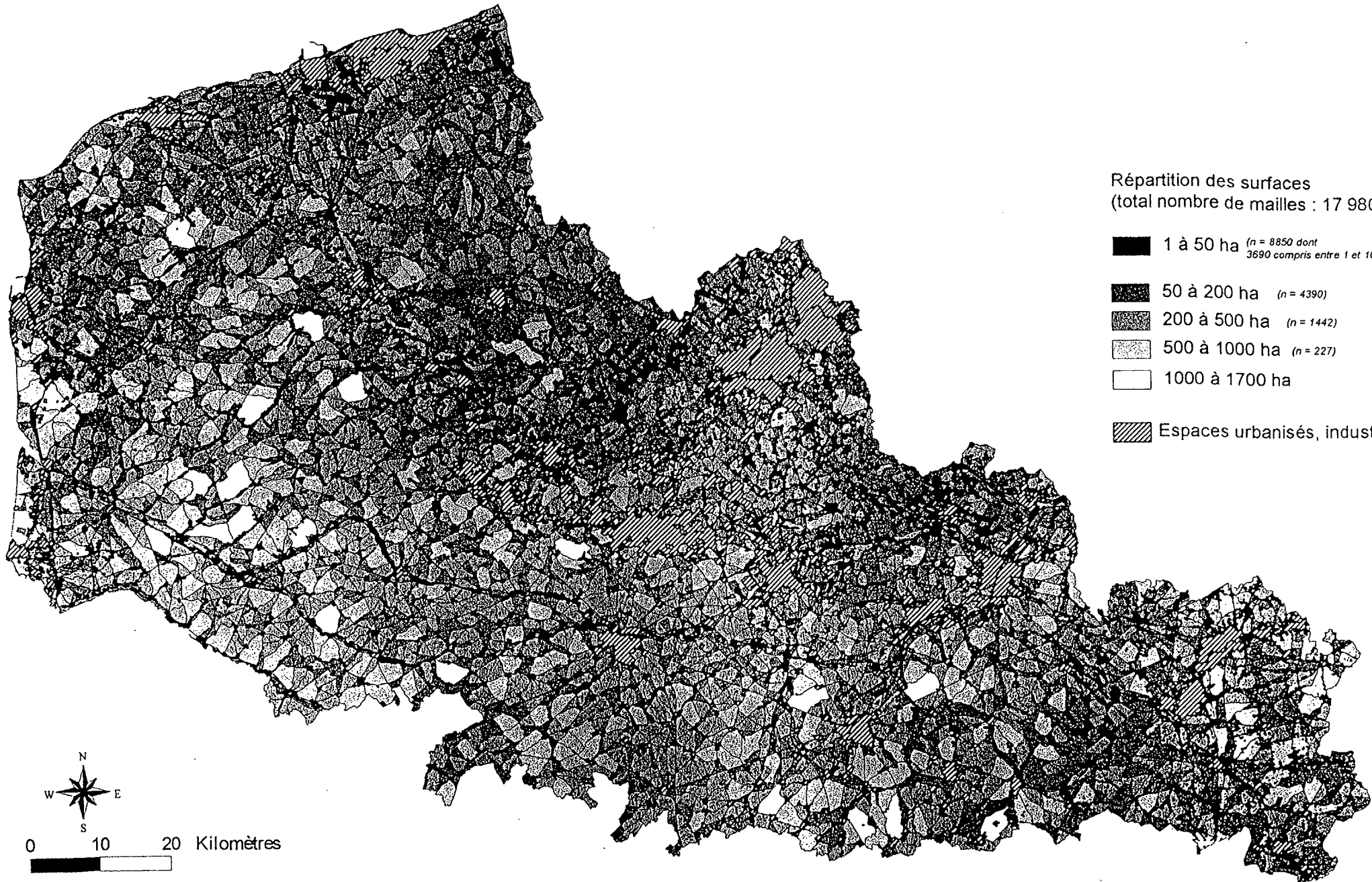
Dans les mêmes conditions, c'est aussi un document d'aide à la décision. Elle peut contribuer à la hiérarchisation des opérations de réparation de l'environnement, de remaillage des milieux naturels par des corridors écologiques, ainsi qu'à la mise en place de trames vertes urbaines ou rurales. Elle donne quelques indications permettant d'établir des priorités, en matière d'aménagement ou de "ménagement" du territoire, en matière de critères d'utilisation des crédits publics, en matière de mesures compensatoires et restauratoires de continuums écologiques et paysagers. Elle justifie en particulier de considérer avec les plus grandes précautions et un oeil neuf les impacts et les mesures compensatoires de toute nouvelle infrastructure.

⁹ Milieu ou écosystème rare et lié à des conditions très particulières de milieu (tourbières, sols très humides ou très secs, très basiques ou très acides).

¹⁰ Le terme de réseau naturel regroupe les différents types d'infrastructures naturelles (ex : corridors ou gués de migrations), mais aussi les réseaux trophiques (chaînes alimentaires) ou les réseaux de relations nécessaires à la survie des communautés animales et végétales.

¹¹ En terme de vitesse de régression de la biodiversité, selon les archéo-paléontologues, jamais dans l'histoire de la planète l'érosion du vivant n'a été si rapide, même lors des pires catastrophes géologiques. "*La vitesse de disparition des espèces liées à la seule destruction des forêts tropicales correspond à un rythme de 1 000 à 10 000 fois supérieur à celui qui a caractérisé les périodes d'extinction majeures des époques géologiques*" (comme la brutale disparition des dinosaures qui a duré plusieurs millions d'années !).

Eléments de diagnostic du morcellement du territoire régional



7. 0.

LES GRANDES COMETES EN VILLE

Alain LE GUE



Mr LE GUÉ Alain
8 Rue Xavier GRALL
22000 SAINT-BRIEUC
Animateur Bénévole du
Cercle Scientifique Briochin.
Délégué Régional BRETAGNE.
Comité National pour La
Protection du Ciel Nocturne

Intervention Congrès RODEZ des 3 et 4 octobre 1998.

" Histoire de Comète dans la pollution lumineuse " 1974-1998.

Le ciel comme la terre est là où nous vivons, je ne me lasse jamais de contempler leurs merveilles intertes ou animées. Hélas, certains membres de mon espèce Homo-Sapiens veulent par tous les moyens asservir cette nature. Le mercantilisme actuel pousse à dilapider toutes les ressources et surtout à la ségrégation en riches et pauvres... Seuls ceux qui ont soit le pouvoir, soit l'argent peuvent accéder aux beautés de l'univers céleste, aux espaces sauvages sur terre et à la culture.

Je ne roule pas sur l'or (comme on dit), mais en tant que bénévole d'association et avec mon éthique personnelle, je me bat pour que tous puissent accéder à la connaissance du ciel. De plus, je me bat contre la pollution lumineuse qui dénote un gaspillage d'énergie et en plus qui cache aux plus grands nombres le ciel, il ne faut pas oublier que nous vivons en grande majorité dans les villes. D'autre-part, je me fais fort de démontrer qu'avec peu de moyens, on peut faire de l'astronomie amateur !!!

Je vous présenterai donc ici des observations de comètes brillantes que j'ai faites avec des appareils-photos standards et des paires de jumelles. Je passerai bien vite sur la comète KOHOUTEK soit disant du siècle que j'ai vue en plein Saint Briec en 1974 à la magnitude 6 ! Mais, je ne passerai pas sous silence la belle comète WEST que je considère comme la plus belle que j'ai vue à ce jour. Elle était très belle depuis mon HLM blème sous les lampadaires, mais en 1976 la ville de Saint Briec, 40000 habitants à cette date n'était pas éclairée comme maintenant, on voyait très bien à l'oeil nu M 35 des gémeaux ou M 31 d'Andromède ! ... Maintenant, c'est impossible...

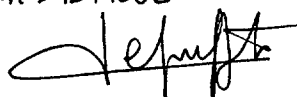
Après, il y eu IRAS-ALCOK-BROWN et d'autres plus faibles, HALEY par exemple, mais 20 ans après WEST, il y eu la surprenante comète HYAKUTAKE. C'est là que j'ai fait le pari de l'observer en pleine ville seul et avec le public, je ne voulais pas faire comme tout le monde, fuir avec mon "armement" loin de la ville. Avec une bonne paire de jumelles, un crayon, du papier et un appareil-photo. J'ai pû voir l'évolution et la trajectoire de cette comète. Je faisais déjà partie du C.N.P.C.N. à l'époque de cette observation. J'en ai tiré une communication que j'ai présentée aux 3èmes Rencontres Européennes de l'Astronomie Amateur, à Nantes les 12-13 avril 1997 intitulée "HYAKUTAKE, une comète dans la pollution lumineuse". J'ai transmis ce travail au C.N.P.C.N. ET à L'I.D.A.

Un an après HYAKUTAKE vint la belle comète HALE-BOPP, là aussi comme la précédente, je l'ai observée en pleine ville et parfois en pleine campagne, je voulais ainsi participer à l'opération "ATLAS 96 du C.N.P.C.N... La figure 1 montre la comète en rase-campagne, mais au dessus des lumières d'une serre distante de 10 kilomètres. Les figures 2 et 3 montrent l'aspect photographique de la comète en ville même objectif, même pellicule, même temps de pose, seule la date diffère d'une journée. La figure 4 présente son déplacement apparent entre ses deux photos. La figure 5 montre HALE-BOPP sur fond d'éclairage d'église de Ploufragan commune limitrophe de Saint Brieuc, ce furent mes mes adieux à cette comète...!

Si l'on prend garde, l'homme sera de plus en plus coupé avec le lien ancestral de la nuit et de l'univers. Comme le dit le chanteur Gilles SERVAT, " nous perdons le Nord " dans tous les sens du terme mais, je fais un rêve, pourrais-je un jour prendre mon petit déjeuner aux étoiles comme dans les figures 6 et 7 ?, non gêné par des pubs ou des éclairages non efficaces.

Si nous sommes ici à ce congrès, c'est que tout espoir n'est pas perdu. Le paysage céleste comme terrestre est commun à tous et nous devons de les conserver pour les générations futures sans conditions mercantiles ou dictat technologique...

Fait à Saint-Brieuc le 1^{er} Octobre 1998



P.J. = Planche Photo

= Exposé HYAKUTAKE dans la pollution lumineuse -

Y'a pas Photo... Aspect de la
comète HALE-BOPP en pleine Ville ou
en pleine campagne...

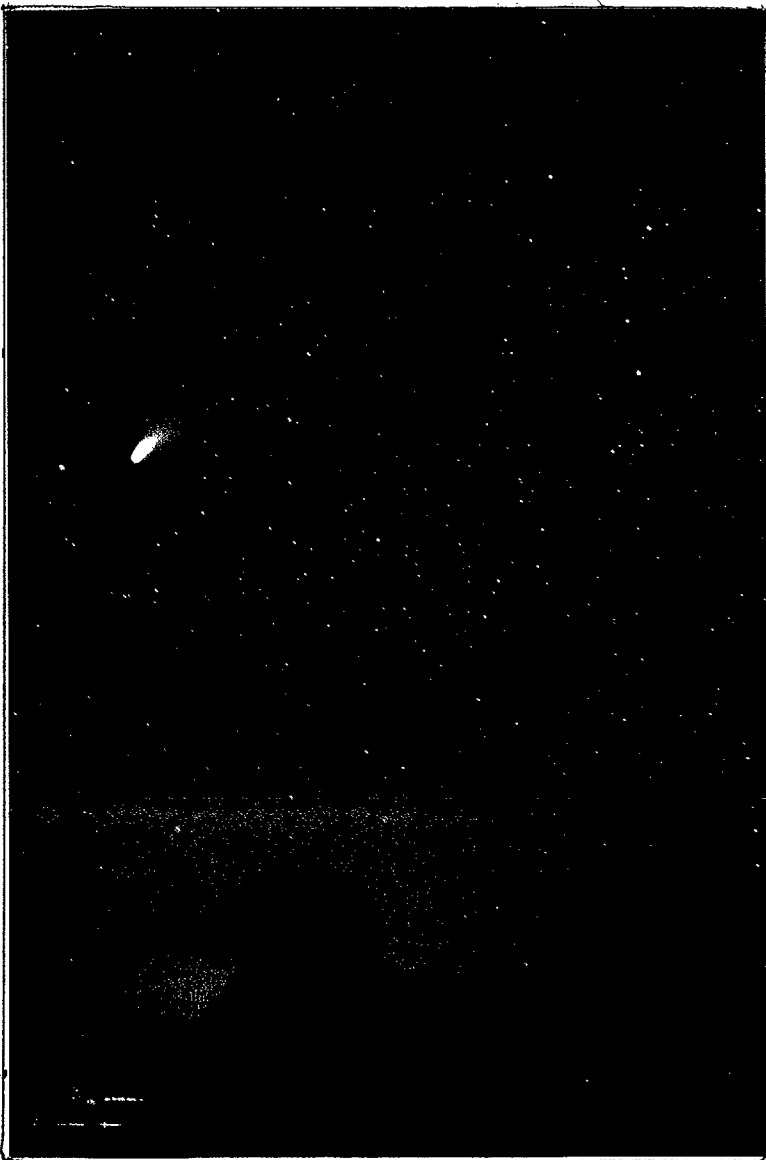


Fig 1

Hale-Bopp 1^{er} Avril 1997 20^h54 TU
50mm F1,7 Pose 30 secondes FUJI 800
MALBROUSSE (PORDIC) 10 km WNW ST BRIEUC

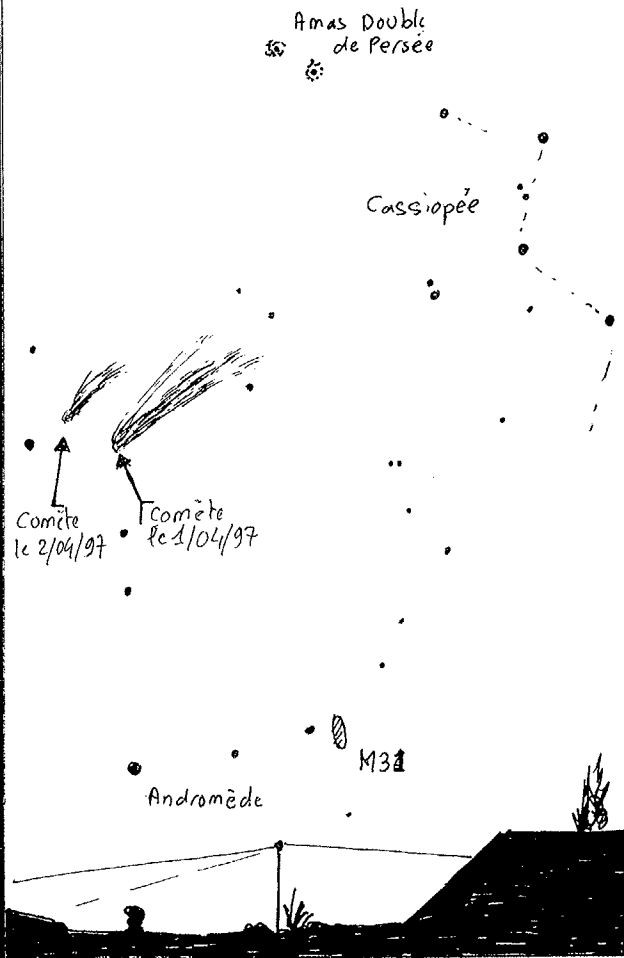


Fig 4

Le mouvement apparent de
Hale-Bopp dans le Ciel entre
le 1^{er} et 2^e Avril 1997...



Fig 3

Hale-Bopp 2 Avril 1997 20^h20' TU
50mm F1,7 Pose 30 secondes FUJI 800
SAINT-BRIEUC "La Ville OGER"
Noter la Publicité et les Tours éclairées par
des "Boules"



Fig 3 Bis

Hale-Bopp 10 Avril 1997 22^h00 TL 20^hTU
50mm F1,7 Posc 30 Secondes Fuji 800

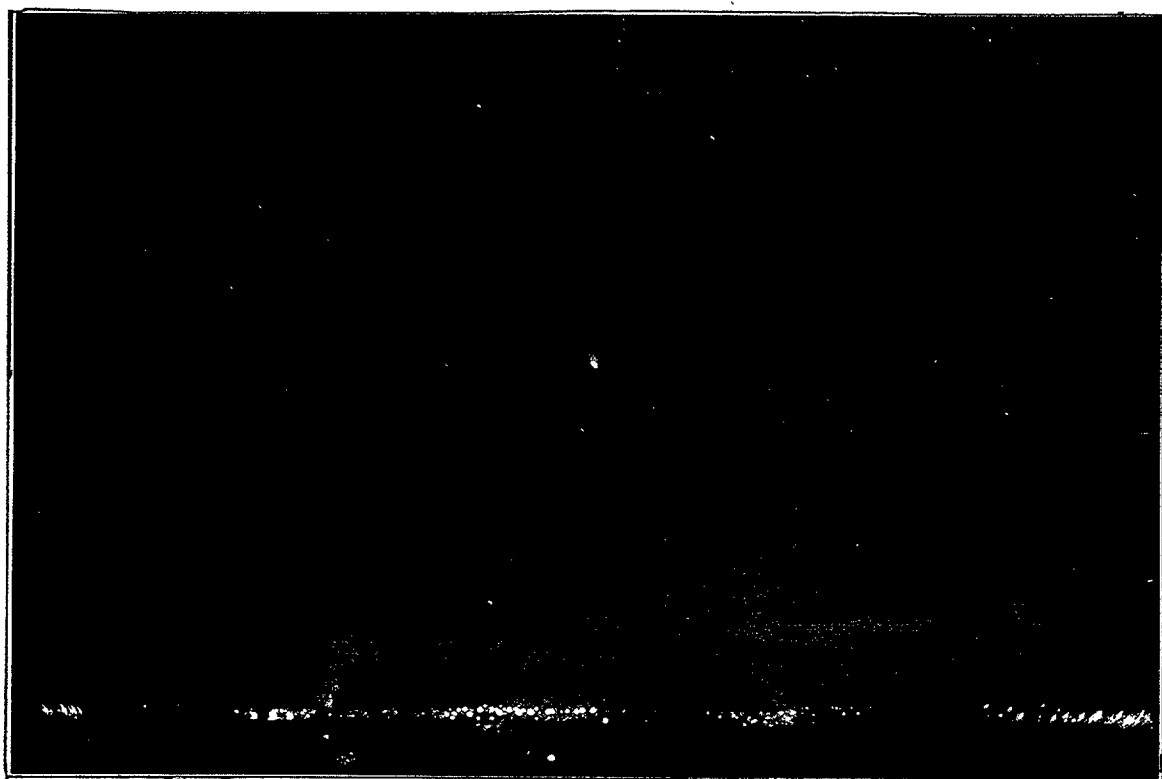


Fig 5

Hale-Bopp 2 Mai 1997 - 20^h59 TU
50mm F1,7 Posc 30 Secondes FUJI 800

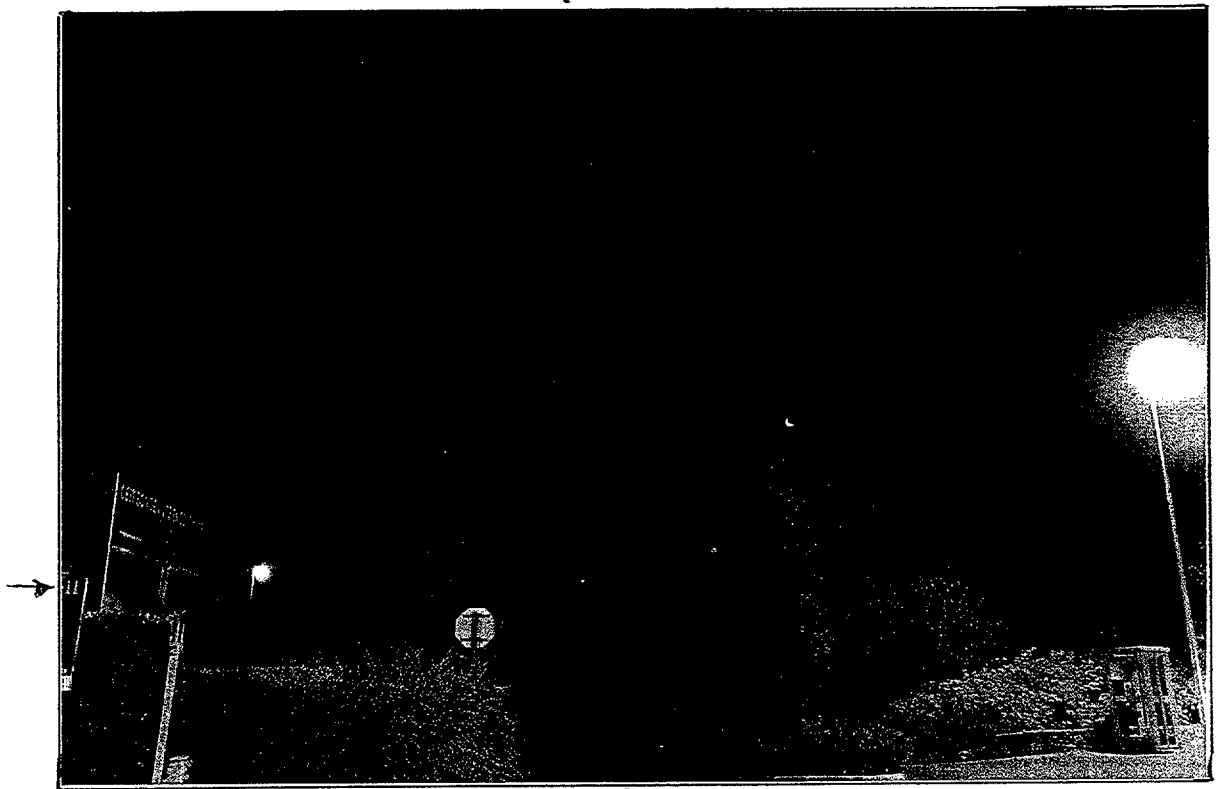


Fig 6 ↑ Venus

La Lune et Venus dans le Ciel du Matin
 28mm 2,8 Pose 10 secondes Kodak Gold 200
 Mars est visible en limite de Nuage...
 19 Août 1998 4^h TU

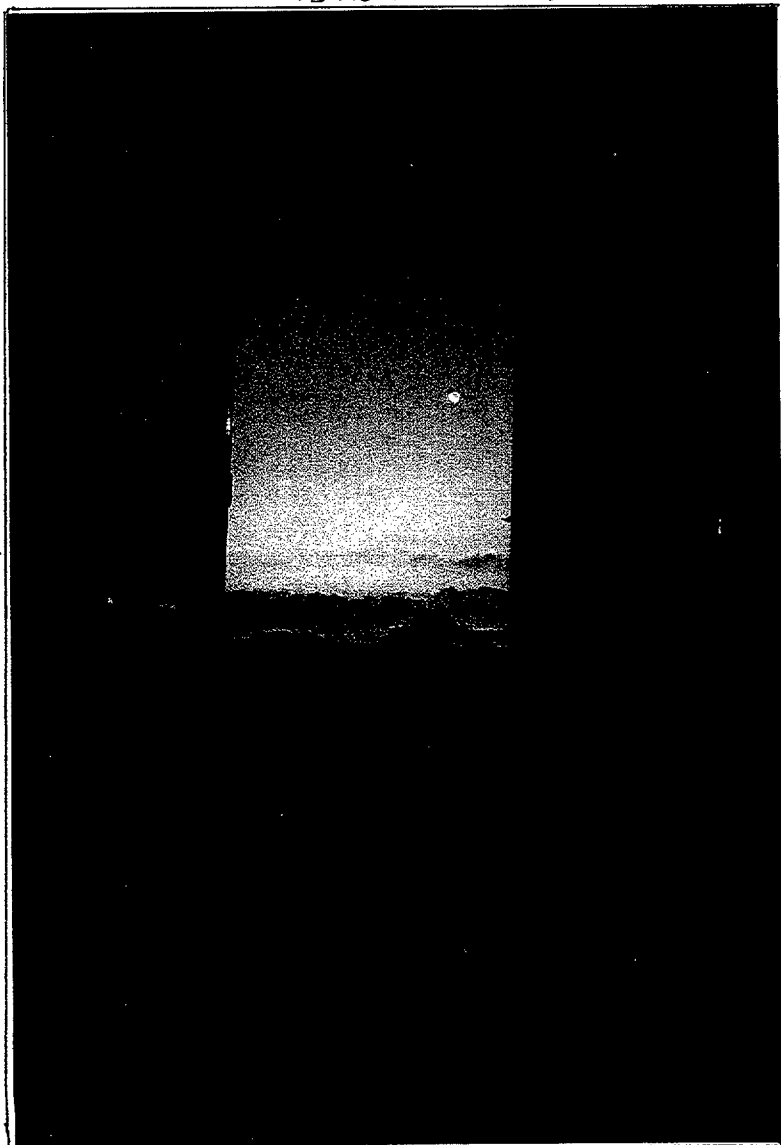
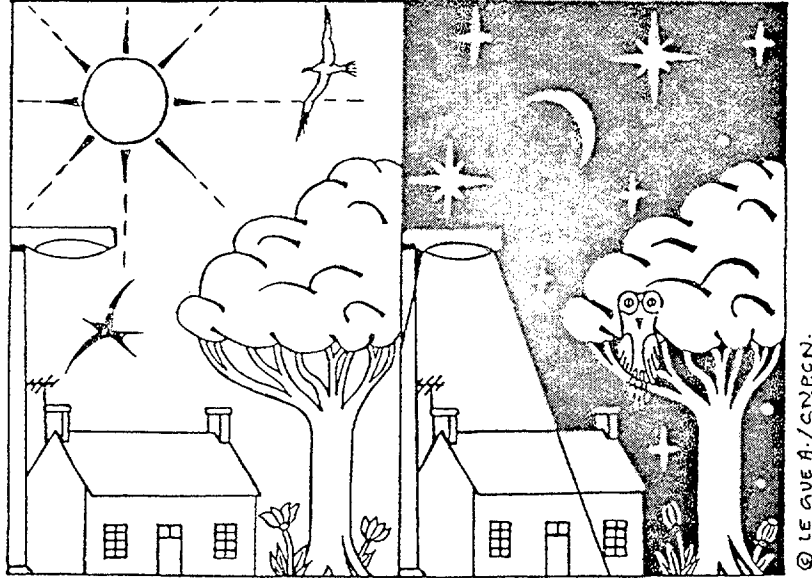


Fig 7 Puis je rever
 à un petit déjeuner
 aux étoiles ?

Lune - Venus - Mars
 19 Août 1998 - 4^h 10'
 28mm F2,8 Pose 8 secondes
 Kodak Gold 200

Venus →

↑ Venus



CNPCN

Comité National pour La Protection du Ciel Nocturne
National Comity for the Night Sky Protection

HYAKUTAKE = UNE COMETE DANS LA POLLUTION LUMINEUSE...

YAKUTAKÉ = One Comet in the Light Pollution...

Par/By ALAIN LE GUÉ

Secrétaire du **CNPCN**, Animateur du **Cercle Scientifique Briochin**
Secretary of CNPCN, Animateur of Cercle Scientifique Briochin.

Communication pour/Contribution for:

3^{emes} RENCONTRES EUROPÉENNES
 DE L'ASTRONOMIE D'AMATEURS
 ET DES SOCIÉTÉS D'ASTRONOMIE
 EUROPEAN MEETING OF AMATEUR ASTRONOMY
 AND ASTRONOMICAL SOCIETIES

'JOURNÉES DE NANTES'

12~13 avril 1997
 Chateau de la Pervençhère

HYAKUTAKÉ : UNE COMÈTE DANS LA POLLUTION LUMINEUSE...

Par Alain LE GUÉ

Résumé

Je me bat déjà depuis longtemps contre la pollution lumineuse et comme je suis secrétaire du Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne (CNPCN) depuis sa création en 1994. Je présenterai ce comité à ces journées de Nantes à travers un travail d'Amateur et prouver que cela devient difficile d'observer en pleine ville...

La Comète "HYAKUTAKÉ" Comète surprise de 1995 fut pour moi l'occasion de l'observer et de la photographier depuis Saint-Brieuc avec des moyens modestes, et ensuite de les comparer avec des observations plus anciennes (Comète KOHOUTEK et WEST). Il faut espérer que la comète HALE-BOPP soit observée de la même façon pour mesurer photométriquement le fond du ciel dans le cadre de l'opération "ATLAS 96" Lancée par le C.N.P.C.N.

INTRODUCTION

Aux 2èmes journées de Nantes, je vous avais déjà présenté un travail sur les actions menées contre la pollution lumineuse et dévoilé l'existence d'un Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne au plan français. Depuis cette date, j'en suis devenu le secrétaire et le délégué régional pour la région Bretagne.

Pour ces 3èmes journées de Nantes, je reconduis mon propos pour avancer dans la sensibilisation de tous à ce problème. Ce faisant, j'ai voulu illustrer l'impact de la pollution lumineuse sur l'observation du ciel et la dégradation de ce même ciel sur une période de plus de 20 ans.

Pour ce faire, je me suis mis sciemment dans la peau d'un amateur peu fortuné et fait le choix d'observer la comète "HYAKUTAKE" en pleine ville avec des moyens simples : observation visuelle avec des jumelles 11 x 80 et 7 x 50 et de la photographie avec des appareils fixes munis d'objectifs de 28 mm ouvert à 2,8 et 50 mm ouvert à 3,5 et 2,8 mm.

Les observations ont été faites depuis Saint-Brieuc, ville d'environ 50 000 habitants. Elle est entourée d'autres communes contiguës formant une communauté urbaine d'environ 70 000 habitants. En 20 ans, le nombre d'habitants a bien entendu évolué mais, ce qui a changé, c'est surtout le mode d'urbanisation et l'éclairage urbain.

Ce que je veux présenter aussi est une réflexion sur la philosophie de l'astronomie amateur... J'ai bien entendu télescope et lunette de bon diamètre, mais la société de consommation et l'argent l'on pervertie... S'exiler loin des villes avec des moyens importants comme de surfer sur le Web à la recherche d'informations ou d'astronomie virtuelle où les objets célestes deviennent des numéros ne sont pas la solution.

Fuir ou s'enfermer dans sa tour d'ivoire grâce à son argent ou à celui des sponsors fera que l'on ira vers une astronomie des pauvres et celle des riches. C'est ce que je ne veux pas en tant qu'animateurs de club où mon but premier est de populariser l'astronomie.

La pollution lumineuse m'a éclairé sur cette problématique : si l'on n'y prend pas garde, nous allons à la fois perdre le sens du mot amateur, qui veut dire aimer, et la vision du ciel bien commun de toute l'humanité...

Il y a 23 ans, une comète du siècle fut annoncée et bien sûr ayant déjà créé un club d'astronomie. Ce fut une belle occasion de faire des observations publiques et solitaires. Hélas, elle ne brilla point comme la belle comète BENNET de 1970.

N'ayant à cette époque que peu de moyens et pas de voiture, je n'ai pu l'observer qu'en pleine ville de Saint Brieuc, ma ville natale. En 1974, l'éclairage urbain était peu développé à cause du tissu urbain qui était très reserré. Le boum de la maison individuelle n'avait commencé que depuis peu.

Les 7 et 8 janvier 1974, j'ai pu observer visuellement la comète KOHOUTEK: (voir la figure 1 et la figure 2.)

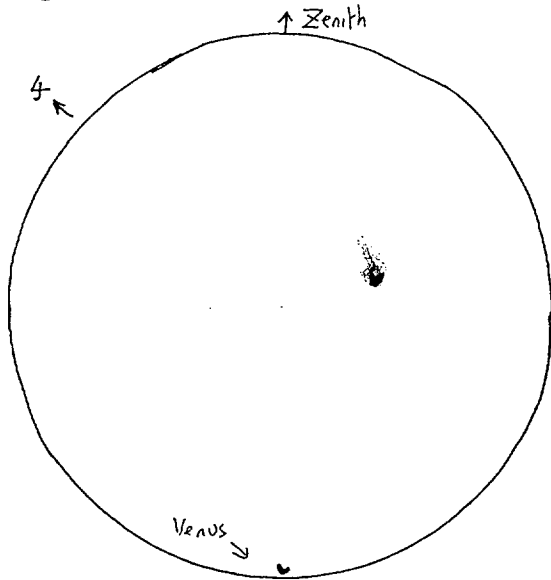


Fig 1

7 Janvier 1974 18^h10 UT Comète "KOHOUTEK"
Jumelles 10x50 champ 5° en pleine Ville
Binoculars view in the center Town
01/07/1974 J 10x50 - Visible at the naked eyes

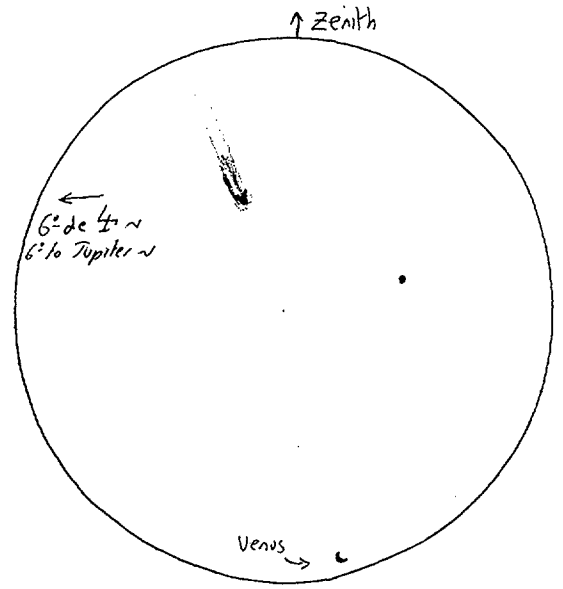


Fig 2

8 Janvier 1974 18^h05 UT Comète "KOHOUTEK"
Jumelles 10x50 champ 5° Invisibl à l'œil nu ...
Binoculars view near the center of Town
01/08/1974 J 10x50 - Not visible at the naked eyes

Elle fut juste visible à l'oeil nu le 7 et invisible ensuite. Pourtant en pleine nature, ce fut tout autrement : (la figure 3 donne un aspect photographique loin de Saint Brieuc.

↑ N

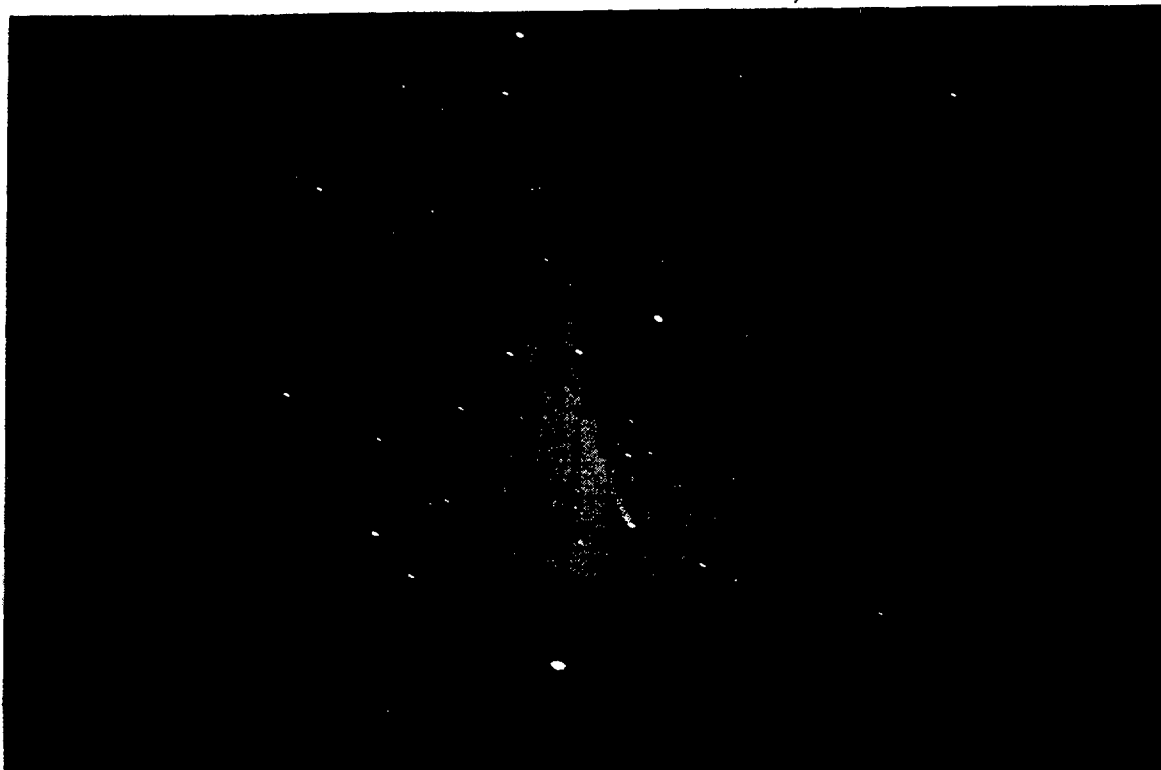


Fig 3

9 Janvier 1974 18^h20 UT
Kodak Tri X Pan 400 Asa
Miranda et Obj. 50mm F1,4
Pose 30" Fixe
Comet KOHOUTEK 01/09/1974
Photograph with Kodak TRI X
Miranda 50mm F1,4 on one
tripod 30" exposure
Cliché Jean René DANJOU
ST Quay-Portrieux

↑ Jupiter

La plus belle surprise fut quand même la comète WEST que j'ai pu voir dans les mêmes conditions que KOHOUTEK, plus de 2 mois à l'oeil nu malgré l'éclairage ambiant. Cet éclairage constitué par des lampadaires de rue à capot ; la figure 4 montre l'aspect visuel à l'oeil nu entre 2 lampadaires et la figure 5, son aspect dans une jumelle 11 x 8

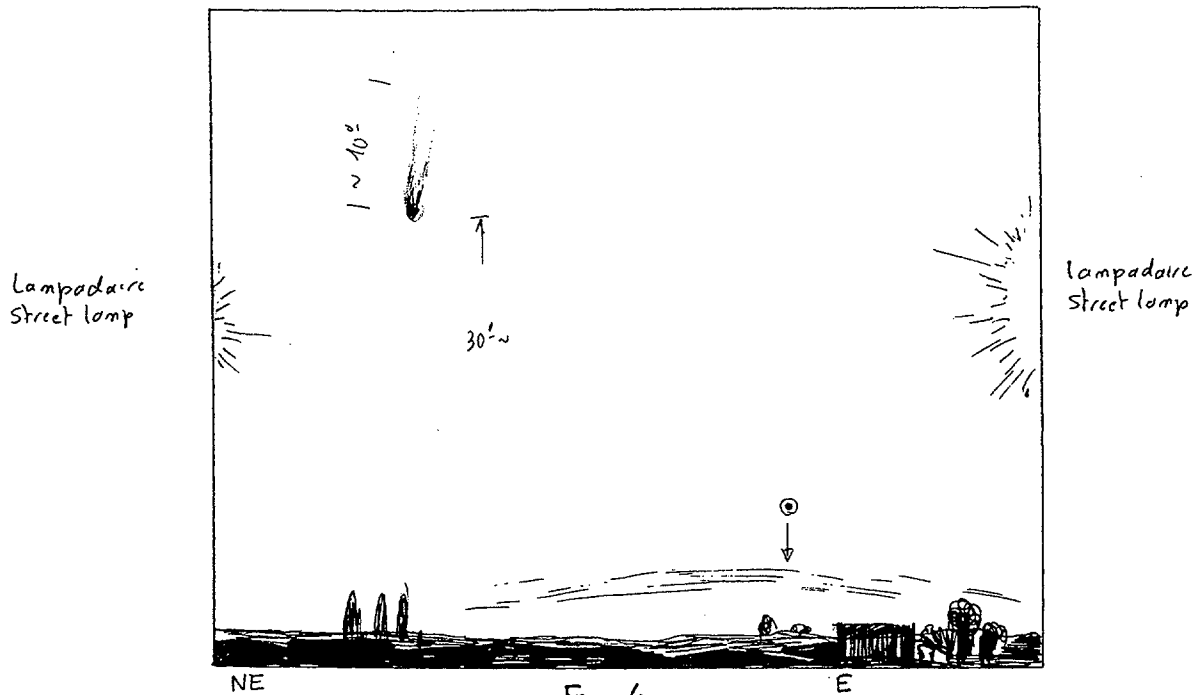


Fig 4

Comete WEST 10 MARS 1976 5^h20 UT à l'oeil nu
 Visual aspect of Comet WEST Naked Eyes 03/10/1976 5^h20 UT

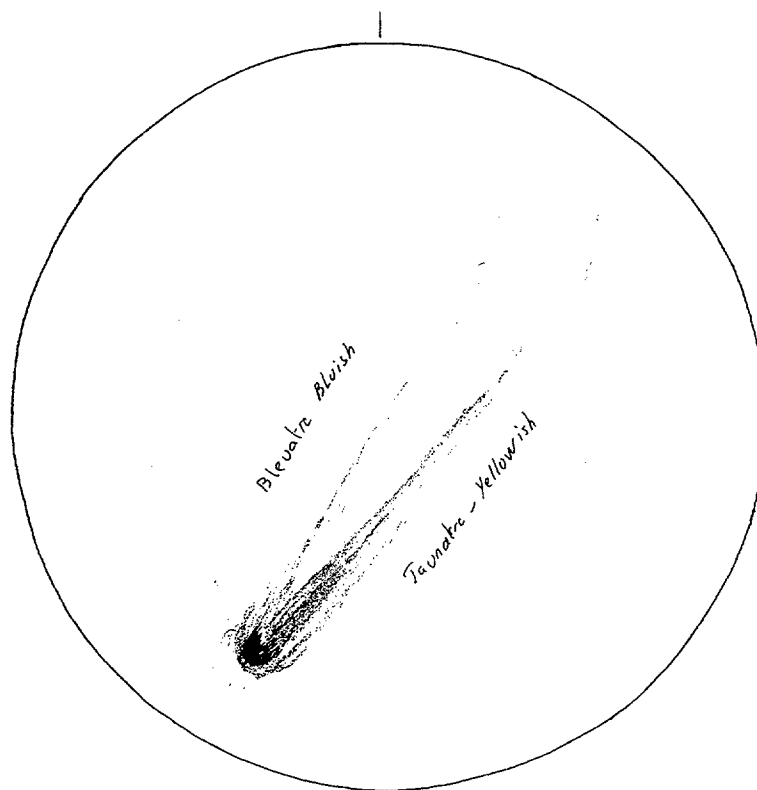


Fig 5

Comete WEST 10 Mars 1976 5^h30' UT
 Jumelle 11x80 champ 5°
 Binocular view of Comet West J 11x80
 03/10/1976 5^h30' UT Beautiful Comet. with colors?!

Ce fut un spectacle splendide après l'éclat de KOHOUTEK. La figure 6 montre un aspect photographique de la comète WEST dans le Dauphin le 4 avril. Elle montre bien l'aspect visuel en pleine nature à cette époque. La ville de Saint Brieuc n'avait pas encore son dôme de lumière visible depuis Saint Quay Portrieux, à 20 kilomètres à vol d'oiseau de Saint Brieuc. Ce n'est plus le cas depuis longtemps !

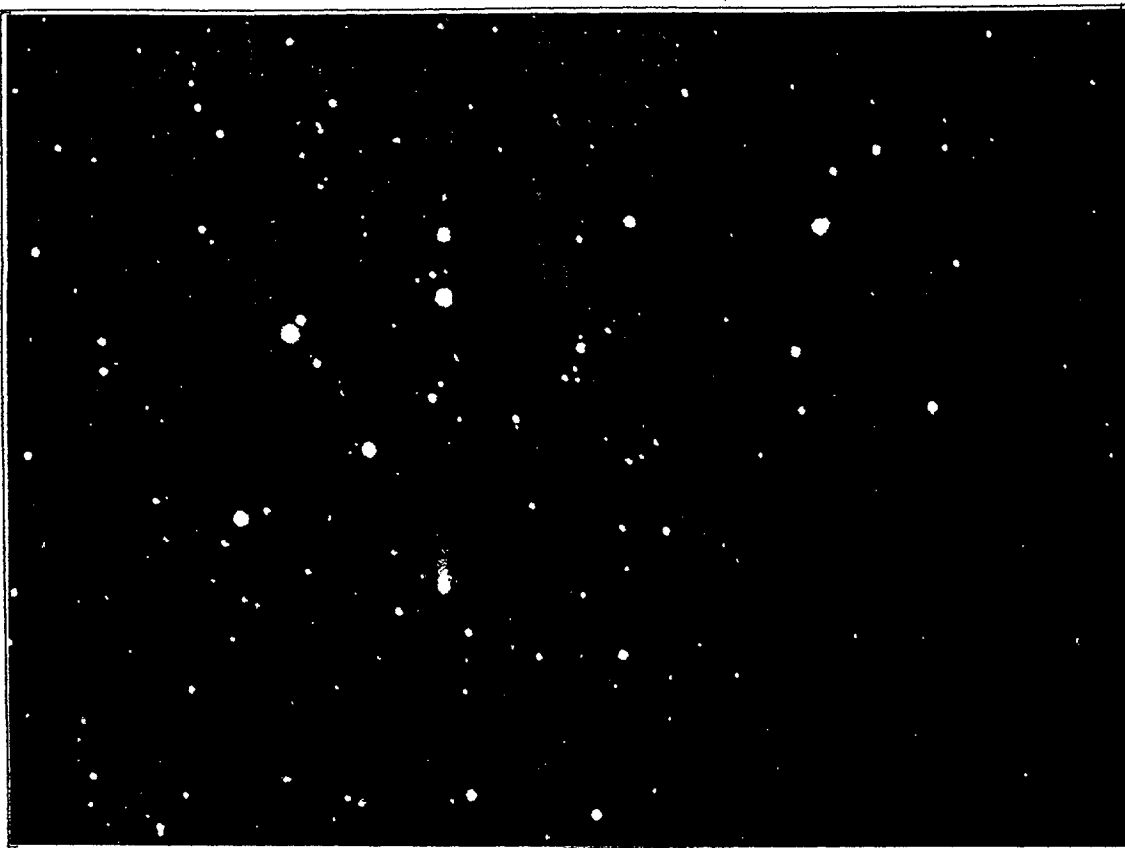
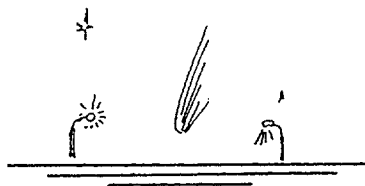


Fig 6

Comete WEST
 4 Avril 1976 3^h55'UT
 Miranda + Obj. 50mm F1,4
 Tri X Kodak Pose 2"
 Comet WEST 04/04/1976
 3^h55'UT Miranda 50mm F1,4
 Tri X Kodak 400 3mn Exposure
 Cliché Jean-René DANJOU
 Saint QUAY-PORTAIEUX

Dans mon expérience d'amateur, ce fut la plus belle après BENNET et HYAKUTAKE, en attendant HALE BOPP.

Entre-temps, la ville de Saint Briec s'est étendue. Les zones pavillonnaires l'ont envahie avec leur cortège d'éclairage soit-disant design et joli à voir. Avec la maison individuelle est venue la mode des lampadaires boules... De plus, les communes aux alentours de Saint Briec ont reçues certains habitants du centre ville. Les zones commerciales comme industrielles elles aussi, se sont installées et étendues en même temps que la montée de la société de consommation...

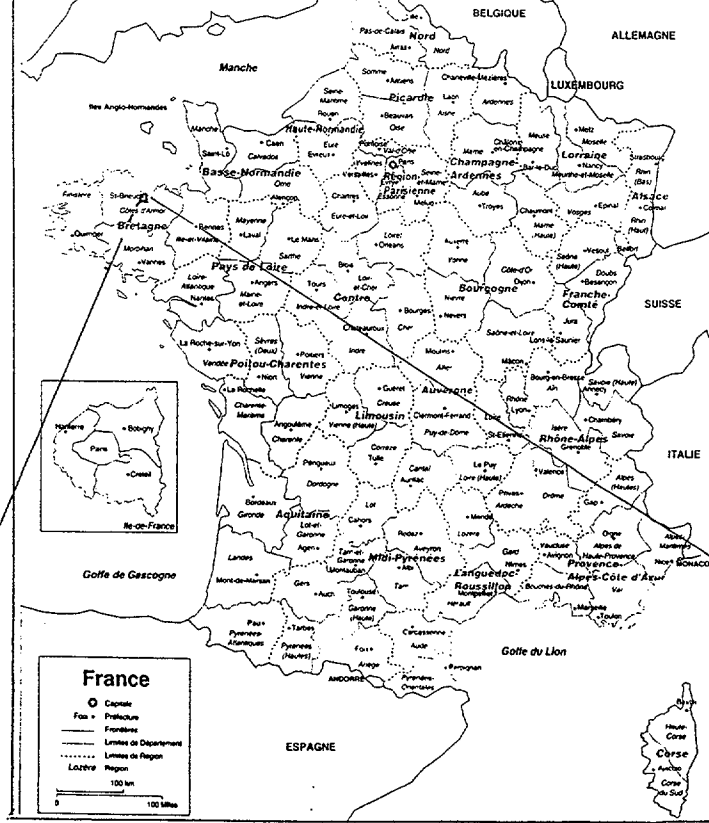


HYAKUTAKE la comète surprise de 1996

Il y eu bien sur d'autres comètes après WEST, mais elle ne furent pas aussi spectaculaires que celle que l'on attendait pas : la comète "HYAKUTAKE".

Après avoir reçu divers renseignements, je savais qu'elle allait être brillante car, passant très près de la terre. De plus, elle devait passer près du pôle céleste et ne pouvait échapper à la pollution lumineuse.

Voulant illustrer la difficulté d'observer des objets célestes dans les lumières de la ville, et faire ensuite une exposition pour populariser l'action du Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne. Je pris la décision d'observer cette comète depuis un parc public près de chez moi, les figures 7a et 7b localisent mon lieu d'observation : La ferme de la Ville Oger.



Note ① = Zone Commerciale Commercial Area
 Note ② = Zone Industrielle Industrial Area

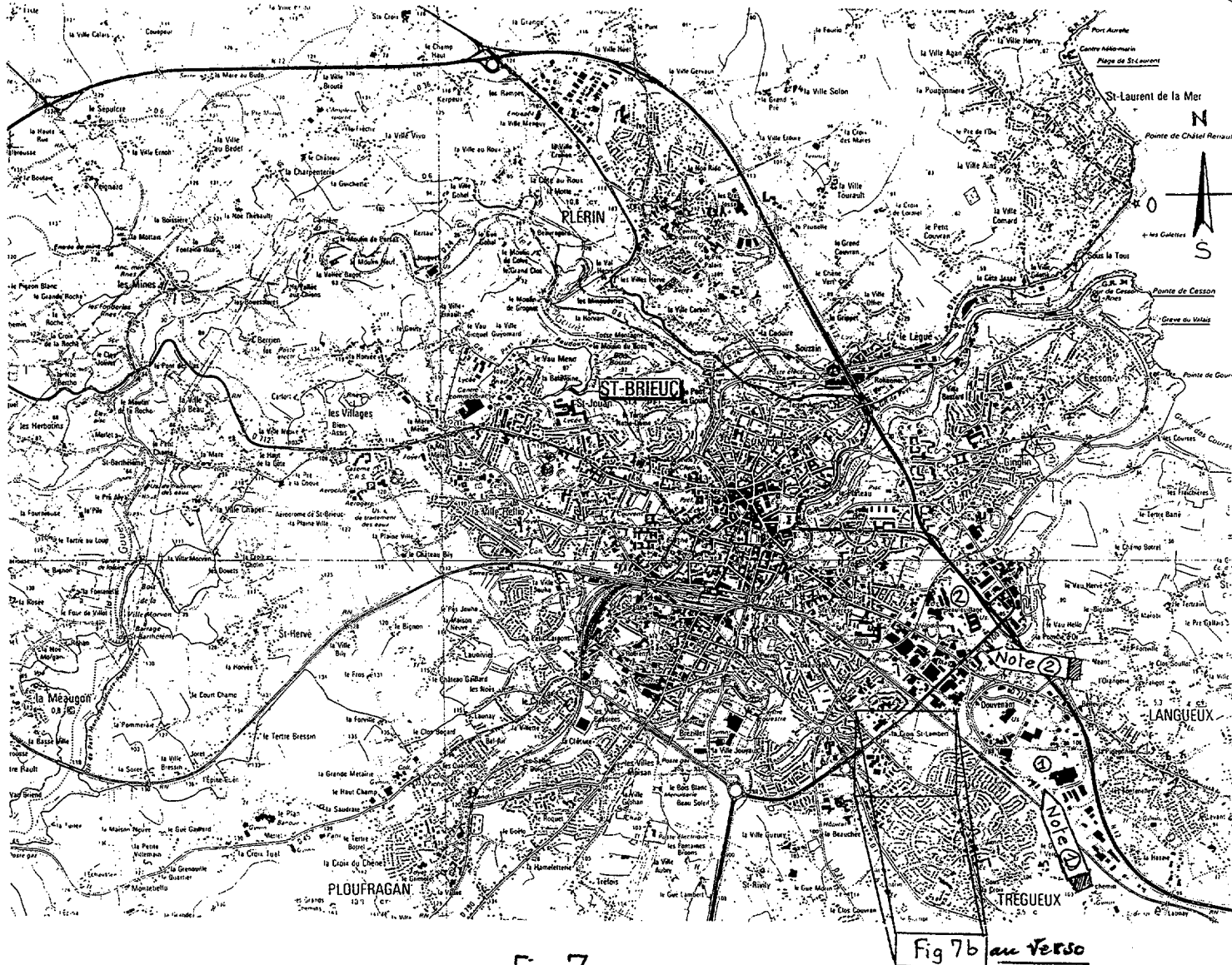


Fig 7a

Fig 7b au verso

Situation géographique du Lieu d'observation
 Geographic Location of the observation Site

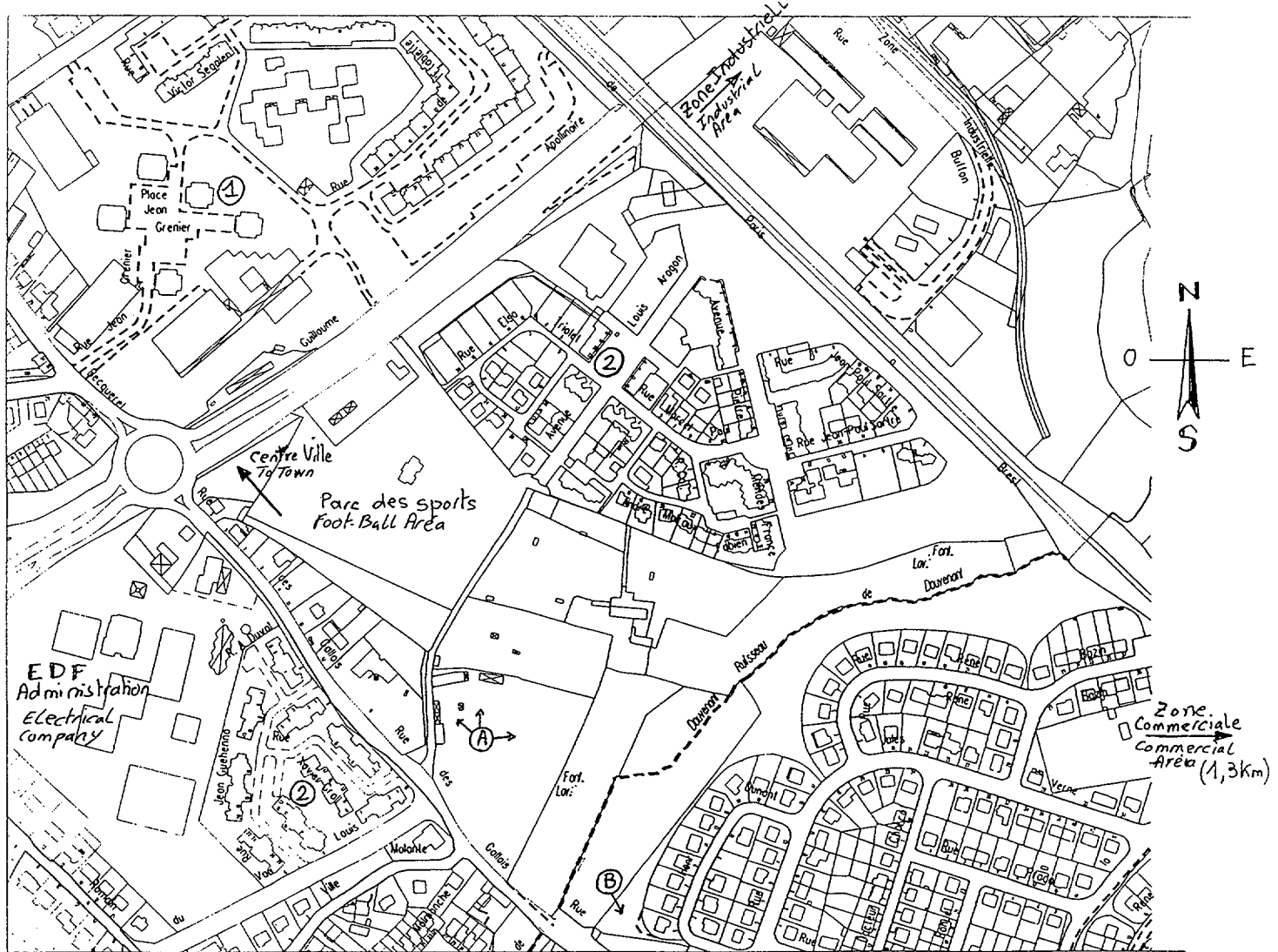


Fig 7b

Situation précise du Lieu d'observation
 Précise location of the observation site...

- (A) Site d'observation de début / Observation Site (Beginning)
- (B) Site d'observation de Fin / Observation Site (At end)
- (1) Tours éclairées par Boules / Towers lighted by globes (530m)
- (2) Immeubles / Building (100m ~ 400m)

Je savais que ce serait un beau spectacle et, je n'ai pas été déçu...

Je l'ai observé essentiellement à l'oeil nu, aux jumelles 11 x 80 et je faisais des photographies en pose sur pied, avec de l'Ektachrome 400 ASA et Ektar 1000 sauf mention contraire.

Le début de l'observation a eu lieu le 18 mars avec le début d'un temps clair. La figure 8 montre l'aspect de la comète le 19 mars, elle était visible à l'oeil nu...

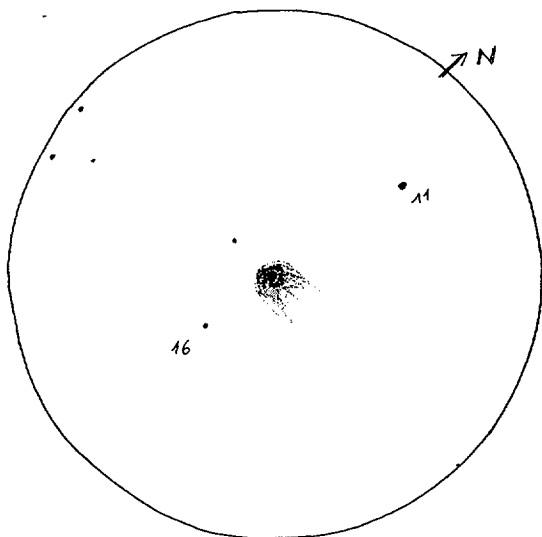


Fig 8

Comète HYAKUTAKÉ
 19 Mars 1996 5^h05' UT
 Aspect visuel Jumelles 11x80 ch = 4,46
 Visual Aspect of Comet HYAKUTAKE
 11x80 Binoculars field 4,46°

Le 23 mars, elle devenait évidente à l'oeil nu comme une goutte d'eau, voir la figure 9. La figure 10 montre l'aspect à la jumelle 11 x 80 dans les mêmes conditions et dire qu'en campagne, la queue mesurait plus de 30° ! La figure 11 montre une photographie de la comète à cette même date le matin et la figure 12, le soir. Le mouvement rapide de la comète est évident.

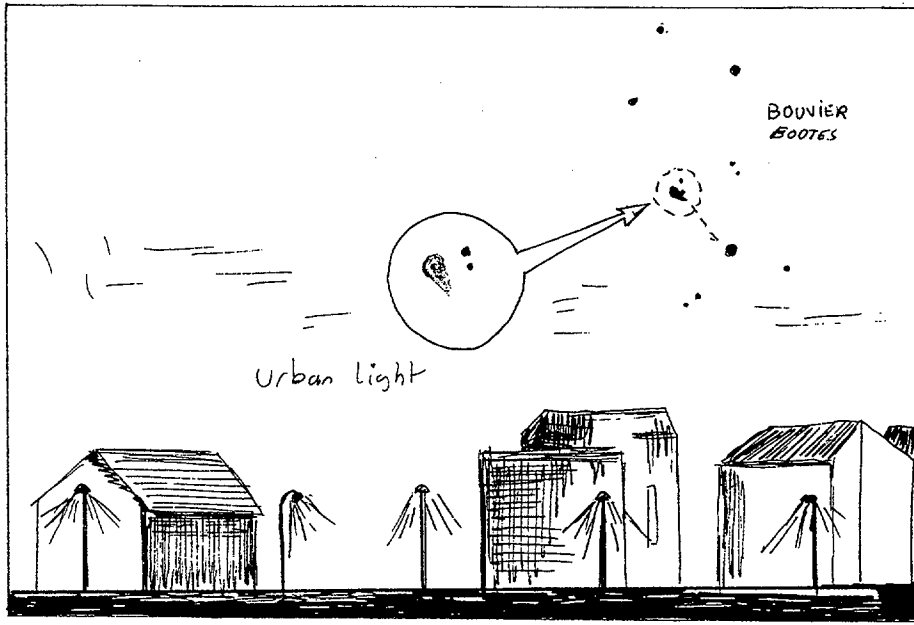


Fig 9

Comète HYAKUTAKÉ 23 Mars 1996 4^h55'UT
Aspect à L'oeil nu
Visual aspect at the naked eyes

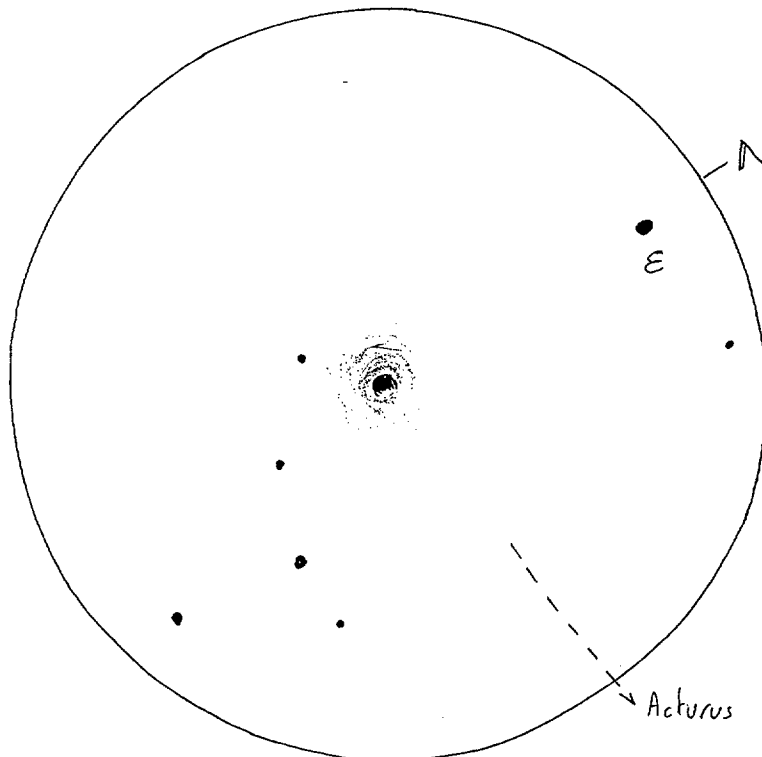


Fig 10

Comète HYAKUTAKÉ 23 Mars 1996 5^h05'UT
Aspect visuel Jumelles 11x80 champ 4°,46
Visual aspect in a binoculars 11x80 field 4,46°

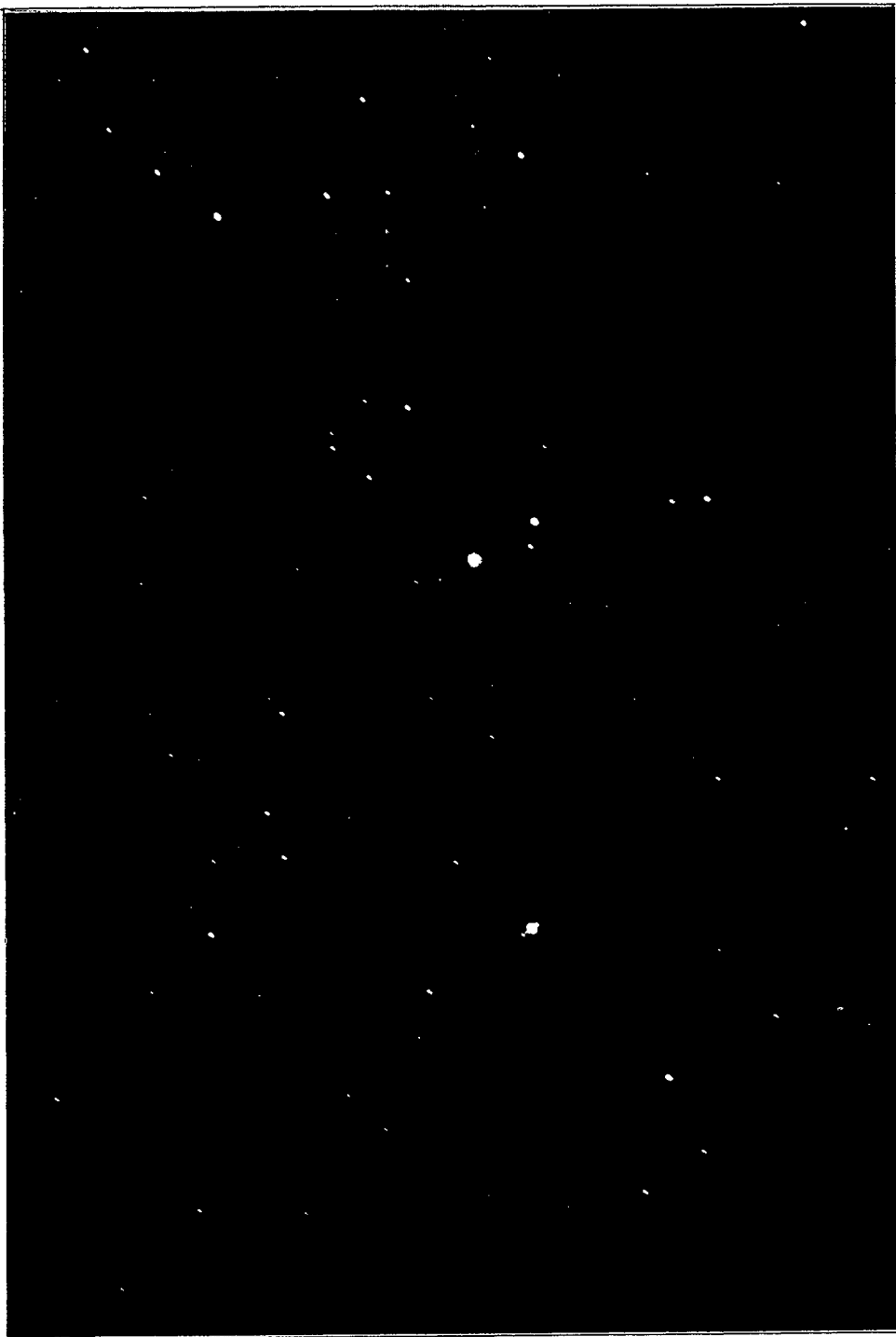


Fig 11

Comète HYAKUTAKE 23 Mars 1996 5^h01 UT
Nikon 50mm F3,5 Ektachrome 400 Pose fixe 20 secondes
The Comet HYAKUTAKE 03/23/1996 at 5^h01 UT
Nikon 50mm F3,5 Ektachrome 400 20 sec Exposure on Tripod.

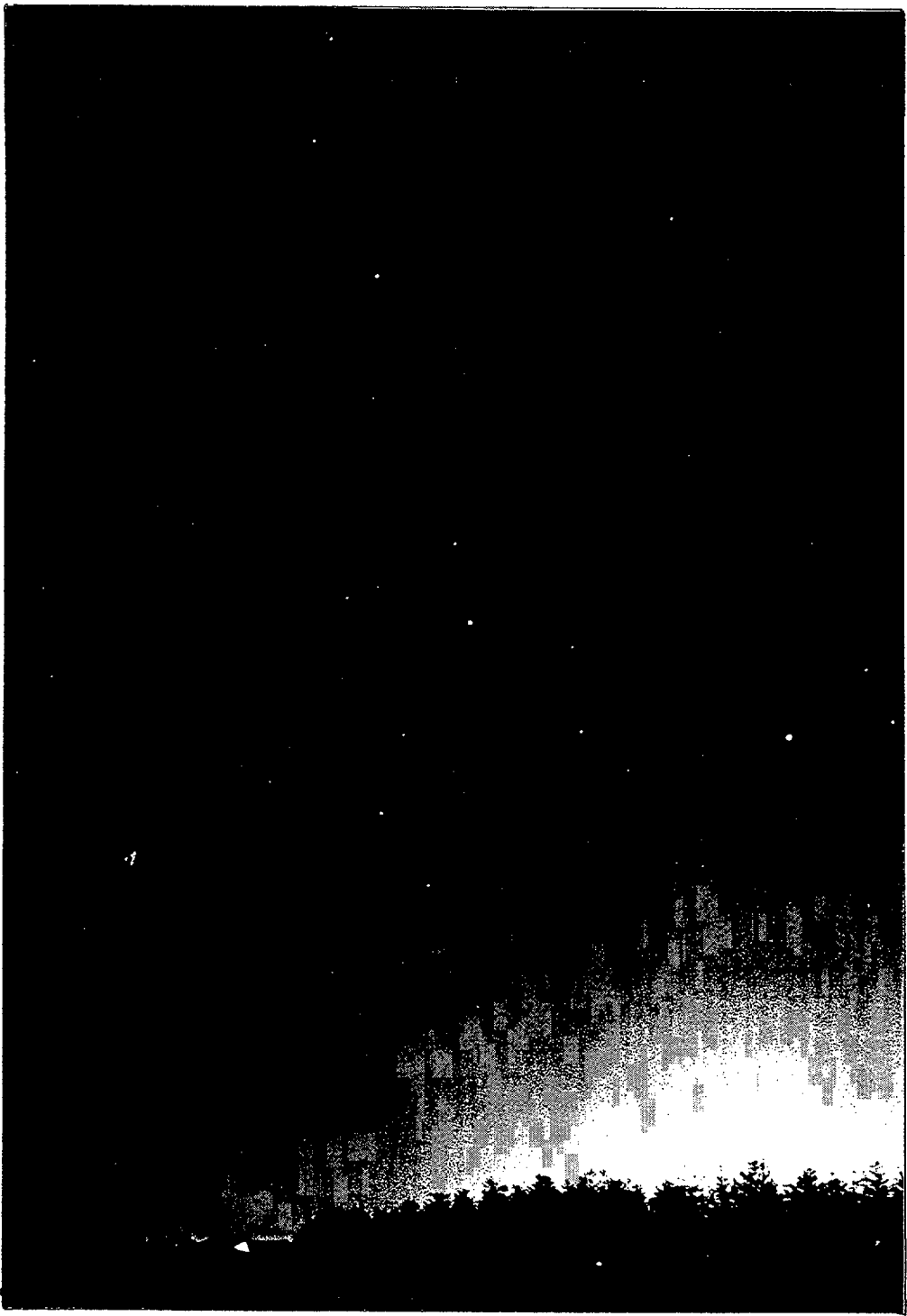


Fig 12

Comète HYAKUTAKÉ 23 Mars 1996 21^h33' UT
Nikon 28mm F2,8 Kodak EKTAR 1000 Pose 30 secondes fixe
La lumière à L'horizon est celle d'un super marché....
Comet HYAKUTAKE 03/23/1996 at 21^h33 UT
Nikon 28mm f,2,8 Kodak EKTAR 1000 30sec Exposure on Tripod
At The Horizon The "light Show" of one super market (Commercial Area)

Le 27 mars, fut l'occasion de voir la comète dans 2 conditions de pollution lumineuse différentes : l'une à l'occasion d'une observation publique dans un lycée très éclairé, l'autre dans le lieu habituel, moins éclairé quand même. La figure 13 et la figure 14 la montre dans un aspect et une luminosité différente avec un mouvement apparent important... La figure 15 et la figure 16 nous montrent l'aspect photographique de la comète.

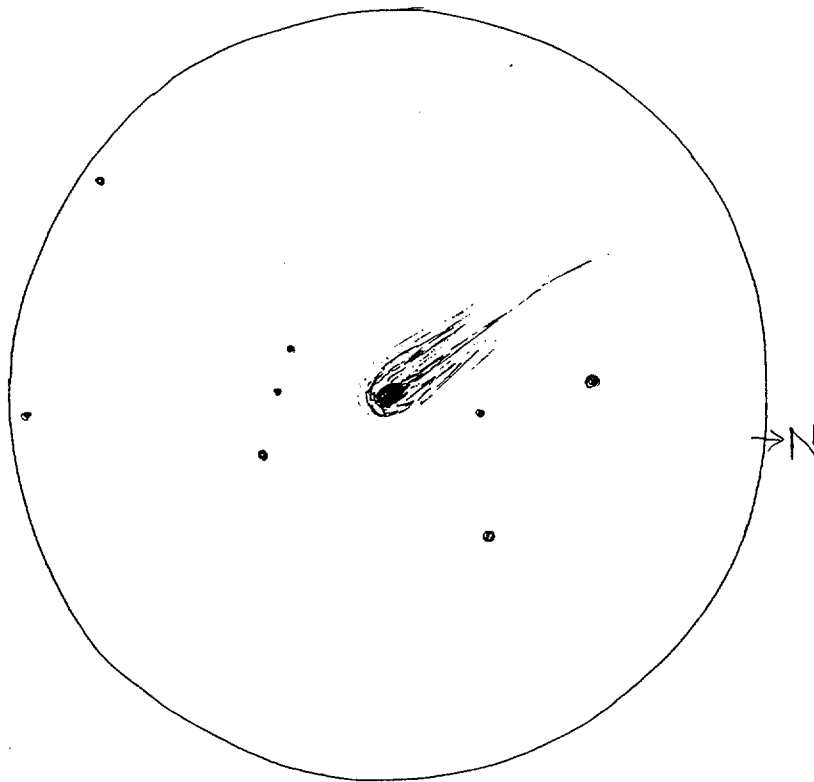


Fig 13

Comète HYAKUTAKÉ 27 Mars 1996 21^h35' UT
 Aspect Visuel Jumelle 11x80 champ 4° 46'
 Dans un lycée, Pollution lumineuse forte
 Comet HYAKUTAKÉ 03/27/1996 at 21^h35' UT Visual aspect
 with Binoculars 11x80 field 4°, 46' in High Light Pollution...

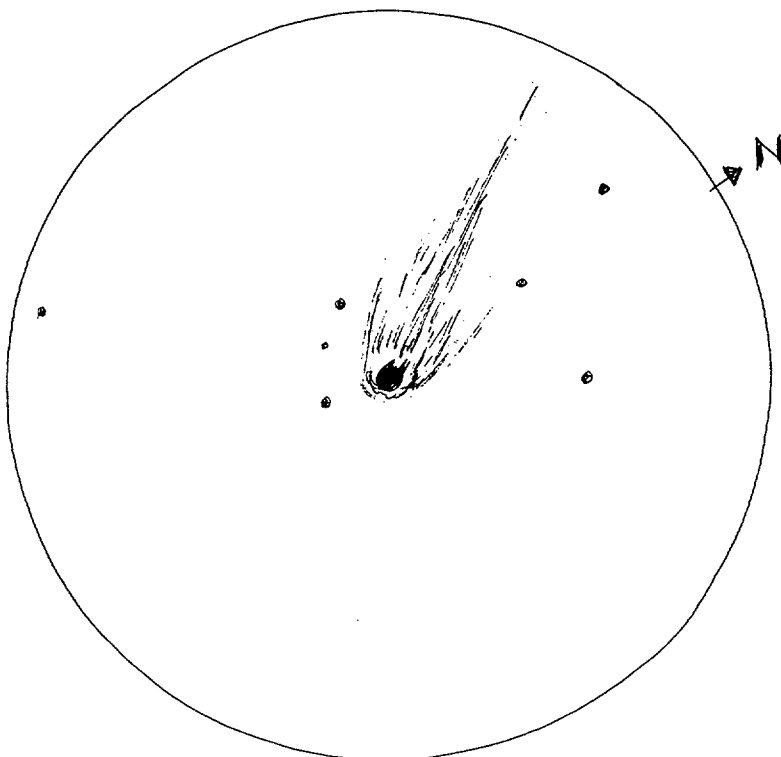


Fig 14

Comète HYAKUTAKÉ 27 Mars 1996 22^h15' UT
 Aspect Visuel Jumelle 11x80 champ 4° 46'
 Noter le mouvement propre de la comète...
 Comet HYAKUTAKÉ 03/27/1996 22^h15' UT, Visual aspect
 with Binoculars 11x80 Field 4°, 46', Note The motion of The Comet...

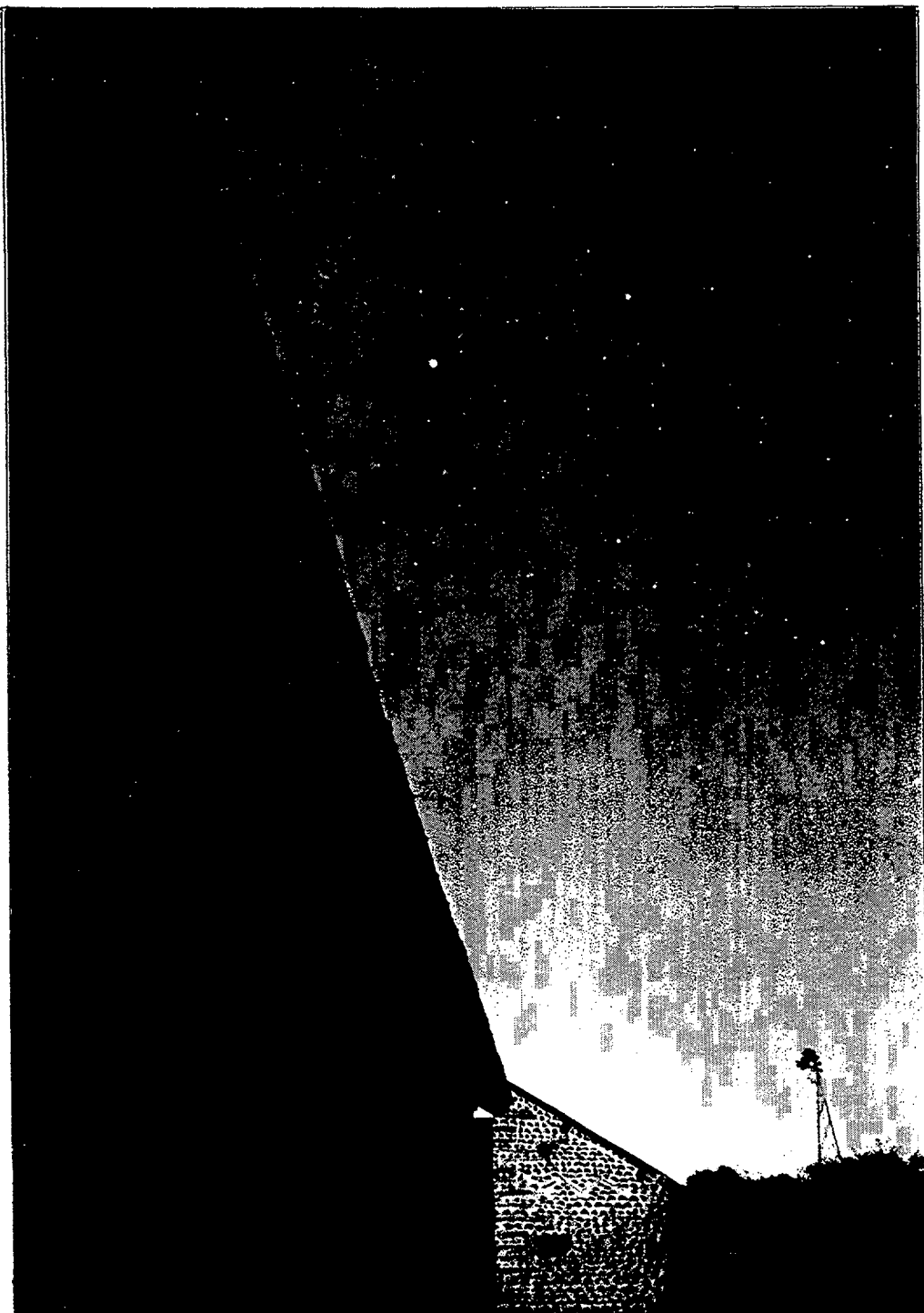


Fig 15

Comète HYAKUTAKÉ 27 Mars 1996 22^h38' UT
Nikon 28mm F2,8 Kodak EKTAR 1000 Pose 30 Secondes
Comet HYAKUTAKÉ 03/27/1996 at 22^h38' UT
Nikon 28mm F2,8 & Kodak EKTAR 1000 30 sec Exposure



Fig 16

Comète HYAKUTAKÉ 27 Mars 1996 22^h23' UT
Nikon 50mm F3,5 Ektachrome 400 Pose fixe 45 secondes
Comet HYAKUTAKE 03/27/1996 à 22^h23' UT With Nikon 50mm F3,5
Ektachrome 400 40 secondes Exposure on tripod...

J'ai de nouveau observé la comète les 30 et 31 mars. Mais, la lune et l'éclairage urbain faisaient que la queue devenait pâle. La comète était difficilement visible à l'oeil nu. La figure 17 et la figure 18 montrent l'évolution de la comète dans la pollution lumineuse : le soir devant l'éclairage jaunâtre et, le matin devant l'éclairage de la zone commerciale plus faible, mais plus blanc.



Fig 17

Comète HYAKUTAKÉ 30 Mars 1996 21^h 55' UT Nikon 28 mm f2,8 Ektachrome 400 Pose 45 secondes
Comet HYAKUTAKÉ 03/30/1996 at 21^h 55' UT Nikon 28 mm F2,8 with Ektachrome 400 45 secondes Exposure

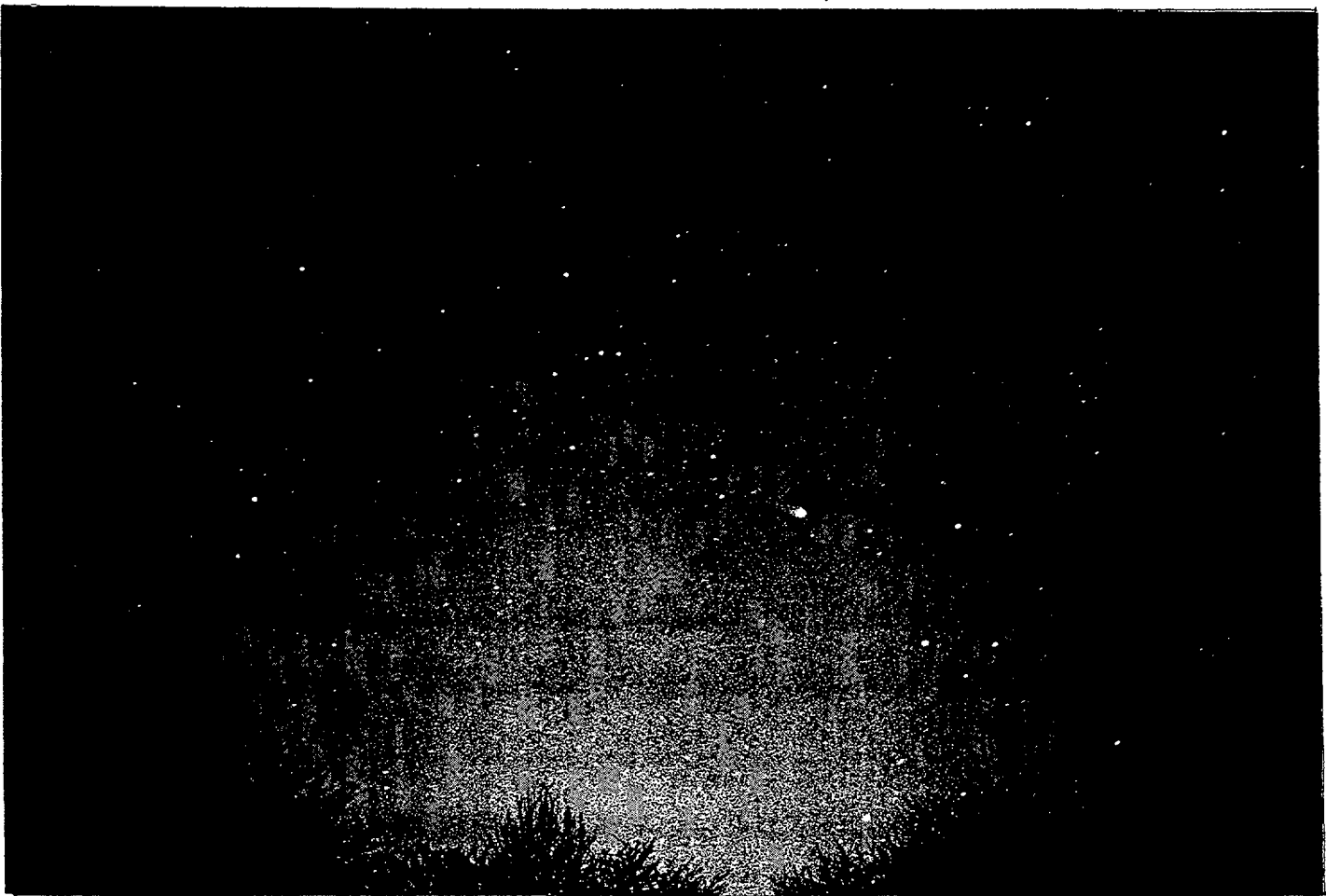


Fig 18

Comète HYAKUTAKÉ 31 Mars 1996 4^h 34' UT Nikon 50 mm f3,5 Ektachrome 400 Pose 35 secondes
Comet HYAKUTAKE 03/31/1996 at 4^h 34' UT with Nikon 50 mm F3,5 Ektachrome 400 35 secondes Exposure -133

un beau moment fut l'observation de la comète du soir de l'éclipse.
 4 avril 1996 avec une pollution naturelle : celle de la lune ou non, pendant l'éclipse.
 Ceci a été fait dans un environnement campagnard à 10 kilomètres environ de Saint Brieuc
 à vol d'oiseau. La figure 19 montre la comète avant l'éclipse en visuel. La figure 20 la
 montre photographiquement. Elle était visible à l'oeil nu.

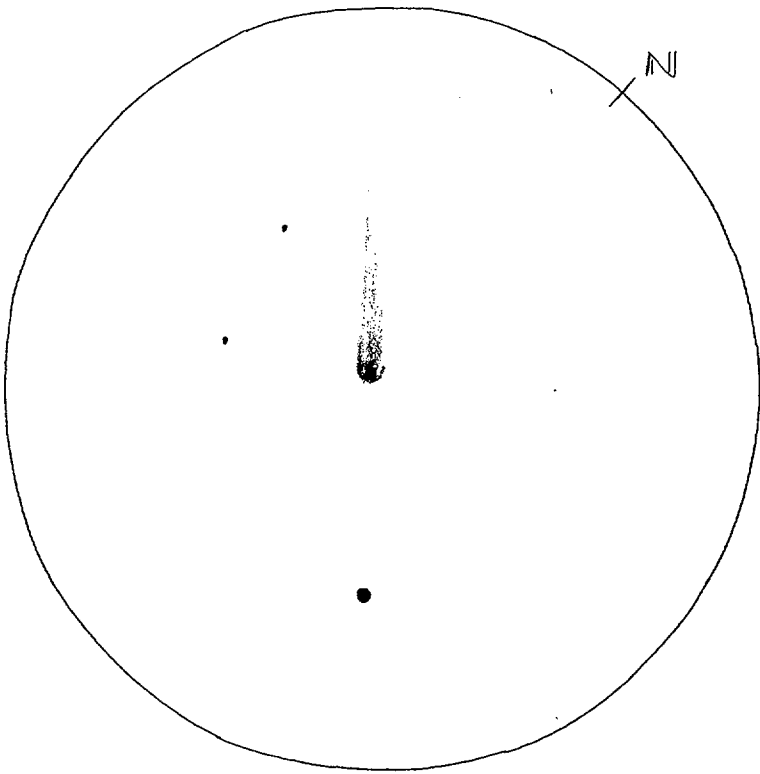


Fig 19

Comète HYAKUTAKÉ 3 Avril 1996
 22^h20 UT Aspect Visuel avant une
 Eclipse de Lune Jumelle 11x80
 Comet HYAKUTAKÉ 04/03/1996 22^h20' UT
 Visual Aspect Binoculars 11x80 field 4°46'
 Before Lunar Total Eclipse.

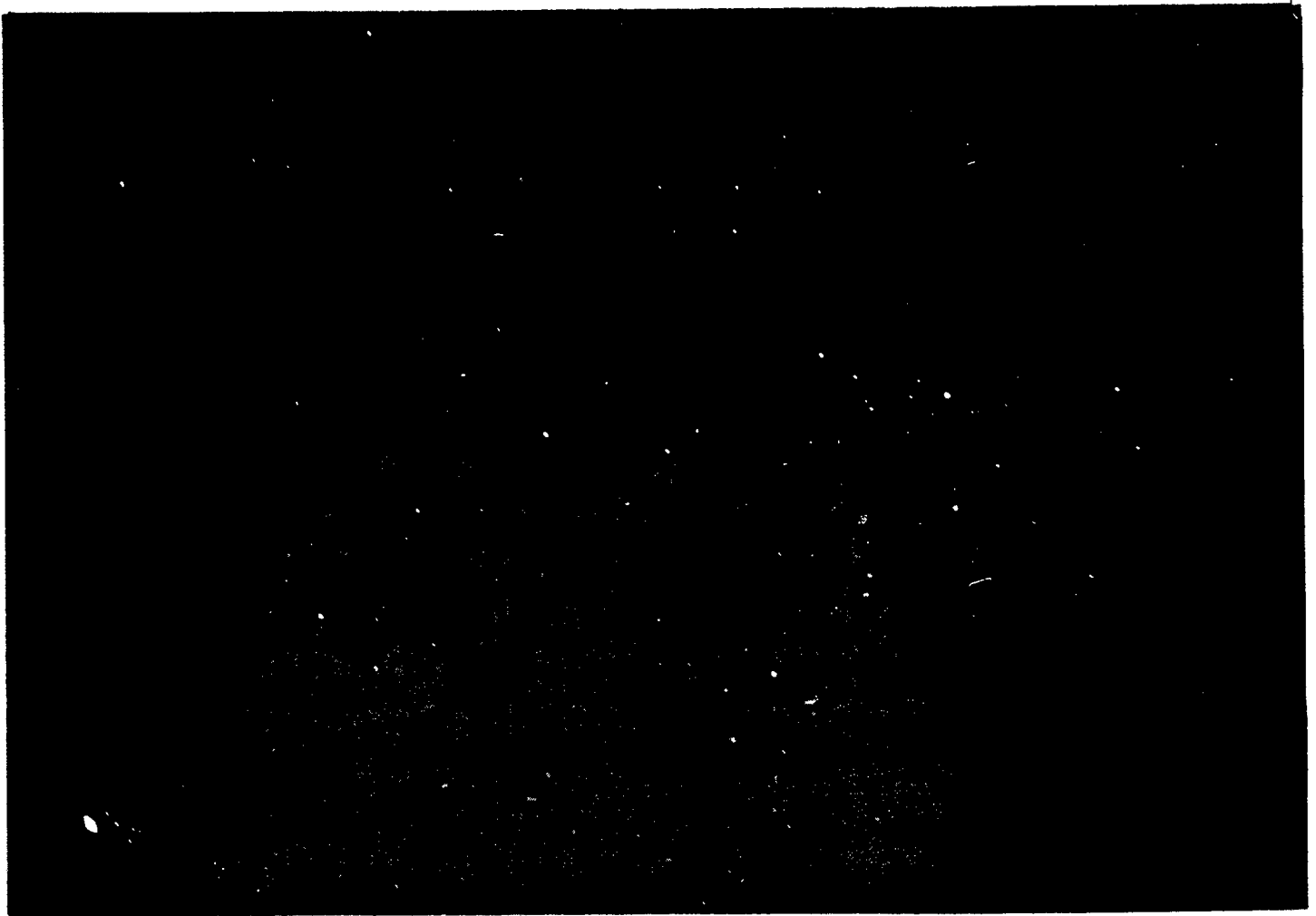


Fig 20

Comète HYAKUTAKÉ 3 Avril 1996 21^h13' UT Avant l'éclipse
 Minolta 50mm F1,7 Kodak EKTAR 1000 Pose 30 Secondes A gauche Vénus et les pleïades
 Comet HYAKUTAKÉ 04/03/1996 at 21^h13' UT Before Total Lunar Eclipse Minolta 50mm F1,7 EKTAR 1000
 exposure 30 Secondes on Tripod - See The Pleiades and Venus at left ... - 134

Le 4 avril au soir fut décevant, car l'éclairage d'un stade à proximité de la "Ville Oger" plus la lune occultèrent pratiquement la comète. La figure 21 montre l'état du ciel et la comète à peine visible. L'aspect visuel était lui aussi décevant. La figure 22 le montre indubitablement.

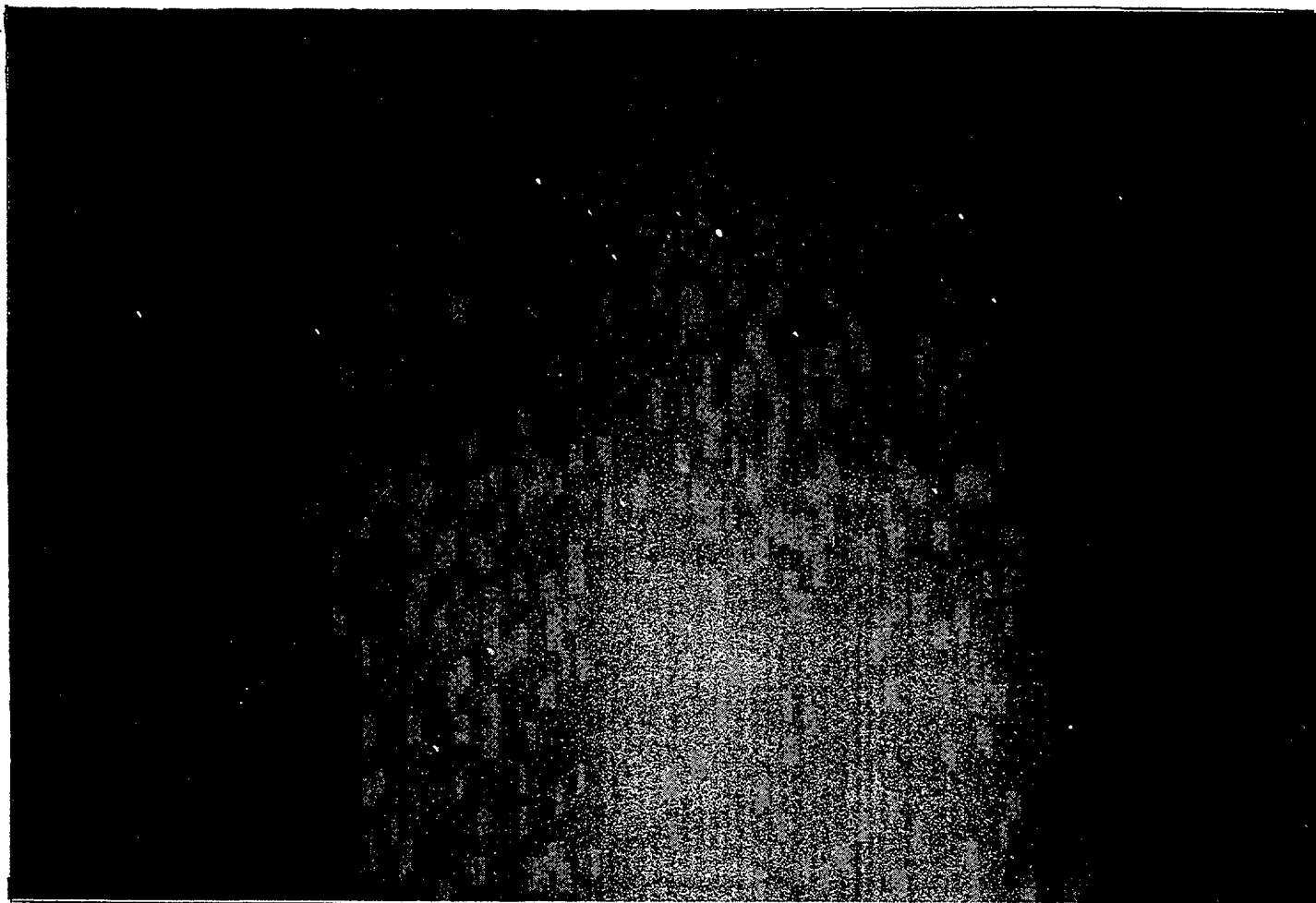


Fig 21

Comète HYAKUTAKÉ 4 AVRIL 1996 21^h03' Nikon + obj 70mm F4 Ektachrome 400 Pose 30 Secondes
 Comet HYAKUTAKE 04/04/1996 à 21^h03 UT Nikon with 70mm F4 & Ektachrome 400 30 Seconds Exposure
 See The diffuse light of a stadium near the site of observation...

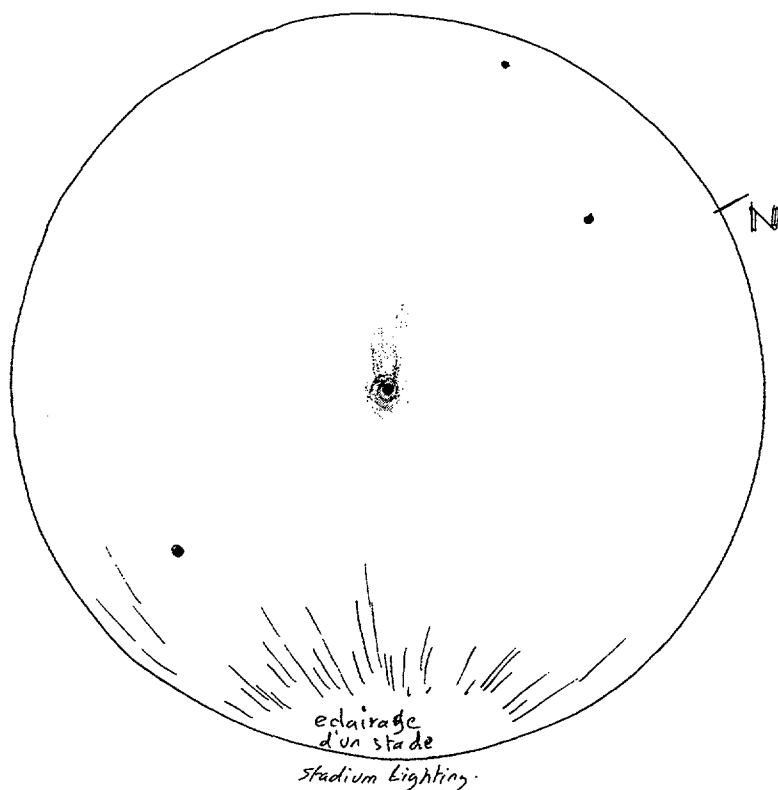


Fig 22

Comète HYAKUTAKE 4 Avril 1996 20^h3
 Aspect visuel Jumelles 11x80 champ 4,46
 Comet HYAKUTAKÉ 04/04/1996 20^h35 UT
 Visual aspect Binoculars 11x80 Field 4,46

le ciel fut lavé par un front froid pluvieux et, la comète eut un sursaut d'éclat bien visible, même au ras de la pollution lumineuse de Saint Brieuc au Sud-Ouest. La figure 23 montre l'aspect visuel et ce fut pour moi de faire des photos esthétiques : une comète dans la pollution lumineuse.

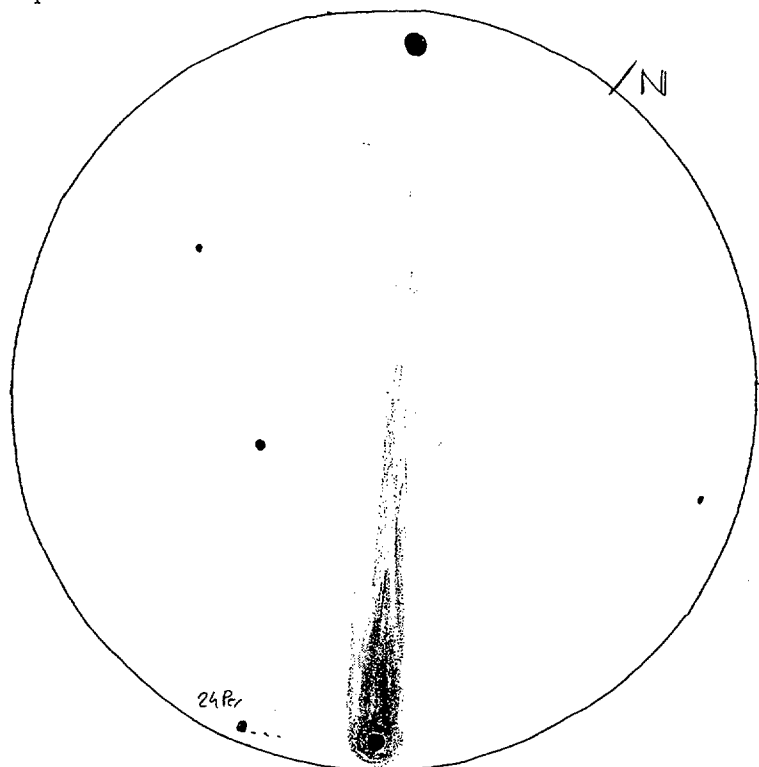


Fig 23

Comète HYAKUTAKE 17 Avril 1996 20^h50' UT
 Aspect Visuel Jumelles 11x80 champ 4°46'
 Comète HYAKUTAKE 04/17/1996 20^h50' UT
 Visual aspect on Binoculars 11x80 field 4°46'

On peut y voir sur la figure 24 l'endroit où j'observais : un "trou noir" en bas à droite et l'environnement lumineux alentour. La figure 25 montre bien l'aspect visuel à l'oeil nu, car elle était bien visible.



Fig 24

Comète HYAKUTAKÉ 17 Avril 1996 20^h40' UT Nikon 28mm F2,8 Ektachrome 400 Posc 30 Secondes
 Comète HYAKUTAKÉ 04/17/1996 20^h40' UT Nikon 28mm F2,8 Ektachrome 30 Secondes Exposure
 See Thi "Black Hole" under Thi Sky = This is my observation site ?....

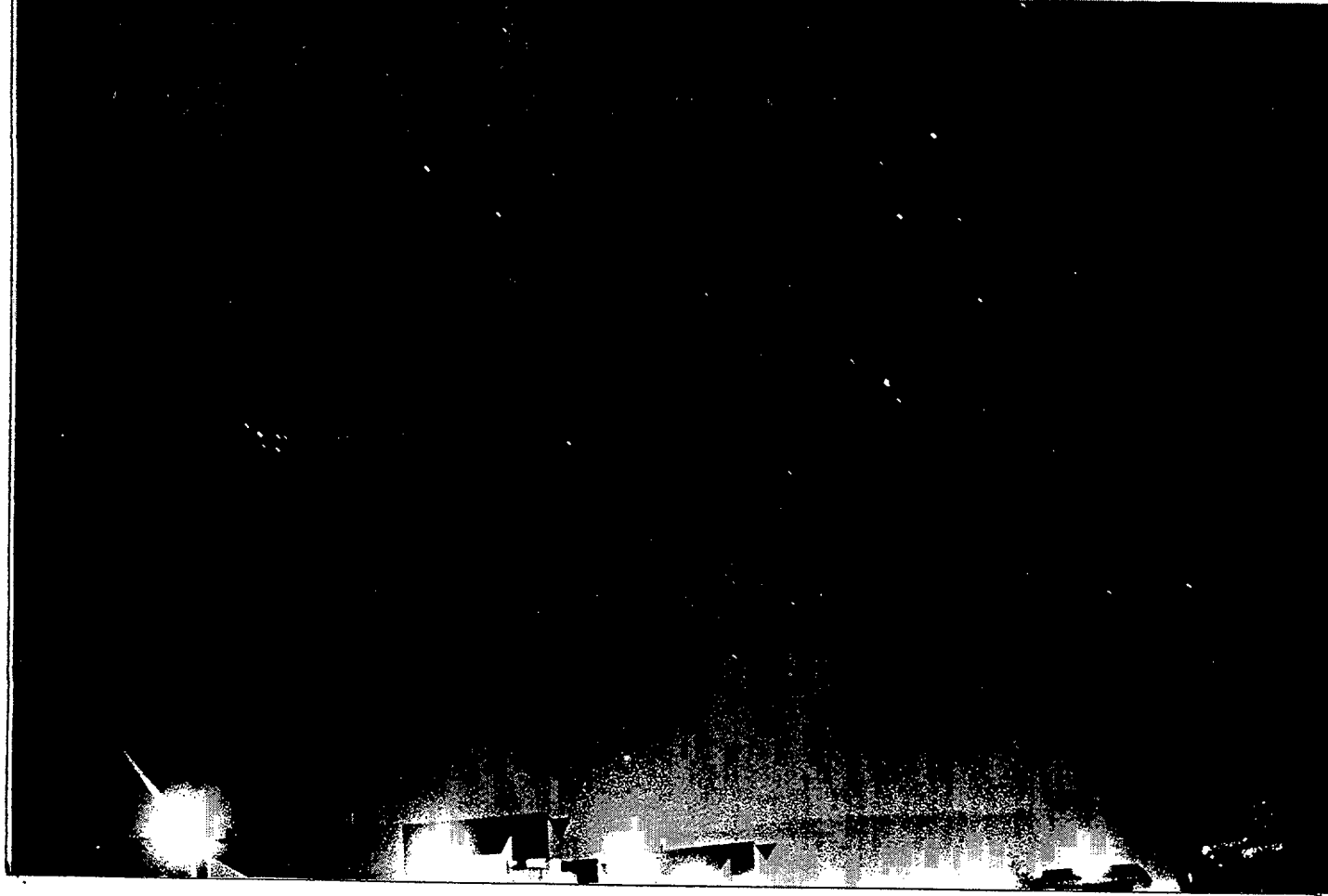


Fig 25

Comète HYAKUTAKE 17 Avril 1996 20^h34'UT Nikon 50mm F3,5 Ektachrome 400 Pose 30 Secondes
 Comet HYAKUTAKE 04/17/1996 at 20^h34'UT Nikon 50mm F3,5 with Ektachrome 400 30 Secondes Exposure -

Hélas au fur et à mesure du rapprochement de la comète avec l'horizon, elle devint de moins en moins brillante. Le 21 avril fut pour moi la dernière fois de l'observer dans la pollution lumineuse. La figure 26 la montre visuellement. La figure 27 et 28 en montre l'aspect photographique.

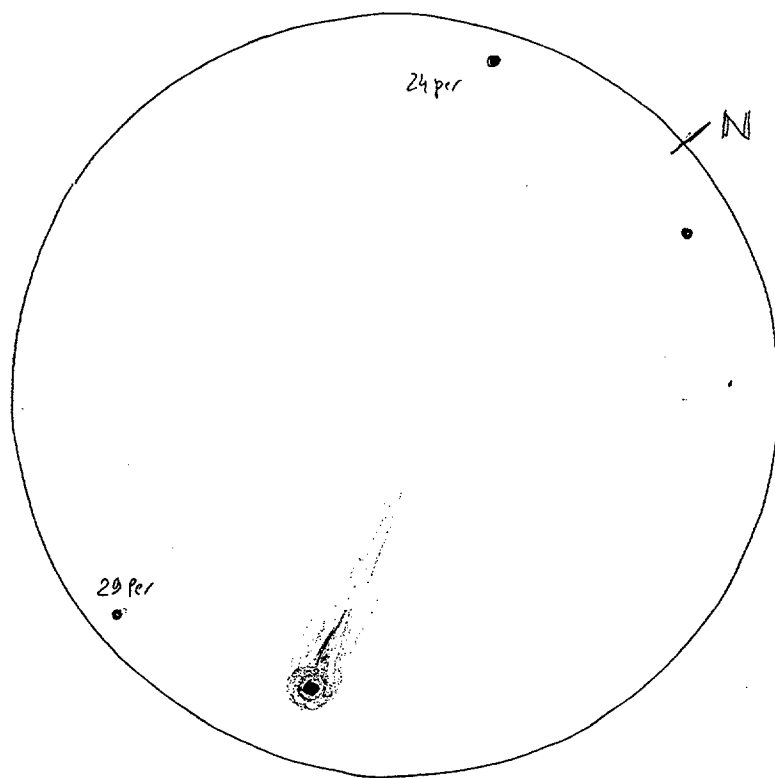


Fig 26

Comète HYAKUTAKE 21 Avril 1996 20^h30'UT
 Aspect Visuel 7x35mm 11x80 champ 4°46'
 Comet HYAKUTAKE 04/21/1996 at 20^h30'UT
 Visual aspect Binoculars 11x80 field 4°46'
 Bye Bye HYAKUTAKE Hello HALE-BOPP!...

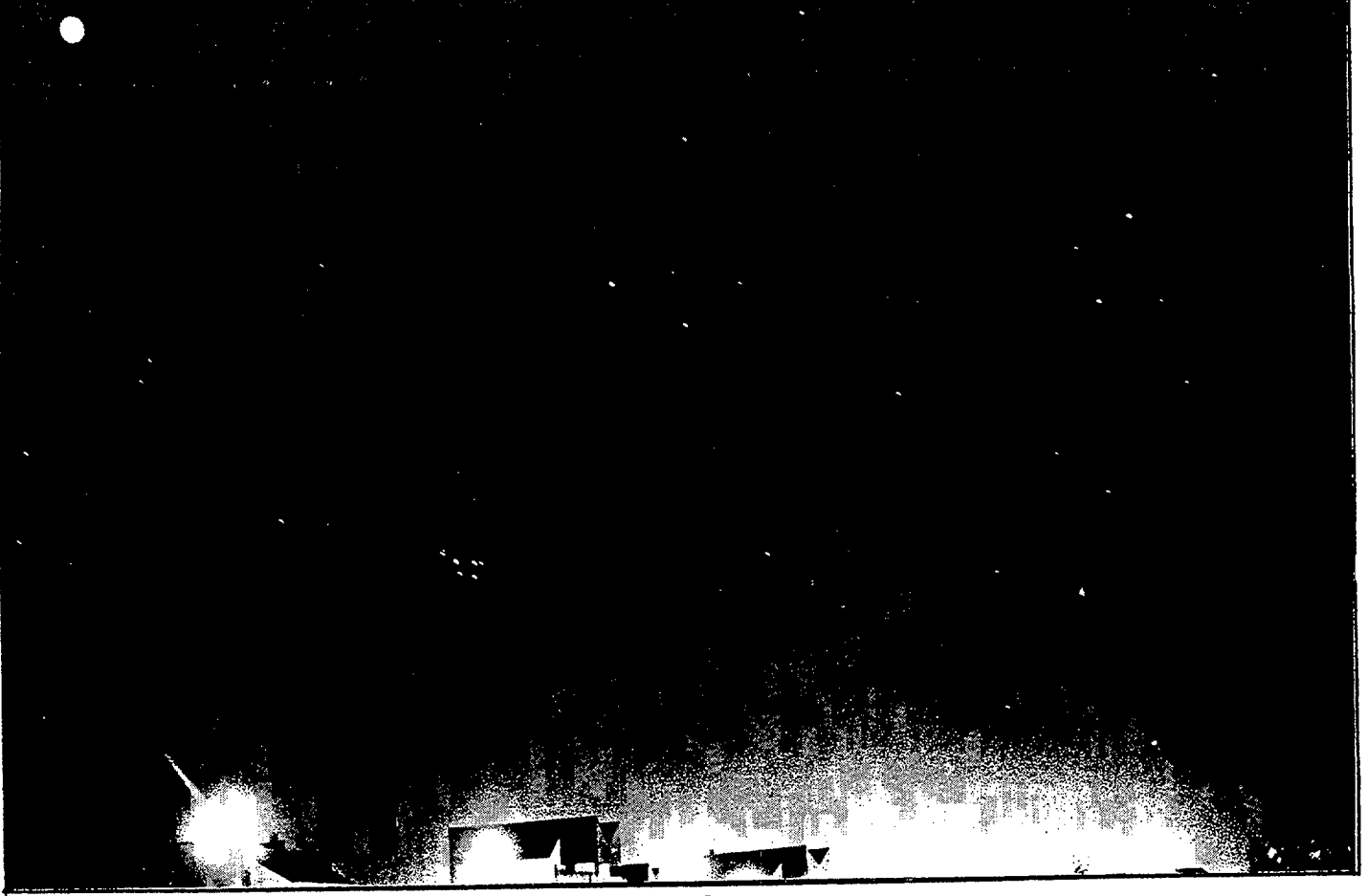


Fig 27

Comète HYAKUTAKÉ 21 Avril 1996 20^h31'UT Nikon 50mm F3,5 Ektachrome 400 Pose 30 Secondes
 Comet HYAKUTAKÉ 04/21/1996 at 20^h31'UT Nikon 50mm F3,5 Ektachrome 400 30 Secondes Exposure



Fig 28

Comète HYAKUTAKÉ 21 Avril 1996 20^h37'UT Nikon 28mm F2,8 Ektachrome 400 Pose 30 Secondes
 Comet HYAKUTAKÉ 04/21/1996 at 20^h37'UT Nikon 28mm F2,8 with Ektachrome 400 30 Secondes Exposure - 138

mais, à la campagne car trop proche de l'horizon, le spectacle était fini. J'en garderai un bon souvenir en attendant la venue d'HALE BOPP...

L'OPERATION "ATLAS 96" ET LA COMETE HALE BOPP.

Si j'ai fait le choix d'observer la comète HYATUKATE dans la pollution lumineuse, c'est pour une cause que j'ai explicité précédemment. De plus, le comité s'est lancé dans une mesure photométrique du fond du ciel en France. Cela s'est déjà fait au Japon pendant chaque hiver depuis 1987. En 1990, il y eut 9 000 participants. Ensuite, aux USA et au Canada, sous l'égide de l'International Dark Sky Association en 1991 (I.D.A.). Elle consistait en décrivant les pléiades sous le nom de programme "Star Watch" (1). Cette opération fut reprise en Grande Bretagne en 1995, par la British Astronomical Society (2). Le Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne a conçu l'opération "ATLAS 1996" après le congrès de RODEZ sur la protection de l'Environnement Nocturne (3). Elle devint réalité par l'édition d'une fiche d'observation encarté dans le numéro de Septembre de la revue "L'Astronomie" de la S.A.F. et un article dans Pulsar (4).

Cette fiche d'observation consiste dans une observation visuelle de la Petite Ourse et d'Orion à l'oeil nu, des pléiades aux jumelles et bien sûr suite à l'annonce d'une comète du siècle (5) et après un article dans "Sky & Telescope" (6). Une estimation visuelle de la luminosité de la queue, car un objet diffus est un très bon indicateur de la luminosité du ciel.

Cette fiche est maintenant dans les mains des amateurs et leur exploitation sera faite par un logiciel adapté appelé "THOT". Nous aurons en juillet prochain un état des lieux photométriques du ciel en France. Bien entendu, le résultat sera diffusé et l'opération sera refaite d'année en année pour apprécier l'évolution de la pollution lumineuse et voir d'éventuelles aggravations ou, espérons-le des améliorations !... Mais, aura-t'on chaque année une belle comète ? La aussi, on peut rêver !...



C O N C L U S I O N

Je pouvais voir, il y a 23 ans la voie lactée en plein Saint Briec. Pendant mon passage à Paris pour le travail, j'ai pu apercevoir la Nébuleuse d'Andromède dans un ciel clair en 1976. Maintenant, ce n'est plus le cas ! A Saint Briec qui n'est pourtant pas une ville lumière comme Paris et, son atmosphère est moins polluée et poussiéreuse. Le ciel est quand même réel, mais je pense que rien n'est perdu. Ce que je viens de vous relater est fait pour sensibiliser les astronomes amateurs mais aussi le grand public et, à travers lui leurs élus et les décideurs sociaux économiques.

La protection du Ciel Nocturne est une oeuvre de longue haleine, et il faut connaître certains faits historiques et techniques (7). Grâce à cela et à des phénomènes médiatiques comme des comètes, des éclipses ou des émissions télévisées comme "La nuit des étoiles", nous pourrions diminuer cette atteinte qui cache à tous les hommes, un de leur bien commun. Je crois aussi que tous les amoureux du ciel doivent s'engager comme le comité dans cette protection à travers leurs observations, leurs animations, aussi pourquoi pas dans une implication dans la vie politique et associative. Chacun a le droit de rêver sous le ciel et bien entendu de l'observer à loisir !!...

Bibliographie :

- (1) Sky & Telescope, November 1991 p 547-548/ Sky & Telescope November 1992 p 564-568.
- (2) Astronomy Now, November 1995.
- (3) Pulsar, Novembre-Décembre 1995 N° 711 p 190/ L'Astronomie, Décembre 1995 p 346, voir aussi dans les actes du 1er congrès National sur la Protection du Ciel Nocturne 7-8/10/1995 p 143- 159. Editeur : Centre de Protection du Ciel Nocturne Rodez.
- (4) Pulsar, Novembre-Décembre 1996 N° 717 p 12.
- (5) Ciel & Espace, Octobre 1995 p 16-19/ Ciel & Espace Février 1996 p 38-47, Sky & Telescope, November 1995 p 20-22/ Astronomy, February 1996 p 68-73, L'Astronomie, Volume 110 mars 1996 p 76-82/ La Recherche, Novembre 1995 N° 285 p 27.
- (6) Sky & Telescope, (light pollution Notes) September 1996 p 67 / March 1997 p 77.
- (7) L'Astronomie, Décembre 1996 p 353-354 : voir un excellent article sur l'histoire de l'éclairage).

NOUS AVONS PERDU LE NORD

Gilles Servat

ans la ville où les lumières brillent
Grande Ourse a perdu sa fille
nous avons perdu le nord
ec la nuit

us le voile tissé d'étincelles
us ces lumières brillant trop fort
us avons perdu le nord
la Blanche Voie composée d'étoiles
i menait à Compostelle

rdue la Faucille du Lion
perdue la belle Antarès
venait se nouer la tresse
Scorpion

fois un pauvre éclat demeure
est Véga qui cherche sa Lyre,
ns ses ailes voici Altaïr
i se meurt

rain

la Pleine Lune elle-même
jourd'hui ne m'éblouit plus
st au ciel une tache blême
n de plus

'échancrure d'un toit s'accroche
bijou terne et solitaire
-ce Vénus ou Jupiter
te broche ?

rain

4. WE HAVE LOST OUR WAY

(Nous avons perdu le nord)

We have lost the north star
While losing the night for the city lights
We have lost our way
Along with the night

Album "A-Raok mont kuit"
"Avant de partir"
© 1994

LE JOUR N'EST PAS LA VÉRITÉ

Le jour n'est pas la vérité
Le solaire azur est un voile
Cachant par lumière éclatée
Espace et chantantes étoiles
La nuit gire la voie lactée
Du ciel noir l'épinière moëlle
La seule qui soit arrêtée
C'est Polaris guidant les voiles
L'étoile du nord axe des nuits
Les autres tournent autour d'elle
Myosotis mouron mille-pertuis
Stellaires statiques ou immortelles
L'Ourse et Cassiopée qui la suit
Toute l'année lui sont fidèles
D'autres paraissent et puis s'enfuient
Chaque saison le ciel constelle

Orion règne, pays trempé
Par draps de neige niveleuse
Le feu Saint-Elme à son épée
Lame plongée en nébuleuse
Rubis à l'épaule accroché
C'est la géante Bételgeuse
Et ce saphir mis à son pied
Rigel en Eridan nageuse
Disparu Février frileux
Racine en branche montante sève
Arcturus qui conduit les boeufs
Par-dessus l'horizon se lève
Inversement, Sirius radieux
Le Grand Chien à la course brève
La plus brillante dans les cieux
Mars mourant son règne s'achève

Passés parfums des seringas
Voyez briller trois étincelles
Deneb, Altaïr et Véga
L'été ce sont les trois plus belles
Le seigle mûrissant déjà
Cygne au long cou déploie ses ailes
Amandes cueillies pour l'orgeat
L'Aigle chasse les hirondelles

Voici quand noirs sont les sureaux
Le champ lumineux des Pléiades
Aldébaran l'œil du Taureau
Qui scintille parmi les Hyades
Tombées les feuilles des rameaux
Mira se meurt sous les aubades
C'est la naissance des Gémaux
Quand on chante les sérénades
Gilles Servat

Album "MAD IN SERENITE"
© 1988

8.0. OPERATION ATLAS

8.1 OPERATION ATLAS 96 *par Laurent CORP*

**8.2 COMPTAGE D'ETOILES EN LOIR ET CHER
*par Christophe MARTIN-BRISSET***

8.1. OPERATION "ATLAS 96"

Laurent Corp

Résultats

En guise d'introduction
Quelques Chiffres
La Comète Hale Bopp

Statistiques

Nombre d'observations par Département
Nombre d'observations par Région

Cartes

La France
Le Loir et Cher

Pour Continuer

Le Comité National Pour La Protection du Ciel Nocturne
2ème Congrès de Rodez
Et Après...

Copyright

Remerciements
Copyright

En guise d'introduction

L'opération "ATLAS 96" avait pour but de compter les étoiles !.

Trois cartes étaient fournies :

- Petite Ourse.
- Orion.
- L'Amas des Pléiades.

Il fallait aussi mesurer la longueur de la queue de la Comète HALE BOPP.

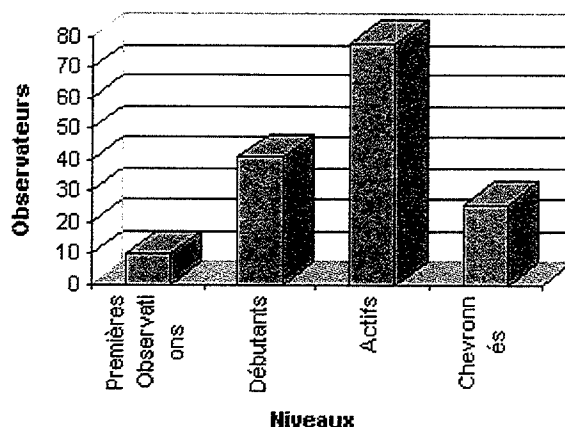
Pour la première fois en France, des mesures à grandes échelles étaient faites.

Des opérations similaires avaient été réalisées auparavant en Angleterre, au Japon et aux USA.

Quelques Chiffres

- 370 Mesures
 - 64 diapos et 23 photos prises pour l'opération.
 - 180 Sites mesurés
 - 155 Observateurs
 - 139 Hommes
 - 16 Femmes
- Réparties en quatre catégories :
- Premières Observations : 10
 - Débutants : 41
 - Actifs : 78
 - Chevronnés : 26

NIVEAUX DES OBSERVATEURS



Les Observatoires ou Associations participantes

Observatoires

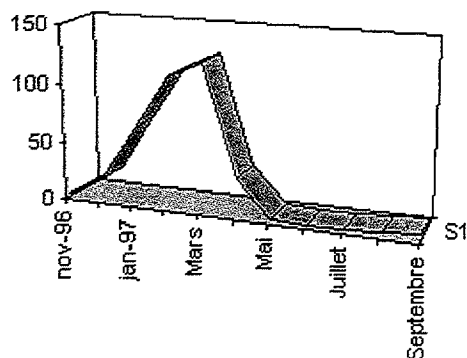
Observatoire des Pises
Observatoire du Château des Cangés
Observatoire de Senau
Observatoire / ST Quentin Fallavier
Observatoire Bauduen
Observatoire Aquarius
Observatoire Etienne Achille Fould - OLEAC DEBAT
Observatoire de Haute Provence
Observatoire du Jardin

Associations

Ciel D'Anjou
Club de la Lyre
Club Astro de Wittelsheim
Ass. du Planétarium du Collège J Valérie
A.A.P - M80
Club Paris Beaudricourt
Association Digoise d'Astronomie
Club Astro La Rochelle
Groupe Astronomique du Vercors
4 A - Aveyron

Nombre d'observations

OBSERVATIONS PAR MOIS



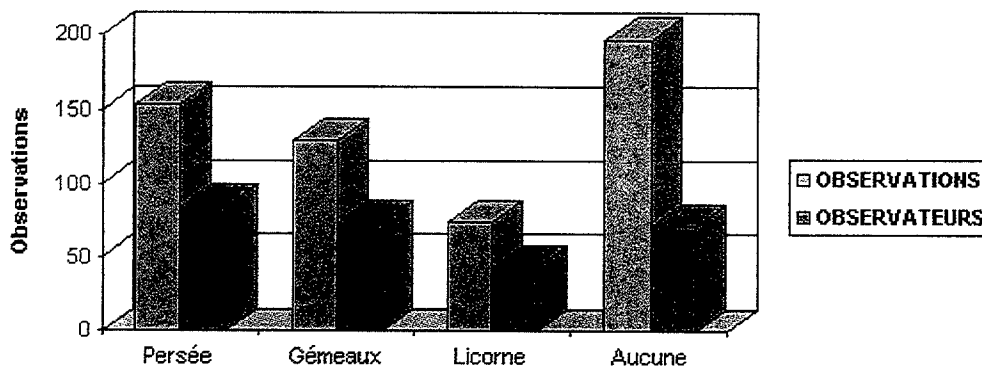
20 Observations en 1996, 350 en 1997

Il faut noter une augmentation importante des observations au mois de mars due à deux raisons essentielles :

- l'exceptionnel ensoleillement.
- la visite de la Comète Hale Bopp.

Constellations par observateurs

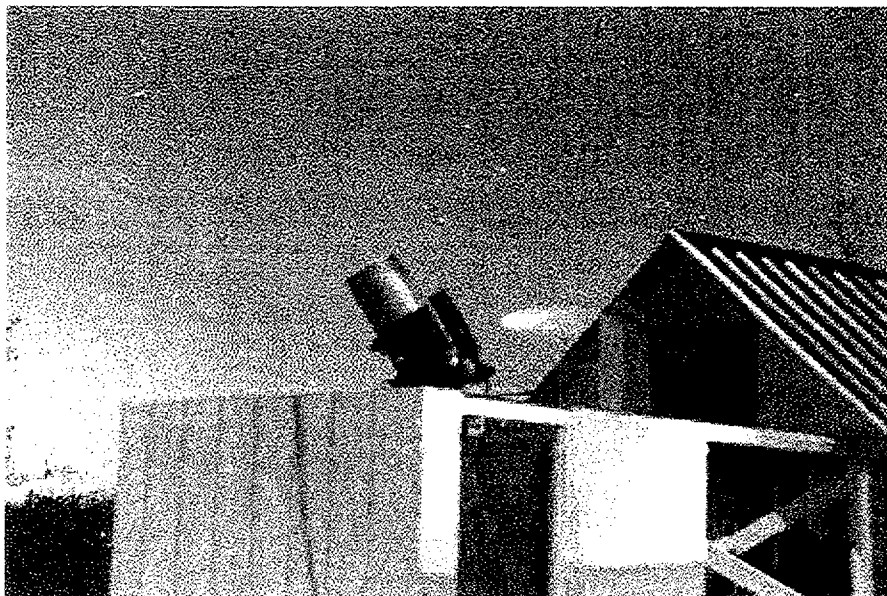
CONSTELLATIONS VISIBLES



Très peu de sites exceptionnels ont été mesurés.

Beaucoup d'observateurs n'ont pu voir ni Persée, ni les Gémeaux, ni la Licorne.

La Comète Hale Bopp



Le 7 Février 1997

CP	Ville	QP	QG	
41230	Mur de Sologne		2	15
68200	Mulhouse	1	5	
68700	Molkenrain	4	5	
82130	Lafrançaise		10	

CP = Code Postal

QP = Longueur en degrés de la queue de Poussière

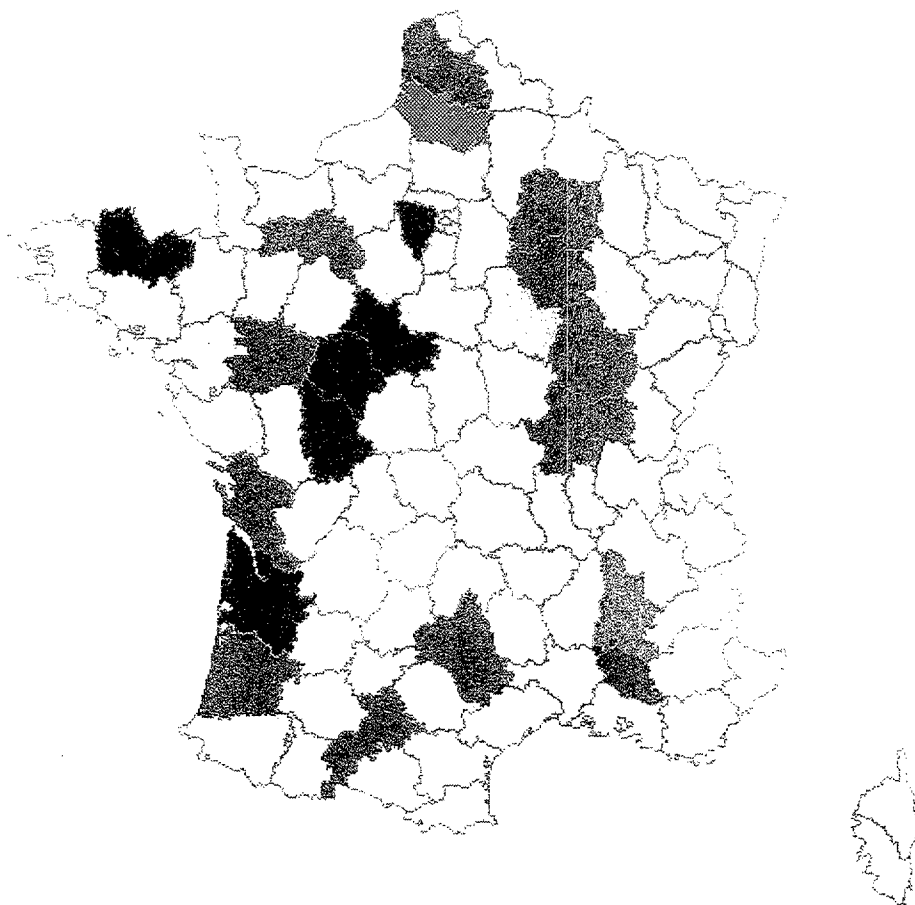
QG = Longueur en degrés de la queue de Gaz (queue ionique)

Les résultats de la longueur des queues de la comète HALE - BOPP sont très différents à la date du 7 février 1997.

Pour tous les observateurs la comète est apparue bien plus belle à la campagne qu'en ville, la "Nuit de la Comète" a permis de sensibiliser le grand public à ce phénomène.

Nombre d'observations par Département

Nombre d'Observations Par Département



Observations Par Département

0 - 5
5 - 10
10 - 15
15 - 20
20 - 25
25 - 30
30 - 35
35 - 40
40 - 50

(c) Corp Laurent - Comité National Pour La Protection Du Ciel Nocturne - 1997

La majorité des départements ont été mesurés entre 1 et 5 fois.

Les mesures les plus intéressantes étaient celles qui ont été répétées plusieurs fois et en différents points.

Une observation répétée 20 ou 30 fois (comme ce fut quelquefois le cas) valide le résultat mais ne fait pas progresser l'établissement des cartes.

Certains observateurs se sont déplacés et ont effectué des mesures très loin de leur lieu d'habitation.

Il est toutefois très dommageable de constater que certains départements n'ont pas été du tout mesurés.

A remarquer, le département du Loir et Cher

Globalement, toutes les régions ont participé.

Il faut remarquer que pour la Bretagne, il y a eu beaucoup d'observations mais peu de sites mesurés par rapport à la région Centre par exemple.

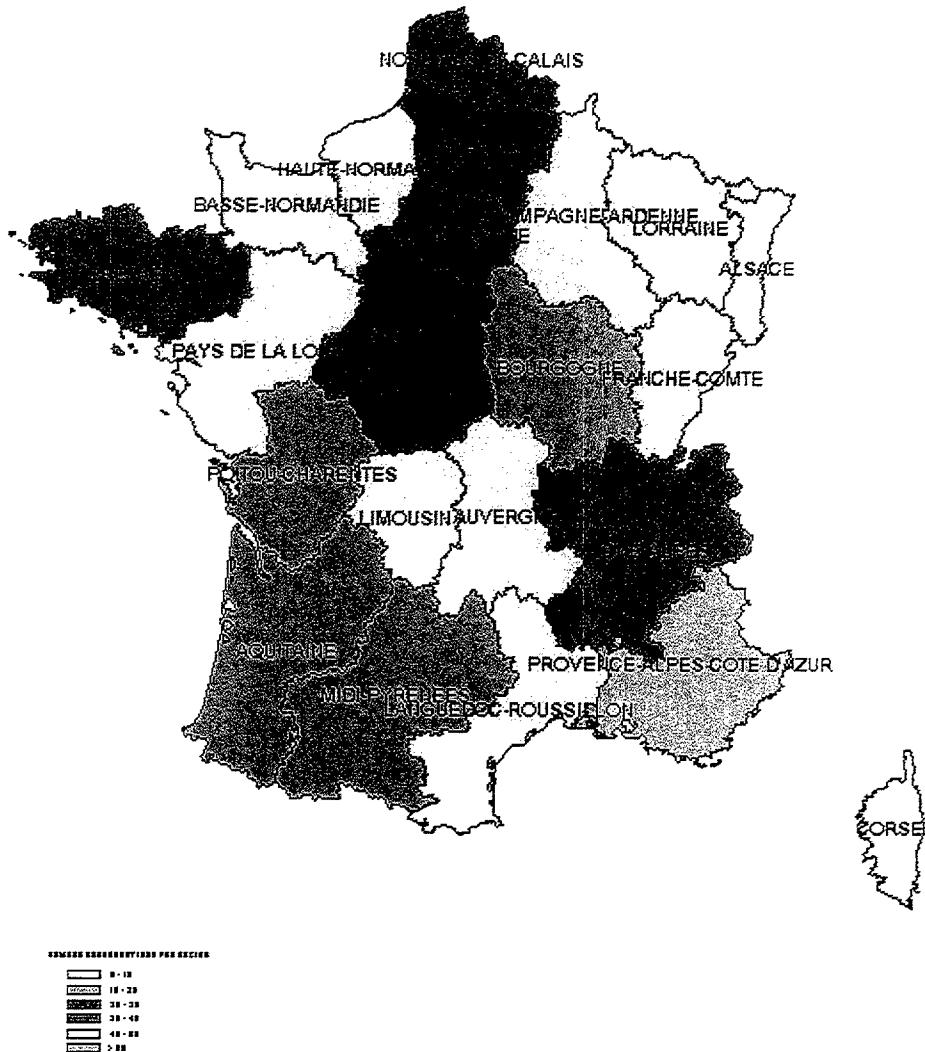
La carte montre qu'il reste très peu de sites exceptionnels.

Il faut faire attention car une ou plusieurs mesures sur un département ne peuvent être généralisées sur tout le département.

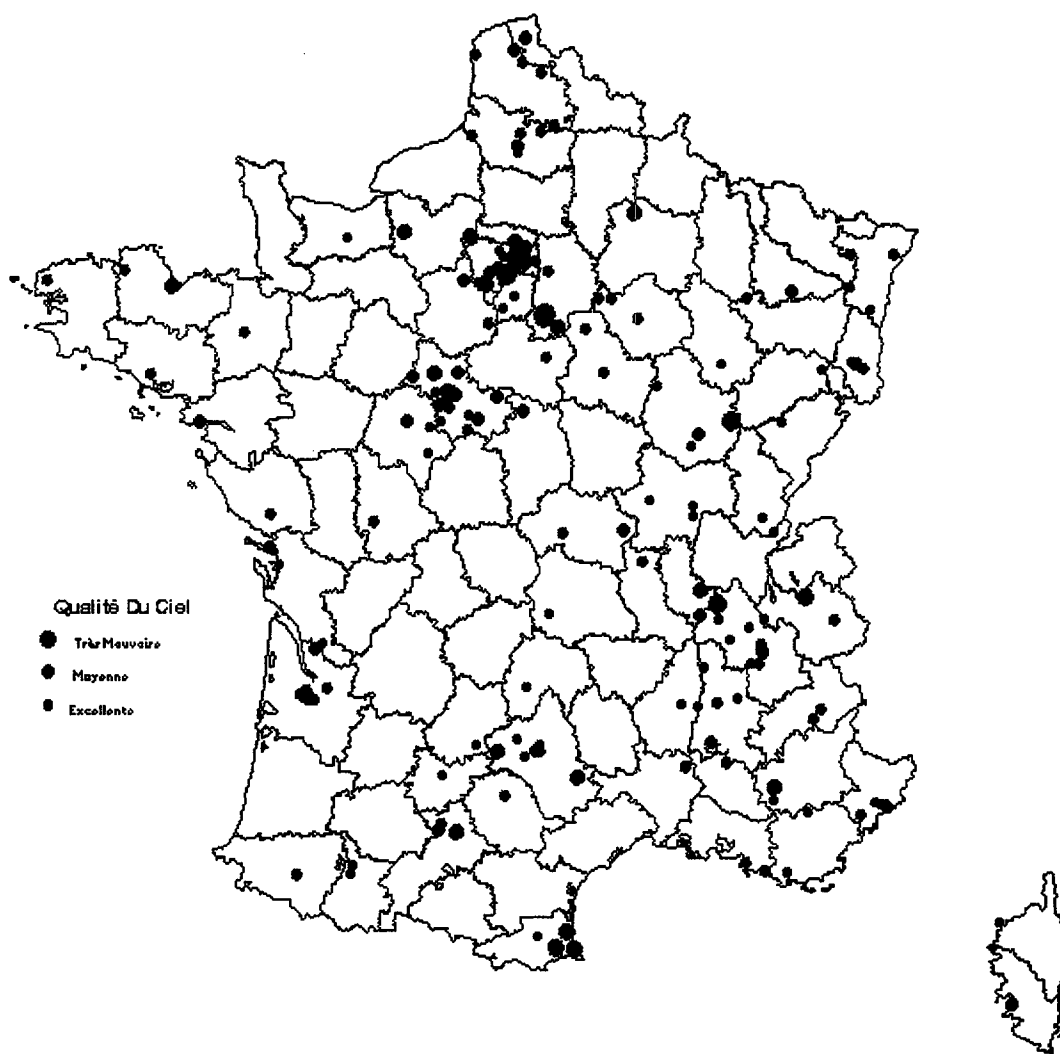
Par exemple, une bonne mesure dans le Lot ne signifie pas que celui-ci est un excellent département propice aux observations.

Nombre d'observations par Région

NOMBRE D'OBSERVATIONS PAR REGION



Sites Mesurés "ATLAS 96"



(c) Laurent Corp - Comité National Pour La Protection du Ciel Nocturne - France
1997

Et Après...

Le sujet de la pollution lumineuse est un sujet difficile; si nous voulons garder un ciel nocturne propice à l'observation, nous devons consacrer une partie de notre temps à le sauvegarder sinon il disparaîtra *de notre regard*.

L'Opération "ATLAS 96" a permis de voir les difficultés rencontrées par les uns et les autres, elle a aussi permis de faire (re)découvrir le ciel à ceux qui l'avaient perdu.

Dans quelques années, il y aura une deuxième opération pour voir l'évolution, j'ai bien peur que la carte soit sans surprise, c'est à dire nous risquons de voir deux zones bien distinctes :

- là où les amateurs auront commencé à négocier et à discuter,
- là où rien ne se sera passé.

Nous avons les bons lampadaires à notre disposition, il suffit d'aller au devant des personnes qui s'occupent de l'éclairage pour que cela change.

J'espère que ces cartes pourront vous servir dans vos démarches.

Bonnes observations et bon ciel noir !

Laurent Corp - Novembre 1997

"ATLAS 96"

Fiche d'observation

Fiche à retourner dûment complétée à
Société Astronomique de France / Opération "ATLAS 96"
3 rue Beethoven 75016 Paris

Date Heure T.U.....

Observateur

Nom et Prénom..... Profession.....
Age.....ans Sexe H F Défaut visuel.....
Adresse.....
..... Région.....

Lieu d'observation

Nom.....
Longitude..... Latitude.....
Nom de la ville la plus proche dans la direction observée.....
Population..... Distance de celle-ci.....(kms)
Lieu d'observation (identification aussi précise que possible en donnant les points remarquables,
intersection de rues, lieu-dit, etc).....
.....
Commentaires sur le lieu (obstacles éventuels aux lumières parasites, types d'éclairages, éclairages
directs ou indirects, distances des points lumineux.....)
.....
.....

Conditions météorologiques

Votre niveau d'expérience

- Première observation
- Amateur débutant
- Amateur actif
- Amateur chevronné
- Vision de côté

Enregistrement de l'observation

1/Je peux voir la Voie Lactée dans les constellations suivantes:

- Persée
- Gémeaux
- Licorne
- Aucune de ces constellations

2/ Type de jumelles utilisées

Grossissement..... Diamètre..... Marque.....

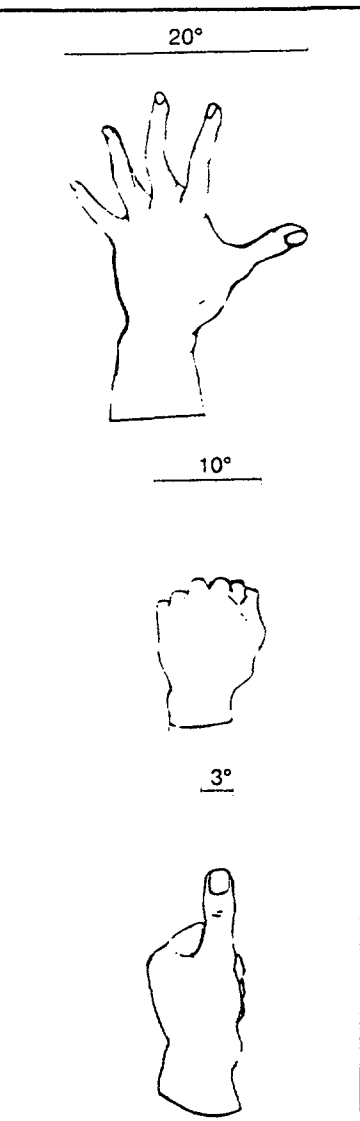
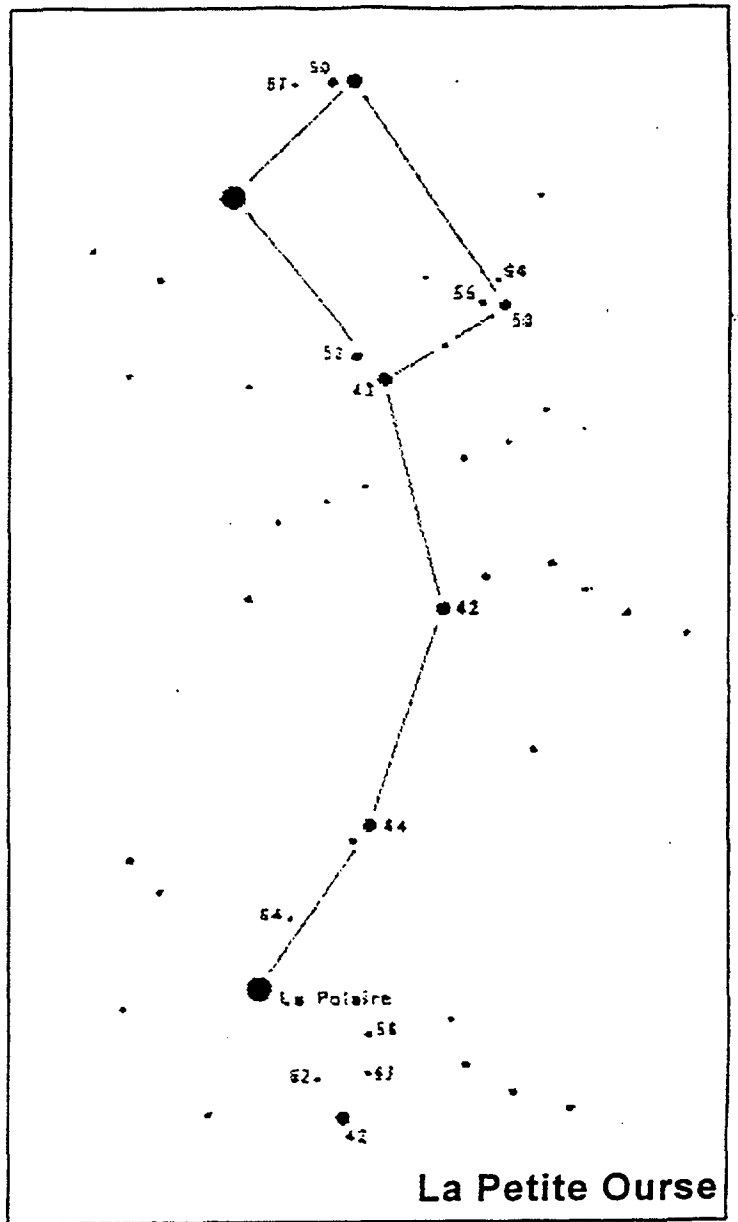
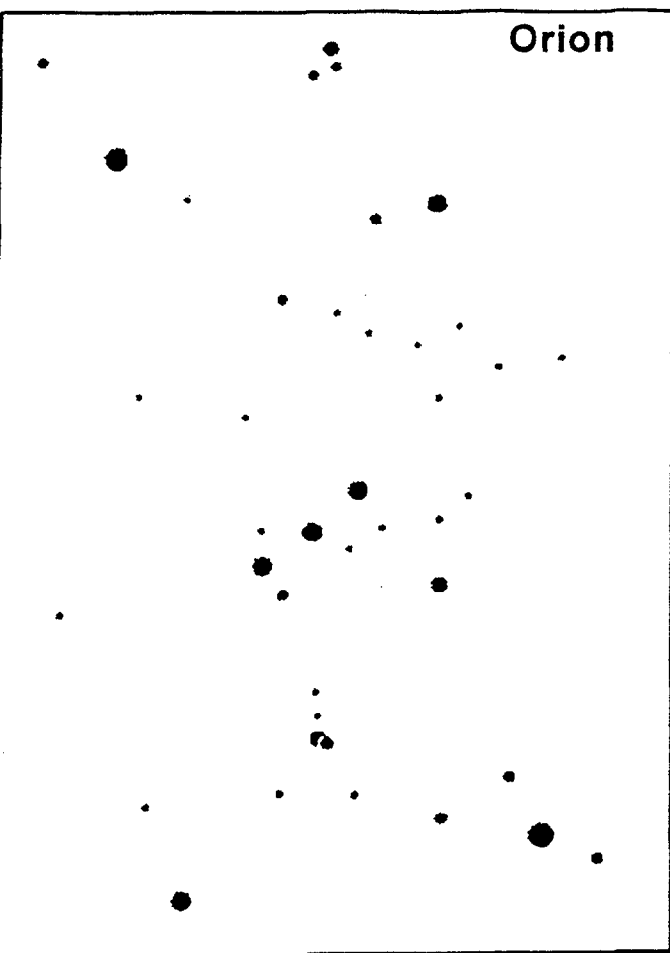
3/En fonction des cartes utilisées, cerchez les étoiles que vous voyez à l'oeil nu (Orion, Petite Ourse, Pléiades) ou dessinez un X sur les étoiles vues aux jumelles (Pléiades)

Longueur perceptible à l'oeil nu de la queue de la comète Hale-Bopp (en degrés).....°

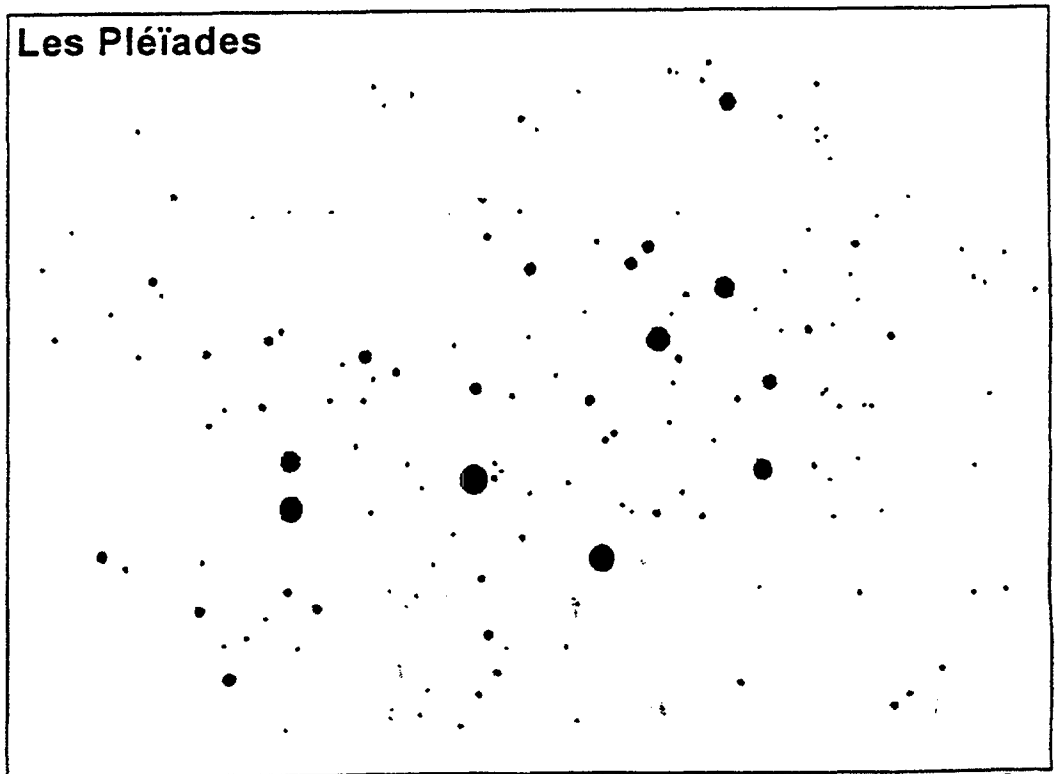
4/Inscrivez au dos de chaque cliché les caractéristiques techniques (type d'appareil photo utilisé, objectif, film, temps de pose, auteur...)

J'autorise la publication de mes clichés et/ou de mes fiches d'observations

Merci pour votre aide



Méthode simple pour déterminer la longueur de la queue de Hale-Bopp perceptible à l'oeil nu. Les distances en degrés sont évaluées avec le bras tendu.



8.2. OPERATION Atlas 41 : Comptage d'étoiles en Loir et Cher

par **Christophe MARTIN-BRISSET**
Responsable de la Commission Environnement de l'ANPCN
Président de Blois Sologne Astronomie

Sommaire

I / Détail de l'Opération pour le Loir et Cher
II / Les résultats d'Atlas 41

« N'est-il pas étrange que les habitants de notre planète aient presque tous vécu jusqu'ici sans savoir où ils sont et sans se douter des merveilles de l'Univers ? »

Camille Flammarion

« Alors pourquoi détruire systématiquement l'Environnement nocturne et le Ciel étoilé ? »

I / Opération ATLAS Loir et Cher

Détail et déroulement

Dès le lancement de cette opération de comptage d'étoiles visant à mettre en évidence la bonne ou mauvaise qualité du ciel nocturne français, en tant que membre de l'ANPCN, mais également Président de Blois Sologne Astronomie, j'ai bien évidemment, informé au maximum les astronomes de mon association blésoise, ainsi que plusieurs observatoires et clubs régionaux amis, afin que les mesures soient les plus nombreuses et les plus représentatives possibles.

Pour les comptages effectués sur le Loir et Cher, nous avons procédé de la façon suivante: chaque observateur devait réaliser au minimum plusieurs mesures depuis son lieu d'habitation et plus loin si possible. Pour ma part, j'ai complété les zones manquantes en effectuant quelques périples nocturnes.

Pour obtenir les comptages les plus précis, nous avons attendu à chaque fois que la lune soit dans l'une de ses meilleures phases et ne voile pas le fond de ciel (autrement, les mesures auraient été faussées).

Bien sûr, nous avons aussi attendu que les conditions météorologiques soient les plus favorables. Ces dernières, fin mars, début avril 1997, lors du passage de la superbe comète HALE BOPP se sont révélées excellentes. Cela nous a permis de réaliser pendant cette période un maximum de comptages, des plus variés et couvrant au mieux le département.

Pour Hale Bopp et comme cela était demandé dans la fiche de comptage, nous avons également mesuré la taille angulaire des deux queues cométaires, essentiellement depuis les meilleurs sites, là où le ciel est encore préservé de tout lampadaire et de tout halo de pollution lumineuse (dans l'axe d'observation).

Parallèlement à nos comptages, des mesures spontanées et indépendantes ont été effectuées dans le Loir et Cher, certainement grâce à la communication régionale et nationale (« Le Journal de la Sologne », « Ciel et Espace », « Terre Sauvage », ...) et celle diffusée par mes soins dans notre quotidien départemental « La Nouvelle République ».

Une fois l'opération terminée et les comptages synthétisés par Laurent CORP, j'ai rencontré à nouveau le Journaliste en charge de l'Environnement de « La N.R. » et un nouvel article, expliquant et synthétisant parfaitement nos comptages tout en mettant en évidence la pollution lumineuse du Loir et Cher, a été publié (voir article du 28/07/98 en annexe).

C'est donc avec plaisir que je présente maintenant l'ensemble de notre travail d'équipe, la carte ATLAS 41 que nous avons établie, ainsi que la façon dont je l'ai diffusée localement.

II / Les résultat d'Atlas 41

détails et analyse

Opération Atlas Comptages d'étoiles en Loir et Cher

Au vu de cette première opération nationale d'évaluation de la qualité du ciel nocturne, plusieurs constatations s'imposent :

- ➔ de nombreuses mesures ont été effectuées ou nous sont parvenues et la quantité de comptages sur le Loir et Cher est au-dessus de la moyenne nationale.
- ➔ la plupart des observateurs ont réalisé plusieurs mesures depuis les mêmes sites, ce qui nous a permis de mieux déterminer la qualité du ciel.
- ➔ revers de la médaille: la couverture géographique du département s'en est retrouvée réduite (exemple, le nord du département). Il aurait fallu que chacun fasse des comptages sur un minimum de quatre sites distincts.
- ➔ constatation très importante: les villes et les principales agglomérations du département sont énormément polluées et les nuisances lumineuses s'étendent largement à leurs environs.

→ le cœur des petites villes et le centre des villages ont souvent une qualité de ciel bien mauvaise. Leurs abords sont moins pollués, mais il faut malheureusement attendre minuit et l'extinction des éclairages publics pour que les étoiles retrouvent leur place au firmament ...

→ d'excellents sites nocturnes en Sologne, sur la commune de Vallières-les-Grandes et au nord de Françay ont pu être mis en évidence grâce à ce type de comptage.

→ globalement, notre région se trouve dans la moyenne nationale, entre les paradis pour astronomes et espèces nocturnes que sont l'Aveyron ou les Cévennes et à l'extrême, la région parisienne où les lumières polluent l'environnement nocturne sur des centaines de kilomètres à la ronde.

Il est donc indispensable que nous fassions notre maximum pour que la situation actuelle ne s'aggrave pas et qu'à l'inverse, la qualité de notre environnement nocturne s'améliore.

ATLAS 96-97 ...

Cette « première » nationale fait et fera date.

Maintenant que des mesures ont été effectuées avec la plus grande précision sur l'ensemble du territoire et qu'une carte a été réalisée, il devient facile de renouveler l'expérience pour déterminer toute évolution négative ou favorable de la qualité du ciel nocturne.

Actuellement, nous programmons une nouvelle campagne de mesures, prévue fin 99, début 2000, nous comptons bien évidemment sur votre soutien pour informer un maximum d'observateurs et établir ainsi une nouvelle carte nationale du ciel et l'environnement nocturne.

Le LOIR et CHER et l'Opération ATLAS

Pour revenir sur la carte Atlas de notre région, celle-ci fait parfaitement ressortir les principales zones de nuisances lumineuses.

Ainsi, en la superposant à la carte des communes du département, il devient évident que plus une ville est importante, plus la qualité du ciel (même aux alentours) en pâtit.

Inversement, plus vous vous éloignez des centres villes et des villages, plus vous trouvez des sites d'observations de grande qualité.

Il est aussi à noter, que dans de nombreux cas, les halos des villes principales se juxtaposant à ceux des communes avoisinantes, il devient extrêmement difficile de trouver des « zones d'ombres » dans ces chapelets de lumières nocturnes.

Finalement, si vous recherchez un site vraiment excellent, faites vos recherches au cœur de la Sologne ou de la Beauce, vous aurez toutes les chances de découvrir le ciel de vos rêves !

Ceci étant, il faut rester modeste : le Loir et Cher est un département situé en plaine et la qualité de son ciel ne sera jamais celle d'un site situé en moyenne montagne ou au Pic du Midi, là - même où l'altitude, l'absence totale de lumières urbaines et de pollution atmosphérique ont des répercussions extraordinaires sur la qualité et la transparence du ciel nocturne.

Le LOIR et CHER à la loupe

Globalement, les Villes de Blois, de Romorantin et de Vendôme ne permettent plus d'observer (dans les meilleures conditions météorologiques) que des étoiles de magnitude 3,5 à 4 au grand maximum. Par conséquent, leur ciel très mauvais est à proscrire sauf si vous observez essentiellement la lune.

Pour les villes comme La Chaussée Saint-Victor, Vineuil, Contres ou Selles-sur-Cher, les mesures montrent que l'on gagne seulement et à peine, une toute petite magnitude. Le ciel y est de piètre qualité et il est conseillé de prendre sa voiture et de parcourir une vingtaine de kilomètres pour trouver un site convenable.

Mais l'expérience ne s'arrête pas là, l'exemple d'une petite commune comme Seur, montre aussi que la taille de la ville n'a pas automatiquement une répercussion sur la qualité du ciel.

En effet, Seur, avec ses lampadaires surannés (de type double fluorescence à la lumière blanche crue, sans protection sommitale) fonctionnant jusqu'à 2H du matin, a un ciel aussi mauvais qu'un site distant d'une dizaine de kilomètres de la zone commerciale de Vineuil, qui pour des raisons purement publicitaires, est largement inondée de lumières toute la nuit !

Pour ce qui est des excellents sites encore préservés que l'on peut découvrir loin des agglomérations et de leurs halos lumineux, des étoiles de magnitude 6,3 ont été repérées à l'œil nu dans la constellation de la Petite Ourse, ainsi que des astres de magnitude 6,5 au zénith !

Les mesures à prendre pour sauver la nuit

Pour protéger les derniers espaces aux cieux d'excellente qualité de notre région et pour réhabiliter des sites proches des villes, il faut absolument changer notre politique actuelle d'éclairage .

Bien sûr, il ne s'agit pas d'interdire l'éclairage nocturne mais il faut le repenser.

Pour cela, rien de plus facile: il faut simplement et impérativement utiliser des luminaires adaptés, éclairant exclusivement vers le sol (là - même où la lumière est utile), les équiper de lampes à haut rendement et bannir définitivement toutes ces boules lumineuses, si dépensières en énergie et si néfastes pour le ciel.

Ainsi, tout en protégeant l'environnement nocturne, il devient très facile de réaliser des économies d'énergie non négligeables et de maintenir la protection des biens et des personnes.

Les réunions avec différents élus du Conseil Général, du Conseil Régional, en partenariat avec les villes de Blois, Romorantin mais aussi avec la DDE et le CDPNE, commencent à porter leurs fruits. Tout laisse à penser que ce n'est qu'un excellent début...

Notre Association blésoise et l'ANPCN s'inscrivent dans la mouvance actuelle de la maîtrise de l'énergie, de la protection de l'Environnement et tentent de préserver le ciel nocturne, pour que ce Patrimoine de l'Humanité puisse être contemplé par les générations futures.

En vous remerciant chaleureusement et en espérant votre implication lors d'une prochaine campagne de mesures, je reste à votre disposition pour toute information complémentaire.

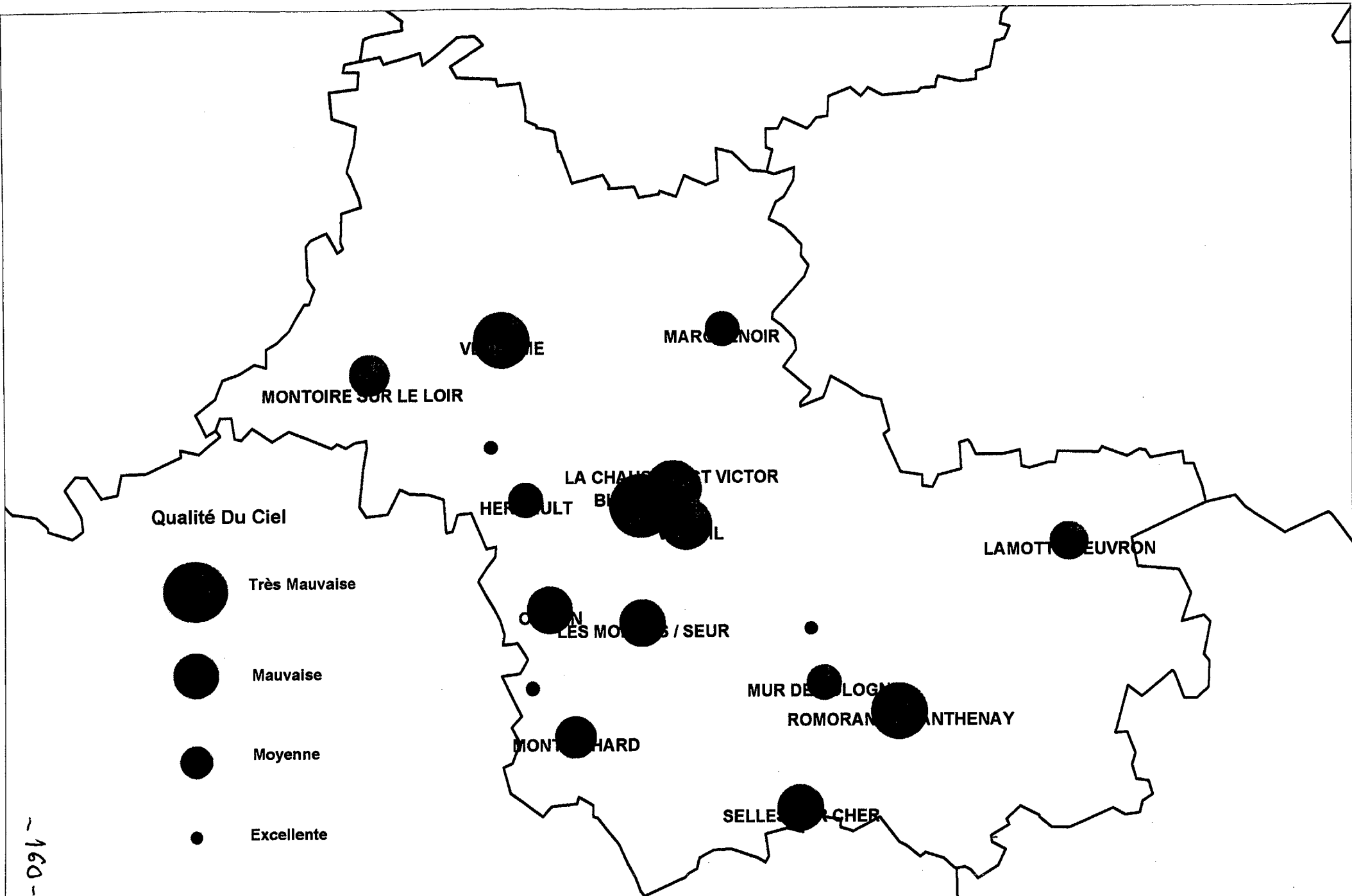
BSA/ANPCN
C. MARTIN-BRISSET

ANNEXE de la deuxième intervention

**OPERATION Atlas 41
Comptage d'étoiles en Loir et Cher**

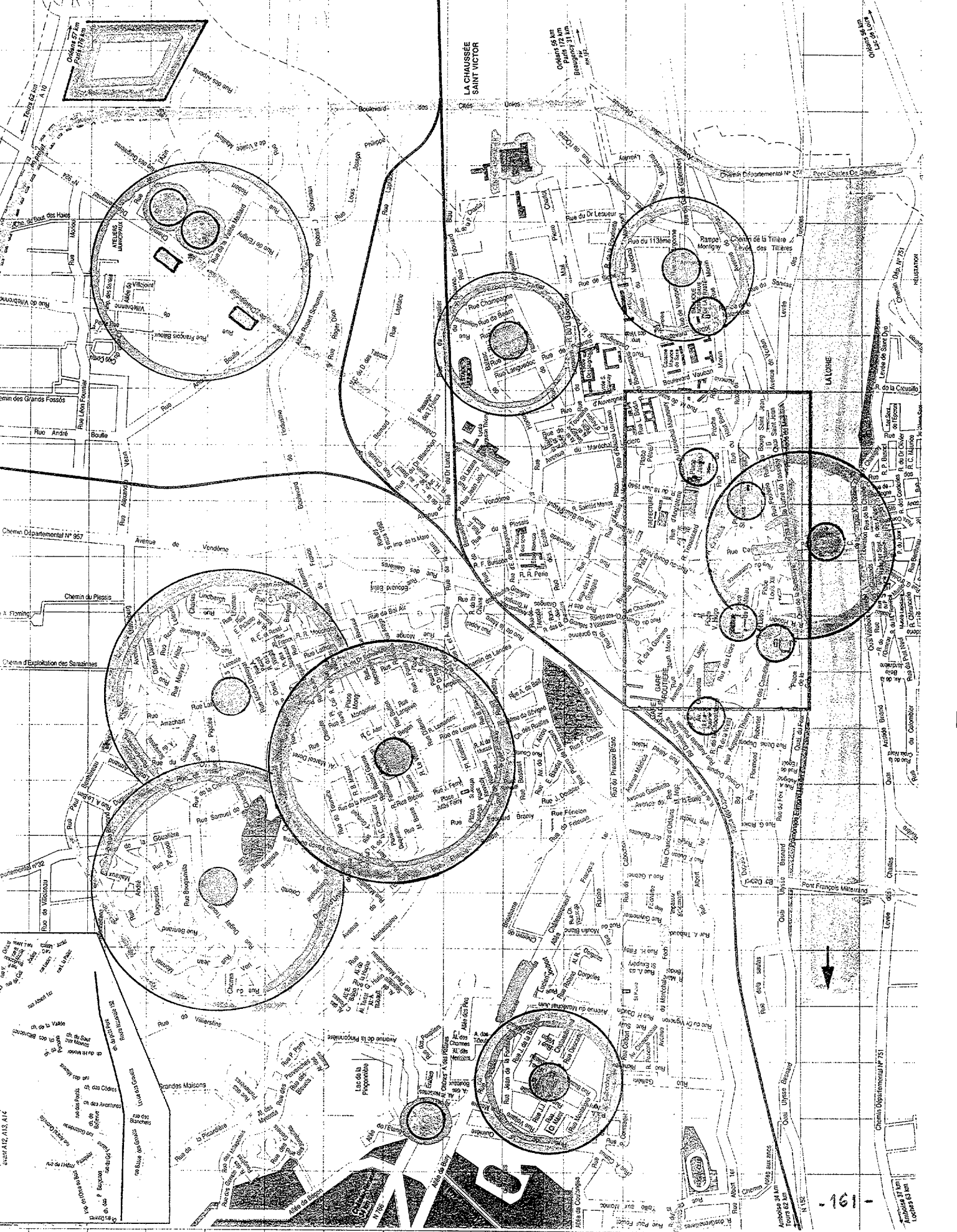
- carte Atlas 41
- article de « La Nouvelle République » : Voir la nuit sans lumière

(joints dans l'envoi)



- 160 -

(c) Laurent Corp - Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne - 1997



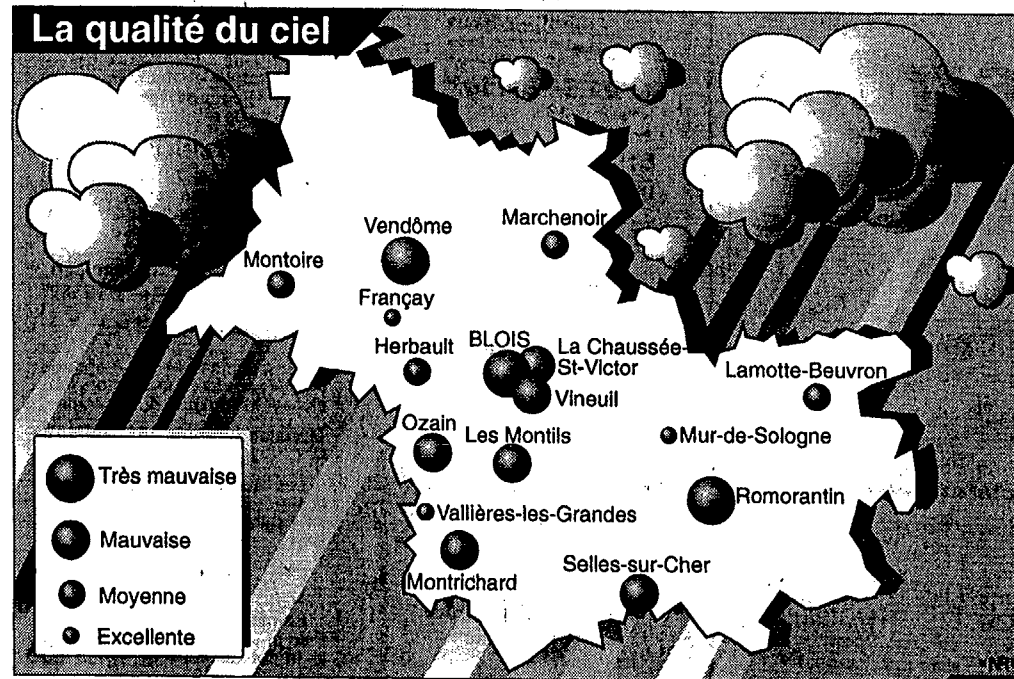
LA CHAUSSEE
SAINT-VICTOR

- 161 -

2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Voir la nuit sans lumière

La qualité du ciel nocturne du département se situe dans la moyenne nationale. Il y a moyen de l'améliorer, sans plus dépenser !



LES passionnés d'astronomie ont désormais une association supplémentaire à leur disposition en Loir-et-Cher. Blois Sologne Astronomie vient en effet de se constituer et Christophe Martin-Brisset en assure la présidence. Il est également délégué régional du comité national pour la protection du ciel nocturne.

L'association multiplie les contacts afin de mieux faire connaître ses objectifs : lutter

contre toutes les pollutions lumineuses inutiles qui limitent l'observation des étoiles de par leur halo aveuglant. Un excès de lumière coûteux, de plus en plus pris en compte par les collectivités dans leur chasse au gâchis. L'association a reçu un accueil tout à fait encourageant chez les élus, notamment à Blois, au conseil général mais également dans les services de la préfecture, où les lois sur l'usage des lasers font l'objet d'une atten-

tion toute particulière. L'association des maires a elle aussi été contactée, et chaque membre s'est vu remettre un document sur les origines et l'activité de l'association.

La dernière grande opération menée par Blois Sologne Astronomie consistait à compter les étoiles selon trois cartes de constellations (petite Ourse, Orion et l'Amas des Pléiades) de manière à mesurer partout en France la qualité du ciel nocturne.

Question de sécurité

« En Loir-et-Cher, les multiples comptages effectués montrent que le département se situe dans la moyenne nationale, du fait de la pollution lumineuse de ses trois principales villes, et les sites d'observations idéaux restent rares. De même, un grand nombre de villages ont encore une qualité de ciel médiocre à cause d'un éclairage public réalisé dans de mauvaises

conditions », explique Christophe Martin-Brisset. En revanche, d'excellents sites nocturnes se trouvent en Sologne dans le secteur de Vernou et de Courmemin, à Vallières-les-Grandes et au nord de Françay. Mais il faut rester modeste, prévient le président de la toute nouvelle association. La qualité du ciel du Loir-et-Cher ne sera jamais celle d'un site situé en moyenne montagne. L'altitude, l'absence totale de lumière urbaine et de pollution atmosphérique favorisent de manière extraordinaire la transparence du ciel nocturne.

Sauver la nuit, expliquent les astronomes, c'est aussi protéger les derniers espaces des animaux nocturnes, oiseaux et insectes, piégés où désorientés par ces excès de lumière. C'est aussi faire des économies d'énergie assez considérables. « La direction des routes du ministère des Transports avance depuis quelque temps un argument pour limiter l'éclairage des bords des axes routiers qui va dans notre sens, poursuit Christophe Martin-Brisset. Selon leurs études, plus une route est éclairée, notamment aux abords des agglomérations, plus les accidents se multiplient, les lampes donnant aux automobilistes une impression de sécurité largement illusoire. »

Bref, un bon usage du lampadaire pour une meilleure qualité de vie.

Henri LEMAIRE.

9. 0.

PRESERVATION DU PATRIMOINE

Paul VERDIER

9.0 L'ARCHEO-ASTRONOMIE ET LE DEBUT DES SCIENCES

Résumé :

L'archéoastronomie représente la situation embryonnaire, si l'on peut dire, de la science devenue plus tard – c'est-à-dire autour de la Renaissance – « l'astronomie » ; apparue dès la fin de la Préhistoire dans le Bassin méditerranéen, elle fait partie du petit groupe de sciences que l'on trouve, dans « l'aire culturelle méditerranéenne », à l'origine de l'éveil de l'esprit scientifique.

Liée dans l'Antiquité à toutes les grandes religions du Bassin méditerranéen dont elle n'est qu'un instrument, elle se « laïcise » lentement et non sans vivre également la déviance de l'astrologie que mon propos ne mentionnera que pour n'en plus parler ensuite, puisqu'il ne s'agit pas là d'une science.

Son développement se fait d'abord par une observation fine – et sur des critères scientifiques qu'elle s'est progressivement imposés – des faits naturels ; mais son origine religieuse lui a imposé d'appartenir à un groupe de sciences et de techniques en devenir dans l'Antiquité : géométrie, arithmétique, outils de mesure du temps et élaboration de calendriers fonctionnels, architecture religieuse... Le véritable moteur de développement de ce type de pensée nouveau restera donc d'abord les exigences d'exactitude et de démontrabilité des grandes religions antiques.

A l'appareillage conceptuel nécessaire correspond évidemment un outillage technique équivalent et ses différents acquis dans la culture seront successivement examinés, sans que l'auteur prétende à une énumération exhaustive dans ce domaine...

**

Le terme d'archéo-astronomie est, pour beaucoup d'entre nous, mystérieux et quasiment barbare, utilisé peut-être par une forme de snobisme : il n'en est rien cependant et je ne pense pas avoir à en justifier l'usage ici dans une assemblée de spécialistes... Retenons, si vous le voulez bien, une convention de langage : l'astronomie n'apparaît avec son sens presque moderne qu'avec ses développements dans la civilisation grecque autour du IV^e siècle avant notre ère : pour faire court – et par conséquent, dire faussement les choses – pré-socratiques, socratiques et platoniciens ne sont pas seulement « philosophes » ; ils sont plutôt de savants astronomes et mathématiciens tirant de leurs démarches intellectuelles des conséquences en philosophie. Dans la pensée grecque comme dans celle des Egyptiens, des Assyro-babyloniens, des Phéniciens, des Etrusques, des Numides ou encore des Celtes, l'objet premier de la démarche intellectuelle est bien ce qui touche à une forme première d'observation et de science que l'on appelle « archéo-astronomie », mise ensuite en corrélation avec d'autres aspects de la pensée dont elle est difficilement séparable.

Cette science alors en formation a connu une série d'étapes, difficiles à repérer dans le temps et dans l'espace, une série de déviations également ; c'est ainsi que, partout dans le Bassin méditerranéen, par suite de ses origines religieuses que nous allons détailler, elle s'abâtardit en « astrologie » qui ne sera pas l'objet de mon intervention ; cette dernière n'est pour moi qu'une « non-science », désirant avoir un statut opératoire illusoire à mi-chemin entre astronomie scientifique et religion. On pourra deviner à travers ce qui suit quelles pistes elle a pu suivre et selon quels fantasmes elle a cherché à se donner une respectabilité... Aucun de ses aspects ne m'intéressera ici pour cette raison ; je l'ai évoquée parce qu'elle existe et se trouve historiquement mêlée à notre histoire ; n'en parlons plus.

Pour moi, parler d'archéo-astronomie, c'est simplifier le survol de la naissance et de l'essor de l'esprit scientifique en l'évoquant par un seul de ses résultats ; comme mon propos est nécessairement limité, la situation qui retiendra mon attention dans cette présentation sera celle de l'ensemble du Bassin méditerranéen, dans les derniers millénaires de notre histoire. Mieux, partant du quatrième millénaire avant notre ère environ, la description proposée n'est valable que jusqu'au XV^e siècle.

Une « aire culturelle », à une période de son histoire...

Le lieu qui retient mon attention est une « aire culturelle », celle du Bassin méditerranéen, dans un temps particulier, celui de l'Antiquité et du Moyen-âge occidental jusqu'au moment où – vers 1450 grossièrement – débute ce que l'on appelle « la Renaissance ».

Les limites externes de l'aire culturelle retenue sont les suivantes :

- Partant, à l'orient, des rivages de la Mer Noire au nord, c'est-à-dire d'une frontière du système de penser hindou, on suit, par l'extérieur, celles des empires de Sumer et d'Akkad et de ceux qui leur ont succédé dans le Croissant fertile ;
- au sud, elles englobent l'Égypte des pharaons et des royaumes voisins ; puis, les cultures de la rive méridionale de la Méditerranée jusqu'au détroit de Gibraltar ;
- au nord, sont retenues les cultures de la rive septentrionale de la Méditerranée, de toute l'Europe celtique jusqu'aux bassins du Rhin et du Danube inclus.

La diversité du peuplement de cette aire culturelle ne change rien au fait que les grandes idées fondatrices de modes de vie communautaire, de civilisations, m'apparaissent pratiquement identiques, même si les applications qui en sont faites divergent évidemment sur ce que l'on peut considérer, en dernière analyse, comme secondaire.

Quelques « acquis » et des modifications :

Au début de cette histoire, l'ensemble des peuples qui ont colonisé un tel territoire vit dans ce que l'on appelle la fin de la Préhistoire pour certains, la Protohistoire pour d'autres. La sédentarisation est en train de s'accomplir à l'orient ; les techniques culturelles se développent, transformant les pasteurs en agriculteurs éleveurs qui abandonnent peu à peu l'économie de cueillette au profit de la culture systématique des sols et de la domestication des animaux. Les premières sociétés cohérentes et hiérarchisées manifestent leur existence par une écriture de leur histoire et de celle de leurs dynasties, doublant ainsi le monde de l'oralité partout présent ; les premières grandes cités se fondent sur des principes d'urbanisation et d'architecture dont, jusqu'à maintenant, on n'avait pas de traces antérieures. Pour s'en persuader et pour appréhender les réalités culturelles envisagées ci-dessus, il n'est que de lire la grande *Epopée de Gilgamesh* qui, parmi d'autres, fait partie des mythes diffusés par ces cultures sous les deux formes complémentaires de l'écriture et de la tradition orale...

Poterie, tissage, inventés plus avant dans la Préhistoire, se perfectionnent et s'industrialisent ; les outils se diversifient parce que l'on vient d'obtenir la maîtrise d'une technique majeure, celle de la métallurgie... Bref, les grandes lignes de nos civilisations se mettent en place, l'urbanisation favorise l'apparition d'un pouvoir politique appuyé sur l'idée de royauté, celui qui est choisi pour exercer un tel pouvoir apparaissant comme possédant avant tout la caution des dieux, sans que soit mise pour cela en avant la notion de « droit divin ».

En somme, toute l'organisation du corps social en gestation se fait à partir de l'idée centrale et omniprésente de l'existence de dieux réglant, de loin et depuis l'invisible, le monde humain actuel ou en devenir.

La religion comme seule explication du monde :

Il serait vain de penser que la naissance des religions daterait de cette époque : le phénomène dans sa complexité est assurément antérieur, même si on n'en a pas de preuves absolues ; ce qui est assuré, c'est que la vie des individus et celle de leurs sociétés baignent dans l'appréhension du monde invisible des dieux et des morts : les rapports entre divin et humain sont des rapports de force, de violence et l'on aurait beaucoup de peine à rencontrer dans toute l'aire culturelle la notion de dieu d'amour... Les hommes sont sur terre pour « nourrir » les dieux dont ils sont les esclaves – ainsi que le dit la *Genèse* selon le dieu assyro-babylonien Mardouk (note ¹) – et les rapports entre ces deux catégories d'êtres sont fondés d'abord sur la crainte.

Partant de cette évidence que l'humain est inscrit dans un ensemble plus vaste, celui du monde créé, l'idée est partout présente que si ce monde « réel » existe, c'est parce qu'il y eut, à un moment précis, intervention divine pour le faire apparaître.

Même la notion des sociétés organisées selon un système pyramidal trouve sa justification par la seule idée religieuse : la royauté est non seulement autorisée par le divin, mais elle est d'essence divine : le roi s'apparente au prêtre sans se confondre avec lui dans une caste presbytérale ; ce sont d'abord les dieux qui choisissent dans une société leur représentant royal pour que celle-ci soit prospère et le modèle de cette institution vient, nous allons le voir, du monde d'Au-delà lui-même...

Offrandes, rituels, architecture religieuse prennent le pas sur toutes les autres activités, simplement parce que les relations de l'homme à dieu sont les plus essentielles.

Or, il existe une grande inconnue, moteur de progrès intellectuel : si nulle part est mise en doute l'existence du monde divin d'Au-delà, personne ne peut se targuer de connaître réellement la vie des dieux ou leurs intentions. Les religions qui ont pour ambition de re-lie entre elles les deux parties d'un monde dont l'unité fut brisée par l'acte de création, se doivent, pour être crédibles, de tenter une définition du divin : chaque religion servira à indiquer les divers chemins qui mènent l'individu vers les dieux. Elle est donc tentative d'explication des grands mystères, ceux de la vie comme de la mort des êtres, du monde physique, proche ou lointain, environnement naturel de l'homme.

Parmi tous ces mystères, celui de la mort est prépondérant, parce que, en plus de l'angoissant mystère de la disparition des êtres proches, il pose aussi une autre très grande question, intérieure à chacun des vivants, celle de la fuite du temps. C'est l'abstraction de la notion temporelle qui me paraît être à la base de l'évolution de l'esprit humain vers ce qui deviendra la science.

La religion et le temps : un « modèle organisationnel »

Toutes les religions méditerranéennes peuvent se schématiser par un souci de méditation sur le Temps. C'est la raison pour laquelle toutes ont géré les instruments de mesure de celui-ci et il suffit de regarder encore nos actuelles églises chrétiennes pour voir qu'entre autres elles continuent d'être dépositaires de cet héritage. C'est là que doit être faite une forme d'explication de textes composant les mythes : les récits religieux d'oralité regroupés en ensembles cohérents, comme les livres qui transmettent ces traditions commencent par un chapitre particulier appelé *Genèse*.

Le mythe comme théorie explicative :

Dans ce premier chapitre, on assiste d'abord à l'organisation de la « cité des dieux » ; même si – comme leurs créatures – ils sont sexués, ceux-ci sont éternels, mais ont toujours vécu en solitaires socialement inorganisés, ils sont dans un « chaos » qui n'a ni début ni fin. Point de lumière ni d'obscurité, point de matière séparée de l'esprit : le divin et le chaos ont toujours existé.

Les dieux de première génération doivent donc être leurs propres pourvoyeurs en nourriture, réalité pénible qui engendre dans leurs rangs la révolte primordiale : les premières lignes des *Genèses* mentionnent partout l'inorganisation sociale du monde divin et la révolte anarchique qui mène ceux-ci à la tentative d'organisation de leur société ; l'ensemble du processus aboutit à une institution d'importance, celle de la royauté divine ; alors qu'aucun dieu n'avait de prédominance, pas même le principe féminin géniteur, tous finissent par se doter d'un chef, le roi des dieux, auquel chacun abandonne volontairement une part de son pouvoir parce que tous le reconnaissent comme supérieur à eux.

Mais cessons de parler de ce grand mythe pour aborder les éléments de mon hypothèse : malgré les apparences, je ne suis pas sorti de mon sujet ; je rappellerais simplement que l'idée présentée ici est également faite d'allées et retours constants entre mythe, rituel et démarche scientifique à proprement parler.

L'organisation du chaos : une forme de « théorie scientifique »

C'est seulement quand l'organisation sociale brute est accomplie dans le monde divin que se produit, par la volonté du nouveau roi-dieu, la mise en ordre du reste de l'univers existant au sein du chaos : le roi des dieux ne sera pas « créateur » à proprement parler mais, dans l'Au-delà comme ici-bas, seul le roi a le pouvoir suprême d'organiser, de mettre en ordre, la vie irraisonnée et son fourmillement chaotique.

Il se contentera de trier dans l'existant pour faire apparaître deux, puis trois, mondes complémentaires et séparés, d'abord l'Au-delà où séjourneront le plus souvent les dieux et l'En-deçà qui va devenir le « monde créé ». Ces deux mondes seront séparés par un troisième, « frontière » presque infranchissable, soit « mur de cristal » séparant les eaux primordiales d'En-haut de celles d'En-bas, soit vaste territoire-frontière dirigé, lui aussi, par un dieu-roi omnipotent.

Intimement mêlée aux eaux primordiales, la vie potentielle est partout dans les « royaumes » ainsi créés. Celui d'En-bas sera réservé à la création voulue par le dieu roi ; là, il installe tout d'abord la pulsion du temps, principe de vie par excellence, en l'extrayant de la soupe primordiale précisément pour que toute la création lui soit soumise ; c'est ainsi que le monde d'En-haut restera éternel, dans la matière qui le compose comme dans l'esprit qui l'habite, et que celui d'En-bas sera condamné à disparaître, privé par décision divine de la possession temporelle. Ensuite seulement, le démiurge fera apparaître dans le détail le monde que désormais l'homme connaît : ce dernier a reçu mission d'en prendre possession avec les autres espèces, ses compagnes.

La différence essentielle, fondamentale, entre les dieux vivant dans leur monde et la création vivant dans le sien est donc bien le temps, principe abstrait par excellence et, à ce titre, difficilement concevable par l'homme. Si la religion consiste à permettre à l'humain de rester en contact distant avec le divin, il lui reviendra donc de retrouver les quelques passerelles que le démiurge a voulues entre les deux mondes. L'une d'elles, la moins immédiatement perceptible mais la plus riche de promesses, est le Temps.

Les trois « mondes »

Les trois mondes créés sont normalement parfaitement impénétrables car chacun est protégé par des frontières étanches ; dans celui des dieux, clos par des murailles de cristal, le temps « baigne » la matière comme l'esprit ; dans celui des hommes, toutes les composantes de la création sont condamnées à disparaître, tandis que les créatures ne peuvent s'échapper qu'exceptionnellement de leur prison ; entre les deux, borné de part et d'autre par les murailles de cristal étanches des deux autres, dotées de portes qui ne peuvent s'ouvrir qu'à des moments particuliers, s'étend le monde de la « Frontière ».

Puisque, sur les diverses murailles de cristal, le démiurge a accroché des astres visibles et mobiles comme autant de signaux repérables de l'activité divine, l'astronomie, parce qu'elle est annexe de l'esprit religieux, a dû se forger les moyens intellectuels et techniques de suivre toutes les courses des astres présents aux frontières des mondes...

Une position « scientifique »

Dans un tel contexte, si l'homme veut comprendre ce que le divin omniscient et tout-puissant attend de lui, il ne lui reste qu'à tenter de percevoir avec exactitude ce qu'est le temps. Le démiurge l'a placé sur la voie de la connaissance en mettant à portée de l'esprit des vivants des témoins réputés fiables ; Mardouk l'indique précisément dans sa *Genèse* : les astres ont été accrochés par lui sur le mur de cristal comme les « images-miroirs » des divinités ; quand les humains veulent avoir des nouvelles du monde divin, il leur suffit donc de suivre les évolutions de ceux-ci...

Une telle affirmation religieuse est donc la justification de la naissance de l'astronomie d'abord comme science d'observation : elle fait même davantage. Puisque le Temps est l'essence de la vie divine, que celle-ci peut être observée à travers des images-miroirs, observer les astres en notant leurs courses dûment constatées, est nécessaire et mesurer ces courses de la manière la plus précise possible, c'est-à-dire mathématique – par la géométrie et l'arithmétique – devient une exigence religieuse.

Bien que ce ne soit pas les seules, les premières conséquences de cette démarche sont importantes :

1. L'observation imposa l'idée que l'abstraction temporelle se caractérise par la mobilité, le mouvement, caractéristique de la vie ; d'emblée, elle fit constater que certains astres ont des mouvements de plus grande amplitude et de plus grande vitesse apparente que d'autres.
2. Les deux types d'astres observés ont, de plus, justifié la hiérarchie divine présentée comme une sorte de dogme par les religions : certains astres, relativement « fixes », tournent lentement et appartiennent à la « sphère des fixes » des philosophes grecs, au moins depuis les présocratiques ; d'autres, beaucoup moins nombreux – et à ce titre considérés comme représentants des grands dieux –, appelés « astres errants », se déplacent de manière beaucoup plus rapide et spectaculaire.

3. Ainsi, le temps a la possibilité de prendre des aspects multiformes, manifestant la complexité de la société des dieux...
4. Pour en saisir tous les aspects, il va falloir multiplier l'activité intellectuelle et la diversifier avec toujours plus d'exigence de précision et d'exactitude. Il y aura nécessité, entre autres, d'affiner par des outils appropriés, les moyens d'une observation rigoureuse.
5. Constaté que le temps est au centre de la religion a pour conséquence la mise en place de calendriers par un certain nombre de conventions fondées sur – ou générant – des dogmes et des rituels ; tout calendrier est d'abord religieux car il permet d'envisager une chronologie qui ne sera plus d'ordre individuel ; la société, agrégat d'individus juxtaposés, peut alors s'organiser selon une histoire collective qui la structure en tant que corps lui-même vivant.

Les outils créés pour l'archéo-astronomie :

L'ancienne astronomie est donc investie de la mission d'observer le mouvement des astres pour en dégager la notion de temps. Cette impulsion est essentielle et c'est à partir d'elle que se forgent les outils nécessaires à un tel objet.

L'observation permet de définir les éléments de base d'un comptage scientifique :

1.- le premier est la notion de « nychthémère »

Comme son nom l'indique, il s'agit d'un élément fait de deux parties complémentaires mais dont la valeur totale reste constante ; selon l'étymologie, les nychthémères débutent par la « nuit » et s'achèvent par le « jour » ; chacune de ces parties est subdivisée en sous-éléments que l'on appelle « heures ». Celles-ci étant conventionnellement au nombre de vingt-quatre (douze dans chaque sous-élément), la durée totale du nychthémère est constante ; cependant, les deux sous-éléments sont de durées variables et complémentaires selon la périodicité des saisons et chaque heure sera donc variable ; pour mesurer les heures, la clepsydre ou horloge à eau fut mise au point sans doute au cours du deuxième millénaire avant Jésus-Christ.

L'enchaînement des nychthémères successifs met en évidence les « cycles » de chaque astre, de sorte que l'on voit apparaître une notion religieuse fondamentale :

- parce que les astres ont des courses cycliques et éternelles,
- les divinités qu'ils représentent vivent d'un temps cyclique et éternel ;
- les religions vont ainsi mettre en évidence les « Eternels Retours des dieux ».

2.- Les cycles astraux :

On constatera à partir de maintenant que l'astronomie qui va être décrite est géocentrique, ce qui impose évidemment une interprétation anthropocentrique du monde, cohérente avec les représentations de la religion. Deux « astres errants » sont essentiels pour les hommes, le soleil et la lune ; ce sont donc eux que l'on observera d'abord et, historiquement, la lune sera le premier objet d'intérêt.

Le terrain d'observation doit avoir un certain nombre de qualités constantes :

- un site dégagé et le plus possible « horizontal »,
- pour qu'on puisse voir dans les meilleures conditions les mouvements des astres.
- un même lieu pour toutes les observations ;
- une même position de l'observateur par rapport à l'ensemble du ciel : dos au nord avec l'orient des levers à gauche ; le sud est alors en face et offre au regard la plus grande visibilité possible du ciel ;

C'est définir, par conséquent, un « observatoire » : on en connaît plusieurs exemples à toutes les latitudes et dans toutes les civilisations du Bassin méditerranéen.

La lune :

Dès une très haute antiquité – peut-être même durant une partie de la préhistoire – c'est par la course de notre satellite que le temps sera mesuré. C'est la lune qui apporte la notion de « cycle » : on l'observe à son lever, quand elle coupe l'horizon, au cours d'un certain nychthémère retenu comme repère : parmi tous les possibles, on aura choisi un de ceux où l'astre est remarquable par une de ses formes

particulière ; l'expérience montre qu'on a retenu plutôt la Nouvelle Lune que la Pleine Lune ; pour plus de précision même – puisque la NL est par définition invisible – on retint le nychthémère qui suit la NL, (NL+1j.) moment de la visibilité de la plus petite faucille de l'astre (appelée néoménie).

L'intérêt d'un tel choix de la NL ou de PL est certain : seules ces deux phases lunaires permettent une comparaison avec le soleil sur la durée, puisque,

- quand la néoménie se lève, le soleil est également à son lever ;
- quand la PL se lève, le soleil est à son coucher.

Ce choix fut peut-être tardif, fait au moment où l'on envisagea une troisième forme de mesure du temps dont il sera question plus loin...

On constata qu'il fallait un nombre presque constant de nychthémères – soit vingt-neuf, soit trente – pour que, sur une longue durée, la lune, passant toujours par ses quatre phases, revienne à une position première constatée. Presque toujours égal à lui-même, le cycle lunaire engendre donc le concept d'une suite ininterrompue, sans début ni fin autres que l'initiale de la Création et son éventuelle destruction.

Le retour de la néoménie marque le début d'un nouveau cycle lunaire – que l'on appela « mois » – mais le lever de l'astre ne s'y fait pas au même endroit de l'orient dans le site. Un nouveau cycle, conçu selon cette observation, beaucoup plus long que le précédent – élémentaire – (puisqu'il est de trente mois), était donc possible si l'on voulait attendre le retour du lever de la néoménie au même endroit du paysage : ce cycle coïncide avec un retour du lever du soleil en position remarquable...

C'est ce dernier cycle qui autorise les religions à envisager l'Eternel Retour du dieu représenté par la lune. Ni l'un ni l'autre de ces cycles lunaires ne rendent compte pourtant du déroulement des saisons terrestres.

2.- Le soleil :

Apparemment, c'est du soleil que dépendent les saisons, si importantes pour l'agriculteur/éleveur sédentarisé.

En observant dans les mêmes conditions que précédemment les levers successifs de l'astre, on put constater qu'il a – comme la lune – quatre phases distinctes qui définissent les saisons : à la différence des phases lunaires, celles du soleil ne concernent pas la forme de l'astre mais bien le climat du monde d'Enbas et les lieux de levers de l'astre à l'orient... De plus, elles sont à la base du phénomène de variabilité des nychthémères constatée précédemment ; en effet,

- lorsque l'été arrive à son maximum, le soleil levant se montre le plus au nord de sa course et, comme il se couche également le plus au nord, la partie du nychthémère appelée « jour » est la plus longue (et la nuit, la plus courte) ; le « solstice d'été » est ainsi défini...
- lorsque l'hiver s'installe dans sa force, le soleil levant est le plus au sud de sa course et le « jour » du nychthémère est le plus court ; c'est le « solstice d'hiver ».
- deux brefs moments de la course solaire enfin donnent le « jour » égal à la « nuit » à équidistance presque parfaite des deux autres phases et on les appelle « équinoxes » ; ils correspondent à l'arrivée du printemps et de la régénération de la nature et à celle de l'automne, moment du dépérissement annuel de la terre...

Tous les éléments d'un cycle solaire sont donc définis, d'une durée de trois cent soixante cinq nychthémères environ que l'on appela « année ». Tout cycle ne peut avoir qu'une initiale conventionnelle et, s'il avait été assez raisonnable de choisir une phase de lune pour initiale, l'élection d'une phase solaire est parfaitement aléatoire.

Les outils nécessaires à l'observation des cycles :

Dans le processus précédent, l'observation des lieux de lever et coucher des deux astres est donc essentielle : orient et occident sont découpés en points qu'il faut repérer de la façon la plus exacte possible. Des outils sont alors nécessaires et ils sont techniquement simples :

. L'éventail :

1. On aboutissait, en effet, notamment pour le soleil, à décrire un « *éventail* » qui permet un repérage du temps à partir d'un point d'origine retenu par convention. Il suffit d'un piquetage au moyen de bois ou de pierres plantées, à moins que l'on utilise les accidents naturels du terrain, pour viser les levers horizontaux des astres et permettre de s'y référer n'importe quand.
2. Cet éventail n'est rien d'autre qu'un angle dans les limites duquel les levers et couchers se produisent et que chaque astre parcourt deux fois (une fois dans un sens, une fois dans l'autre) au

cours de son cycle. La figure géométrique angulaire reste fixe uniquement pour le soleil ; pour la lune, l'angle (légèrement plus grand que celui du soleil, d'environ 10°) se déplace selon un « balancement » régulier compliquant sérieusement la tâche de l'observateur.

3. L'amplitude de l'angle, parcouru par les astres deux fois en leur cycle, varie en fonction de la latitude du lieu et la différence d'amplitude commence à être sensible à partir du demi-degré de latitude.

. Le choix d'une initiale de comptage :

Si la lune s'observe généralement à partir de la néoménie, on retint la position des équinoxes pour le soleil, simplement parce qu'il permet la mise en place d'un découpage orthogonal du site selon des directions appelées « cardinales » : est et ouest étant les lieux de lever/coucher des équinoxes, nord et sud sont en position orthogonale par rapport aux précédents et intéressent respectivement la position de l'observateur : il a la première dans le dos pour faire face à la seconde.

Imaginons l'observation d'un lever d'équinoxe ; en plein sud lorsque le soleil se lève se trouve un point solsticial que l'observateur peut viser ; la détermination du sud précis impose que l'on ait déterminé le point zénithal.

. Le zénith :

Chaque astre dans sa course journalière passe par un maximum : celle-ci, après avoir cru depuis le point de lever, décroîtra alors jusqu'au coucher. Comme seule la visibilité du soleil coïncide avec les sous-éléments du nychthémère, la hauteur maximale de l'astre se produira exactement au milieu du jour, soit à midi ; la mesure de l'ombre portée d'un objet permettra alors de « caler » la clepsydre sur ce moment médian retenu par rapport au début et à la fin du jour. Différentes hauteurs d'un même repère planté permettront de mesurer la variabilité du zénith et de préciser une nouvelle variable de la course astrale dans la durée.

La hauteur maximale des deux courses n'est pas fixe au cours des cycles respectifs et c'est l'observation de ce phénomène qui amena à la constatation que les « astres errants » circulent – dans le ciel cette fois et non par rapport au site terrestre – dans un plan différent de celui de l'horizon.

. Le plan de l'écliptique :

Ce plan a été dénommé « écliptique » et son inclinaison par rapport au plan de l'horizon terrestre fut considérée comme constante ; avec lui, il fallait intellectuellement quitter la terre, relativiser les positions des astres dans l'espace infini et, pour s'en faire une idée, commencer à penser selon la géométrie tridimensionnelle.

Les repères terrestres précédents sont insuffisants pour suivre la course des astres dans cette nouvelle dimension. Sans abandonner les précédents, il fallut en prendre d'autres : les plus aisés à viser étaient directement sur la « sphère des fixes » et c'étaient les étoiles devant lesquelles se levaient et se couchaient les astres errants. Comme la lumière de ceux-ci éclipe généralement les étoiles en lever ou en coucher héliaque ou sélénique, il faut anticiper quelque peu l'observation du lever : ainsi, si l'initiale d'un cycle peut se définir selon la méthode terrestre – ou tropique –, elle peut aussi se définir selon cette nouvelle manière.

Selon les repères du site terrestre, on mesure la course astrale « tropique » des astres-errants ; en repérant leur course sur les étoiles, on obtient une mesure « sidérale ».

Les longues durées d'observation montrèrent alors que la « sphère des fixes » tournait lentement sur elle-même, animée elle aussi du mouvement propre au divin et la conséquence tirée fut d'importance : *temps tropique* et *temps sidéral* retenus pour la durée des cycles astraux n'ayant pas la même valeur, on découvrait une autre qualité du monde divin : nos ancêtres « virent » la précession des équinoxes, ce lent mouvement de rétrogradation, même s'ils ne l'expliquèrent pas immédiatement.

. Le zodiaque :

Puisque les « astres errants » ne se déplacent que dans un plan, on peut ne placer de repères sur la sphère des fixes qu'au long d'une étroite bande ; placée en arrière-plan du plan de l'écliptique, celle-ci est réputée circulaire, puisqu'elle est découpée sur une sphère. Elle est appelé « zodiaque ».

On la découpa en arcs égaux et, comme dans le même temps on cherchait une commune mesure aux cycles lunaire et solaire, on constata qu'il fallait environ douze mois pour atteindre la durée d'une année, même si cette égalité n'est que très grossièrement approximative ; le cercle fut donc découpé en douze astérismes, occupant chacun un arc de cercle de 30° : chacun fut dénommé selon une appellation conventionnelle qui relève du mythe et non de l'observation... Une telle bande était évidemment faite pour suivre l'éventuel déplacement de l'écliptique au cours du temps, en fonction de l'évolution du pôle céleste et de la variabilité de l'inclinaison du plan de l'écliptique sur l'horizon céleste : elle était donc évolutive (note 2).

Pour l'observation des cycles astraux, on décida que, dans tous les cas, ceux-ci débuteraient lorsque la première étoile d'une constellation zodiacale serait en lever héliaque ou séléniqne : ainsi, la néoménie de chaque mois se produit théoriquement en face de chaque première étoile des constellations zodiacales, comme le premier de l'an solaire devrait toujours se produire en face d'une même première étoile. Soleil et lune peuvent ainsi partir ensemble pour des cycles différents : c'est le premier élément du **double comptage**...

Pourtant, au bout de douze mois lunaires, la lune ne se lèvera pas devant l'étoile devant laquelle s'est levé le soleil du premier jour conventionnel de son cycle car elle est en avance de douze jours environ ; avec le soleil de retour à son initiale annuelle, c'est donc pratiquement la PL qui sera au rendez-vous ; et avec le temps, ce même premier jour solaire abandonne lui aussi la première étoile qui avait été retenue ; c'est là une des difficultés des calendriers luni-solaires...

. L'initiale du zodiaque :

Comme pour tout cycle, il fallut décider par convention d'une initiale à prendre sur la circonférence zodiacale ; on décida que celle-ci serait à l'intersection des deux plans, de l'écliptique et de l'horizon céleste – ce qui définit la notion d'équinoxe –, lorsque ladite intersection passerait devant la première étoile d'un astérisme. En fonction de la rétrogradation due à la précession, chaque astérisme a connu où connaîtra un jour une telle situation et quand le point d'équinoxe retenu entre dans une constellation zodiacale, il lui faut environ 2400 ans pour en sortir : cette durée s'appelle ère astronomique.

Comme, par ailleurs, il existe deux équinoxes, il y a deux manières de débiter la série de douze ères zodiacales que compte le cycle de la précession : selon celui d'automne (la mesure annuelle s'appelle alors « *année d'automne* ») ou selon celui de printemps (la même mesure s'appelle « *année de printemps* »). On voit que les équinoxes servent de simple référence à l'année retenue mais ils n'en furent pas l'initiale.

La difficulté de définir une initiale sidérale cohérente saute aux yeux : quel serait l'obstacle suffisamment important dans le ciel observé pour retenir l'attention ? Il n'y en a guère qu'un seul, la barrière que la Voie lactée représente mythiquement dans le ciel que la course des astres errants coupe à intervalles réguliers. Il fut donc décidé que, puisque les levers des astres errants se produisent inéluctablement d'abord sur une « rive » du Fleuve céleste, puis, quelque temps plus tard – et après un franchissement réputé dangereux –, sur l'autre, ce « *Passage* » – cette « *Pâque* » – soit d'un solstice soit d'un équinoxe pourrait constituer le point d'initiale conventionnel ; la Pâque est ainsi devenu le jour initial d'un nouveau cycle réputé divin, parce que de très longue durée...

. « *Année d'automne* », « *année de printemps* » :

L'histoire du Bassin méditerranéen et ses légendes montre que l'on prit d'abord pour référence l'équinoxe d'automne, que les cycles annuels furent comptés en « années d'automne », puis prenant pour référence l'équinoxe de printemps, le temps fut compté désormais – et toujours maintenant – en « années de printemps » ; ce changement de comptage – qui dut avoir lieu au début de l'ère astronomique du Bélier/fin de celle du Taureau (vers -2400 grossièrement) – est une véritable réforme du calendrier et les mythes la reconnaissent comme telle : les douze Travaux d'Héraklès chez les Grecs, la partie du livre de *L'Exode* traitant de la création de la fête de Pâque chez les Hébreux, le plafond de Dendéra chez les Egyptiens, le Chaudron de Gundestrup chez les Celtes traitent de cela...

Par ailleurs – et je n'en aborderai pas le développement ici – les religions replacèrent l'ensemble de la Création et son origine dans ce système de la précession des points d'équinoxe : il y a une lecture possible – et efficace – de la *Genèse* hébraïque ou de l'*Epopée de Gilgamesh* qui donne des repères dont on trouve encore la trace dans des traités d'astronomie...

. et leur « *premier de l'an* » :

A ces années, il faut un « *premier de l'an* » : il apparaît comme la conséquence de la détermination conventionnelle qui précède ; quand on observe le lever des astres errants au matin d'un équinoxe, on détermine,

- une heure du lever – six heures T.U. – ;
- la position de l'est exact ;
- diamétralement opposée à celle-ci, l'ouest exact, lieu du coucher, à 18h. T.U. ;
- une position zénithale de la course de l'écliptique qui est celle d'un des solstices ;

De sorte que, puisque l'équinoxe choisi est référence absolue du temps solaire, on pouvait voir inscrite au zénith la définition sidérale du premier jour de la future année :

- quand on retint l'équinoxe d'automne, les étoiles accompagnant le solstice d'été, début de l'année, étaient au zénith ;
- quand on retint celui de printemps, celles accompagnant le solstice d'hiver était dans la même position.

Il suffit alors d'attendre le lever héliaque de ces étoiles pour célébrer le « premier de l'an » ; ainsi, le premier de l'an de l'année d'automne est au solstice d'été – 25 juin tropique – et celui de l'année de printemps est au solstice d'hiver – 25-12 tropique –. Malgré les aléas de l'histoire, nous sommes actuellement toujours en année de printemps.

Les calendriers :

L'ensemble des résultats fournis par l'observation astronomique peut désormais s'inscrire dans un calendrier ; même s'il ne s'agit plus là d'astronomie à proprement parler, la mesure du temps obtenue à travers l'observation peut trouver application dans un outil, conséquence technique de la science ; ce sera le « calendrier » ; ont été retenues par convention,

- l'existence de nychthémères, éléments de base du mois comme de l'année ;
- une date initiale à l'observation et au comptage ;
- une autre, pour la référence propre au cycle (l'équinoxe solaire et sélénique) ;
- une pour le premier du mois où prend place le premier de l'an ;
- la durée approximative des cycles eux-mêmes, ceux-ci n'étant faits d'un nombre entier de nychthémères : un tel choix, qui engendre par définition une erreur grave, devra être corrigé par d'autres moyens.

On peut, par conséquent, réunir tous ces éléments dans un calendrier en dénommant arbitrairement chaque nychthémère et chaque mois pour s'y reconnaître : c'est ce qui s'est généralement produit ; mais de tels calendriers sont inévitablement faux puisqu'ils ne suivent qu'imparfaitement la valeur exacte du cycle astral sur lequel ils se fondent ; religieux avec peine et rapidement laïcisés, ils sont surtout usités pour le « temps des hommes » dont on n'attend pas une grande précision.

Mais quand on considère qu'un calendrier, pour être à usage religieux, se doit d'être exact, il faut pouvoir en affiner les performances. Or, on vient de voir au moins une source d'erreur. Puisque sa structure est conventionnelle, elle peut s'affranchir de certaines contraintes pour s'en donner d'autres afin que soit respectée entièrement la valeur scientifique des résultats ; en effet,

- faut-il, en introduisant une erreur cumulable majeure, considérer que tous les mois sont de vingt-neuf, ou tous de trente jours ?
- Faut-il faire alterner des mois de vingt-neuf et de trente jours ?
- L'année doit-elle être de 365 ou de 366 jours ?
- Ne faut-il pas d'une manière ou d'une autre, prendre la valeur précise des cycles, avec le plus de décimales possibles ?

La réponse à ces diverses questions ne fut pas identique partout dans les civilisations du Bassin méditerranéen, soulignant qu'il ne faut pas confondre technique du calendrier et observation astronomique.

Recherche de l'exactitude : le calendrier en double comptage...

Cette réponse fut cependant partout de même nature, engendrant ce que l'on appelle le « double comptage » soleil/lune ; un tel type d'enregistrement de la mesure est intellectuellement intéressant car il utilise le principe de la double mesure avec des instruments faux pour obtenir un résultat exact. C'est le principe même de la double pesée du XIX^e siècle. Son application doit être stricte :

- partant de l'observation d'un unique nychthémère commun au lever des deux astres,
- on choisit celui-ci de telle sorte que chaque astre y sera, à son lever, en position remarquable, sur la phase définie par convention comme initiale des cycles observés ;
- en laissant s'écouler les nychthémères, on attend que soleil et lune reviennent ensemble à leur position première :
- ce n'est que lorsqu'ils sont ensemble réunis, à leurs levers, sur la même position tropique ou sidérale de l'initiale – toutes les exigences du début étant retrouvées – qu'un cycle calendaire peut être considéré comme achevé.

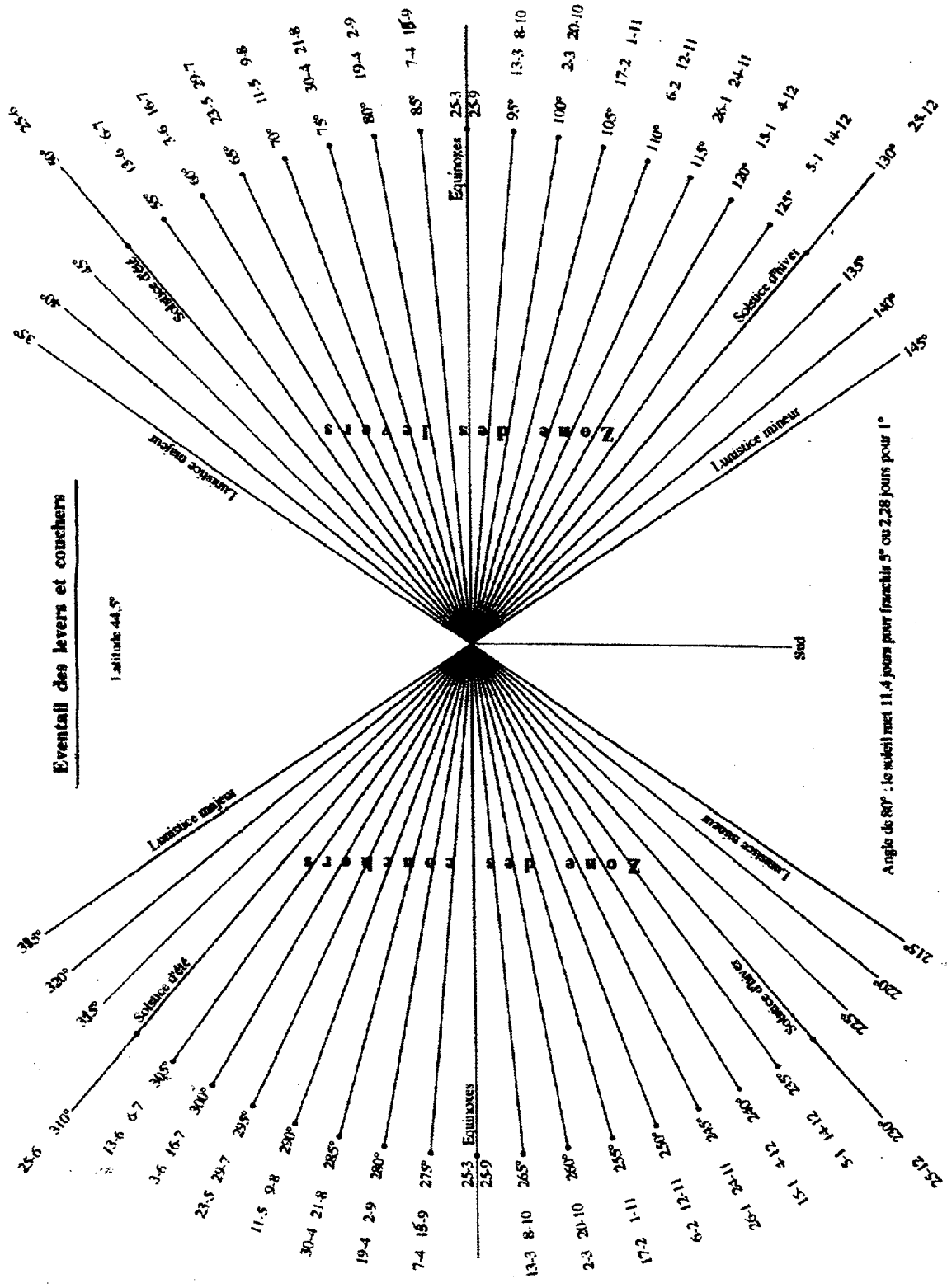
On a alors le choix de diverses structures vides possibles pour la présentation de ce résultat et l'Antiquité méditerranéenne en trouva de nombreuses : les olympiades grecques, le calendrier sothiaque égyptien, les nundines sabino-étrusques repris par les Romains, le calendrier celte dit « de Coligny », etc., en sont des exemples ; aucune des structures vides ci-dessus mentionnées n'a le même nombre de nychthémères que les autres, ce qui prouve que les solutions mathématiques sont multiples.

Tous ont une très grande exactitude – ils n'utilisent que de très minimes intercalations, très loin de notre actuel jour bissextile tous les quatre ans – et certains permettent même la prévision automatique des éclipses (puisque les phases lunaires retenues sont NL et PL seules), à condition que l'on ait pris la précaution, lors du choix de l'initiale, de faire coïncider sur le même nychthémère, en plus des phases remarquables des astres, le début de deux cycles draconitiques (l'un pour le soleil et l'autre pour la lune).

Cette diversité de choix montre que tout calendrier en double comptage inscrit les éléments de l'observation dans une structure vide qui se remplit automatiquement des résultats précédents, étant entendu que tout cycle – calendaire ou non – doit se renouveler exactement à l'endroit même d'où il est parti. Par ce moyen une très grande garantie d'exactitude de la mesure des cycles astraux est assurée. Cette remarque est la justification essentielle des calendriers luni-solaires.

Faut-il alors utiliser, pour eux, une structure vide fondée sur le mois, sur l'année ? L'expérience montre que ni la première ni la seconde formule n'est parfaitement opératoire ; il conviendra donc d'en retenir une autre, fondée sur un nombre entier de nychthémères ; mathématiquement, une solution – celle des Celtes du calendrier « de Coligny » – ne manque pas d'une grande élégance, puisqu'elle retrouve la durée de l'ère zodiacale : la très longue durée de celle-ci ne peut que montrer aux hommes que le « temps des dieux » – dont cette forme jusqu'alors cachée se dévoilait grâce à la technique du double comptage – est, dans son essence, radicalement différent de celui « des hommes ». Aux courtes années des hommes correspondent alors les *Grandes Années* envisagées durant le Moyen-âge, notamment par Gervais de Tilbury au XII^e siècle, et l'Eternel Retour des dieux est un dogme assuré... Le prêtre, s'approchant un peu plus de la nature divine cachée, devenait même capable de prédire le moment théorique des grands phénomènes mystérieux que sont les éclipses, même s'ils continuaient d'ignorer où celles-ci seraient réellement visibles...

LEVERS



... COUCHERS
de Lune et Soleil

P. Tardieu 97

L'ORIENTATION DES EGLISES CHRETIENNES ET CELLE DES TEMPLES ANCIENS

Temples de l'antiquité ou églises de la chrétienté médiévale ont comme caractéristique générale qu'ils ont été conçus pour un unique usage de la communauté qui les a faits : dans leur enceinte ils accueillent la prière collective aux dieux. Une telle définition serait fort banale s'il ne fallait pas mettre en avant que, de nos jours, il se construit peu de bâtiments sacrés dans l'aire culturelle du Bassin méditerranéen, surtout pour la religion chrétienne, et qu'on a oublié – voire désappris – les règles architecturales qui ont par le passé présidé à l'érection de tels bâtiments, ces règles étant moins liées à une utilisation courante qu'à la sacralité reconnue comme expression du divin.

Quand on décide de construire un bâtiment laïc, c'est qu'on en a d'abord déterminé la nécessité, le plus souvent d'ordre économique, quelquefois d'ordre social. Lorsque cette décision est prise et qu'on se préoccupe des financements souhaitables, puis possibles, on met en avant la rentabilité du projet défendu.

Ces préoccupations ont été certes celles de nos ancêtres, mais elles restèrent toujours accessoires pour eux car le fondement de leur réflexion était radicalement différent du nôtre. Ils voulaient évidemment pour leurs constructions des normes de capacité, de commodité, de sécurité mais y ajoutaient un souci d'esthétique obligatoirement lié à la définition du divin et faisaient passer celui-ci bien avant toutes autres considérations : c'est que le divin, idéalement parfait, ne pouvait que vivre, en plus, de la beauté...

Une bonne part de l'esthétique des lieux se conjugait aussi avec l'usage d'importantes mises au point techniques, que les progrès contemporains ont rendu maintenant obsolètes : dans l'amplification des sons par exemple, on a perdu la nécessité de l'usage des coupoles couvrant un lieu ou du nombre d'or unissant l'expression esthétique du beau à l'efficacité permettant à un pontife dont la voix portait peu (parce que l'âge ou la nature l'en rendait incapable) de se faire entendre des fidèles d'une grande nef...

En fait, si nos siècles ne sont plus depuis longtemps ceux des grandes cathédrales, c'est que personne ne médite plus sur ce qui fait qu'un lieu, construit ou non, peut être sacré...

Cette soumission de l'architecture à une définition du sacré abandonnée désormais est fondamentale pour comprendre notre patrimoine religieux médiéval ; c'est elle qui justifie l'application de règles de construction particulières.

Est-on assuré, par exemple, de l'exactitude de l'affirmation cent fois entendue, disant que l'obscurité des églises romanes viendrait de l'incapacité des constructeurs à éviter les murs ? De nombreux contre-exemples peuvent être présentés, indiquant que toutes les notions nécessaires à l'évidement de la muraille étaient connues dès le X^e siècle, peut-être même avant. La raison de l'obscurité de ces bâtiments pourrait être dans l'application stricte du principe de sacralisation d'un lieu précis par la lumière naturelle des astres : pour souscrire à une représentation intellectuelle du sacré, il fallait alors la concentrer sur l'autel comme au moyen d'un spot électrique. Alors, l'usage du verre était rare et sa technique difficile ; on n'était pourtant pas très loin de l'emploi des verres colorés : quand cette technique fut rendue possible par le progrès, ce fut la coloration de la lumière sacralisante qui fut recherchée et généralisée, aux temps gothiques évidemment...

Enfin, la soumission de la technique à l'idée du sacré eut une application précise : on orienta ou on « occidenta » les bâtiments religieux selon des positions astrales.

« Orientation » d'un bâtiment :

Parler d'orientation pour les églises suscite presque obligatoirement une confusion de sens de nos jours : toutes les églises seraient tournées en direction de l'est. Or, ce n'est pas ce que disent les mots latins correspondant à « orientation » : rétablissons donc les faits précis en gommant toute approximation source d'erreur. Une église est orientée quand son abside est dirigée vers le lieu du lever des astres et cette direction n'est l'est que quelques jours par an aux équinoxes... Le reste du temps, l'orient se définit en fonction de l'éventail que je vous ai présenté par ailleurs.

Ainsi, l'orientation des églises se détermine à la boussole et l'angle précis obtenu correspond à un calendrier dont il conviendra d'indiquer le fonctionnement.

Ce qu'est un temple :

Le processus de construction d'un bâtiment sacré ne dépend pas de l'architecte maître d'ouvrage, mais du prêtre qui en commande l'exécution. Construire un temple ne consiste pas à installer un volume sur une surface réputée constructible ; le terme latin de *templum* déjà utilisé indique en effet qu'un lieu sacré est avant tout un espace-temps particulier découpé pour l'éternité dans le tissu général de l'Univers observable.

C'est parce que les religions méditerranéennes ont toutes revendiqué la croyance en un dieu maître du temps cyclique que leurs divinités, soumises à des cycles inconnus à l'homme, peuvent quitter leur résidence d'Au-delà pour venir « s'incarner » dans le monde d'En-deçà ; le divin n'est pas libre de choisir son lieu de résidence et ce sont les paramètres propres à la définition de son cycle temporel qui gèrent cette question. L'un de ces paramètres est la visibilité des éclipses au lieu de la théophanie ; si, au moment de cette dernière, une éclipse a eu lieu, la preuve de cet événement était en quelque sorte fournie aux humains par le monde divin lui-même.

De sorte que, quand un dieu s'est montré en un certain lieu sur terre, c'est parce qu'il y était contraint par le cycle temporel qu'il vivait. Mieux même, son apparition, sa théophanie en ce lieu, est immuablement liée à une certaine date du temps des hommes. L'éclipse qui s'était produite lors de la première observation de la théophanie, sa valeur aussi (de soleil ou de lune) qualifiait le dieu ou la déesse qui en était à une origine de son cycle sur terre. Ainsi, pour rencontrer Monsieur Saint-Jacques – avatar chrétien d'une divinité plus ancienne –, il est absolument vain de penser le faire ailleurs qu'à Compostelle à une date autre que le 25 juillet et la rencontre avec ce « dieu » qui se reproduirait lors d'une éclipse de soleil visible depuis la basilique manifesterait le grand Retour de la divinité en son site.

La croyance en l'Eternel Retour des dieux qui sous-tend l'affirmation précédente a pour conséquence l'existence des pèlerinages, chrétiens ou non. Un temple n'est ainsi que la matérialisation pour les hommes religieux d'un mémorial du passé divin et de l'espérance du retour de ce même moment en ce même lieu.

Le choix du terrain et de la date :

La naissance à la Terre d'un dieu – ce que l'on appelle « théophanie » – est toujours liée à un lieu, à une date et sans doute à une éclipse. C'est pourquoi l'érection d'un temple est nécessaire à l'endroit précis de toute théophanie et l'espace retenu pour sa célébration – espace appelé « temple », qu'il soit construit ou non, – est, en fait un « espace-temps » (si l'on peut dire) puisqu'il n'est sacralisé qu'à la date mémoriale de l'événement divin.

Le choix de l'emplacement d'un temple ne peut donc être laissé qu'au prêtre habilité à lire les traces de la présence divine sur terre. C'est le « pontife » qui déterminera la superficie d'un enclos sacré à l'intérieur duquel une divinité sera présente pendant un temps limité de son cycle temporel.

A l'intérieur même de cette clôture, il déterminera avec grande précision le point d'apparition du dieu ; ce sera au bord d'une source jaillissante – comme Mélusine à Lusignan ou la Vierge à Rocamadour –, si le dieu ou la déesse viennent d'Au-delà en En-deçà par les eaux souterraines, ou au bord d'un marais – comme la déesse célébrée au lieu où existe maintenant l'abbatiale d'Airvault en Poitou –, à l'issue d'une grotte – comme Saint Michel au Mont Gargan ou au Mont-Saint-Michel, ou la Vierge à Lourdes –.

Quand on ne sait pas par quelle voie le divin est venu, on lui établira son temple à l'endroit où il s'est manifesté à un homme, par une statue dans un fourré ordinairement inaccessible – comme pour l'abbatiale de Mauriac, entre autres –, par des paroles suscitées dans les branches et par le mouvement des feuilles de telle espèce végétale – comme Apollon à Dodonne ou la Vierge de nombreuses chapelles (du Chêne, des Tilleuls, etc.) –.

C'est pourquoi la détermination des lieux sacrés semble être acceptée par toutes les religions se succédant en un même lieu ; le christianisme a repris ainsi à son profit, et sans en changer les caractéristiques, beaucoup de lieux païens en les christianisant : c'est le cas à la cathédrale de Chartres sous laquelle se trouvent toujours dolmen et fontaine sacrée, à Notre-Dame du Puy dont le chœur engloba un dolmen dont on a toujours gardé la table, etc.

L'observation des astres :

La détermination de la date précise de l'événement divin qui a suscité l'érection du temple engendre la nécessité d'un calcul précis de la mesure du temps que ce soit dans sa valeur tropique ou dans sa valeur sidérale.

1.- en temps tropique :

En effet, il conviendra que la théophanie soit fixée dans le calendrier des hommes, et sa date ne peut être ici qu'en temps tropique puisque tous les calendriers humains sont décomptés dans cette valeur. Lorsque les astres – soleil et lune – seront à leurs levers au jour de la théophanie, le nychthémère correspondant recevra une qualification qui permettra aux hommes de le repérer ; en un lieu, soleil et néoménie lunaire se lèveront « *tropiquement* » derrière tel relief du paysage ; ce dernier sera donc retenu comme définition de l'instant de la célébration rituelle de la théophanie.

Ainsi, l'abbatiale de Conques est construite à mi-pente d'une vallée fort encaissée d'où les levers astraux ne sont pas visibles à l'horizon. On sait qu'un des patrons de cette église, sans doute le plus connu, est sainte Foy dont le « natalice » – date de son martyre, celle de sa « naissance » au monde d'Au-delà – est célébré au 6 octobre. Quand on est sur le site de l'abbatiale Sainte-Foy au lever des astres du 6 octobre, on pourra constater que le soleil entre autres, sort de la paroi orientale de la falaise par une entaille dans la roche qui lui permet de venir dans l'axe longitudinal de la construction... Il en va de même sur le site de Rocamadour, par exemple, et dans de très nombreuses constructions chrétiennes sacrées.

Par des moyens tropiques de ce type, la date mémoriale peut être inscrite dans une construction religieuse, selon des règles complémentaires qui seront exposées plus loin.

2.- en temps sidéral :

Cette même date mémoriale doit également être reconnue selon le temps des dieux, donc en référence à une mesure sidérale. On relèvera alors les constellations en lever héliaque ou sélénique sur le site. Ces constatations serviront dans le développement de la *légende dorée* propre au lieu et à la divinité qui y est célébrée ; ainsi, dans la légende de fondation de Notre-Dame de Mauriac, il est dit que Théodechilde, la fille de Clovis – vainqueur des Wisigoths ariens de Toulouse – avait été chargée par son père de construire à Mauriac une abbaye devant servir de modèle à une orthodoxie manquant fort au pays et maintiendrait, en plus, l'ordre du royaume franc du Nord dans ce lieu de frontière.

Or, elle ne savait pas où construire son abbatiale ni à qui la dédier. C'est une apparition miraculeuse qui la guidera sur cette voie délicate : une statue d'or de la Vierge, encadrée de deux lions d'or également, fut aperçue par elle dans l'obscurité de la nuit ; cette légende peut être traduite en langage astronomique, puisque le lever de la néoménie début de mois devant la constellation des Lions n'est visible qu'au début de septembre à l'orient du ciel ; l'abbatiale sera donc dédiée à la fête de la Nativité de la Vierge, au 9 septembre...

De telles légendes de fondation sont très fréquentes et peuvent toutes être interprétées de cette manière... Il en va de même pour la plupart des grandes fêtes du Bassin méditerranéen ; ainsi, la célébration de la Création de Rome est explicitée par une sorte de « logo » que l'on rencontre sur beaucoup de monnaies et qui est connu de tous : la Louve allaite les Jumeaux sous le Figuier des bords du Tibre... On peut remarquer que tous les éléments qui le composent sont également des astérismes visibles dans le ciel : le Loup est un paranatellon proche du Scorpion et visible très brièvement au lever du soleil de l'équinoxe d'automne, le 25 septembre tropique ; le Tibre et le Figuier sont deux représentations de même valeur de la Voie lactée qui « coule » alors du Scorpion – et d'Héraklès – précisément vers les Gémeaux et Orion : l'arbre aura alors ses racines, son tronc et son feuillage depuis le Scorpion jusqu'à Orion... Chez les Grecs, les Chênes sacrés de Dodonne ont le même type de justification et l'ensemble de la *légende dorée* met en avant des considérations du même type, donnant ainsi les grandes dates annuelles des cultes qu'on y pratiquait ; mêmes les disparitions d'Apollon partant au banquet des dieux et remplacé par Dionysos, son Gémeau, le temps de sa disparition ont une justification astronomique puisque l'on sait bien que les deux grandes constellations d'Orion et d'Héraklès, situées chacune à l'opposé dans le ciel, sont alternativement visibles au cours d'une année.

Ainsi, chaque temple peut rendre compte en un lieu, de la date essentielle aux rituels qu'on y célèbre...

La sacralisation du lieu :

On sait, au moins par la civilisation romaine, comment l'haruspice pratiquait pour choisir les emplacements des temples. Il délimitait dans le ciel, depuis sa tête, un angle théorique à l'intérieur duquel il pratiquait l'observation astronomique nécessaire pour déterminer les critères permettant de lire la présence divine dans le paysage : cela lui permettait de relier l'homme au divin et d'insérer ce site dans l'infini de l'espace. Ce que l'haruspice étrusco-romain faisait, d'autres prêtres le réalisaient également dans toutes les civilisations du Bassin méditerranéen, en Gaule comme en Libye, en Espagne comme chez les Hébreux, presque dans les mêmes termes.

A la base de cette pratique, se trouve l'idée de sacralisation d'un lieu et d'un moment par la survie de la lumière astrale : il faut qu'au moment mémorial précis de la théophanie, la statue représentant le dieu soit baignée de la lumière astrale de telle sorte que les sacrifices pratiqués au même instant soit recevables par le divin.

On voit les conséquences possibles d'une telle idée dans ses applications architecturales : ériger une construction permettra – par la mise en place d'ouvertures dans la maçonnerie – de canaliser la lumière à des instants précis sur des lieux sacrés et de transformer une lumière naturelle diffuse en jets d'autant plus violents que l'architecte les aura contraints par son art. Une autre conséquence nous est connue, même si elle n'a pas attiré notre attention : tous les sacrifices religieux ont lieu soit au lever soit au coucher du soleil et on sait que la lune, dans deux de ses phases remarquables, peut également baigner de sa lumière le lieu du sacrifice.

Le geste du prêtre

Le geste de l'haruspice procédant au choix d'un site sacré avait donc lieu au moment même et à l'endroit précis où, plus tard, se feront les sacrifices ; dans les églises chrétiennes encore, le système est identique : faut-il rappeler que les prêtres célébraient leur messe quotidienne au moment du lever du soleil puisqu'on les appelait « messe de l'aurore » ? Revenons à notre haruspice :

1.- Avant le lever du soleil, il prenait place sur le terrain à construire ; l'endroit où il se trouvait deviendra le lieu exact de l'autel dans la construction. C'est le seul lieu qu'il faut tenir pour véritablement sacré de l'ensemble culturel.

2.- Tourné vers l'orient au moment du lever des deux astres, soleil et lune, il dessinait, au moyen de sa crosse de prêtre, un angle dont il était le sommet ; à l'intérieur de cet angle, il observait ce qui se passait, moins les passages d'animaux ou d'oiseaux que la course même des astres ; en effet, juste avant le lever du soleil, on a devant les yeux toute une série de constellations encore brillantes dans le ciel qui se charge de lumière. C'est assez dire que, pour quelqu'un qui connaît tant soit peu les étoiles et leurs places dans le ciel selon la saison, c'est à une observation astronomique qu'il se livrait : agir ainsi, c'est inscrire la future construction et le lieu sur lequel elle sera établie dans une sorte de calendrier à valeur cosmique, donc dans une éternité qui les rapproche de l'essence divine. Les présences d'animaux dans ce *templum* n'étaient alors relevés qu'à titre indicatif de signes religieux, de même nature que ceux que l'on vient de voir dans les légendes de fondation.

3.- Les droites virtuelles qui « ferment » l'angle défini par le geste du prêtre permettent de mettre en évidence les limites extrêmes de la course du soleil dans le paysage, autrement dit, les positions observées des levers des solstices et le geste n'a alors plus rien d'arbitraire... La position astronomique du Christ de l'équinoxe et du solstice d'hiver doit être repérée sur l'horizon à partir de l'autel de la future église pour que, lors de la messe de l'aurore au jour patronal à l'autel consacré, le prêtre soit immergé dans la lumière sacralisante et divine.

Les autres matins, lors des autres messes de l'aurore, par la constatation de la mobilité de l'angle que fait son corps ancré sur l'axe de la nef et le soleil levant, le desservant prend conscience du lent mouvement céleste de la construction dans le site et dans le cosmos, parce qu'il se situe en référence au Christ. Par opposition à l'éternité du divin, il vit avec la plus grande acuité la fuite lente et inexorable du temps qui le tue, aspirant d'autant plus à rejoindre un monde qui lui reste interdit durant sa vie terrestre...

4.- La droite théorique reliant le prêtre au point où se levait le soleil devait ainsi être mémorisée en priorité, par piquetage, car c'est elle qui deviendra l'axe de la future construction. On obtenait ainsi une direction cosmique, affectée au bâtiment de pierre, matérialisant une double date dans l'année.

5.- Le soleil ne se lève pas au même endroit tous les jours de l'année et rien qu'en observant le lieu précis de son lever on peut mettre en place un « calendrier » qui vaudra pour la latitude du lieu d'où l'on observe. Parce qu'un tel calendrier met en jeu d'autres valeurs que celles qui régissent le monde des hommes, ce qu'il annonce permettrait d'approfondir ce qu'est le divin...

On voit que, lors de la christianisation du pays, il n'existait aucune raison majeure d'interdire le ré-emploi de ces grandes directions mystiques, le Christ n'étant pas venu détruire les choses existantes et raisonnables, mais les accomplir. D'autant qu'il s'agissait alors de savoir théologique auquel n'avaient pas exactement accès l'ensemble des fidèles nouvellement convertis. Les chrétiens ne s'y sont pas trompés, eux qui ont défini une « année liturgique » qu'ils utilisent toujours, même si elle n'a que peu de sens pour les fidèles actuellement...

Le calendrier liturgique chrétien :

Comme tout calendrier, celui des chrétiens est fait d'un nombre entier de nychthémères qui, chacun, portent un nom qui les personnalise, il a début et est fait de deux sous-éléments égaux et complémentaires ; son premier de l'an est aux Quatre Temps d'hiver, presque à la Saint-André du 30 novembre, au premier dimanche de l'Avent ; ce premier « semestre » rappelle le mémorial de la vie en En-deçà du Dieu, sa Nativité au solstice d'hiver, sa vie publique à partir de son baptême par Jean le Baptiste ; il culmine avec le Temps de la Passion dont le haut moment est Pâques, à la Pleine Lune suivant l'équinoxe de printemps ; il s'arrête enfin à la fin de la célébration complexe de la Résurrection, au Temps de Pâques. En somme, six mois pour le souvenir de l'aventure tragique, humaine et divine, d'un Dieu incarné...

Les six autres mois ne sont pourtant pas moins importants, car ils sont consacrés à un avenir inconnu des hommes : ils célèbrent le Temps de l'attente, celle d'une Parousie donc d'un Retour, et culminent avec l'espérance du Jugement dernier, alors que le Christ refermera le Temps ouvert lors de la Création.

L'année liturgique chrétienne se distingue donc de l'année civile, au moins par l'initiale qu'elle s'est choisie ; mais il y a plus : elle se répartit – ce que ne fait pas la première – en sous-éléments également importants, l'un le semestre, l'autre la semaine qui reproduit le temps qui fut nécessaire à Dieu pour achever la Création et, dans ce cadre seulement, le dimanche est bien « jour du Seigneur », initiale et fin d'un tel sous-élément...

Si l'année civile est faite de jours qui se ressemblent tous, regroupés en mois inexacts, l'année liturgique distingue chaque jour par un nom qui lui est propre et le jour prend rang dans la seule semaine ; on ne rencontre pas le 11 novembre de nos calendriers, par exemple, mais la Saint-Martin... Autrement dit, à chaque jour est affecté le nom d'un élu remarquable – saint ou sainte – et on désigne par ce moyen une position particulière du soleil levant sur l'horizon visible des hommes et sur le ciel immuable des dieux.

Comme, par ailleurs, chaque église porte un nom d'élu, cela signifie que le bâtiment représente une position précise d'un astre – soleil ou lune – au cours de l'année, repérée et insérée en plus dans le ciel, monde des dieux : un temple chrétien – comme c'était aussi le cas pour les temples « païens » –, est ainsi la matérialisation physique d'un moment d'éternité inscrit dans un paysage terrestre. Il est donc rationnellement impossible de soustraire l'église au site sur lequel elle est installée.

L'église, instant de sacré dans un lieu choisi

Ainsi, le prêtre affecté au service divin pratique chaque jour la messe-sacrifice qui reproduit l'unique sacrifice du Christ au moment de sa Passion et de sa Mort ; il accomplit les gestes de la mémoire par délégation en quelque sorte du dieu qu'il sert.

Ce n'est qu'exceptionnellement dans l'année liturgique qu'il dit des messes qui ne prennent pas place au lever du soleil ; en fait, il n'en existe qu'une seule obligatoirement dite à une autre heure que celle du lever du soleil, c'est celle de minuit au solstice d'hiver et elle est mémoriale de la Nativité.

Une telle particularité nous renvoie encore à une exigence scientifique pour qui veut établir un calendrier ; cet instrument ne peut exister et fonctionner qu'à partir du moment où on lui a défini l'initiale de convention qui transforme la succession ininterrompue des années en une chronologie, en une Histoire, à partir de laquelle la vie des hommes a une justification collective. Ce qui a été dit précédemment de

« l'année liturgique » ne donne pas encore sens à l'histoire des hommes, car il y manque toujours un point de départ du temps mesuré.

C'est la date de l'Incarnation qui installe le réel calendrier ; le Christ naît au début de l'ère astronomique des Poissons, il clôt celle du Bélier de Moïse et Aaron et ouvre les temps nouveaux ; à 0h., le jour de l'équinoxe de printemps qui définit le début de l'ère et qui est référence de notre « année », il s'incarne pour naître au solstice d'hiver qui suit, à 0h. : le voilà donc symbole total de « l'année de printemps » que les hommes utilisaient déjà depuis quelques siècles. Par l'équinoxe, il est référence d'observation astronomique, par le solstice d'hiver, il est début de l'année observée par l'astronome.

1.- Il devient alors fédérateur de toutes les églises que l'on a construites en l'honneur du Père et pour le service divin ; il leur donne sens et perspective ; c'est à cause de lui que le temps divin est révélé aux hommes dans toute sa plénitude, par l'intermédiaire de chaque construction qui marque architecturalement un moment privilégié du temps de Dieu grâce à l'art de la pierre – celui d'un lever de soleil déterminé inscrit dans un lieu – .

2.- En conséquence, le divin n'habite pas en permanence chaque construction qui lui est dédiée : il n'est venu qu'une seule fois au lieu de construction – parce qu'il y fut contraint par sa nature – lors d'une « théophanie » que continuent de célébrer les hommes et dont le prêtre spécialisé de tout à l'heure leur a précisément révélé le lieu et la date au moyen de la définition du « *templum* » ; mais, parce qu'il y est déjà venu une fois, sa nature, cyclique comme le temps, le contraindra forcément à y revenir. On voit par là que la nature du divin, éternelle parce qu'elle possède le Temps, impose la croyance à l'Éternel Retour et la nécessité des pèlerinages humains : tout être qui en accomplit ne peut que voyager, chaque année si possible, pour se rendre au lieu de théophanie avérée pour y espérer la rencontre mystérieuse qui ne manquera pas de se produire un jour ; s'il a la chance d'y venir au moment où s'achève un cycle divin, alors il y aura fusion des deux natures, humaine et divine ; les temps du dieu et de l'homme convergeront en un seul creuset, pour un unique embrasement au cours duquel tout est possible. Hors de ce jour, il serait vain de croire à l'éventualité d'une rencontre impossible...

C'est la raison pour laquelle, hors du temps de la fête patronale, les églises ont pu servir d'hôpital ou d'hôtellerie sans qu'on ait à les considérer profanées.

Les entrées du pays frontière dans le monde des hommes :

Les deux mondes du début de la Création s'opposent en tout parce qu'ils sont complémentaires : l'un - celui d'En-haut - est séjour de l'éternel et l'autre, celui du créé et des hommes. Et tous les deux ont une frontière dont l'eau est l'élément commun principal, nous l'avons vu...

La muraille créée par Dieu, si elle est hermétique, peut ne pas être toujours étanche ; elle peut même être perméable au passage du dieu de l'En-haut vers l'En-bas ou au passage inverse des âmes des morts vers un Paradis inaccessible aux vivants. Ces « portes » s'ouvrent et se ferment à des dates précises du calendrier, mais nous n'en parlerons pas.

Nous venons de voir que les lieux où, mystérieusement, l'eau sourd de la roche dure à la lumière de notre monde peuvent être la matérialisation d'un passage possible ; quand une source coule à l'inverse de son penchant habituel (ainsi que le fait celle qui est à l'intérieur de la grotte préhistorique de Pechmerle, auprès des deux Juments peintes) parce qu'elle jaillit du plafond de la grotte pour tomber en cascade dans l'intérieur de la terre, est évidemment encore davantage marquée du signe divin ; peut-être un tel signe aurait-il pu être reconnu déjà dans un lointain passé... Toutes les sources ne sont pas passages, mais certaines seulement tirent d'une particularité un caractère sacré fort antique, parce qu'elles ont été reconnues comme lieu d'une manifestation divine dont les hommes se souviennent... Il en va de même pour les roches qui peuvent aussi servir de frontières aux dieux entrant dans notre monde et c'est pourquoi les grottes sont quelquefois objets de vénération et de pèlerinages.

Ces grottes laissent aussi couler des eaux souvent guérisseuses parce qu'elles sont le territoire d'un dieu ou d'une déesse de la médecine. Généralement, l'église chrétienne des origines a repris à son compte, même sous forme d'un culte populaire, des pratiques plus anciennes en installant à proximité de ces points telle chapelle ou église dédiée à un saint qui n'est alors que le successeur d'un antique dieu qu'on priait toujours sans pour cela être totalement païen...

Il suffit de les redécouvrir pour éclairer un pan essentiel de notre patrimoine.

¹ : Ces textes sont accessibles dans R. Labat, etc., *Les religions du proche-orient, textes et traditions sacrés babyloniens-ougaritiques-hittites*, Paris, Fayard-Denoël, 1970.

² : Les astrologues transformèrent les douze constellations en « signes » figés auxquels furent attribuées des qualités qui ne relevaient plus que du mythe : les signes du zodiaque, astrologiques, n'ont plus rien à voir avec l'astronomie, surtout depuis que l'initiale de ce cycle a été bloquée par Hipparque au II^e siècle avant notre ère sur le premier jour du Bélier.

10.0

SENSIBILISATION DU GRAND PUBLIC

PAE au Lycée FOCH de RODEZ : D. FENIOU

« Pollution Lumineuse » et planétarium : L. CORP
R. LENDORMI

SUPPLEMENT ANNEXE : Rapport Mme TAKVORIAN

PAE au Collège J. BOUIN (3^{ème}) et Lycée BENOIT (2^{ème}) année 1994/1995

10.1. Rapport de la commission : Sensibilisation en milieu scolaire
PAE du lycée Pro. Foch de Rodez - Jean François Graffand, rapporteur

Sauvons la nuit !

Projet présenté dès le mois de juin 98 afin de sensibiliser les professeurs du lycée général et du lycée professionnel.

Les objectifs annoncés sont d'ouvrir l'enseignement à l'actualité, de sortir des « savoirs » pour aller vers les « savoirs-faire », ou « apprendre autrement », démarche pédagogique surtout développée en lycée professionnel.

Dans cette classe de 1° Bac Pro bureautique, il s'agit de développer des méthodes différentes d'acquisition de connaissance, en français, en histoire-géographie et en anglais par exemple.

Savoir gérer les sources de la documentation, les différents types de documents et appréhender les nouveaux outils tels qu' Internet sont des moments importants à intégrer dans les études. Une conférence en anglais a même eu lieu, événement rarissime, l'intervention de David Crawford, très réussie qui a expliqué le rôle de l'IDA et répondu aux questions des élèves.

En arts plastiques les élèves poursuivent leurs travaux dans le but de créer une affiche voire un logo pour le concours de l'IDA et de l'ANPCN.

Dans le cadre des formations aux nouvelles technologies, le Ministère de l'Education Nationale a organisé les « Netd@ys 98 », rencontres européennes sur le Net, et les classes sont invitées à participer. La classe de 1°BPL va proposer un questionnaire sur la protection du ciel nocturne qui sera disponible à tous.

Enfin, ce projet reste peu coûteux et devrait se conclure par une visite à la Cité de l'Espace à Toulouse, afin de bien faire comprendre ce que représente la voûte céleste.

Présentation du PAE du Lycée Professionnel Foch 1 rue Vieussens 12000 Rodez

Sauvons la nuit !

Pourquoi et comment protéger le ciel nocturne ?

OBJECTIFS :

Sensibiliser le public scolaire à un problème d'environnement majeur
Apprendre à protéger la voûte céleste, patrimoine de l'humanité
Agir pour sauver la nuit menacée par l'éclairage, les débris spatiaux et les interférences radio
Lutter contre la pollution lumineuse - Promouvoir les bons éclairages pour retrouver un ciel noir

POURQUOI CE PROJET ?

Il s'inscrit dans une démarche de pluridisciplinarité :
Plusieurs enseignements sont concernés, le français, l'anglais, la connaissance du monde contemporain, les arts plastiques dans cette classe de Première Bac Professionnel bureautique.
Il s'agit de développer des capacités de communication et d'expression, d'acquérir des techniques et des méthodes et enfin de tendre vers l'appropriation d'une culture active et ouverte.

ACTIVITES ET ACTIONS EN COURS DE PROJET

Constats

de lieux de pollution du ciel nocturne : safari photos dans et autour de Rodez - Analyses

Recherche

de documentation et réalisation d'une expo au CDI et conférence de presse prévue octobre

Création

d'affiches et logos et Expo - concours ANPCN et Ida

Création

d'un jeu informatique « Sauvons la Nuit » questionnaire qui sera présenté par le serveur du rectorat pour les Netd@ys 98 prévus fin octobre (Internet)

Conférences

Président du Centre de Protection du ciel nocturne et de 4A Andromède
(Astronomie Aveyronnaise) L.CORP

Astronome et Protecteur du ciel nocturne

David CRAWFORD : Président de l'IDA - Tucson AZ/USA -Vendredi 2 Octobre 98

Visioconférences

avec un partenaire américain qui va travailler sur ce projet

Visites

Lieux à problèmes et améliorés ?

Planétarium de Salles la Source/ Cité de l'Espace Toulouse

Congrès de Rodez de Protection du Ciel Nocturne - Rodez - Les 3 et 4 Octobre 98

Les Netd@ys 3° Semaine d'Octobre 98

10.2.

A.N.P.C.N.

Congrès de Rodez 3 et 4 Octobre 1998

R. LENDORMI

ROLE DES PLANETARIUMS DANS LA SENSIBILISATION AUX PROBLEMES DE POLLUTION LUMINEUSE

L'outil :

C'est un lieu de spectacle.

C'est aussi un lieu de réflexion, de sensibilisation : Il faut donner envie au public d'aller observer, les descriptions sont plus faciles en salle mais ne remplacent pas l'observation du ciel. L'idéal étant d'alterner les deux.

Quelques petites expériences à réaliser sous la coupole :

A la fin de la séance, quand l'œil est bien habitué au noir, il suffit d'allumer brièvement une lampe de poche dirigée vers le sol pour faire comprendre l'intérêt du noir dans l'observation du ciel.

On peut aussi faire monter en puissance la lampe rouge associée au projecteur et faire "compter" les étoiles qui restent visibles.

Hors coupole, des maquettes de lampadaires associées à un luxmètre peuvent sensibiliser aux problèmes d'éclairage.

La pollution :

On peut varier le vocabulaire selon le public : gêne, nuisance, pollution...

Les petits planétariums permettent un échange plus facile avec la salle. C'est le cas au planétarium de Salles la Source, près de Rodez. Différentes phases sont envisageables :

Après avoir décrit le ciel du soir sous la coupole, on peut sortir dans la cour du musée (éclairage très faible) et comparer, puis monter sur le causse voisin, loin de toute lumière et comparer à nouveau ; on peut aussi faire repérer dans le lointain le halo dû à Rodez. On peut aussi utiliser la carte de l'Europe de nuit pour faire comprendre que la région est privilégiée par rapport à Toulouse, Paris, la Belgique...

Il faut sensibiliser le public avant qu'il ne soit trop tard. Il est plus facile de ne pas trop éclairer que de modifier un éclairage déjà existant.

«Pollution lumineuse» et Planétariums

Laurent CORP

Président du Comité National pour la Protection du Ciel Nocturne

Le ciel nocturne est de plus en plus victime des lumières des grandes villes. Les Planétariums peuvent-ils jouer un rôle de sensibilisation du public ? Eléments de réflexions.

Cela fait maintenant près de vingt ans que j'ai lu mon premier livre d'Astronomie et regardé le ciel. Le souvenir que j'en ai gardé est l'image d'un ciel bien noir où les étoiles scintillaient beaucoup, c'était très beau.

En 1983, grâce à l'encouragement de quelques passionnés, l'Association Andromède d'Astronomie Aveyronnaise (4A) est née et en 1985 nous avons trouvé un terrain d'observation à 15 km de Rodez. C'est sur ce terrain que nous observons depuis de nombreuses années. Un soir nous faisons des photos d'un amas d'étoiles et tout d'un coup nous fûmes agressés par.... le "faisceau laser" d'une discothèque qui balayait le ciel; nous avons appris plus tard qu'elle était à plus de 20 km mais notre photo fut inutilisable.

Aujourd'hui, les membres de 4A ont été obligés de construire leurs observatoires aux différents coins de l'Aveyron pour retrouver un ciel bien noir et exempt de lumières parasites.

Pourquoi le ciel se dégrade ?

Tout simplement parce que les peurs ancestrales de la nuit ressurgissent et que nous voulons recréer le jour en pleine nuit, et enfin à cause des facteurs suivants :

- l'extension des agglomérations.
- le sentiment d'insécurité qui grandit dans les grandes métropoles.
- l'éclairage "sauvage",
- les discothèques équipées de "faisceaux lasers" qui balayaient le ciel et qui sont visibles à 20 km du point d'émission,
- l'absence d'une réglementation sérieuse sur ce thème..
- la surproduction nationale d'électricité et de ce fait l'éclairage est un moyen sûr de consommation d'énergie, quelques soient les saisons !
- l'activité volcanique (là au moins nous n'y pouvons rien), le dégagement de



*Europe by night ... (Document NOAA - US Geological Survey)
édité en cartes postales par l'Europlanétarium de Genk*

manière conséquente des poussières par l'industrie qui augmente la diffusion des halos.

La Belgique, la Côte d'Azur sont complètement sinistrées, le ciel a disparu, on n'y voit guère que la Lune et quelques planètes. Les observations astronomiques dignes de ce nom ne sont possibles qu'à 100 km des grandes métropoles.

Nous savons très bien que l'éclairage public est indispensable à la sécurité des personnes et des biens mais souvent un éclairage mal conçu ne sécurise

pas mais agresse à cause de sa trop forte puissance ou de sa mauvaise orientation.

On peut diviser en quatre les grandes "sources" de nuisances :

- l'éclairage des villes
- les enseignes lumineuses horizontales
- les éclairages de bas en haut des monuments et des ponts.
- les "faisceaux lasers" des discothèques, depuis peu soumis à autorisation du préfet.

On peut aussi diviser en quatre les catégories de communes :

- les grandes villes

- les villes moyennes
- les petites villes
- les villages

Quels en sont les effets ?

Les effets que l'on constate le plus souvent sont divers et variés :

- les animaux confondent la nuit et le jour (par exemple les étourneaux chantent tout le temps).
- les êtres humains sont perturbés dans leur sommeil à cause de l'éclairage qui illumine nos habitations.
- les marins ne peuvent plus accoster la nuit.
- les astronomes sont obligés de s'éloigner des villes pour continuer leurs observations.

Que faire ?

Si pour commencer nous ne disions pas "pollution lumineuse" mais un terme un peu moins agressif comme "gêne lumineuse", il serait mieux compris auprès des instances dirigeantes et du grand public.

Souvent les amateurs fuient observer sous des cieux plus propices, ce qui est normal mais il faut que cette fuite soit active et non plus passive, c'est à dire qu'il faut se préoccuper des projets futurs de sa ville ou de son village afin de garder un site qui ne se dégrade pas.

Il faut abandonner de temps à autre son planétaire ou son télescope pour reprendre son traitement de texte favori, il faut aller au devant des décideurs pour conserver le site tant convoité.

Ce qui existe :

Il y a quelques années, on nous répondait "ce n'est pas important, c'est la fatalité, on peut toujours vous laisser croire que vous changerez quelque chose". Pourtant, avec quelques astronomes amateurs, nous n'avons pas baissé les bras.

En 1994, des actions ont été entreprises par les membres du Centre de Protection du Ciel Nocturne (C.P.C.N.) fondé grâce aux interclubs de Midi-Pyrénées, dans différentes villes de la région (Rodez, banlieue de

Toulouse, etc.) afin de réduire le halo lumineux de ces villes.

Les 7 et 8 octobre 1995, le C.P.C.N. avait organisé à Rodez le 1er Congrès sur la Protection de l'Environnement Nocturne; celui-ci avait pour but de faire un état des lieux, de sensibiliser les élus et les éclairagistes ainsi que le grand public et de trouver les solutions les plus adéquates pour retrouver un Ciel Noir.

A cette occasion, le maire de Rodez s'était engagé publiquement à mettre en conformité l'éclairage de sa ville.

Durant le Congrès, le Comité National Pour la Protection du Ciel Nocturne (C.N.P.C.N.) est officialisé (il regroupe actuellement l'A.F.A., l'A.N.S.T.J., la S.A.F. plus d'autres associations régionales - S.A.P. de Toulouse, la S.A.B. à Dijon), et j'en ai pris la Présidence en juin 1996.

Un dossier de présentation a été mis en chantier, pour être diffusé largement auprès des astronomes amateurs qui ont des problèmes d'environnement, auprès des instances départementales et régionales pour les sensibiliser, auprès des différents médias, pour obtenir leur aide à la diffusion.

La cotisation par adhérent est de 110 Fr. / an donnant ainsi accès aux informations du Comité. Et des délégués régionaux peuvent vous aider (voir carte). A remarquer la présence de Renelle Takvorian qui est aussi très active dans le petit monde des Planétariums.

1996 a été une année faste : élargissement des actions vers l'extérieur, en particulier la Grande-Bretagne et les U.S.A. Lancement de "l'opération ATLAS" qui a mobilisé de nombreux amateurs qui avaient pour mission de déterminer l'incidence des éclairages de leur environnement sur les résultats de leurs observations, directement visuelles ou par photographie.

En 1997, l'opération ATLAS était terminée :

- 380 mesures,
- 160 points d'observations.

La ville de Blois commençait à changer ses premiers éclairages non conformes.

1998 devrait voir l'intégration dans le Comité de Liaison des Enseignants Astronomes (C.L.E.A.) et

l'Association des Planétariums de Langue Française (A.P.L.F.).

Plusieurs réunions sont programmées avec le Ministère de l'Environnement, Association Française de l'Eclairage (AFE), les Agences Départementales Environnement et de Maîtrise de l'Energie (ADEME) afin qu'une réglementation sérieuse puisse aboutir et donne les moyens aux amateurs d'agir.

En Mai, le Comité interviendra à la première "Rencontre du Ciel de l'Espace" à la Villette.

Le 2ème Congrès sur la Protection du Ciel Nocturne aura lieu à Rodez le Samedi 3 Octobre et le Dimanche 4 Octobre 1998 au Centre Culturel Départemental.

Pour la première fois, nos amis Allemands et Anglais devraient nous rejoindre et nous expliquer leurs méthodes.

Le prix est de 150 Fr. pour les deux jours hors déplacement et hébergement, les chèques doivent être adressés à la SAF - 3 Rue Beethoven - 75016 PARIS en précisant au dos du Chèque (Congrès CNPCN).

Ce qu'il est possible de faire :

Voici en quelques lignes ce que vous pourrez tenter de faire si vous vous sentez "agressé" par un mauvais éclairage :

- tout d'abord, privilégiez le dialogue par rapport à toute action qui pourrait définitivement se retourner contre vous. (évittez absolument les pétitions).
 - si vous êtes astronome amateur, ne parlez pas en tant qu'astronome mais en tant que citoyen de votre commune et essayez de savoir si d'autres habitants sont gênés.
 - l'éclairage public d'une commune dépend soit des services techniques de celle-ci, soit d'un syndicat intercommunal d'électricité, si vous habitez dans une ville moyenne allez rencontrer le chef de projet de l'éclairage public de votre ville sinon celui du syndicat.
- Il faut que vous vous soyez préparé pour aller discuter avec cette personne, essayez de savoir qui fait quoi, comment et pourquoi, il faut avant tout apporter des solutions et non pas tout critiquer à outrance, la personne en face de vous n'a

pas les mêmes préoccupations, n'oubliez surtout pas que certaines pollutions sont irréversibles (l'eau, l'air, etc...), celle du Ciel ne l'est pas.

- les arguments qui ne font pas "recettes" sont ceux d'économies d'énergies. L'éclairage public ne représente que 2% de la consommation électrique d'une commune, par contre un éclairage approprié peut diminuer les coûts de maintenance, d'installation et faire diminuer de quelques % les impôts locaux.

Ce style de discours a été payant à Resichtett, à Rodez et maintenant à Blois.

Le rôle des Planétariums

Deux cas se présentent :

- les Planétariums,
- les Planétariums-Observatoires.

Les premiers peuvent sensibiliser en présentant des spectacles mettant en évidence la perte d'information due à un éclairage mal maîtrisé.

L'idéal serait de toujours faire une introduction " Pollution lumineuse " avant le spectacle; c'est ce que nous faisons au Planétarium de Salles la Source. Il faut expliquer et ne pas chercher le spectaculaire à tout prix.

Dans l'Aveyron, après maintes discussions nous avons décidé de ne pas vendre de cartes postales " L'Europe la nuit " car nous pensons que si elles sont vendues sans explications, l'effet produit risque d'être contraire à l'effet recherché: les visiteurs peuvent aller trouver leurs élus en demandant pourquoi leur ville n'est pas visible la nuit, depuis l'espace. Les visiteurs nous disent souvent " c'est beau ! ", " où est ma ville ? " et c'est là qu'il faut expliquer et faire comprendre.

Quant aux structures de type «Planétarium - Observatoire», elles doivent déjà appliquer la même méthode que les planétariums, mais elles ont la possibilité de faire des actions supplémentaires :

- montrer le ciel pollué à l'oeil nu et au bout de dix minutes les spectateurs seront déçus car ils n'auront rien vu,
- ensuite partir dans un endroit plus sombre, regarder les constellations et expliquer le phénomène de " Pollution Lumineuse ".

La dernière action est celle qui peut être faite auprès des jeunes, il faut leur montrer que le ciel est à tout le monde et pas seulement aux astronomes (qu'il ne vous appartient pas cher lecteur) mais le Ciel Noir fait partie intégrante de la Nature comme nos lacs, nos forêts....

Pour sauver le Ciel Nocturne, il faut le faire redécouvrir et aimer, il ne faut pas seulement le montrer à travers des images de synthèse ou virtuelles mais tel qu'il est, il faut le montrer, pas seulement sur l'écran des ordinateurs mais aussi le faire voir avec les yeux.

Lors de la " Nuit des Etoiles " ou des journées " Science en Fête " où l'on montre une planète à travers un télescope, le public est émerveillé et comprend la nécessité de conserver ce patrimoine.

C'est sur le terrain de la *sensibilisation* que les Planétariums doivent prendre une place importante et si le public est informé, il voudra avoir dans sa ville ou son village, un éclairage satisfaisant qui éclaire le sol et non plus le ciel. ■

Bibliographie

- " l'Astronomie " Vol. 107 Juin 1993
- Rapport du 1er Congrès National sur la Protection du Ciel Nocturne - édité par le Centre de Protection du Ciel Nocturne 150 F (Comité National qui transmettra).
- Logiciel " THOT " - édité par le Centre de Protection du Ciel Nocturne 30 F (Comité National qui transmettra).
- Sky et Telescope : Novembre 92, Novembre 91, Juin 96, Novembre 96 + les encarts bimensuels.
- Sites internet :
www.iap.fr/SAF/cnpcn1.html
www.darsky.org
cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/nelpag.html
www.u-net.com/ph/cfds
- Protection des sites astronomiques (Rapport UAI 1965)
- The Protection of Astronomical and Geophysical Sites - J. Kovalevski - Ed Frontières 1992.

Contacts :

Comité National de Protection du Ciel Nocturne - S.A.F. - 3 Rue Beethoven 75016 PARIS

<http://www.iap.fr/SAF/cnpcn1.html>

Congrès 1998 :

Centre Culturel Départemental,
25 Avenue Victor Hug 12000 RODEZ

Cartes postales «Europe by night»
Europlanétarium, Planetariumweg 19
B-3600 Genk-Belgique

11.0.

COMMISSION RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

- Les indices de fond de ciel : M. BONAVITACOLA
(du point de vue de la pollution lumineuse)
- Mesure CCD de la qualité de fond de ciel : A. KLOTZ
- Le programme THOT : M. BONAVITACOLA

SUPPLEMENT ANNEXE :

- Rapport de D. SALABERT
Mesure CCD du fond de ciel
- Développements mathématiques de l'indice
de site - M. BONAVITACOLA
- Recalage du modèle THOT/M.BONAVITACOLA

VERS UN INDICE DE QUALITE DES SITES DU POINT DE VUE DE LA POLLUTION LUMINEUSE

INTERVENTION DE MICHEL BONAVIDACOLA

0 - INTRODUCTION

1 – MODELISATION DES HALOS DES VILLES

- 1.1 Deux approches complémentaires
- 1.2 Réduction du nombre de paramètres

2 – ZONES D'INFLUENCES DES VILLES

- 2.1 Le modèle de walker
- 2.2 Exemple de l'utilisation de la loi de walker
- 2.3 Etude sur le terrain des zones d'influences des villes
- 2.4 Etablissement d'une échelle de nuisance
- 2.5 Applications :
 - 2.5.1 Influence de la distance et du temps
 - 2.5.2 Application à une région ou un pays

3– QUALITE DU CIEL EN UN SITE DONNE

- 3.1 Nature du problème
- 3.2 Etablissement des cartes de site

4 – LES INDICES DE QUALITE DE SITE DU POINT DE VUE DE LA POLLUTION LUMINEUSE

- 4.1 Pourquoi un indice de qualité
- 4.2 Bases techniques de l'indice
 - 4.2.1 Base théorique
 - 4.2.2 Calibration de la relation reliant l'indice global qualité à la note de qualité .
- 4.3 Utilisation de l'indice et de la note

5 – CONCLUSIONS

6 – ANNEXES

- 6.1 Développements mathématiques de l'indice de qualité d'un site du point de vue de la pollution lumineuse
- 6.2 Recalage du modèle

0 - INTRODUCTION

Lorsque l'on observe le ciel de nuit depuis différents sites on perçoit une énorme différence de qualité concernant la transparence du ciel . Près des grandes villes la voie lactée n'est pas visible , elle apparaît lorsque l'on s'en éloigne . Ceci veut dire implicitement que l'on peut définir une relation entre l'éloignement des agglomérations et la transparence du ciel.

Cette relation est complexe et dépend de nombreux paramètres . Malgré tout en réfléchissant un peu , et en s'appuyant sur l'expérience des observateurs , il est possible de modéliser au premier ordre les halos lumineux des villes ,ainsi que les nuisances engendrées , le but étant de hiérarchiser les sites. Ici l'on résonne en écart par rapport à une référence plutôt qu'en absolu.

Après avoir jeté les bases d'une modélisation globale je propose une méthode simple : l'indice de site (du point de vue de la pollution lumineuse) . Celui ci permettra de noter (entre 0 et 10) la qualité de n'importe quel site (du point de vue de la transparence du ciel) . Il est évident que cette proposition est une des approches possibles et que les fondements de cet indice peuvent évoluer. Par contre cet indice doit être rigoureusement établi si l'on veut qu'il soit crédible .

Cet indice est construit dans le même esprit que ceux concernant les plages et celui de la pollution atmosphérique lesquels , malgré les réticences engendrées au départ , ont permis de bien faire avancer les choses . La démarche générale de cet exposé est la suivante :

- modéliser correctement l'impact du halo lumineux de chaque ville sur le fond du ciel.
- Pour cela trouver les paramètres principaux régissant la nuisance engendrée.
- Etablir un modèle simple et recoupé par l'expérience . Puis généraliser.
- A partir de là en un site donné il suffit de repérer les villes en azimut et en distance . Ainsi on peut estimer globalement la dégradation du site dans tous les azimuts.
- Ensuite par calcul on déduit un indice correspondant à ce site que l'on compare à une échelle calibrée d'indices de référence.
- On en déduit par comparaison une note correspondant au site . Cette note est évidemment relative aux références choisies.
- Après plusieurs campagnes de calibration cet indice s'affinera de lui même.

1- MODELISATION DES HALOS LUMINEUX (approche globale)

1.1 DEUX APPROCHES COMPLEMENTAIRES :

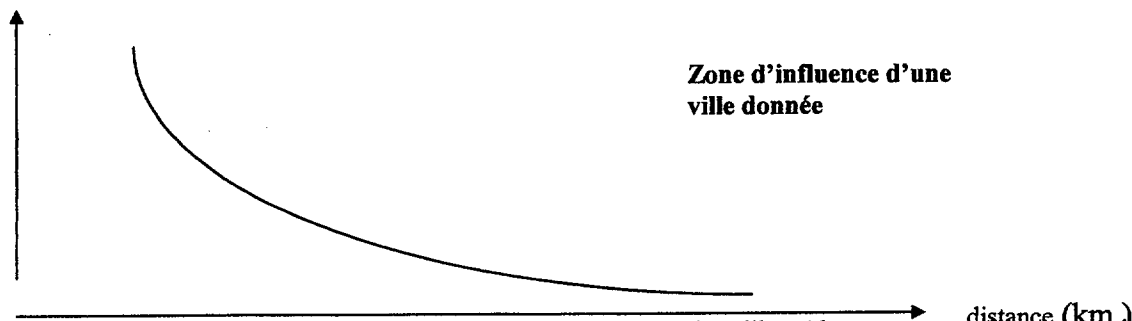
Il y a deux manières d'appréhender l'impact des halos lumineux des villes sur le fond de ciel :

- soit en considérant une ville et en étudiant sa zone d'influence
- soit en se positionnant en un site d'observation isolé et en découvrant l'horizon autour de soi .

Les 2 approches sont complémentaires .Il faut d'abord bien modéliser la dégradation du fond de ciel due à la proximité d'une ville. Puis étudier son influence sur le site considéré.

Par expérience chacun d'entre vous sait que lorsque l'on s'éloigne d'une ville , le ciel est de moins en moins dégradé .La luminosité du fond de ciel diminue jusqu'à atteindre la luminosité du fond de ciel naturel. (voir ci dessous)

Augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel (Arlfc)



Une autre démarche consiste à choisir un site d'observation loin des villes .Alors en scrutant l'horizon (si on tourne sur soi même de 360 degrés) on constate que des villes (donc les halos) nous entourent dans tous les azimuts . Chacune de ces villes a une population donnée et se trouve à une distance donnée de l'observateur.

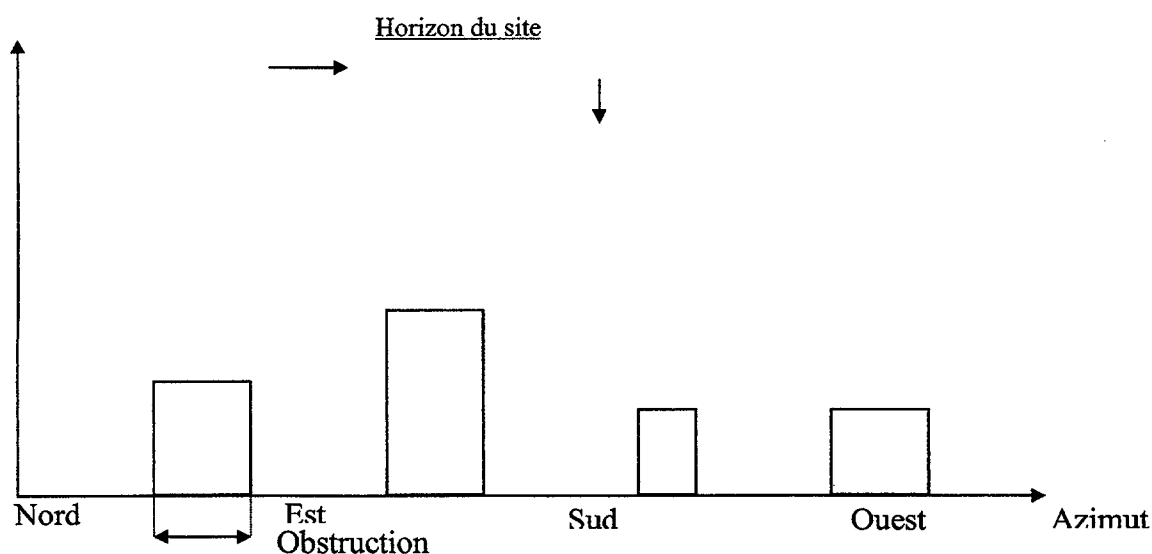
Chacun de ces villes engendre un dégradation du fond de ciel du site autour de l'azimut qui lui correspond.

On peut donc tracer en abscisse l'azimut et en ordonnée l'augmentation relative de luminosité par rapport à celle du fond de ciel observé un diagramme du type de celui présenté dans la figure ci-après.

Cette fonction est une caractéristique du site considéré .

Ici apparaît naturellement la notion de qualité d'un site du point de vue de la pollution lumineuse .Sur un site donné plus la luminosité du fond de ciel sur tout l'horizon sera élevée plus le site sera dégradé . Il reste à bâtir un modèle cohérent pour affiner ces notions simples, puis à faire émerger un indice de site . Ceci nous permettra d'établir une notation rigoureuse des sites d'observations du point de vue de la pollution lumineuse .C'est l'objectif de l'exposé qui suit.

Augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel (Arlfc)



1.2 REDUCTION DU NOMBRE DE PARAMETRES

Lors du premier congrès de Rodez , dans la commission recherche et développement j'avais montré la complexité du phénomène physique de la « pollution lumineuse ».Les 2 interventions étant :

- La diffusion de la lumière dans l'atmosphère.
- Notion de climatologie urbaine.

La diffusion de la lumière des villes vue par l'observateur est très complexe et dépend de nombreux paramètres.

- Flux lumineux émis (donc population ou zone d'activité.....)
- Paramètres atmosphériques (urbain ou locaux ...)
- Distance ville / observateur
- Heure
- etc

Il s'agit d'étudier de manière globale l'impact sur le site étudié .Pour établir un modèle simple il y a lieu de commencer impérativement par réduire le nombre de paramètres qui agissent sur le phénomène . Des expériences ont été menées dans les observatoires professionnels (leur but étant d'établir une base technique et juridique pour une meilleure protection des observatoires professionnels).

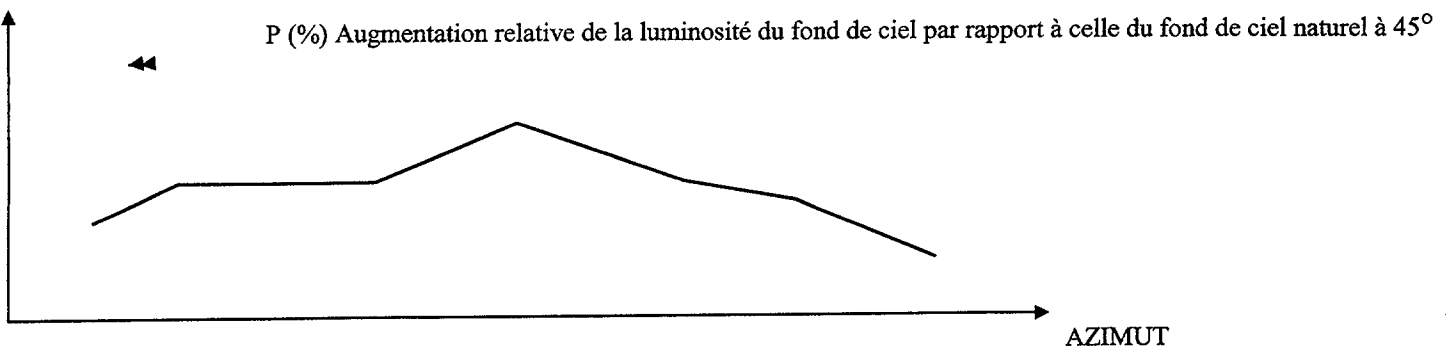
Basé sur l'expérience des modèles ont été établis. Les hypothèses sont les suivantes :

- Heure —————> Nuit noire : Fond de ciel naturel (poussières, lumière zodiacale...)
- Météo —————> air sec
- Dans un premier temps : nous utiliserons le modèle de Walker . On ne tient compte que de la population des villes .
- Elévation : 45° au-dessus de l'horizon dans la direction observateur / ville (Walker)

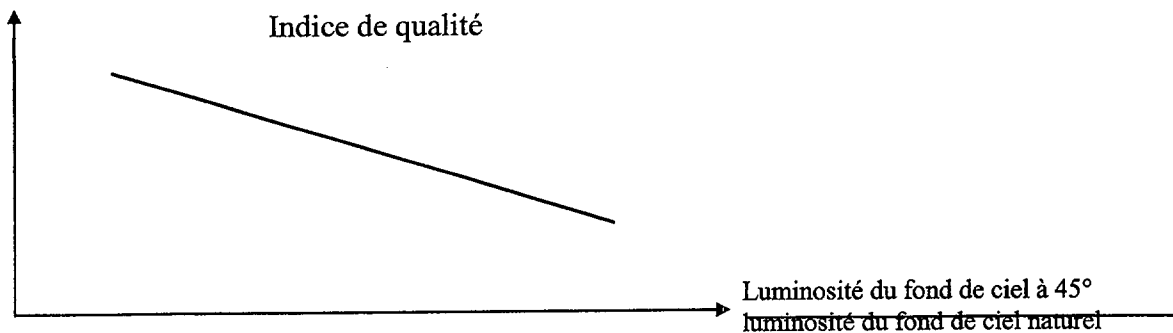
■ Distance > rayon : l'observateur se trouve à l'extérieur des villes

L'établissement d'un modèle simple et global s'effectue en balayant l'horizon en azimut à une élévation de 45 degrés au dessus de l'horizon. La démarche est la suivante :

- mesurer l'augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel dans une zone limitée en élévation (figure ci après)



- En déduire le flux lumineux global envoyé vers le site et « son horizon ».
- Comparer ce flux lumineux « perturbateur » (ou un paramètre qui lui soit homogène) à celui de sites calibrés.
- En déduire un indice de qualité du site



2. ZONE D'INFLUENCE DES VILLES

Commençons par étudier l'influence des villes sur la campagne environnante.

2.1 LE MODELE DE WALKER

La base de la théorie est exposée dans le rapport de l'Académie des Sciences écrit par Jean Kovalevsky, sous le titre « Protection des observatoires astronomiques et géodésiques ».

Elle est issue de l'expérience et s'exprime comme suit :

I = accroissement relatif de l'éclat du fond du ciel par rapport à la luminosité du ciel naturel à 45 degrés au-dessus de l'horizon dans la direction de la ville.

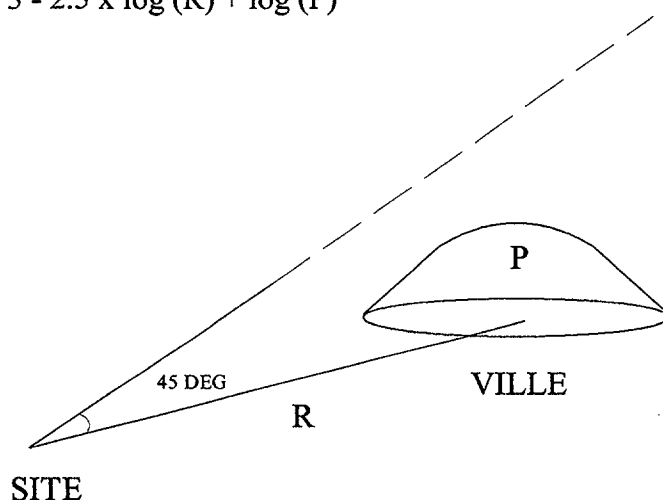
R = distance en kilomètre de l'agglomération

P = population en milliers d'habitants

$$I = K \times P / (R^{2.5})$$

Soit :

$$\log I = 3 - 2.5 \times \log (R) + \log (P)$$



Plusieurs remarques s'imposent :

- la référence du fond de ciel naturel est de 4 candélas / mètre carré soit une magnitude par seconde d'arc carré de 21.6 ..
- cette loi est particulièrement intéressante à utiliser en raisonnant en écarts .C'est à dire en comparant des situations différentes : N villes à memes distances ou à des distances différentes , à des dates différentes , ou de memes impacts ou
- Cette loi dite de « walker » n'est , en apparence , fonction que de la distance ville / observateur et de la population. En fait elle est plus subtile qu'il n'y paraît et fait implicitement apparaître la relation avec le flux de lumière émis par la ville .Pour plus de précisions se reporter au rapport de l'académie des sciences.
- D'autres lois ont été étudiées (voir en annexe) .Mais cette loi simple reste globalement correcte.
- Elle est facilement programmable .De plus en jouant sur certains paramètres , sur les exposants notamment , on peut la recalibrer facilement pour recouper des campagnes de mesures.
- Le programme THOT que j'ai conçu et écrit est basé sur cette loi . Toutefois si demain une loi plus fine est adoptée , les modifications à effectuer pour adapter le programme THOT seront mineures .

2.2 EXEMPLE D'UTILISATION DE LA LOI DE WALKER

On peut en raisonnant en écarts obtenir très rapidement des résultats très intéressants.

Une comparaison des halos de TOULOUSE et PARIS dans le temps vous est présentée.

Les 2 tableaux ci après présentent l'augmentation de luminosité du fond de ciel par rapport à la luminosité du fond de ciel naturel en regardant dans la direction des villes à 45 degrés au dessus de l'horizon lorsque l'on s'éloigne de chaque agglomération . Ils ont été calculés en utilisant le modèle de Walker . Les écarts de luminosité sont présentés en magnitude surfacique (mg/ seconde d'arc carré) . Les écarts sont donnés pour 2 années .

On peut ainsi , pour chacune des villes , analyser l'évolution de la dégradation entre les 2 années .

■ Agglomération de Toulouse

	distance du site	10 km	20 km	30 km	40 km	80 km
année	population					
1975	440 000 hab	2.9	1.3	0.7	0.4	0.0
1990	650 000 hab	3.3	1.7	0.9	0.5	0.1
<i>Ecart</i>		0.4	0.4	0.2	0.1	0.1

- Agglomération Parisienne

	distance du site	20 km	40 km	60 km	80 km	100 km
année	population hab					
1975	8152 000	4.2	2.4	1.5	1.1	0.6
1990	9318 000	4.3	2.5	1.6	1.0	0.7
<i>Ecart</i>		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Δmagnitude 0.1 (soit environ 10%) à plus de 200 km de distance

Δmagnitude 0.2 (soit environ 20%) à environ 170 km de distance

Le critère de 10% d'augmentation de luminosité du fond de ciel (correspondant approximativement à un accroissement de magnitude 0.1) est le seuil détectable à partir duquel un site commence à se dégrader . On voit ici que Toulouse influence la qualité du ciel jusqu'à 80 km de distance alors que pour Paris cela atteint 200 km.

Autre remarque : la situation de Toulouse se dégrade relativement vite (ceci se constate réellement sur les sites d'observations) . Si on compare les années 1975 et 1990, on constate que jusqu'à 20 km le ciel s'est beaucoup dégradé (0.4 magnitude) alors que sur Paris le résultat est moindre (0.1 magnitude quelle que soit la distance). Cela signifie simplement qu'à Paris la situation est tellement dégradée qu'elle peut difficilement être pire (phénomène de saturation).

2.3 ETUDE SUR LE TERRAIN DES ZONES D'INFLUENCE DES VILLES

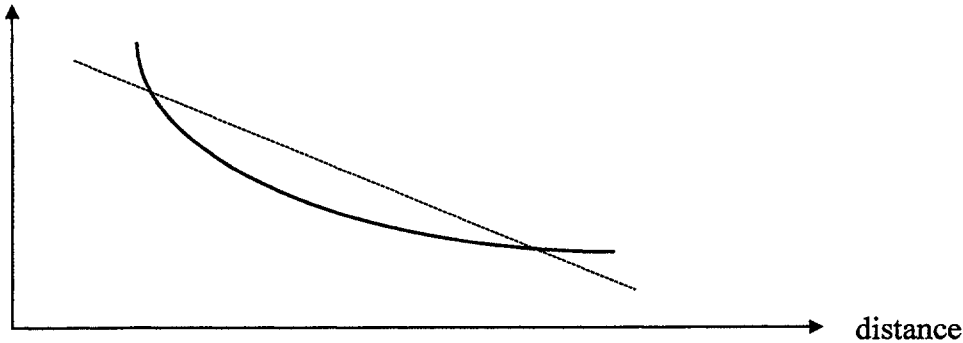
Pour une ville (ou agglomération donnée) on étudie l'évolution de la luminosité du fond de ciel en fonction de l'éloignement.

L'augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport au fond de ciel naturel tend vers 0 avec l'éloignement . On peut exprimer la luminosité du fond de ciel en magnitudes réparties en seconde d'arc carré (voir annexes). On obtient alors l'allure de la courbe en pointillé (figure ci dessous) , la courbe en trait plein étant l'augmentation en pourcentage.

Ces fonctions sont facilement programmables .

Augmentation de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel

% ou magnitude



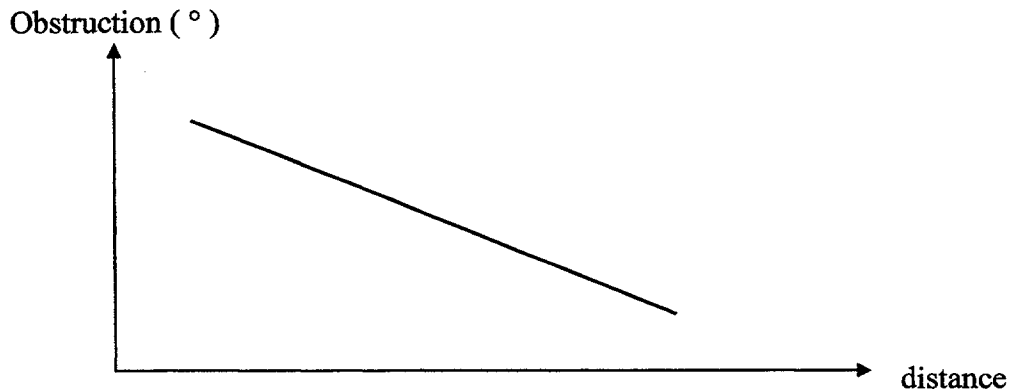
Un paramètre n'est pas exprimé dans la loi de Walker : il s'agit de l'**obstruction** .Pourtant ce paramètre est fondamental.

L'obstruction est en fait l'angle qui sous tend le mètre couple de la ville vue du site d'observation .

Plus la ville est étendue , plus , à distance donnée , l'obstruction est importante .

Mais aussi pour une ville donnée plus on s'éloigne plus cet angle est faible (figure ci dessous) .

C'est de la pure trigonométrie .



Le couplage entre l'obstruction et la luminosité du fond de ciel va permettre de calculer la dégradation en termes de flux lumineux total par rapport au flux émis par le fond de ciel naturel .

Donc d'accéder à la dégradation réelle du site .

2.4 ETABLISSEMENT D'UNE ECHELLE DE NUISANCE

Sans être un spécialiste on peut définir différentes catégories de dégradation du ciel :

- ville ou banlieue : très dégradé , mauvais
- grande banlieue : dégradé : la voie lactée est devinée et non décelée
- ciel de campagne : site correct , la voie lactée est vue mais n'atteint pas l'horizon

- (50 km d'une agglomération)
- ciel de site isolé : bon à très bon site : voie lactée évidente jusqu'à 20 degrés au dessus de l'horizon)
- site très isolé : voie lactée magnifique étendue jusqu'à l'horizon.

Naturellement il s'en dégage une échelle de qualité de site du point de vue de la pollution lumineuse .On peut alors calibrer une loi basée sur l'analyse de sites connus correspondant sur le terrain au fait suivant :

Si vous observez dans la direction de la ville à 45 degrés au dessus de l'horizon et que vous recherchez un site d'une certaine qualité il faudra dès lors vous éloigner de X kilomètres de la ville.

Pour chaque ville on peut donc définir sa zone de nuisance (Exemple indiqué sur la figure suivante : Toulouse (gênant à 25 km , peu gênant à 50 km ,à peine détectable à environ 100 km)) .

Pour chaque ville on définit ainsi un réseau de cercle concentriques correspondant à une gradation de nuisances .

On peut reporter ce type de gabarit sur n'importe quelle carte IGN.

Mais attention , ce raisonnement suppose que la ville est isolée et ne tient pas compte des autres villes .En fait nous obtenons par ce gabarit simple les candidats potentiels. Si on veut trouver « pile » le bon site il faut passer à une étude plus fine .L'étude de site exposée plus loin .

Cet échelle de nuisance à été l'objet de longues transactions entre moi meme et un groupe d'observateurs expérimentés qui ont évalué les sites autour de Toulouse .Partant de ces évaluations j'ai traduit ces observations en termes de dégradation de la luminosité du fond de ciel à partir de la loi de Walker. Ce sont ces seuils (en termes de magnitudes et de pourcentage d'augmentation de luminosité du fond de ciel) qui ont été retenus . J'ai ensuite généralisé ces seuils de façon à obtenir un échelle de nuisance.

Ainsi pour chaque ville on peut définir géographiquement la zone de nuisance.

Le tableau ci après présente l'échelle de nuisance ainsi établie :

	augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel			
Halo	Δ magnitude *	% *	Type de ciel	Exemple pour Toulouse
Mauvais	2.7	1100 %	Banlieue	Saint Génies 15 km
Gênant	1.8	400 %	grande banlieue	Pibrac 25 km
Peu gênant	0.8	100 %	campagne	Saint Caprais 50 km
A peine détectable	0.1	10 %	site isolé/campagne	Saint Cricq(32) 80 km Marut 150 km
Non détectable	0.02	2%	site très isolé	-

- calculé à l'aide de la loi de Walker .

La figure 1 présente un gabarit type que l'on peut graduer en kilomètres . Notez que le programme THOT calcule automatique ces zones soit par ville , région et pays et les reporte directement sur des cartes (voir chapitre 11.3).

2.5 APPLICATIONS

2.5.1. INFLUENCE DE LA DISTANCE ET DU TEMPS

Nous pouvons appliquer directement notre modèle sur des questions très concrètes .Par exemple : « comment évolue dans l'espace et le temps la distance à laquelle une ville donnée n'engendre plus ou peu de nuisances.

Je présente ici 4 cas : Paris , Toulouse , Rodez , Blois . Mais vous pouvez réaliser le meme exercice avec votre ville à l'aide du programme THOT.

La planche 2 présente les résultats . Plusieurs remarques s'imposent :

- En abscisse il y a les années et en ordonnées la distance ville / observateur.
- sur chaque figure sont représentées 2 courbes . Une correspond à la distance ou le halo de la ville est peu gênant et l'autre ou elle est à peine détectable.
- Pour que les halos de Paris et de Toulouse ne soient plus détectables il faut aller bien loin .(une voire plusieurs centaines de kilomètres). De plus cette distance augmente d'année en année Pour les seuils à peine détectables et peu gênants on doit s'éloigner d'environ 1 kilomètre par an !!!
- Le rapport entre les distances des zones peu gênantes et à peine détectables est d'environ 2.5
- Meme les villes moyennes n'excédant pas quelques kilomètres de diamètre perturbent la campagne environnante sur près de 30 kilomètres.
- Mais le plus inquiétant c'est que ce mouvement semble inexorable .Les zones de nuisances grandissent sans fin et par conséquent les zones saines fondent comme neige au soleil. On sent bien que cette question dépasse le cadre de l'astronomie... Avec quelles conséquences dramatiques sur la faune et la flore ? ? ? ? ? nous sommes dans l'inconnu !!!
- D'autre part plus les villes s'agrandissent plus l'énergie dissipée dans le ciel augmente et plus leur surface augmente . Donc non seulement la luminosité du ciel nocturne augmente mais l'obstruction vue d'un site donné augmente .Il y a couplage et accélération de la nuisance réelle.

2.5.2. APPLICATION A UN PAYS OU UNE REGION

Connaissant les coordonnées géographiques des villes françaises et leur population (base IGN et INSEE) il est possible de déterminer leur zone d'influence sur l'ensemble du territoire.

Inversement on peut savoir pour chaque point du territoire s'il est sous l'influence de telle ou telle ville. Pour une valeur de dégradation donnée , si ce point se trouve à l'intérieur d'un cercle, alors il est influencé. S'il est à l'extérieur du cercle , il n'est pas influencé .

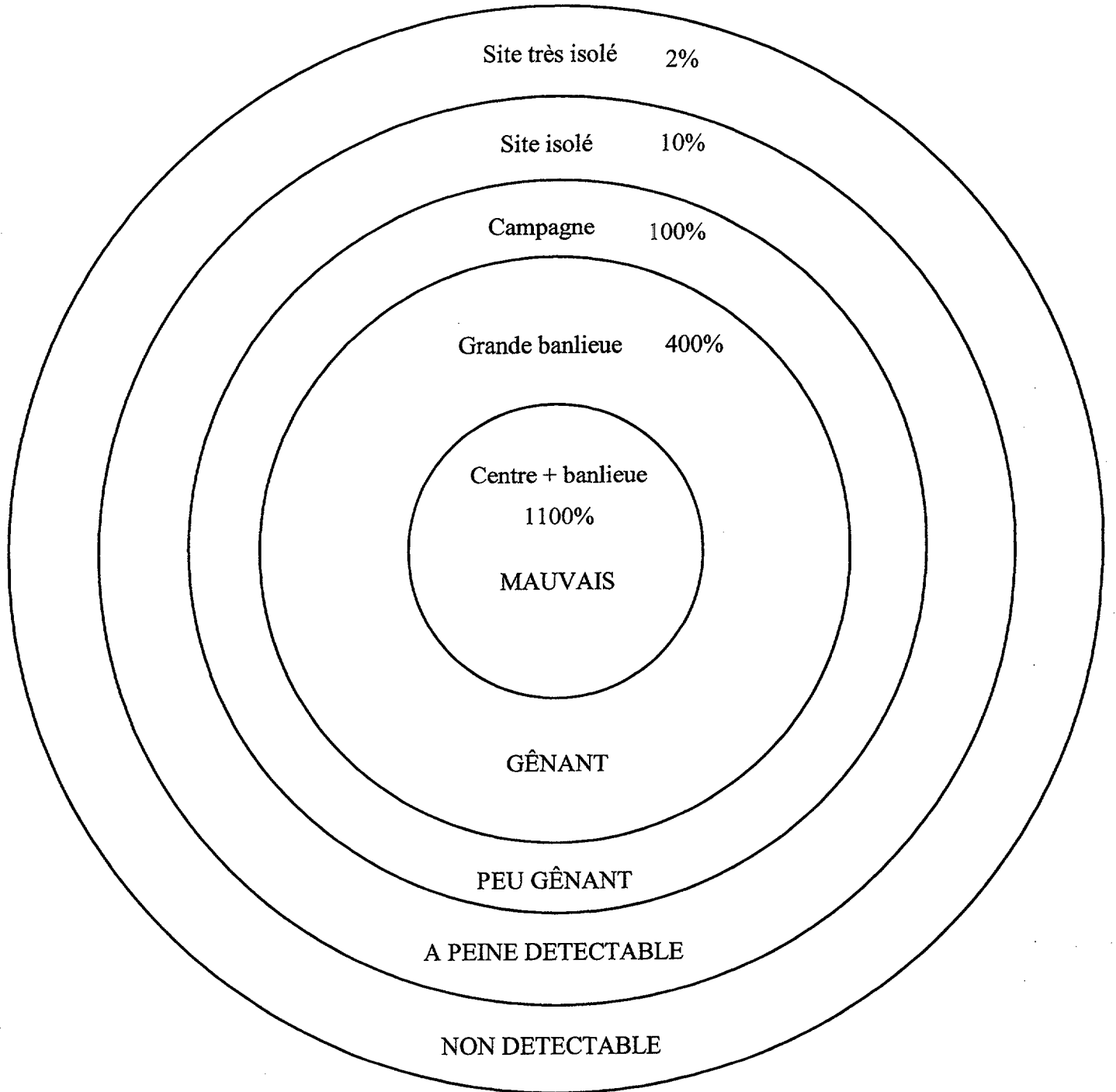
La carte de France présentée figure 3 a été calculée à partir du programme THOT . Le seuil de dégradation est fixé à 10 % (seuil de détectabilité) et on ne prend en compte que les 200 plus grandes villes . Cette option est disponible dans le programme (voir chapitre 11.3).

L'intérêt de ces cartes est de faire ressortir les zones qui ne sont pas sous influence .Ce sont les zones hors des cercles .Pour cet exemple les régions hors des cercles ont été grisées .Elles correspondent aux zones ou se trouvent des sites potentiellement exceptionnels .Elles donnent donc une première idée ou chercher des sites intéressants .Pour en savoir plus , il faut analyser plus finement chaque point, tracer la carte de site et calculer l'indice de qualité correspondant.

Tout cela étant in fine confirmé par des observations sur le terrain .Ceci fait l'objet du prochain chapitre.

Autre application après avoir identifier les zones exceptionnelles il faut lutter pour leur sauvegarde en tant que patrimoine ou sauvegarde de la nature. Et peut être **les faire classer comme cela existe pour les parcs nationaux ou régionaux ou le littoral.**

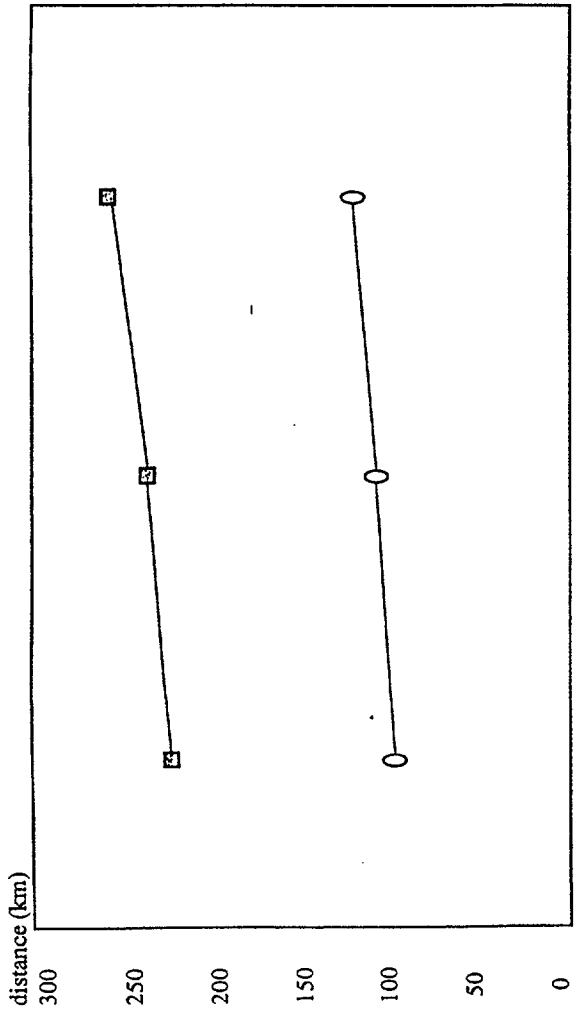
Augmentation relative de la
luminosité du fond de ciel
par rapport à celle du fond
de ciel naturel



ZONE D'INFLUENCE D'UNE AGGLOMERATION

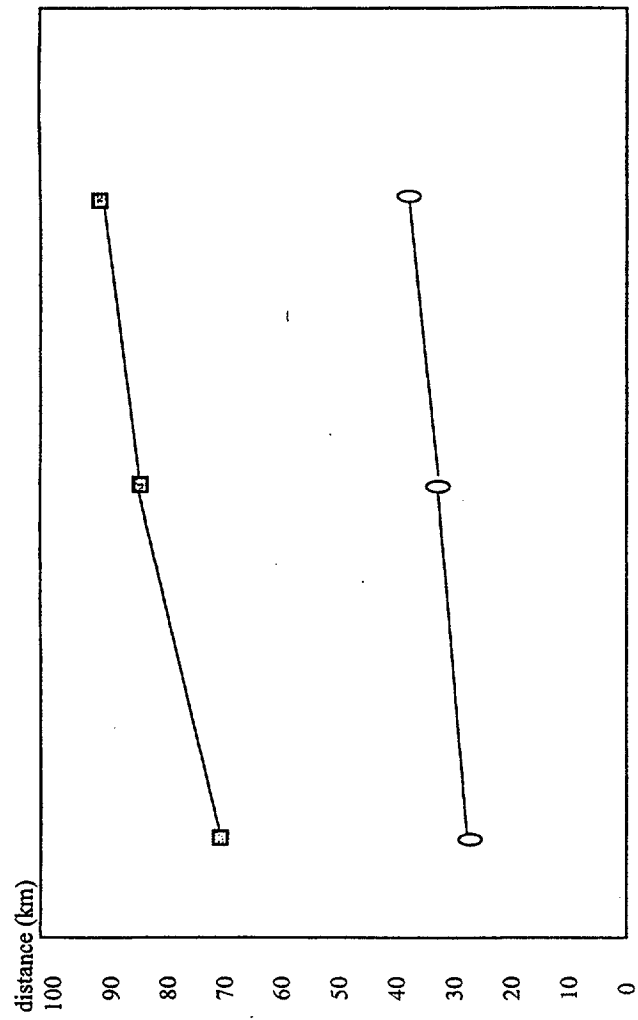
ZONE D'INFLUENCE DE PARIS

▣ à peine détectable
○ Peu gênant



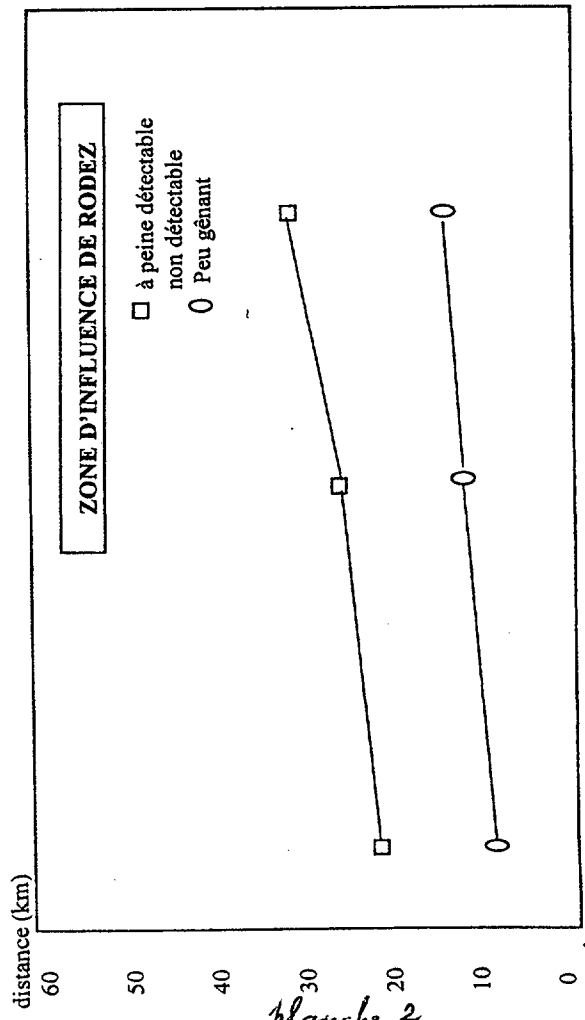
ZONE D'INFLUENCE DE TOULOUSE

▣ à peine détectable
○ Peu gênant



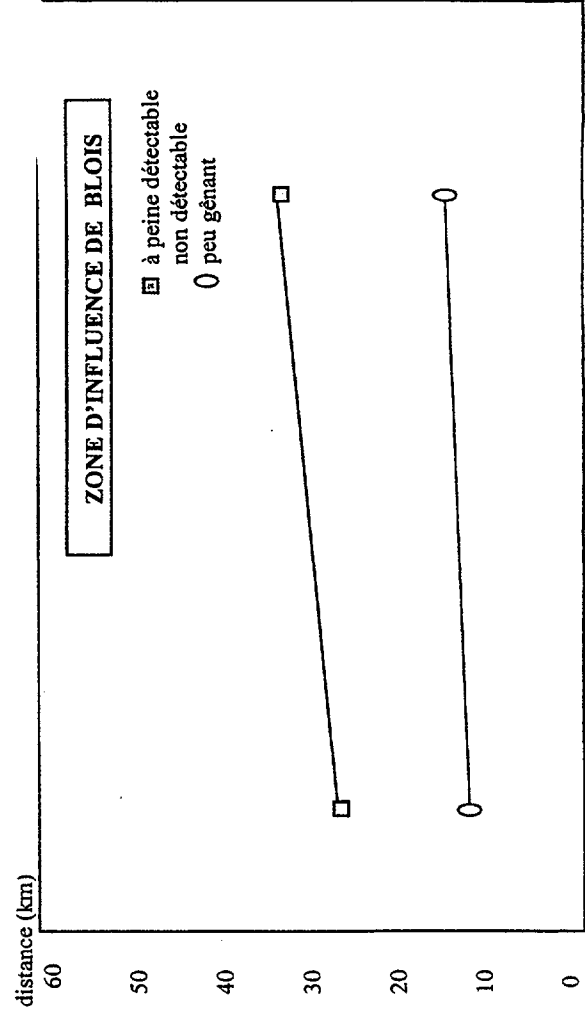
ZONE D'INFLUENCE DE RODEZ

▣ à peine détectable
○ Peu gênant



ZONE D'INFLUENCE DE BLOIS

▣ à peine détectable
○ Peu gênant



3. INDICE DE QUALITE DU CIEL DU POINT DE VUE DE LA POLLUTION LUMINEUSE POUR UN SITE DONNE

3.1 INTRODUCTION

Lorsque l'on observe à partir d'un site donné on voit au loin différentes villes se répartir en azimuts.

La dégradation du site dépendra des paramètres suivants :

- Répartition des villes en azimut
- Population de chaque ville (énergie dissipée vers la ciel)
- Obstruction de chaque ville
- Distance observateur , ville

Il en est de meme pour un ville isolée ; il est possible de déterminer au droit de la ville l'augmentation de luminosité de fond de ciel par rapport au fond de ciel naturel .

Nous obtenons alors pour chaque élévation au dessus de l'horizon une courbe de dégradation qui est fonction de l'azimut.

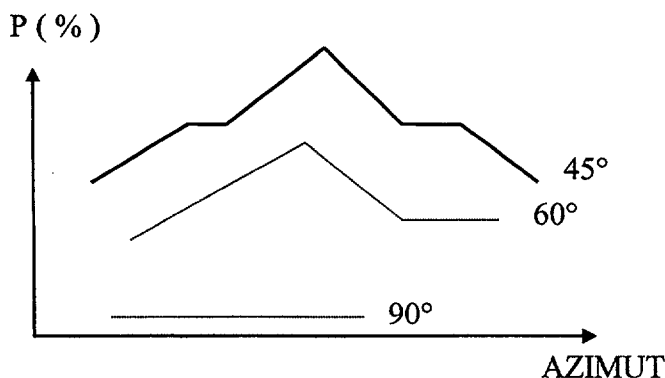
On peut alors calculer l'intégrale sur tout le ciel de l'augmentation de la luminosité du fond de ciel par rapport au fond de ciel naturel .

Ceci correspond bien à l'estimation du flux émis par le ciel du fait de l'énergie lumineuse émise par les villes environnantes. Les développements mathématiques de ce calcul et les hypothèses simplificatrices que j'ai effectuées figurent en annexe .

Il s'agit donc bien d'exprimer et d'estimer un flux perturbateur par rapport à un flux naturel .

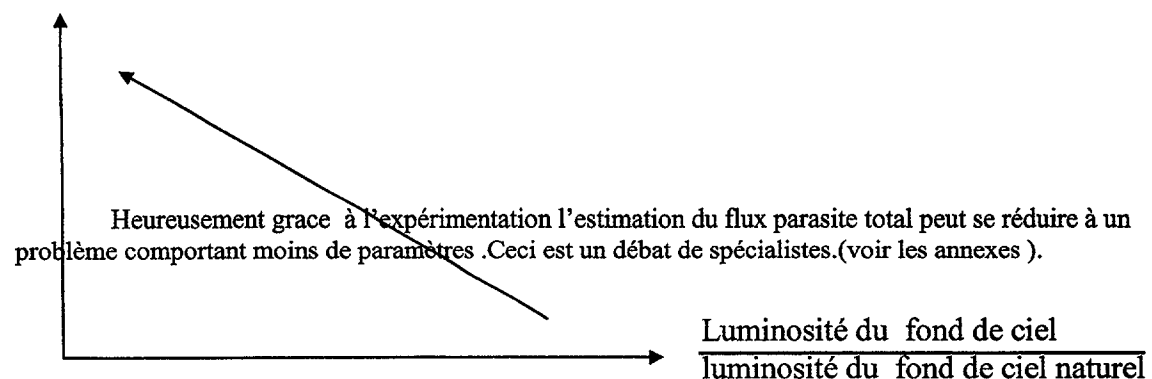
Il s'agit bien d'un indice de qualité .

Si l'on trace ,comme précédemment , l'augmentation relative de la luminosité du fond du ciel par rapport au fond de ciel naturel exprimée soit en pourcentage ,soit en magnitude , en fonction de l'azimut et de l'élévation au dessus de l'horizon on obtient la figure ci dessous :



On peut estimer l'intégrale de l'augmentation de la luminosité du fond du ciel par rapport au fond de ciel naturel sur toute la voûte céleste. Si l'on compare alors notre site avec des sites calibrés on voit qu'il est possible de construire une relation indice de qualité ,dégradation du site utilisé .(figure ci dessous).

Qualité du site



La loi de WALKER à été calibrée en figeant l'élévation au dessus de l'horizon au droit du plan vertical qui passe par la ville et l'observateur .Cette élévation est de 45 degrés.

Il faut retenir que l'on peut se ramener à une somme finie de halos individuels répartis sur l'horizon .Donc si nous avons N villes réparties sur l'horizon il suffit d'appliquer N fois le modèle de WALKER .Tout simplement, nous décomposons le problème en N sources individuelles.

3.2 ETABLISSEMENT DES CARTES DES SITES

Pour chaque site, il est possible de raisonner en **coordonnées polaires** :

- l'origine étant l'observateur
- le zénith un axe
- Si l'on tourne sur soi-même, on se pointera simultanément vers l'Est, puis au Sud, à l'Ouest et au Nord (angle d'azimut)

On peut ainsi repérer chaque ville par sa distance et son angle d'azimut mais aussi son obstruction.. (figure 4). D'autre part il est possible de définir une fonction qui relie obstruction et augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel . J'ai appelé cette **fonction caractéristique de l'azimut pour le site considéré**.

Elle est définie comme suit . J'applique sur toute l'obstruction de la ville (vue du site) la valeur que me donne le modèle de WALKER. (augmentation relative du fond de ciel par rapport au fond de ciel naturel à 45 degrés au dessus de l'horizon). (figure 6)

Autre avantage je fais apparaître implicitement la notion de flux lumineux(ou flux d'énergie) .Le flux a des propriétés mathématiques plus intéressantes que la luminosité . (voir annexes) .

J'obtiens donc dans mon diagramme de départ (Azimut , Augmentation relative du fond de ciel) un rectangle dont les longueurs des cotés sont l'obstruction et l'augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport au fond de ciel naturel pour la ville considérée. (figure 5)

Cette représentation est fondamentale car elle exprime directement la notion de flux d'énergie parasite apporté par la ville au site . En effet plus la surface de ce rectangle est petite plus la perturbation est faible. Donc pour un site donné plus la surface occupée par les rectangles est grande , plus le site est dégradé .Inversement plus cette surface est petite plus le site est pur.

On peut généraliser ce raisonnement à toutes les villes qui entourent le site . En sommant la surface de tous les rectangles obtenus on obtient une valeur proportionnelle à l'énergie totale parasite dissipée sur la voute céleste par les villes environnantes. (voir annexes) . La surface totale de tous les rectangles est une valeur qui caractérise le site . Je l'ai appelée **valeur caractéristique globale du site**.

Nous venons de créer un indicateur de qualité du site . Plus cet indicateur est élevé plus le site est dégradé.

Si l'on connaît de surcroît la population de la ville concernée, on peut tracer l'horizon que l'on observerait sur ce site et calculer la dégradation du fond du ciel défini par la loi de WALKER en fonction de l'azimut (figure 6) . J'ai nommé cette fonction la fonction caractéristique du site .Cette fonction est unique est caractérise le site. Pratiquement la base de données implantée dans le programme THOT fournit tous les éléments pour calculer cette fonction .

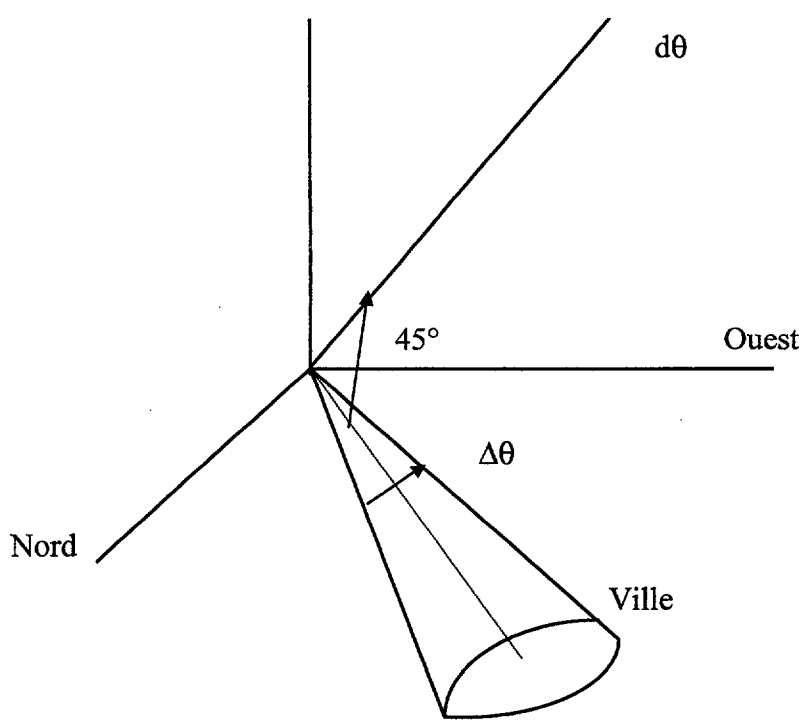


Figure 4

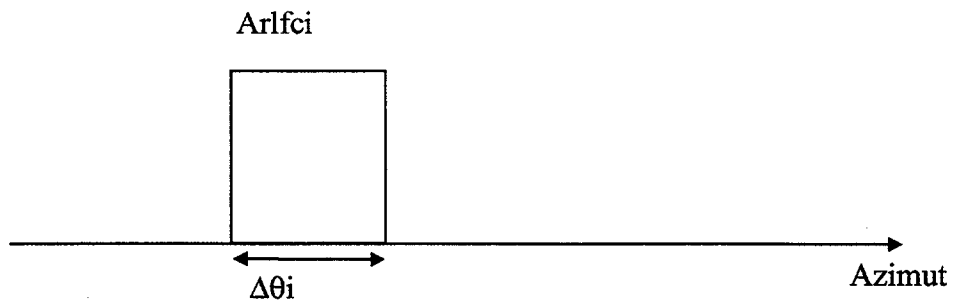
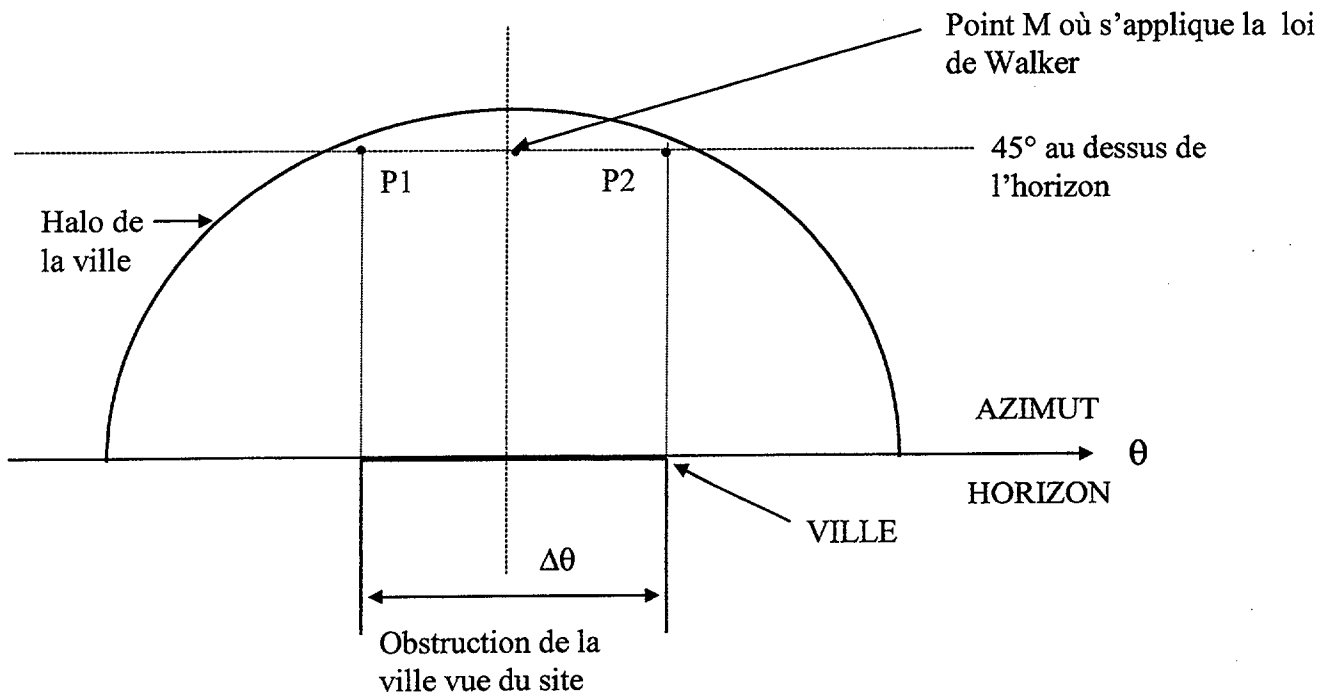


Figure 5

VILLE VUE DEPUIS LE SITE A ETUDIER

Définitions :



En M : $Arlfc_M$ = augmentation relative de la luminosité du fond de ciel

Par définition : on applique de P1 à P2 $Arlfc_{P1P2} = Arlfc_M$

Par définition : fonction caractéristique pour l'azimut θ

$$f_{\theta} = Arlfc \times \Delta\theta$$

→ valeur caractéristique globale du site
 $(\forall \text{azimut}) f_T = \sum_{i=1}^n f_{\theta}$

Figure 6

4. LES INDICES DE SITES (du point de vue de la pollution lumineuse)

4.1 POURQUOI UN INDICE ?

A l'heure actuelle aucun outil incontestable ne donne l'état de la qualité du ciel des sites d'observation du point de vue de la pollution lumineuse . Il n'existe aucun classement ni échelle des sites . De plus personne ne sait

prévoir de manière précise comment va évoluer la qualité des sites dans l'avenir. Nous avons du mal à définir les sites prioritaires et donc à les préserver.

Quelle démarche m'a conduit à développer et à proposer cet indice de qualité .

Le premier avantage est de normaliser les échanges techniques et scientifiques. Tout le monde parle le même langage sans ambiguïté . Une norme scientifiquement incontestable est définie , discutée , vérifiée expérimentalement puis acceptée . Les choses apparaissent ainsi plus claires pour tout le monde et elle peut être appliquée.

Implicitement il découle de cette norme des catégories de sites (tel site est meilleur que tel autre). Tout individu grâce à cet indice pourra rapidement et globalement savoir si tel site est bon ou mauvais . Par contre les astronomes ont du mal à savoir comment évoluera tel site à long terme et donc s'ils peuvent ou non y investir .

Pour le grand public l'indice sera un indicateur immédiat pour avoir la certitude d'avoir un ciel de qualité inconnu dans les villes .

Il y a là pour les professionnels du tourisme , notamment rural un potentiel énorme de retombées. Il n'y a qu'à voir l'impact de l'indice des plages sur le choix des destinations des vacanciers l'été . A eux de jouer leur rôle . En effet les gens des villes sont de plus en plus demandeurs de rapports simples et directs avec la nature . Le ciel nocturne fait partie du patrimoine du monde rural . Il peut être mis en valeur et médiatisé . La sauvegarde de ce patrimoine implique que les professionnels du tourisme rural prennent conscience de cette richesse placée au dessus de leur tête .

Une fois identifiées les zones très bonnes voir excellentes il faudra les protéger . Cet indice et les cartes qui y seront associées sont une base très concrète pour initier des démarches auprès de politiques , d'institutions ou d'établissements reconnus (DIRE , EUROPE, Parc régionaux et nationaux , ADEME.....). Le chantier est immense mais créateur de richesses durables .

L'impact auprès du grand public peut être important . On est toujours sensible à ce qui nous touche de près . C'est la fameuse règle de « proximité » que tout journaliste connaît bien . A nous d'imaginer les voies . On peut par exemple pour chaque ville donner l'évolution de l'indice : passé , présent et à venir . On peut aussi estimer l'indice à un instant donné si la France respectait les conventions qu'elle a signées à l'UNESCO . L'impact psychologique serait important surtout s'il était relayé par une campagne cohérente avec preuves et documents à l'appui .

La réduction des « poches » « sites très bon voire exceptionnels » dans le temps aura aussi un impact très fort car là on joue sur le registre sauvegarde de l'environnement et du patrimoine naturel.

D'autre part avoir un indice normalisé simplifiera grandement les discussions avec les services et institutions techniques de l'Etat . Il permettra notamment de fixer des objectifs concrets et vérifiables avec un échéancier précis et réaliste.

4.2 BASE TECHNIQUE DE L'INDICE

4.1.1 BASE THEORIQUE

*** DEFINITIONS :**

Pour un site donné nous avons établi (voir chapitre 3.2) la relation existant entre l'intégrale des flux d'énergie lumineuse qui pollue la voûte céleste vue du site et la qualité intrinsèque du site. (fonction caractéristique du site).

Si l'on divise cette intégrale par celle du fond de ciel naturel sur toute la voûte céleste on obtient un indice global sans dimension qui quantifie rigoureusement la nuisance due à la pollution lumineuse . (voir les annexes)

C'est par définition l'indice global de qualité du fond de ciel du site considéré (du point de vue de la pollution lumineuse).

Nous avons établi un indicateur lié d'une manière biunivoque (et croissante) à la dégradation des sites . Les développements numériques et mathématiques , ainsi que les hypothèses que j'ai retenues sont présentés en annexe. Il est évident qu'il s'agit là d'un premier modèle et que ,suite aux remarques et travaux à venir ce modèle s'affinera. .

L'étape suivante est l'établissement d'un note dite **NOTE DE QUALITE** du site (du point de vue de la pollution lumineuse).

* ETABLISSEMENT DE LA RELATION INDICE , NOTE:

Là on repasse à l'expérimentation. Il s'agit en fait de raisonner par rapport à des sites de référence qui ont été calibrés par des astronomes expérimentés . En fait on compare des sites entre eux .

On dit qu'il faut calibrer la loi (indice globale de qualité de site , note de qualité du site) . Cet exercice de calibration est difficile. Il ne peut etre confié qu'à des observateurs très expérimentés . C'est un processus itératif qui passe par la redoutable sanction comparaison du modèle et de la mesure sur le terrain.

C'est un processus long et itératif , sans concession qui s'affine au fur et à mesure que l'expérience s'accumule .

On passe du monde du mathématicien (théorique) à la science de l'ingénieur et du physicien .(monde polynomial ou l'on recalcule intelligemment les lois du modèle pour représenter fidèlement la nature).

En aéronautique on connaît bien ce processus .Il fait des miracles ! . La méthode utilisée est développée en annexe.

L'idée maitresse est la suivante :

On effectue des mesures sur le terrain avec un protocole immuable , précis et validé. On compare les mesures obtenues au modèle disponible (THOT par exemple). On compare. On obtient des écarts .On analyse et on identifie ces écarts .C'est la phase la plus difficile. On synthétise et modélise intelligemment ces écarts . On corrige le modèle en tenant compte de ces écarts . On obtient donc un modèle recalé .On redépouille les campagnes d'observations précédentes .On obtient à nouveaux des écarts qui doivent etre minimales . On réanalyse ces écarts. Le système doit converger globalement vers zéro rapidement (une voire deux itérations).Sinon il apparaît que quelque chose qui n'a pas été compris .Il faut refaire le modèle ou exprimer des réserves en diminuant le champ d'application .

Les mesures seront visuelles , photographiques ou photométriques (CCD , photomètre).

Le modèle actuel (modèle de WALKER) est basé sur des mesures photométriques . La loi de référence actuelle ,indice note ,est basée sur des mesures visuelles effectuées par une équipe toulousaine avec un protocole bien défini mais améliorable (voir plus bas).

A.Klotz et D.Salabert de la faculté des sciences de RANGUEIL à Toulouse ont effectués des travaux en CCD très remarquables (voir chapitre 11.2 et annexes) en vue d'établir un protocole bien plus fin et plus fiable.

Il ne faut pas perdre de vue que le modèle développé actuellement ne tient compte que de la population et ses effets induits . D'autres effets comme les axes de circulation , les lazars , centres commerciaux , zones d'activité , monuments éclairés....peuvent très lourdement dégrader un site . Pour cela seules des mesures et images sur le terrain ou aériennes ou satellitaires peuvent permettre de progresser .

* MODELE NUMERIQUE DEVELOPPE :

Le modèle informatique utilisé est le programme THOT , que je développe . Le calcul de l'indice global de site et des fonctions caractéristiques a été implanté .

Le programme THOT fait l'objet d'une présentation complète (chapitre 11.3) .C'est un outil facilement utilisable ,sur n'importe quel PC .Il tourne sous DOS et WINDOWS .De plus il est très compact , une disquette suffit . De plus c'est un SHAREWARE .

Le programme THOT comporte une base de données très importante ,utilisable et évolutive comportant les informations suivantes :

* géographique : la position de plus de 5000 villes françaises et 20000 villes dans le monde.

* démographique (base INSEE 1962 , 1990 , prévisions) :3000 villes françaises et les 36000 communes françaises recensées en 1990 .

A l'aide de ces banques de données chaque utilisateur peut notamment calculer l'indice de son propre site .Il pourra alors le comparer à ceux qui sont pré-calculés et qui ont servi à déterminer la loi de référence .

4.1.2 CALIBRATION DE LA LOI (indice global de qualité , Note de qualité de site)

A l'aide du programme THOT pour chaque site retenu j'ai modélisé et établi un indice global de qualité .Ceci m'a permis d'estimer pour chaque site un indice théorique.

*** PROTOCOLE D'EXPERIMENTATION :**

Pour la première itération 3 observateurs expérimentés (Mr .MOSSER ,.RIEUGNIE , HOFFER) et moi meme avons estimé les sites à partir d'un protocole précis.

Cette campagne était uniquement visuelle .

Les notes vont de 0 pour les sites très mauvais à 10 pour les sites exceptionnels.

Il s'agissait d'établir des critères basés d'une part sur l'observation à l'œil nu des objets étendus , (voie lactée objet Messier et IC) .et d'autre part à l'aide de cartes de champs (style campagne ATLAS) d'estimer les magnitudes limites visibles à l'œil nu.

Pour chaque activité une note est proposée à l'observateur. A titre informatif l'observateur donne une note globale au site Il n'y a pas de délai de réponse et l'observateur peut utiliser le nombre de nuits qu'il désire . Donc pour nous résumer les notes seront déterminées comme suit:

■ Critère de visibilité à l'œil nu :

1) observation des objets étendus

- Voie lactée Nvl
- Objets célestes (IC, Messier...) Nob

2) Estimation de la magnitude limite Nml

Sélection d'étoiles de références dans des constellations appropriées.

Pour un site la note est donnée par la combinaison des 3 notes précédentes et en plus comme complément une note globale est donnée par l'observateur .

La procédure mise au point et utilisée lors de cette campagne est présentée en annexe .

La réduction des observations est difficile car il faut notamment s'affranchir des conditions météo , de l'équation personnelle de l'observateur .Une des solutions consiste à multiplier les observations sur un meme site et les faire refaire par un autre observateur expérimenté .

*** CHOIX DES SITES :**

Le but est de calibrer la loi (indice ,note) .Pour cela , pour la première itération il faut noter les sites sur le terrain . .Nous avons choisi 5 sites bien connus de chacun des 4 observateurs (voir la carte figure 7) .

Ces sites sont répartis uniformément sur la loi à calibrer :

- 1 en banlieue (de Toulouse) : Saint genies bellevue
- 1 en grande banlieue (de Toulouse) Pibrac

2 en campagne (50 km Est de Toulouse) St Caprais
(60 km Ouest de Toulouse) St Cricq
1 site isolé en Aveyron (Aveyron) Mur de Barrez

*** COMPARAISON MODELE / MESURE :**

La relation entre l'indice qualité de site et la note que j'ai programmée actuellement dans le programme THOT est de type polynomiale . On peut comparer les mesures au modèle .

La figure 8 donne les indices et les notes théoriques obtenues par les sites retenus en utilisant la première (loi indice , site) que j'ai estimée . La note issue de la première campagne de mesures est comparée aux notes théoriques obtenues (figure 9) .

On voit qu'en banlieue (sites très dégradés) la loi n'est pas correcte . Par contre cette première loi semble bien calibrée ailleurs .Il semble malgré tout que pour les très bons sites elle ait du mal à différencier et hiérarchiser . Tout ceci veut dire qu'il faut encore travailler pour figer cette loi .Mais pour un premier exercice les résultats sont très encourageants .

4.3 UTILISATION DE L'INDICE ET DE LA NOTE DE SITE :

Nous avons établi un modèle cohérent pour évaluer la dégradation des sites du point de vue de la pollution lumineuse. De plus ce modèle est globalement recalé par l'expérience . On peut alors faire des variations autour des données de base du modèle .Il faut cependant rester modeste . Il faudra encore d'autres campagnes d'observations , avec des mesures très précises (CCD ...) avant de le valider parfaitement .

Toutefois on peut déjà mettre en évidence des tendances. En se basant sur les données démographiques on peut faire varier la population d'une ou des villes dans le temps. D'autre part la position géographique étant connue on peut visualiser l'évolution des zones d'influence dans le temps ainsi que l'indice de qualité et la note de n'importe quel site (Planches 10) .

Les utilisations sont très nombreuses . On peut aussi se demander : « quel serait le niveau de mon site si les conventions de L'UNESCO étaient appliquées. Tout ceci est présenté figure 11 .

Les utilisations sont très nombreuses . Tout ceci est disponible directement avec le programme THOT .

5. CONCLUSIONS

Nous avons donc établi un indice de qualité qui reflète le niveau de dégradation d'un site du point de vue de la pollution lumineuse. Il est d'autre part possible de coupler cet indice à une note .

Même si le travail qui reste à faire pour calibrer et valider ces études est important nous avons là un outil que chacun peut utiliser à sa guise .Reste à affiner les résultats puis à l'appliquer notamment pour identifier et sauvegarder les sites sensibles , et pour la création d'un indice de pollution du ciel comme il en existe actuellement pour les plages , l'air ou l'eau .

Merci de votre attention et de vos remarques .

EVALUATION ET MODELISATION DES SITES

THOT

3 MARUT

SAINT GENIES
Haute garonne
ciel de banlieue

SAINT CAPRAIS
Tarn
campagne

MARUT
Aveyron
site isolé

PIBRAC
Haute garonne
grande banlieue

SAINT CRIQ
Gers
campagne

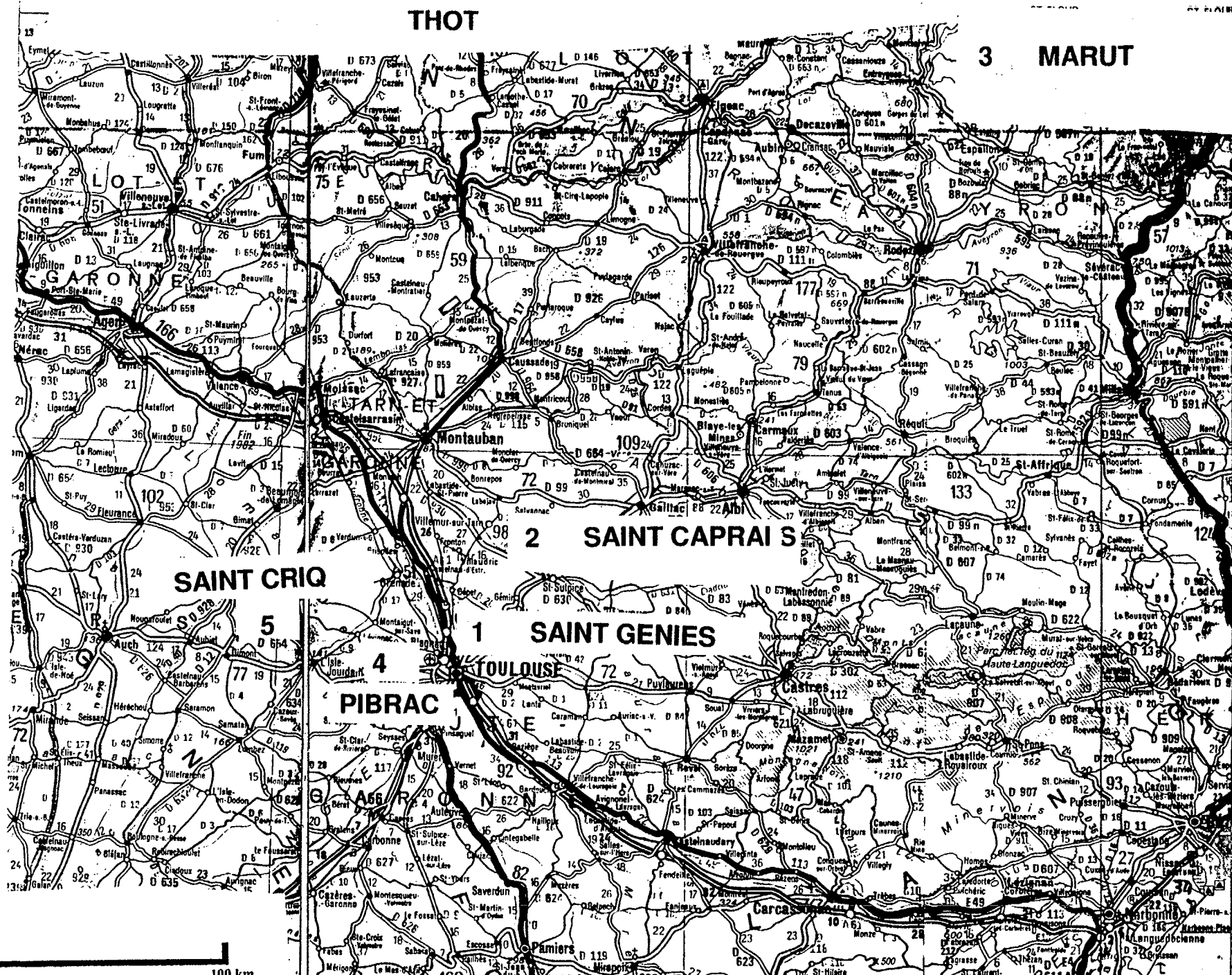
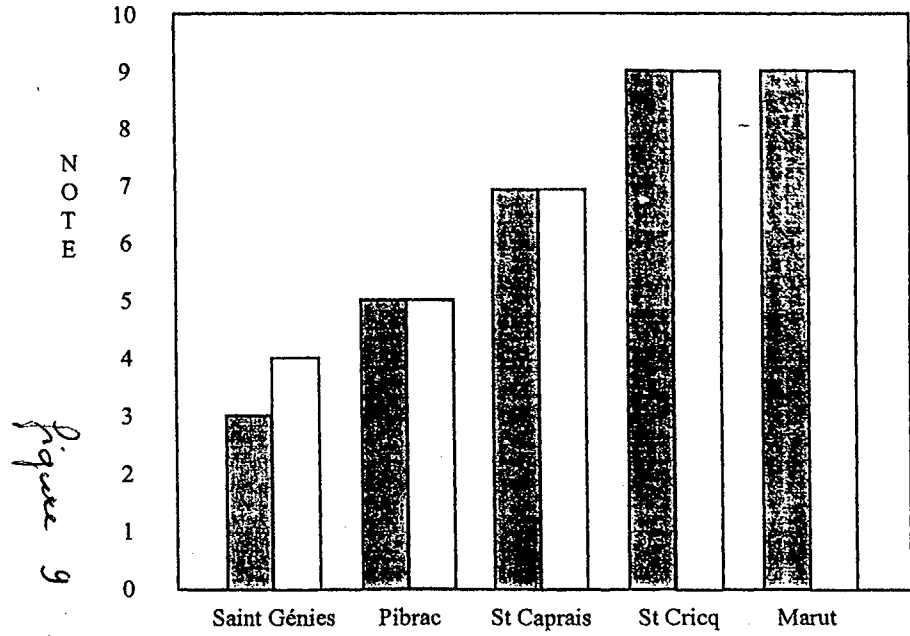
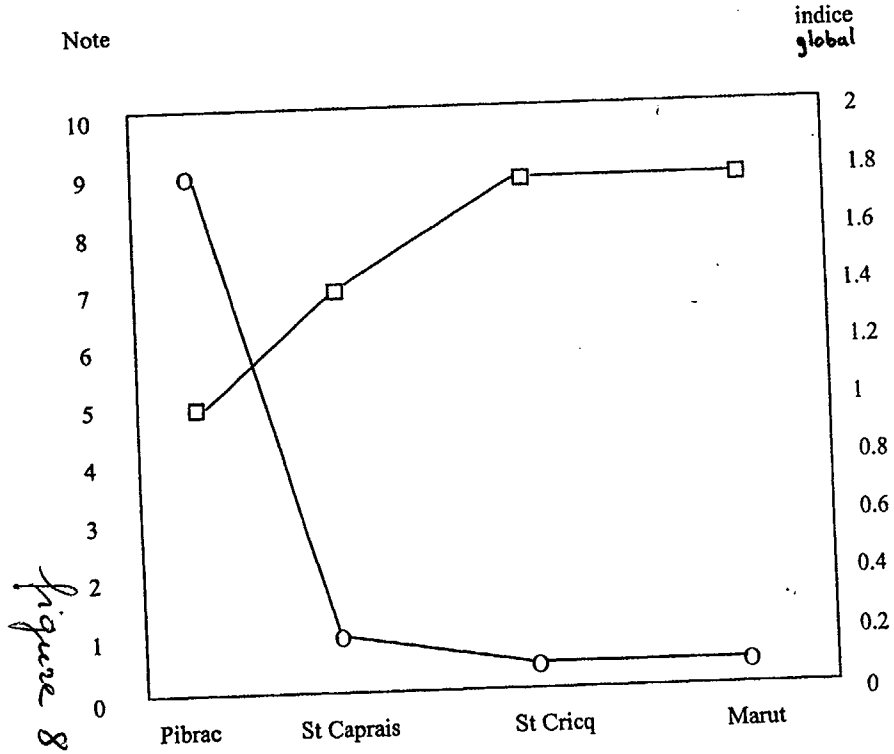


figure 7

-209-

THOT RELATION NOTE INDICE

COMPARAISON MODELE : OBSERVATIONS



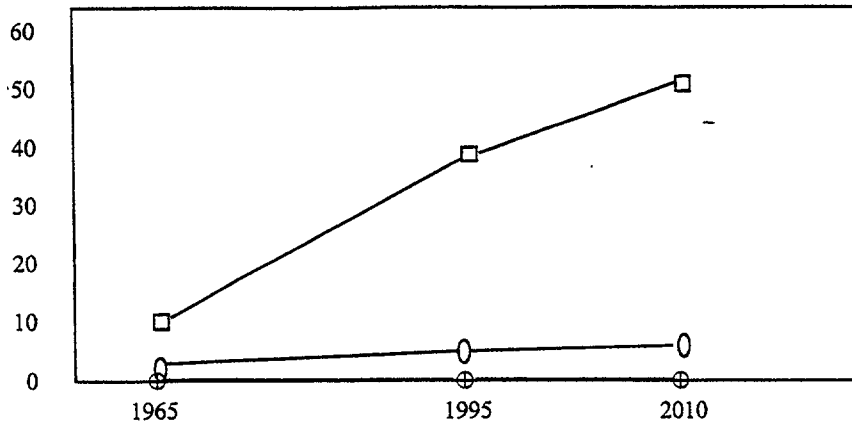
○ = indice
 □ = note

Pibrac : Haute-Garonne (grande banlieue)
 St Caprais : Tarn (campagne)
 Saint Cricq : Gers (campagne)
 Marut : Aveyron (site isolé)

■ Thot 2.0
 □ VISUEL

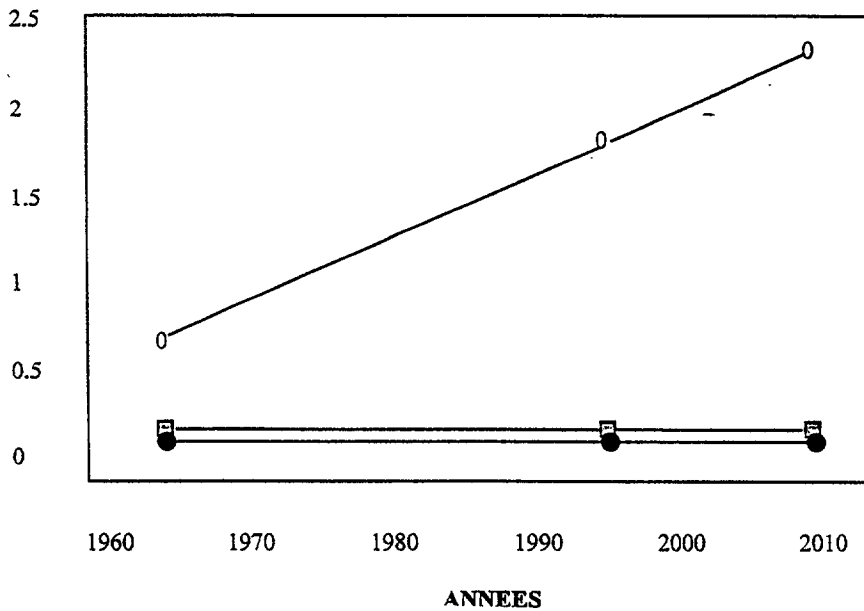
INDICE EN FONCTION DU TEMPS

Indice global



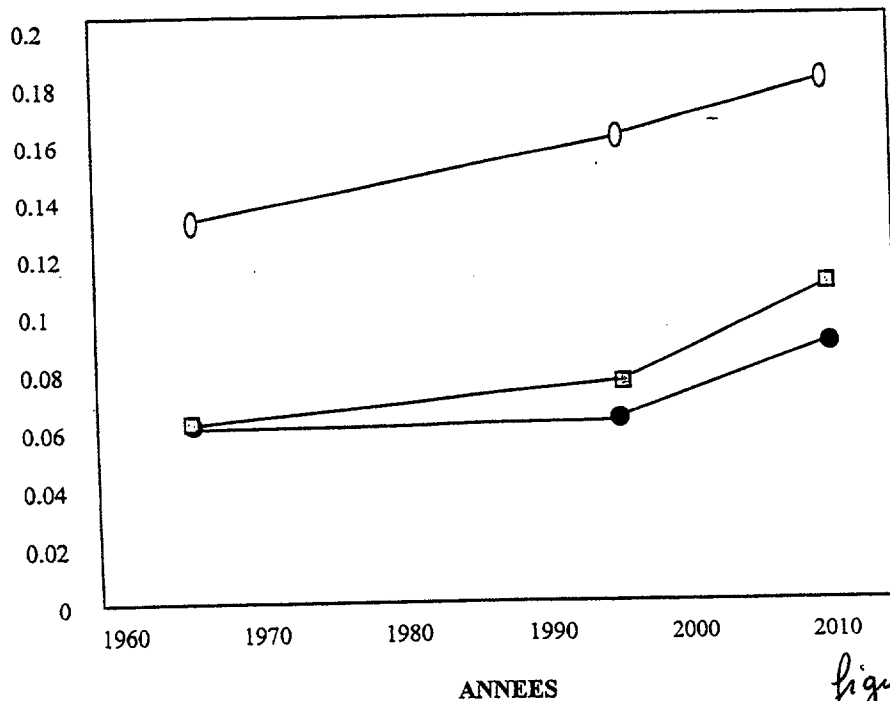
- Saint Génies
- Pibrac / Saint Caprais
- ⊕ Saint Cricq / Marut

Indice global



- Pibrac
- Saint Caprais
- Saint Cricq / Marut

Indice global



- Saint Caprais
- Saint Cricq
- Marut

figure 10

POUR UN SITE DONNE
DEGRADATION DU CIEL

Indice

évolution de l'indice
en fonction du temps

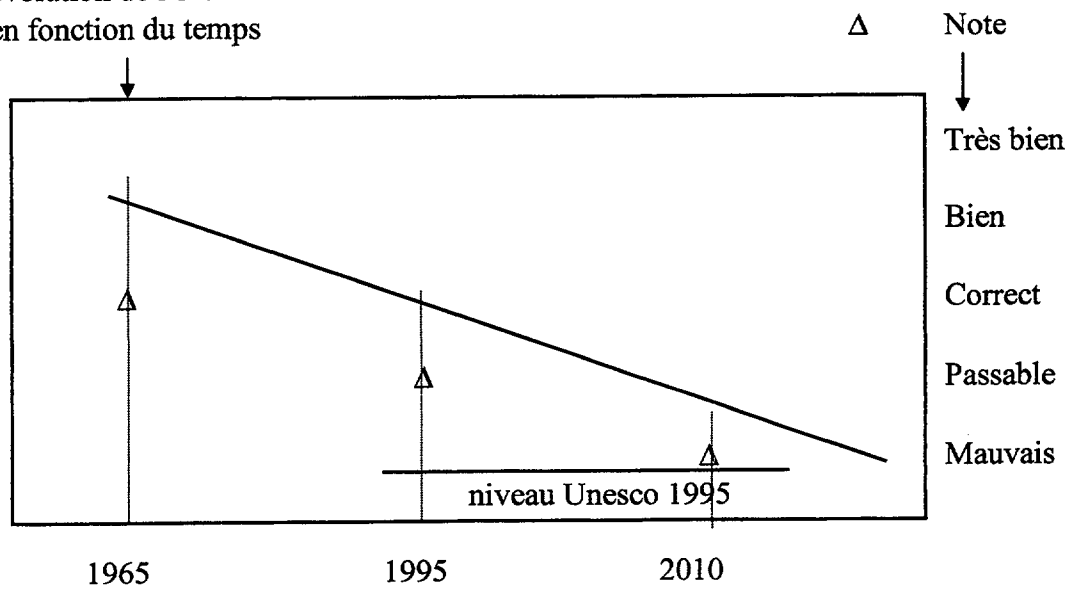
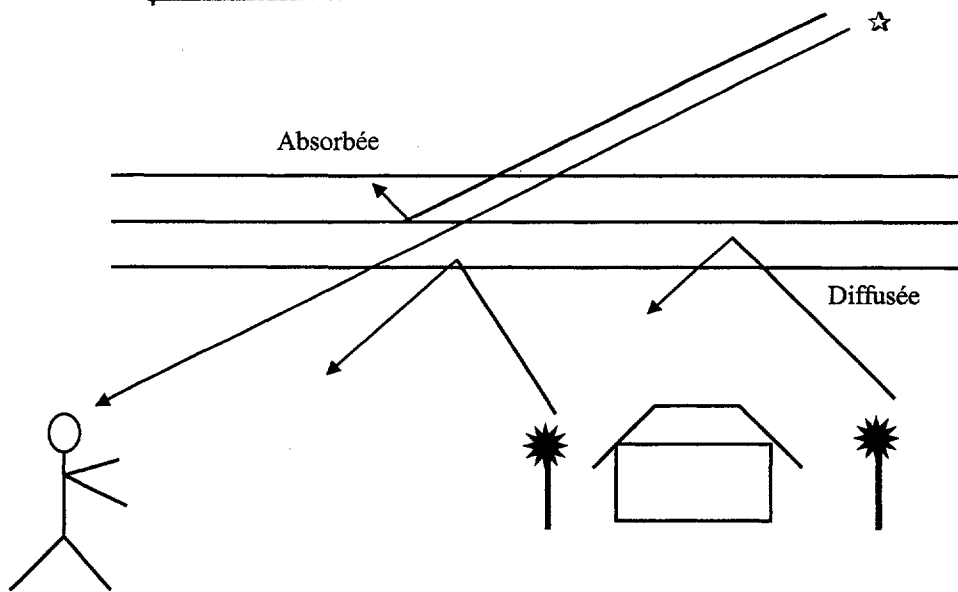


figure 11

11.2

MESURE CCD DE LA QUALITE DU CIEL NOCTURNE (Alain KLOTZ)



1 - INTRODUCTION :

Le but de cet exposé est de présenter une méthode expérimentale simple et rigoureuse pour évaluer la qualité des sites d'observation du point de vue de la pollution lumineuse. La manipulation doit être simple, rapide et facilement transportable.

La méthode s'inspire des travaux exposés dans le rapport de l'Académie des Sciences de Monsieur KOVALEVSKY et des méthodes développées par mon ami M. BONA VITACOLA, notamment le programme THOT.

J'ai eu l'honneur d'animer sur ce sujet un stage de 3 mois pour un étudiant de maîtrise de la FACULTE DES SCIENCES DE TOULOUSE RANGUEIL. Cet étudiant D. SALABERT a mené ses travaux au siège de la SAP (à l'observatoire de JOLIMONT) et à l'université. Son travail est présenté en annexe de l'exposé.

2 - Critères astro quantitatifs :

Par définition on sait que :

Absorption : constante des magnitudes : C

$$m = m_0 - 2.5 \log \frac{F}{F_0} + C - 2.5 \log F$$

Diffusion : brillance du fond de ciel : magnitude / seconde²

$$b = C - 2.5 \log \left(\frac{\text{Flux du ciel sur 1 pixel}}{\text{angle solide vu par 1 pixel}} \right)$$

exemples de brillances surfaciques du fond de ciel :

- 16.5 lorsque c'est la pleine lune
- 19.3 à la périphérie de Castres (Voie Lactée)
- 20.3 à une distance de 17 km de Castres

mesures CCD au foyer d'un C8 sans filtre

3- MATERIEL UTILISE ET CAHIER DES CHARGES :

Le montage utilisé doit répondre aux contraintes suivantes :

Contraintes matérielles

- Rapidité : < 30 min par site
- Compacité : voiture
- Autonomie : batterie

Contraintes optiques

- ciel : + 50% des pixels

c' est à dire que le fond de ciel intercepté par la matrice de la CCD doit couvrir plus de 50% des pixels disponibles. Ce qui implique impérativement d'éviter les champs d'étoiles denses (genre plan galactique).

Le stage de monsieur SALABERT consistait à trouver et mettre en œuvre une manipulation CCD facilement transportable répondant à ce cahier des charges .
Solution CCD (stage SAP de D. SALABERT)

Le matériel et la configuration optique choisie a été la suivante :

- CCD : Hisis 22
- Objectif : F=200 mm F/D = 5.6
- Champ : 2 x 1.3°
- ECHANTILLONNAGE / 18.6 secondes/pixel
- Suivi : aucun
- Lignes de visée : points cardinaux - hauteur = latitude
- Poses : 5 x 15 secondes par point cardinal (mag limite = 13.9)
- Le traitement d'image est classique :
 - Soustraction d'un noir médian
 - Extraction du flat field
 - Correction flat field
 - Médiane 5 images

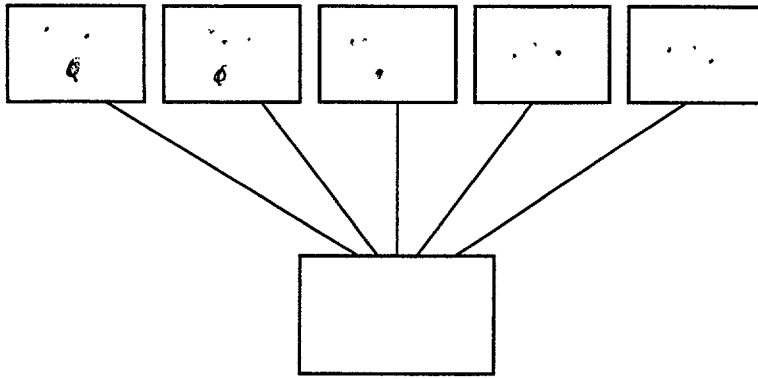


Image finale : les étoiles ont disparu

Il reste de le fond de ciel uniquement . Il suffit de mesurer l'intensité du fond de ciel (nombre de pas codeurs) et d'en déduire ainsi la magnitude surfacique du fond de ciel.

La figure çï après donne le schéma de principe du montage réalisé.

Pour plus de détail sur la méthode mise au point reportez vous au rapport de stage de D.SALABER donné çï après.

Pour info on peut voir page un autre type de montage .Ce montage lui utilise la meme configuration optique mais sur une monture équatoriale motorisée sur les 2 axes et permet de faire un suivi sur un champs donné . (montage M.BONAVITACOLA) .

L'avantage du montage de type azimutal présenté dans cette étude est sa transportabilité et sa rapidité de mise en œuvre. Ceci n'est pas le cas si l'on doit faire une mise en station rigoureuse.

Dans le cas azimutal il suffit de choisir le temps de pause de façon à ne pas avoir de filés visibles d'étoiles .

4 – PREMIERE CAMPAGNES DE MESURES EFFECTUEES

Nous avons utilisé le montage défini sur 2 sites que je connaît bien . Ces sites sont respectivement a l'ouest de CASTRES (site B) et au nord est de CASTRES (site C) .

Pour chaque site on fait 5 poses de 15 secondes par point cardinal (NORD , EST, SUD , OUEST)

La déclinaison visée est la latitude du lieu au dessus de l'horizon .

On fait une série de mesures supplémentaires au zénith .

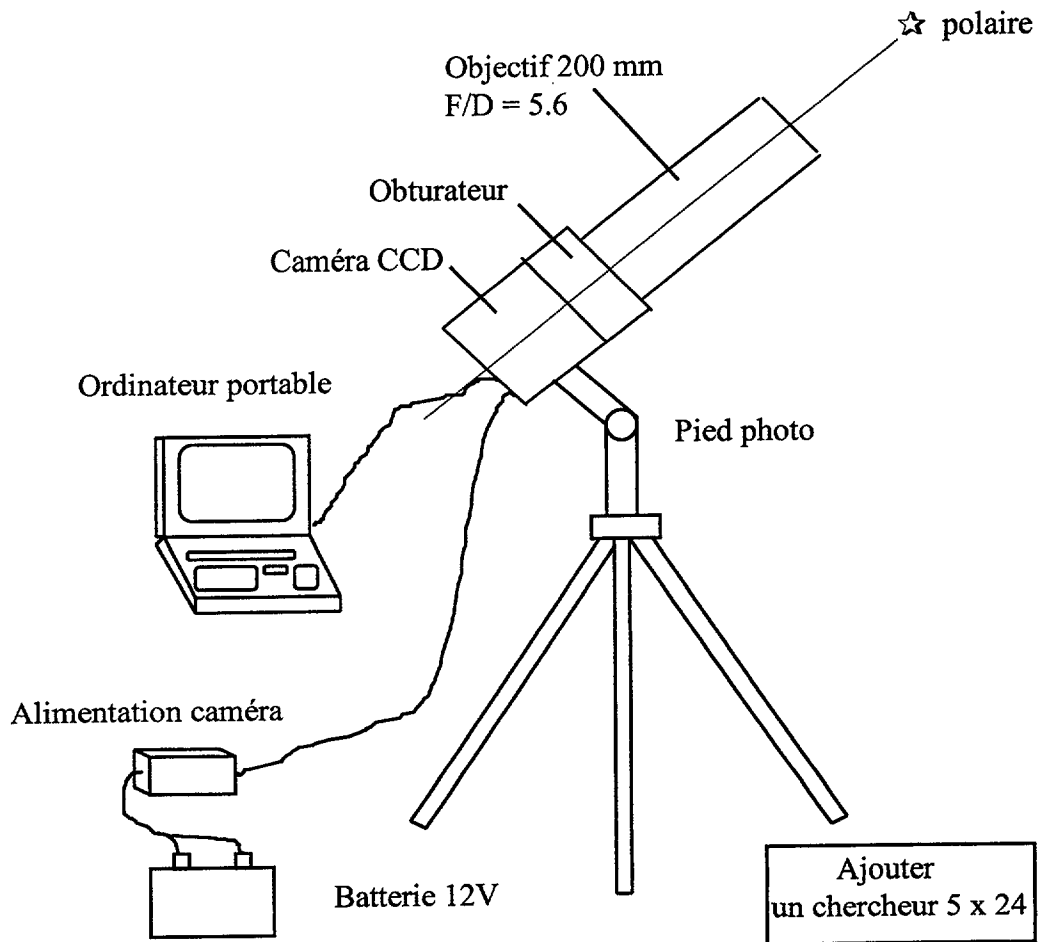
Les planches et tableau final présentés çï après donnent pour chaque azimuts et sites les paramètres suivants :

- perte de magnitude surfacique théorique (modèle THOT)
- Intensité mesurée (du fond de ciel) (par codeur)
- Magnitude surfacique du fond de ciel / par seconde d'arc carré

5- CONCLUSION :

Cette méthode est en devenir . Les premiers résultats sont encourageants. Toutefois d'autres campagnes seront nécessaires afin de valider la méthode .

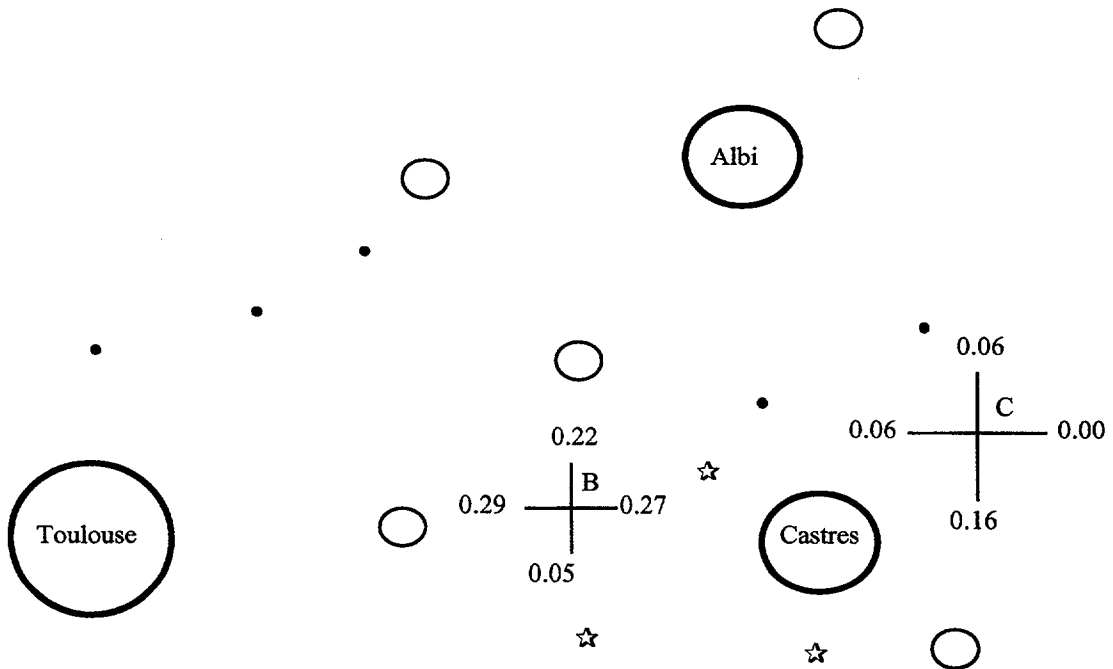
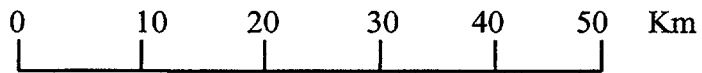
LE MONTAGE DE MESURES CCD



LOCALISATION DES MESURES

Δm = théoriques (Walker)

$$\Delta m = 2.5 \log (1 + 10 P/R^{2.5})$$

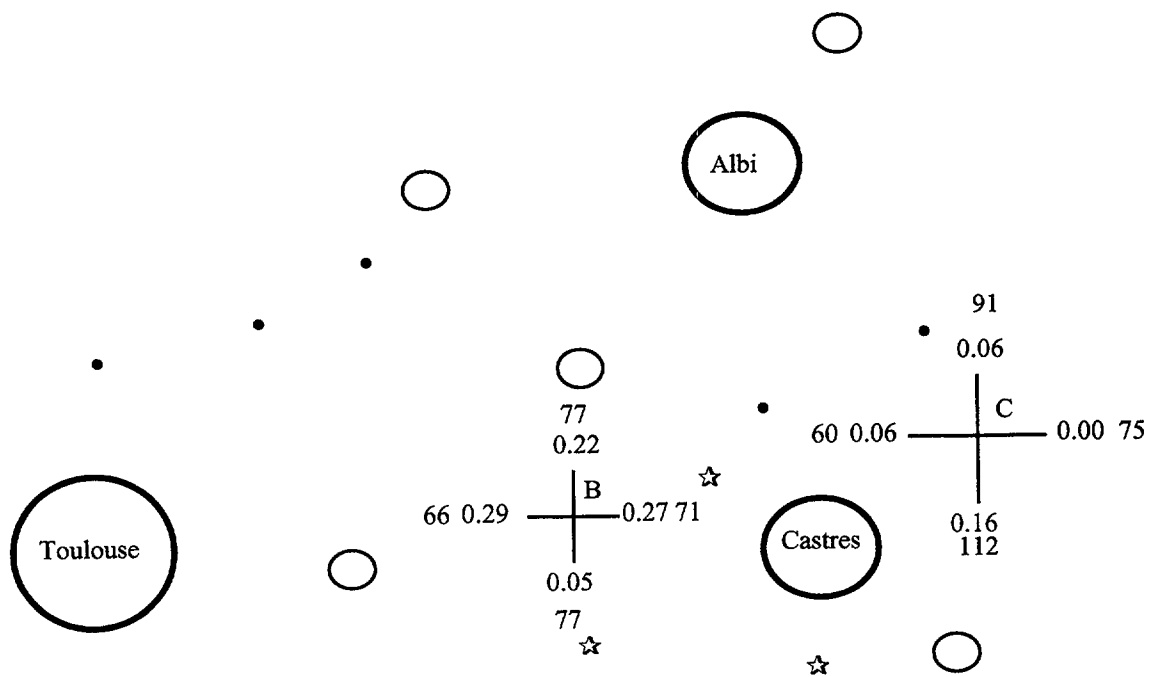
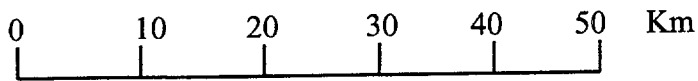


LOCALISATION DES MESURES

Δm = théoriques (Walker)

$$\Delta m = 2.5 \log(1 + 10 P/R^{2.5})$$

Intensité mesurée (par codeurs)

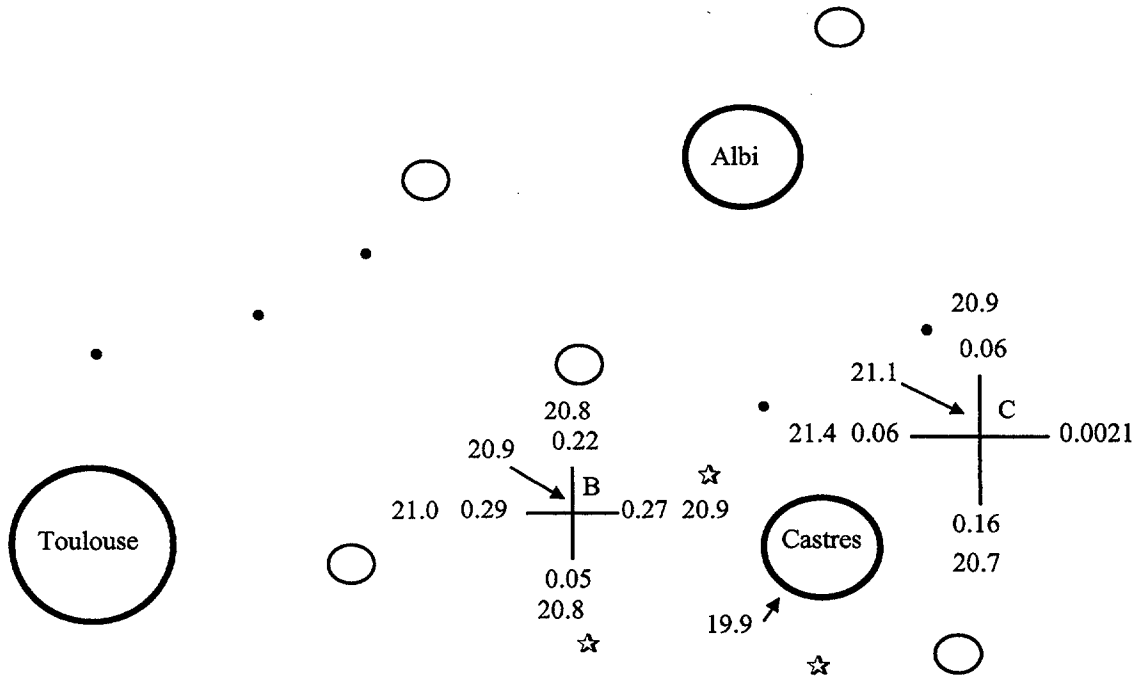
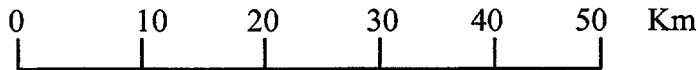


LOCALISATION DES MESURES

Δm = théoriques (Walker)

$$\Delta m = 2.5 \log (1 + 10 P/R^{2.5})$$

Magnitudes surfaciques (sur seconde au carré)



- La constante des magnitudes est calculée avec les étoiles du champ de la polaire.
- Ce type de manipulation doit être réalisé avec un filtre de la bande photométrique V pour avoir un résultat quantitatif.

SITE B

		NORD	EST	SUD	OUEST
perte de magnitude théorique	mg/sec**2	0,22	0,27	0,05	0,29
flux mesuré par codeurs	en pas	77	71	77	66
magnitude surfacique mesurée	mg/sec**2	20,8	20,9	20,8	21

magnitude surfacique au zénith 20,9

SITE C

		NORD	EST	SUD	OUEST
perte de magnitude théorique	mg/sec**2	0,06	0	0,16	0,06
flux mesuré par codeurs	en pas	91	75	112	60
magnitude surfacique mesurée	mg/sec**2	20,9	21	20,7	21,4

magnitude surfacique au zénith 21,1

MESURES CCD POUR EVALUER LA QUALITE DU FOND DE CIEL

RAPPORT DE STAGE DE *D. salabert*

FACULTE DES SCIENCES PAUL SABATIER (toulouse rangueil)
JUN 98

RESPONSABLES DE STAGE : ALAIN KLOTZ (UNIVERSITE)
M. BONAVENTURA (SOCIETE
D'ASTRONOMIE
POPULAIRE)

1. INTRODUCTION	
2. RAPPELS DE PHOTOMETRIE	
3. ETUDE TECHNIQUE : LA LUMIERE PARASITE	
4. LA CAMERA CCD	
5. ETUDE PRELIMINAIRE	
6. MODE OPERATOIRE	
7. LOI DE WALKER ET PROGRAMME THOT	
8. INDICES DETERMINANT LA QUALITE DU CIEL ..	
9. CLASSIFICATION DES SITES	
10. PERSPECTIVE	
11. ANNEXES	

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION

Le stage que j'effectue actuellement à l'Observatoire de Jolimont porte sur la pollution lumineuse. Je dois définir une procédure permettant à tous les astronomes de connaître la qualité de leur ciel. Pour cela, il faut mettre en place tout un protocole expérimental pour obtenir des photographies correctes, déterminer toute une série d'indices reliés à la lumière parasite et ses effets sur les observations. Ensuite, je classerai différents sites la région entourant l'agglomération toulousaine.

A noter que l'on travaillera avec une caméra CCD. Il faut donc dans un premier temps acquérir les connaissances nécessaires à son bon fonctionnement et avoir en tête un minimum d'acquis en photométrie. Alors, on pourra développer un protocole, en ayant bien cerné les effets de la lumière parasite sur les observations, et réfléchir sur une série d'indices intéressants et « universels » (pouvant utiliser les performances du CCD).

Qu'est-ce que la pollution lumineuse ? La lumière émise par les divers éclairages urbains est diffusée par les molécules d'air et de vapeur d'eau de l'atmosphère. Cela se traduit par une lueur générale qui masque la noirceur du ciel nocturne.

C'est parce que la pollution lumineuse est insidieuse et difficilement quantifiable que seuls les astronomes professionnels ou amateurs, premiers concernés du fait de leur activité, la dénoncent. La pollution lumineuse peut paraître moins lourde de conséquence que la pollution de l'atmosphère et des cours d'eau. Pourtant elle est étroitement liée aux autres formes de pollution. -221-

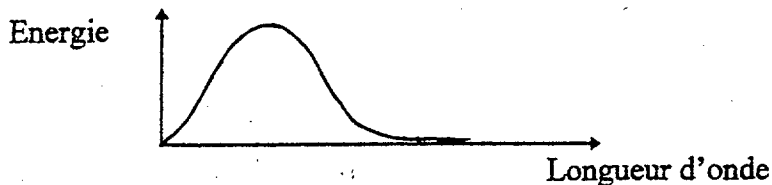
1. RAPPELS DE PHOTOMETRIE

1. Définitions

* La lumière est un rayonnement électromagnétique dont les radiations ont le pouvoir d'exciter les cellules visuelles de l'homme.

* Lorsqu'un rayon lumineux rencontre un obstacle, il est, dans des proportions variables suivant la nature du milieu, réfléchi, transmis et absorbé.

* Le spectre lumineux: Le rayonnement émis par une source lumineuse peut comprendre l'ensemble des radiations lumineuses. On a alors un spectre continu.



Lumière d'une lampe à incandescence

2. Grandeurs et unités photométriques

* Lumen (lm) : unité du flux lumineux

* Candela (cd) : unité d'intensité lumineuse

ou (lm/sr) : flux lumineux par unité d'angle solide (stéradian)

* Lux (lx) : unité d'éclairement

ou (lm/m²) : flux lumineux reçu par unité de surface (m²)

* Candela par m² : unité de luminance

ou (cd/m²) : luminance d'une source dont l'intensité lumineuse est 1 cd et l'aire de 1 m²

* Kelvin (K) : unité de température

3. Flux lumineux F

Le flux lumineux est la quantité d'énergie lumineuse rayonnée par seconde. On utilise le watt lumineux (c'est une unité de puissance dérivée du watt).

$$1 \text{ watt lumineux} = 683 \text{ lumens}$$

Il faut se rappeler que le lumen est une unité de mesure équivalente pour toutes les radiations ou tous les rayonnements, de même que le kilogramme est une unité de poids équivalente pour toutes les marchandises.

$$1 \text{ lumen rouge} = 1 \text{ lumen vert} = 1 \text{ lumen blanc}$$

4. Intensité lumineuse I

Une source lumineuse ne distribue pas nécessairement la lumière d'une manière égale dans toutes les directions. Pour les besoins pratiques, on a besoin de connaître la puissance rayonnée dans chacune des directions et on a été conduit à définir la notion d'intensité lumineuse.

$$I = F/w \quad \text{avec } w, \text{ angle solide}$$

La notion d'intensité ne tient pas compte de la distance de l'observateur à la source. Dans le vide absolu (espace interstellaire) où il n'y a pas d'absorption, l'intensité d'une source ne diminue pas qu'elle que soit la distance (l'observation des étoiles en est une preuve).

Si le rayon de lumière traverse un milieu absorbant, l'intensité décroît jusqu'à extinction totale.

5. Eclairement E

L'éclairement est la quantité de flux lumineux que reçoit uniformément une surface.

$$E = F/A \quad \text{avec } A, \text{ surface en m}^2$$

1 lux correspond à ^{un} éclairement de 1 lm/m².

Il est à noter que l'éclairement n'est pas donné uniquement par une source ponctuelle.

6. Luminance L

Si toutes les sources étaient ponctuelles, la notion d'intensité serait suffisante pour exprimer la quantité d'énergie rayonnée dans une direction. Mais il n'en est pas ainsi, d'autant plus que toute surface réfléchissante se comporte comme une source lumineuse secondaire.

Pour comprendre ce que représente la luminance, il faut examiner ce qui se passe lorsqu'on regarde une surface S et non un point. L'image formée en S sera d'autant plus brillante que le flux lumineux atteignant l'œil sera plus élevé.

Ce flux est fonction de l'intensité des différents points lumineux constituant la surface, et de l'aire de la section Sa, surface apparente de S ($S_a = S \cdot \cos \alpha$).

$$L = I/(S \cdot \cos \alpha)$$

7. Diffusion de la lumière

L'atmosphère en première approximation est homogène, isotrope et, même si elle est troublée, ne contient que des molécules petites en taille par rapport à la longueur d'onde incidente ($d < 0,2\lambda$). On peut d'ailleurs noter la nuance suivante (A. Einstein): tout milieu, lorsqu'il est regardé de très près, contient naturellement des fluctuations de densité dues notamment à l'agitation moléculaire (mouvement Brownien). Donc, tout milieu, même optiquement pur, diffuse.

Un rayonnement monochromatique d'intensité I traversant un milieu de longueur d'onde d subit une extinction de la forme:

$$I = I_0 \cdot \exp(-xd)$$

Loi de Beer

où I_0 et I sont les intensités à l'entrée et à la sortie d'une couche d'absorbant d'épaisseur d , x le coefficient d'extinction par unité de volume.

La diffusion de la lumière s'applique à toutes les longueurs d'ondes. Si on observe un rayon arrivant sur une molécule, celui-ci est diffusé dans toutes les directions.

Le coefficient d'extinction s'écrit :

$$x = \frac{32\pi^3(n-1)^2}{3N\lambda^4}$$

avec N = nombre de molécules par unité de volume

λ = longueur d'onde incidente

n = indice de réfraction du milieu

Dans une zone éclairée par une lumière incidente, la source se comporte elle-même comme émettrice d'une radiation de même fréquence mais d'intensité très faible. La répartition selon les fréquences est la suivante :

Exemple au sol, conditions standards ($N = 2,705 \cdot 10^{19}$ par m^3)

	<i>bleu</i>		<i>rouge</i>				
λ (μm)	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1	2
$x(10^{-6}/cm)$	14,8	4,36	1,75	0,83	0,446	0,106	0,0066

Le bleu se situe aux alentours de $0,4\mu m$, le rouge aux alentours de $0,6\mu m$. Donc, le bleu est 5 fois plus diffusé que le rouge.

3. ETUDE TECHNIQUE : LUMIERE PARASITE

1 - Description et modélisation

Tous les instruments optiques utilisés en astronomie (télescopes, interféromètres) ou en géophysique possèdent des récepteurs extrêmement sensibles dont les performances sont en général limitées par le bruit photonique provenant du ciel. La limitation naturelle est la lumière du ciel nocturne sans Lune. Cette lumière provient de 4 origines: la lumière des étoiles non résolues par l'instrument, la lumière zodiacale, les émissions propres de la haute atmosphère et, enfin, la lumière provenant de ces diverses sources et diffusée par l'atmosphère.

La luminance naturelle du fond de ciel est de $2 \cdot 10^{-4}$ candela/ m^2 (équivalente à une étoile de magnitude 21,6 par seconde carrée sur le ciel). Cette valeur est plus grande à 45° degrés en direction du zénith. Elle servira de référence pour évaluer les effets de la lumière parasite. Cette lumière parasite peut, en fait, agir de 2 façons: en illuminant directement l'instrument et en éclairant le ciel qui la rediffuse vers le sol.

L'illumination directe des instruments par des sources lumineuses ne constitue pas la source dominante de gêne. Cependant, cette lumière peut nuire aux observations par réflexions et diffusions successives et peut atteindre le foyer ou même directement les parties photo-sensibles des récepteurs.

La diffusion par l'atmosphère de la lumière produite sur la surface de la Terre a pour effet une augmentation de la clarté du ciel qui, s'ajoutant à la lumière naturelle du ciel nocturne, augmente le bruit de photons et diminue ainsi la détectabilité des objets faibles.

La modélisation de la lumière provenant d'une agglomération et diffusée par le ciel est très difficile à cause de la grande quantité de paramètres en jeu : distance et flux lumineux produit par l'agglomération, quantité de gouttelettes d'eau en suspension dans l'air, dimension et forme des particules. L'augmentation du bruit photonique parasite, la diminution du signal reçu due à la lumière parasite augmentant la clarté du fond de ciel ne peuvent être évaluées qu'avec les instruments eux-mêmes... lorsque la détérioration du site est déjà consommée.

En l'absence de modèle précis et d'expérimentation sur le site, il faut se contenter d'une modélisation simple effectuée sur des sites connus. La loi de diffusion Raleigh est correcte pour la diffusion par les gouttelettes d'eau et elle est une bonne approximation pour les poussières de moins de 1 μm . En fait, la plupart des poussières industrielles et des aérosols ont des dimensions comprises entre quelques dixièmes de micromètre et 5 μm . Plusieurs études ont été faites. Ainsi M.F. Walker (*Public. Astron. Soc. of the Pacific*, 1977) donne la relation empirique suivante:

$$I = 0,01 * P / R^{2,5}$$

$$\log I = 3 - 2,5 * \log R + \log P \quad (1)$$

Loi de Walker

où P est la population de la ville en unités de cent mille habitants, I est l'accroissement de l'éclat du fond du ciel par rapport à la luminosité du ciel naturel à 45° au-dessus de l'horizon en direction de la ville. R est la distance en kilomètres de la ville.

Pour une ville de 100 000 habitants, à 40 km, on obtient $I=0,1$, soit une augmentation de la luminance du fond du ciel de 10%. On a également 10% pour 3 000 habitants, à 10 km.

On peut généraliser la formule (1) en l'exprimant en fonction non plus de la population, mais de l'émission lumineuse de l'agglomération L exprimée en lumens. On obtient ainsi la formule suivante:

$$\log I = -4,7 - 2,5 * \log R + \log L$$

qui est indépendante de toute hypothèse *a priori* concernant la relation qui peut exister entre l'éclairage d'une ville et le nombre d'habitants.

Ces résultats supposent une concentration de poussières et d'aérosols moyenne au-dessus des régions étudiées. Il convient de se demander ce qu'il adviendrait si la proportion de poussières et d'aérosols en suspension dans l'atmosphère augmentait. Une telle étude a été effectuée par J. Gay au CERGA. Il trouve comme relation:

$$\log I = 0,8 \cdot \log d - 0,2$$

où d est la densité de poussière exprimée en μ grammes par m^3 .

A cet effet de diffusion de la lumière parasite, s'ajoute une absorption générale de la lumière utile par ces mêmes poussières. Du fait de sa variabilité dans le temps, la cohérence photométrique d'une série d'observations est détruite.

Une source de perturbation pour les mesures spectro-photométriques est la présence de raies plus ou moins nombreuses dans les lampes d'éclairage dont la lumière est rediffusée vers les instruments. Ceci a pour effet de modifier la répartition de l'énergie dans le continuum des spectres stellaires et, par conséquent, perturbe les résultats de photométrie à bandes larges et étroites.

2 - Normes

Le principe adopté par l'Union Astronomique Internationale est que l'accroissement de la luminosité du ciel à une hauteur de 45° , dû à la lumière diffusée par un ciel sans nuage, ne doit pas dépasser 10% du niveau naturel le plus bas dans tout le spectre entre 300 et 1000 nanomètres.

En ce qui concerne la lumière directe, une étude menée en 1959 (!!!) a montré que les éclairagements directs ne doivent pas dépasser 10% de l'éclairage global permis.

3 - Précautions à prendre

Pour s'approcher des normes ainsi définies, des mesures très sévères doivent être prises dans le domaine de l'éclairage public et privé pour diminuer la lumière émise par les villes.

Pour l'éclairage public, il faut rendre maximal le rapport entre la quantité de lumière reçue par la surface à éclairer et la quantité de lumière produite par le luminaire. Ceci implique des abat-jours très réfléchissants, dirigeant la lumière vers le sol empêchant tout rayonnement vers le ciel.

Les lampes à vapeur de sodium à basse pression (lampes à émission monochromatique sur le doublet D du sodium) constituent pour les astronomes le type idéal. En effet, l'émission de ces lampes coïncide avec les raies d'émission de la haute atmosphère, donc elle ne gêne pas les observations, tant qu'elle ne dépasse pas la valeur minimale de l'émission naturelle.

Il est possible d'arrêter les éclairages des monuments, des stades, des publicités lumineuses à partir d'une certaine heure de la soirée: 22h à 24h selon les quartiers.

Il existe donc des solutions pour maintenir dans des limites raisonnables la pollution par la lumière provenant des villes.

4. CHARGE COUPLED DEVICE (CCD) ou Dispositif par Transfert de Charges)

1 - Présentation d'une caméra CCD

1.1 - Généralités

Une caméra CCD se présente sous la forme d'une boîte équipée d'un hublot transparent à l'intérieur de laquelle se trouve le capteur CCD. Ce capteur est constitué d'une mosaïque de micro-cellules électroniques sensibles à la lumière. Ces micro-cellules sont appelées photosites ou pixels ("picture element"). Ils ont une forme rectangulaire ou carrée d'environ 10 micromètres de côté. La mosaïque de pixels est appelée matrice. Tout comme en photographie, on peut effectuer des poses de plusieurs minutes en CCD car chaque pixel garde en mémoire la quantité de lumière reçue. Les pixels d'un capteur CCD sont tous identiques et parfaitement rangés en lignes et en colonnes (dans une émulsion photographique, les grains ont des tailles diverses et sont répartis de façon aléatoire).

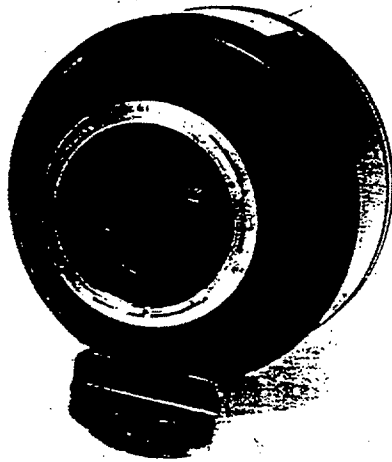
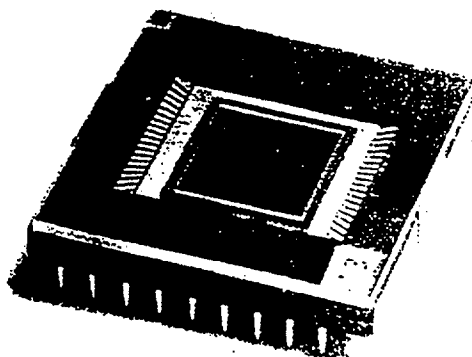


Figure 1.1: Une caméra CCD LYNXX. On peut apercevoir le détecteur CCD comme un petit carré gris derrière le hublot transparent.

L'image formée est automatiquement "découpée" en pixels. Ce phénomène s'appelle l'échantillonnage de l'image. L'échantillonnage d'une image est un des facteurs déterminant la résolution maximale que l'on pourra atteindre; il est lié à la taille des pixels, mais aussi à la longueur focale de l'instrument optique qui forme l'image.

Chaque pixel convertit la lumière en électrons, c'est-à-dire qu'il crée et accumule un nombre de charges électriques proportionnel à la quantité de lumière reçue. Ces électrons sont "lus", convertis en valeurs numériques appelées "pas codeurs". C'est donc la lecture des charges électriques qui permet de reconstituer l'image reçue par le capteur CCD, et ce en quelques secondes seulement.



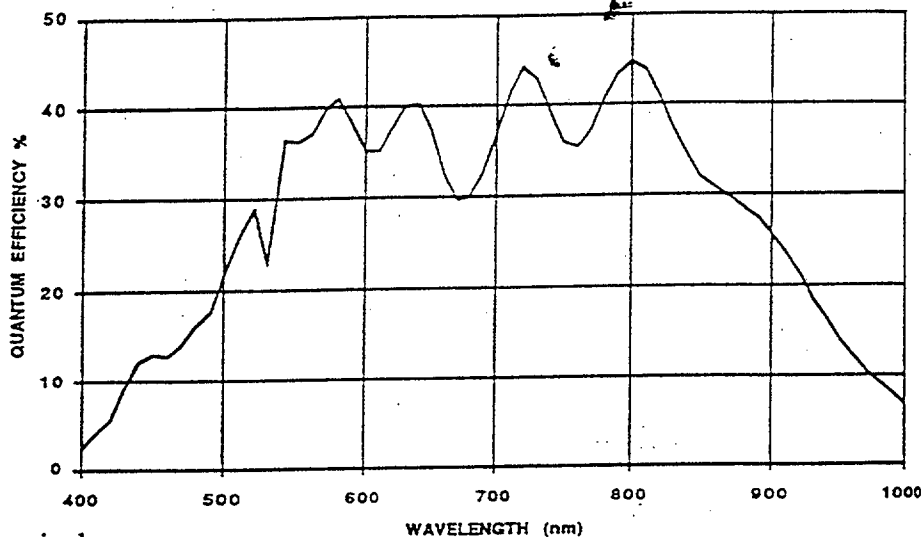
1.2 - Performances du CCD

• Sensibilité

On exprime la sensibilité du CCD en électron (ou charge électrique) fourni par photon incident (ou énergie lumineuse reçue), donc en Coulombs par Joule. Cette notion s'appelle le rendement quantique équivalent (RQE).

Si le CCD était un détecteur parfait, il produirait un électron chaque fois qu'il reçoit un photon. On s'aperçoit que le CCD atteint un RQE d'environ 50% à certaines longueurs d'ondes (1 électron pour 2 photons incidents), ce qui est remarquable (les meilleurs films photographiques ont des RQE de 4 à 5%).

Les CCD sont sensibles de 400nm (limite violette de la lumière visible) à 1 mm (infra-rouge proche). Le maximum de sensibilité se situe dans le rouge, vers 600 à 700 nm.



• Capacité des pixels

La contenance des pixels en électrons n'est pas illimitée. Les valeurs vont de 45000 électrons (pixels de 6,8 x 6,8 mm) à 940 000 électrons (pixels de 23 x 23 mm). Lorsque la quantité de lumière qui a frappé un pixel pendant le temps d'intégration est suffisamment grande, le nombre d'électrons générés peut dépasser la capacité du pixel. Celui-ci est alors saturé, et les électrons excédentaires ont tendance à se déverser dans les pixels voisins. Dans la pratique, lorsqu'une étoile brillante vient à saturer des pixels, on observe une trainée blanche caractéristique, partant de l'étoile brillante; le phénomène porte le nom d'éblouissement ou de blooming.

• Linéarité du CCD

Le CCD est à très peu de choses près un capteur parfaitement linéaire. Cela signifie que le nombre d'électrons générés dans un pixel est proportionnel à la quantité de lumière qui frappe ce pixel. Cette loi est vérifiée au millième près, ce qui est excellent. Cette loi s'arrête au point où le CCD sature.

La linéarité d'un CCD lui donne 3 avantages sur le film photographique:

- i) le CCD n'a pratiquement pas de seuil de détection
- ii) le CCD ne connaît pas l'effet Schwarzschild
- iii) le nombre d'électrons générés donne directement une mesure photométrique.

• Efficacité de transfert

Lors de la lecture du CCD, les charges sont déplacées de site en site le long des colonnes de la matrice, puis le registre horizontal jusqu'à leur sortie. Malheureusement, ces transferts ne sont pas efficaces à 100% et un petit pourcentage des électrons déplacés est perdu à chaque déplacement.

L'inefficacité du transfert est cependant très limitée. Le nombre d'électrons non transférés présente un caractère aléatoire dont la dispersion génère un bruit de transfert dont l'expression est:

$$\sigma_e = \sqrt{\varepsilon n N}$$

où ε est l'inefficacité de transfert

n , le nombre de transferts réalisés pour lire le pixel concerné

N , le nombre de charges transportées

- Courant d'obscurité

Même en l'absence de tout éclairage, le CCD génère spontanément un courant d'obscurité proportionnel au temps d'intégration et croissant en fonction exponentielle avec la température. Le courant d'obscurité a deux conséquences fâcheuses :

- i) il génère spontanément un "bruit thermique" qui limite la détection des faibles étoiles de l'image
- ii) il peut, à l'extrême, saturer à lui seul les photosites, rendant impossible la lecture de l'image.

- L'électroluminescence

Sur certains CCD, l'amplificateur de sortie émet une très faible lumière qui suffit à créer des charges dans les pixels situés près de cet amplificateur.

- Les pixels défectueux

Ce sont soit des pixels dont le gain diffère d'un certain pourcentage du gain moyen de la matrice, soit des pixels chauds qui saturent très vite, soit des pixels morts qui restent noirs quelque soit l'éclairage reçu. La plupart du temps, les défauts de la matrice peuvent être corrigés en grande partie par le logiciel de traitement d'image.

2- L'électronique de la caméra CCD

- Temps de lecture et mode fenêtrage

Le fenêtrage consiste à ne lire que la partie de la matrice qui contient l'information utile. Le but est de diminuer le temps de lecture, donc d'augmenter la cadence des images.

- Binning

Le binning consiste à additionner les charges électriques contenues dans plusieurs photosites voisins; l'ensemble de ces photosites est alors considéré comme un seul pixel d'image qui aurait reçu la totalité de la lumière captée par ces photosites.

Le binning peut prendre différentes formes géométriques: par exemple 2x2, ce qui signifie que l'on rassemble 4 photosites voisins pour créer un pixel.

L'un des avantages du binning est d'augmenter le rapport signal sur bruit. Le binning rassemblant $N \times N$ photosites par pixel permet d'effectuer des poses plus courtes d'un N^2 pour obtenir le même signal que l'image sans binning.

- La lecture du signal

Après qu'on lui ait retiré sa composante, qu'on l'ait filtré, amplifié et échantillonné, le signal vidéo est toujours une grandeur analogique donc inapte au traitement par un ordinateur. Il faut donc le convertir en une information numérique. C'est le rôle du Convertisseur Analogique-Numérique (CAN).

- Aspects thermiques

Les temps de pose pratiqués en astronomie, et le niveau de détection recherché imposent de refroidir le CCD afin de limiter son courant d'obscurité. Pour cela, plusieurs solutions sont possibles: l'azote liquide, la neige carbonique et les refroidisseurs à effet Peltier.

- Environnement informatique

L'ordinateur fait partie intégrante d'un système CCD. Lors de l'acquisition des images, il sert à envoyer les ordres de lecture, réceptionner, visualiser et stocker les images numériques. On pourra ensuite les traiter.

Les logiciels d'acquisition: ils permettent de lancer les ordres de pose du CCD, de recueillir les images et de les stocker sur le disque dur. Il faut y associer un logiciel de traitement performant.

3 - Caractéristiques d'une caméra CCD

3.1 - Caractéristiques géométriques

- Nombre de pixels

Le nombre de pixels de la matrice est l'une des caractéristiques les plus importantes de la caméra CCD. C'est ce nombre qui fixe la richesse de l'information spatiale contenue dans l'image: il est le rapport entre le champ couvert par le CCD et sa résolution; cette notion est parfois appelée "dynamique spatiale". Il est possible d'adapter soit le champ soit la résolution par le choix d'une optique de distance focale appropriée, mais le champ et la résolution sont intimement liés par le nombre de pixels.

- Taille des pixels

La taille des pixels est un critère de choix beaucoup moins important que leur nombre.

3.2 - Caractéristiques électroniques et thermiques

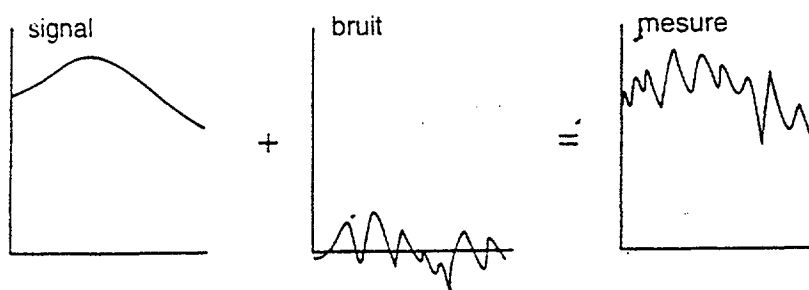


Figure 11.4 : A gauche, représentation monodimensionnelle d'un signal. Au milieu, contribution d'un bruit aléatoire à moyenne nulle. A droite : la superposition des deux composantes représente ce que l'on mesure réellement.

- Bruit de lecture

Le bruit de lecture se traduit par une erreur dans la mesure du signal contenu dans chaque pixel. Cette erreur est complètement décorrélée d'un pixel à l'autre et d'une image à l'autre. C'est l'une des limitations principales de la détectivité des caméras CCD et plus généralement à la qualité des images.

- Bruit thermique

Le courant thermique a 2 conséquences:

- il remplit les photosites par des charges intempestives qui peuvent provoquer une saturation si la pose est assez longue.
- il crée un bruit thermique dont la valeur est égale à la racine carrée du nombre d'électrons thermiques.

- Niveaux de numérisation

Les numériseurs fréquemment utilisés dans les caméras CCD codent l'information sur 8 bits (256 niveaux de gris ou pas-codeurs), 12 bits (4096), 14 bits (16384) ou 16 bits (65536). C'est un paramètre très important, car les images d'astronomie ont besoin d'une grande dynamique.

3.3 - Caractéristiques photométriques

- Détectivité

Elle caractérise la capacité de la caméra à faire apparaître des objets peu contrastés dans une image, par exemple de détecter une étoile très faible dans le fond de ciel, ou un détail planétaire très peu contrasté.

Une étoile faible sera détectée si l'on sait reconnaître la variation de signal qu'elle a provoquée parmi les fluctuations liées au bruit. On considère qu'elle sera détectée si son signal vaut 3 fois la fluctuation moyenne du bruit.

La détectivité revient donc à comparer l'intensité du signal provoquée par un objet faible au bruit de l'image.

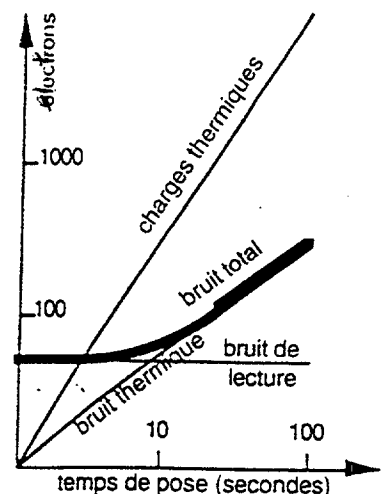
- Bruit de photons

L'étoile mesurée envoie un nombre de photons dont la valeur moyenne définit la luminosité de l'étoile, mais qui subit des fluctuations statistiques dont la valeur moyenne est égale à la racine carrée du nombre de photons reçus.

Bruit total: les sources de bruit étant parfaitement décorréelées,

$$B_T = \sqrt{(B_l^2 + B_{th}^2 + B_{fc}^2)}$$

avec B_{fc} , bruit de fond de ciel.



- Précision photométrique

La réponse linéaire du capteur CCD en fait un merveilleux récepteur pour la photométrie. Le nombre d'électrons générés dans les pixels qui correspondent à l'image de l'étoile étant proportionnel à l'éclairement reçu, il suffit de compter cette charge électrique pour accéder directement à la mesure de luminosité. La précision de la mesure est principalement liée à l'intensité des bruits électroniques (en plus de la qualité de la caméra).

Remarque : Les pas-codeurs doivent représenter un nombre d'électrons inférieur au bruit de lecture.

3.4 - Les fonctions d'acquisition

- Mode rafale

Il permet de prendre des vues en continu sans que l'observateur ait à relancer la caméra entre chacune d'entre elles.

- Le temps de lecture de la matrice a plus ou moins d'importance suivant le type d'observations.

- Le fenêtrage consiste à ne numériser qu'une partie de l'image à chaque prise de vues. Le but essentiel est d'obtenir une cadence d'images élevée, lorsqu'une partie du champ seulement est intéressante.

- Le binning (voir plus haut)

Le binning est intéressant lorsque l'on veut des images rapidement, sans trop de soucis de résolution, et qu'elles ont un rapport signal sur bruit limite.

- Le mode TDI permet de faire des images avec un télescope fixe. Il consiste à décaler les charges de photosite en photosite dans la matrice CCD au fur et à mesure que l'image se déplace sur cette matrice. Ainsi les charges créées par un point de l'image restent en face de ce point pendant tout le temps d'intégration.

4 - Réalisation des images

4.1 - Choix de la combinaison optique

- La résolution

La résolution limite que l'on peut atteindre est déterminée par le diamètre du télescope, par la qualité intrinsèque des images et par l'échantillonnage.

La première limitation provient du phénomène de diffraction dû au diamètre de l'instrument : plus le diamètre est important, meilleure sera la résolution.

La deuxième limitation en résolution provient de la turbulence du site d'observation. La turbulence atmosphérique est souvent bien plus importante que la limite de diffraction.

La troisième limitation provient de l'échantillonnage dû au détecteur CCD. Il s'agit donc de grandir suffisamment l'image optique au niveau du plan du CCD afin de placer un minimum de secondes d'arc sur chaque pixel. Cet échantillonnage spatial est géré par la longueur focale de l'instrument et par la taille des pixels du capteur CCD.

Dans le cas général :

$$\text{échantillonnage} = \arctan \left(\frac{\text{pixel}(\mu\text{m}).10^{-6}}{\text{focale (m)}} \right) \quad \text{en (arcsec/pixel)}$$

Dans la pratique, on cherche à se placer à l'échantillonnage critique où la largeur à mi-hauteur des étoiles occupe 2 pixels.

- Le champ

Le champ couvert par l'image CCD dépend des dimensions de la matrice et de la longueur focale de l'instrument. Il sera d'autant plus étendu que les dimensions de la matrice sont grandes et que la longueur focale est petite.

Dans le cas général :

$$\text{champ} = \arctan \left(\frac{\text{coté du CCD (mm)}.10^{-3}}{\text{focale (m)}} \right)$$

Il est toujours difficile de concilier un grand champ et une bonne résolution.

5 - Traitement des images

5.1 - Prétraitement

Le prétraitement consiste à « nettoyer » l'image brute de ces effets. Il se déroule en 3 étapes bien distinctes :

1. Soustraction du noir
2. Division par la PLU (La PLU est une pose effectuée sur une plage de lumière uniforme (ciel bleu). L'intensité lumineuse réellement tombée sur le pixel est alors constante pour tous les pixels de la matrice. Le temps de pose de la PLU est suffisamment court pour négliger la contribution des charges thermiques).
3. Correction locale de l'image au niveau des pixels ou des colonnes défectueuses.

5.2 - Les transformations géométriques

- Les translations

L'application la plus courante des translations est le compositage, opération indispensable pour diminuer le bruit des images obtenues. Le compositage consiste à recentrer et à sommer plusieurs images prétraitées du même objet. Le recentrage se fait au moyen de translations.

- Les rotations

Il est parfois intéressant de comparer 2 images issues de 2 caméras fixées sur 2 télescopes différents. On a alors 2 images dont les échelles et les orientations sont différentes.

- Les mosaïques

Le champ du CCD est parfois trop petit pour observer la totalité d'un objet étendu. On effectue alors plusieurs poses en déplaçant le champ observé entre chaque image tout en gardant au moins 2 ou 3 étoiles communes sur le bord des champs. On synthétise une seule grande image en assemblant toutes les petites images individuelles comme une mosaïque.

5.3 - Les convolutions

- Les convolutions spatiales

Ce sont des opérations qui consistent à modifier la valeur des pixels en fonction de la valeur de leurs voisins. On distingue les filtres passe-haut, destinés à augmenter le contraste local, et les filtres passe-bas, destinés à étaler les images, c'est-à-dire à les rendre floues.

- Les convolutions fréquentielles

La transformée de Fourier d'une image permet de générer 2 images fréquentielles en coordonnées cartésiennes ou polaires. Ces images permettent de « séparer » les différentes structures des images (étoiles, galaxies, bruit, ...).

5.4 - La restauration des images

Cela consiste à déconvoluer l'image observée.

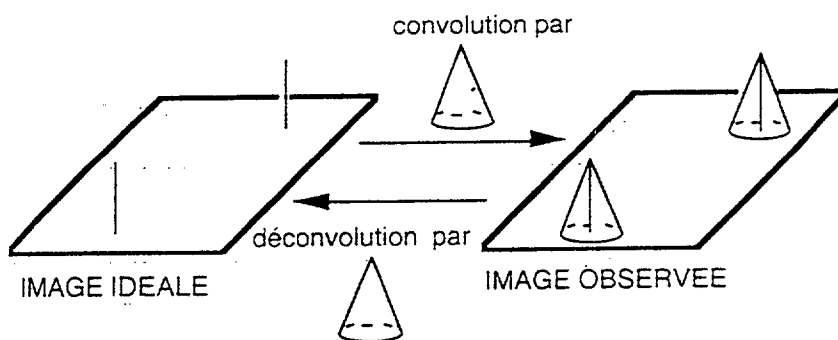


Figure V.36 : A gauche, l'image de deux étoiles ponctuelles vues en perspective. A droite, la même image, telle qu'on l'observe réellement, est le résultat d'une convolution. La restauration de l'image consiste à effectuer l'opération inverse, c'est à dire faire une déconvolution.

5. ETUDE PRELIMINAIRE

Nous venons de voir que les caractéristiques de l'optique utilisée sont très importantes pour la qualité des images. Cette étude consiste à prendre en compte les différents paramètres (focale, binning, temps de pose ...) pour obtenir les meilleurs clichés.

Pour déterminer la focale et le binning qui permettront d'obtenir des clichés de qualité optimale, il faut poser le problème avec plusieurs contraintes :

• Le ciel remplit les $\frac{3}{4}$ de la dynamique : il faut être sûr d'avoir du ciel dans l'objectif.

• Un temps de pose court pour ne pas avoir de traînées sur la photographie dûes aux étoiles. En effet, il n'y a pas de guidage qui permettrait de compenser le déplacement des étoiles.

• Les étoiles doivent être rondes sur le cliché, et non pas sous forme de traînées (directement relié au temps de pose).

• Il ne faut pas avoir trop d'étoiles faibles dans le fond de ciel pour ne pas qu'elles se « perdent » dans le bruit.

1. On fixe la focale $F = 28, 50, 70, 135, 200, 500$ mm.

2. On calcule l'échantillonnage

$$\alpha("/\text{pix}) = 3600 * \arctan \left(\frac{P (\mu\text{m})}{F (\mu\text{m})} \right)$$

avec $p =$ taille du pixel

- pour binning 1/1 $p = 9 \mu\text{m}$
- pour binning 2/2 $p = 18 \mu\text{m}$
- pour binning 4/4 $p = 36 \mu\text{m}$

F (mm)	28	50	70	135	200	500
$\alpha_{1/1}$	66,3	37,13	26,52	13,75	9,28	3,71
$\alpha_{2/2}$	132,6	74,26	53	27,5	18,56	7,43
$\alpha_{4/4}$	265,2	148,5	106,08	55	37,13	14,85

3. On calcule le temps de pose

$$t(\text{s}) = 30 * 2^{\text{bits} * 3/4} * \left(\frac{1}{2900 * (\alpha / 3)^2} \right)$$

On prend la valeur 14 bits, c'est-à-dire le nombre d'éléments binaires utilisé pour coder l'information.

On s'aide de données acquises lors d'une étude précédente. Pour une nuit de pleine Lune, on a 2900 pas-codeurs, avec un échantillonnage de $3''/\text{pixel}$ et un temps de pose de 30 s.

On se limite à $\frac{3}{4}$ de la dynamique.

F (mm)	28	50	70	135	200	500
t _{1/1}	0,26	0,83	1,63	6,05	13,28	82,99
t _{2/2}	0,07	0,21	0,41	1,51	3,32	20,75
t _{4/4}	0,02	0,05	0,10	0,38	0,83	5,19

4. On impose au système un guidage fixe.

$$\text{Guidage fixe} = \frac{15 * t(s)}{\alpha (''/pix)}$$

F (mm)	28	50	70	135	200	500
1/1	0,059	0,335	0,92	6,6	21,46	335
2/2	0,007	0,042	0,12	0,825	2,68	41,9
4/4	9,2.10 ⁻⁴	0,005	0,014	0,1	0,33	5,23

Pour respecter les contraintes, les valeurs correctes sont à F = 135 mm en binning 1/1, F = 200 mm en binning 2/2 et F = 500 mm en binning 4/4. On obtient 3 cas, que l'on peut reporter sur le temps de pose.

5. On peut calculer maintenant la constante des magnitudes. Par définition, la magnitude m d'un astre se mesure à partir de son flux intégré F par la formule de Pogson :

$$m = c - 2,5 \log(F)$$

La constante des magnitudes C est déterminée à partir d'une étoile de magnitude connue et dont on mesure le flux sur l'image. C'est en fait la moyenne des différentes valeurs obtenues sur diverses étoiles calibrées.

Lors d'une étude précédente, C variait de 24 (pleine Lune) à 22 (nuit sans Lune). On prend la valeur moyenne, c'est-à-dire 23.

On peut alors établir la formule suivante :

$$C = 23 + 2,5 \log \frac{t(s)}{30(s)} + 5 \log \frac{\alpha (''/pix)}{3 (''/pix)}$$

On peut vérifier que ^{quelle} que soit la focale de l'objectif et le binning, on obtient toujours pour C la même valeur.

$$C = 24,57$$

On calcule la magnitude limite définie comme :

$$m_{lim} = C - 2,5 \log(\text{bruit})$$

Il faut alors déterminer la valeur de « bruit ». Le bruit se traduit par une variation aléatoire du signal enregistré autour d'une valeur moyenne, soit dans le temps, soit dans l'espace. Ces fluctuations limitent fondamentalement la détectivité. Le bruit s'exprime comme l'écart-type en nombre d'électrons du signal enregistré.

Si p (pas-codeurs) est exprimé en nombre d'électrons à la sortie du CCD, le bruit sera lui-même exprimé en nombre d'électrons. Afin de rendre la contribution du bruit de quantification négligeable, il faut un pas-codeur correspondant à un petit nombre d'électrons.

Pour profiter de toute la dynamique du CCD avec un faible bruit, il faut utiliser un convertisseur à très grande résolution (~ 15 bits).

Le bruit total est obtenu en faisant la somme quadratique de tous les bruits élémentaires.

$$\sigma_t = \sqrt{(\text{Bruit thermique})^2 + (\text{B. de transfert})^2 + (\text{B. de reset})^2 + (\text{B. de signal})^2 + (\text{B. de quantification})^2}$$

Il est important de déterminer expérimentalement le bruit d'une caméra afin de détecter toute anomalie et plus généralement pour optimiser son fonctionnement par des réglages adéquats.

Dans la pratique, divers bruits de fonctionnement s'ajoutent au bruit de signal. Nous regrouperons ces bruits additionnels (bruit de reset, bruit thermique...) sous le nom générique de bruit de lecture.

Le bruit de lecture du CCD dépend de nombreux facteurs tels que les valeurs des polarisations continues appliquées, la stabilité du gain de l'amplificateur, les couplages parasites dans les connexions ... Autant de paramètres qu'il faut essayer d'ajuster au mieux.

Le bruit thermique ne peut être atténué qu'en refroidissant le CCD.

Donc, avec une caméra CCD à 14 bits, on a :

$$2^{14} \sim 16\,000 \text{ photons}$$

On se limite à $\frac{3}{4}$ de la dynamique : 12 000 photons.

Par effet photoélectrique sur le réseau de cellules photoconductrices au silicium, on a :

$$6\,000 \text{ électrons}$$

On a 3 électrons par pas-codeurs, on obtient finalement

$$\text{bruit de photons} = 2000 \text{ pas-codeurs}$$

Pour le bruit de lecture, on a 45 pas-codeurs.

D'où

$$m_{lim} = 24,57 - 2,5 \log \sqrt{45 + 2048}$$

$$m_{lim} \sim 20,42$$

Cette valeur est trop grande. On ne pourra pas détecter une étoile d'une si grande magnitude. Le calcul du bruit ne doit pas être correct. Des bruits ont été oubliés. Ne pouvant pas les déterminer (surtout leur donner une valeur), on obtiendra la magnitude limite lorsqu'on aura fait les premières mesures (aucune photographie réalisée avec l'appareillage utilisé du fond du ciel n'a été faite).

Pour continuer l'étude, on va fixer la magnitude limite à 14. Cette valeur apparaît atteignable avec notre caméra.

7. Il faut déterminer le nombre d'étoiles que l'on observera pour une magnitude limite égale à 14. On connaît la série de valeurs suivantes :

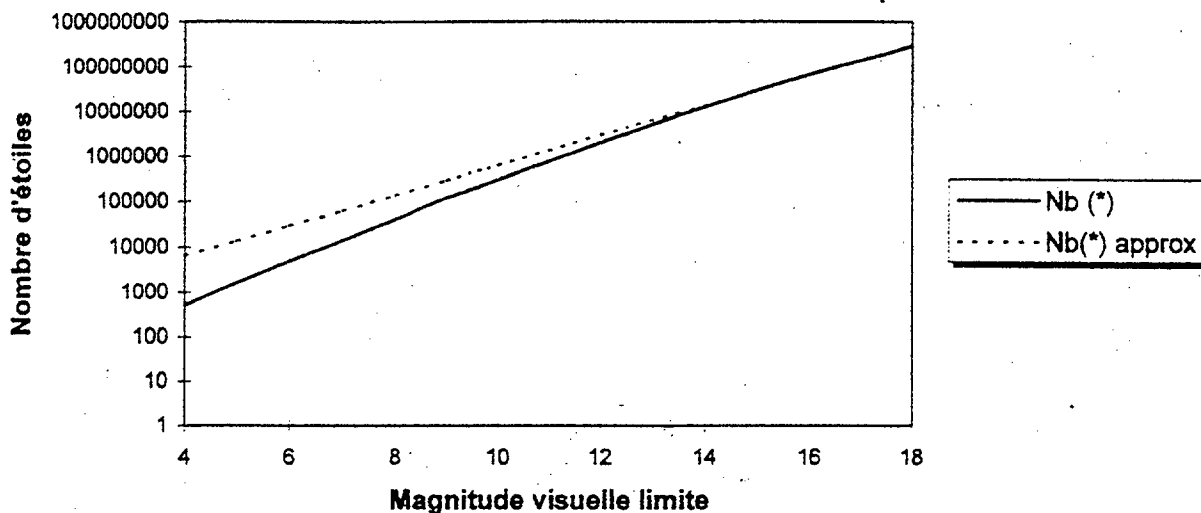
Magnitude limite (visuelle)	Nombre d'étoiles
4	500
5	1600
6	4800
7	14000
8	40000
9	120000
10	300000
12	2000000
15	30000000
18	300000000

On place, sur un graphe semilogarithmique en Oy, ces différents points en fonction de la magnitude. On obtient pratiquement une droite. La loi est donc en exponentielle. On peut l'approximer par la loi suivante, valable pour $m > 15$.

$$Nb = 287,2 * \exp(0,7699 * m) \text{ pour } m > 15$$

Pour $m=14$, $Nb = 1,4.10^7$ étoiles

NOMBRE D'ETOILES PLUS BRILLANTES QU'UNE MAGNITUDE LIMITE



On remarque bien que la courbe approximée (-----) s'accorde bien à la courbe théorique à partir d'une magnitude de 14/15.

7. On va déterminer la densité d'étoiles dans $1''^2$.

$$D(*) = 1,4 \cdot 10^7 / 41\,252,96 \quad \text{sur la sphère}$$

$$D(*''^2) = 7,5 \cdot 10^7 / (41\,253,96 \cdot 3600^2)$$

$$D(*''^2) = 26 \cdot 10^{-6} \cdot *''^2$$

8. On peut calculer le champ

$$A(*''^2/\text{champ}) = \alpha^2(*''/\text{pix}) * \left(\frac{768}{\text{binning } x} \right) * \left(\frac{512}{\text{binning } y} \right)$$

avec $\text{binning}_{x,y} = 1, 2, 4$

F (mm)	28	50	70	135	200	500
$A_{1/1}$	$1,73 \cdot 10^9$	$542 \cdot 10^6$	$276 \cdot 10^6$	$74,3 \cdot 10^6$	$33,9 \cdot 10^6$	$5,42 \cdot 10^6$
$A_{2/2}$	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$A_{4/4}$	-----	-----	-----	-----	-----	-----

On vérifie que pour chaque focale, $A_{1/1} = A_{2/2} = A_{4/4}$.

9. On calcule maintenant le nombre d'étoiles par champ.

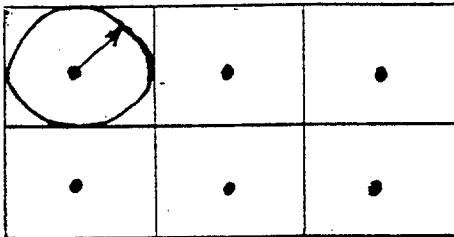
$$N (*/\text{champ}) = \text{densité } (*''^2) * A (''^2/\text{champ})$$

F (mm)	28	50	70	135	200	500
N	$4,5 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	$7,2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	881	141

Comme N est fonction de A, quelque soit le binning, N sera toujours égal en fonction de la focale.

10. On peut alors calculer la distance minimale qui sépare 2 étoiles sur l'ensemble des cellules CCD.

Raisonnons sur un exemple :



$$S = 100'' * 100'' = 10^4 ''^2 \text{ surface totale}$$

On divise le carré en carrés de petites dimensions. La

surface du petit cercle est $s = \pi r^2$. On suppose que ces

cercles ont la même surface que les carrés (quadrature du cercle).

$$\text{On obtient alors : } d_{\text{mini}} (') = \sqrt{\frac{A (''^2 / \text{champ})}{N (* / \text{champ}) * \pi}}$$

$$d_{\text{mini}} = \sqrt{\frac{1}{\pi * \text{densité } (*''^2)}}$$

On trouve $d_{\text{mini}} = 110''$ entre chaque étoile.

11. On peut en déduire la distance entre 2 étoiles en pixels. Pour cela, on calcule

$$d (\text{pix}) = \frac{d_{\text{mini}} (')}{\alpha ('/\text{pix})}$$

F (mm)	28	50	70	135	200	500
1/1	1,66	2,96	4,31	8	11,8	29,6
2/2			2,1	4	5,9	14,8
4/4				2	2,9	7,4

Il ne faut pas prendre une distance en pixels trop petite. Sinon les étoiles faibles se perdent dans le bruit du fond du ciel.

12. Conclusion

On obtient 3 cas idéaux. On n'en gardera qu'un.

F = 200mm en binning 2/2
temps de pose ~ 5 sec
échantillonnage = 19 "/pix
magnitude limite atteignable = 14
champ = 2,61 ° = 33,9.10⁶ "
nombre d'étoiles dans le champ = 881

Remarque : L'avantage du binning 2/2 sur le binning 1/1 est que l'on peut stocker plus de fichiers. On pourra lors d'une nuit de mesures prendre plus de photographies.

6. MODE OPERATOIRE

1. Le matériel

On utilise un télescope avec un téléobjectif de 200mm sur une monture motorisée sur les 2 axes. La caméra est une CCD HiSi22 avec un micro-ordinateur portable, l'ensemble étant prêté par l'Aérospatiale. (Le télescope est guidé ; lors de l'étude, on a raisonné sans guidage).

Pour faciliter les mesures, la caméra est fixée sur un socle avec des arrêts permettant de pointer pratiquement instantanément les points du ciel intéressants. De plus, un levier permet de placer la caméra à 90° et à 45°.

2. La détermination des champs

On a sélectionné différents champs du ciel compris dans des constellations qui se trouvent aux alentours de 45° au-dessus de l'horizon. A l'aide du programme informatique C2A, on a pu

obtenir des champs hors de la Voie Lactée, comportant des étoiles de même type spectroscopique et avec aucune étoile variable. La magnitude la plus grande (donc l'étoile la moins brillante) d'un objet connu est en moyenne pour chacun de ces champs comprise entre 13 et 14.

3. La saisie des images

La saisie des images consiste à prendre sur différentes portions du ciel le fond de ciel. On va prendre diverses zones du ciel en plus du champ. Tout d'abord, on photographie au zénith (90°). Ensuite, on va faire une prise de vue dans chaque direction de la rose des vents, c'est-à-dire N, NE, E, SE, S, SO, O, NO, soit 8 points (en faisant en sorte d'éviter la Voie Lactée). On revise alors le zénith pour voir s'il y a une dérive au cours du temps. On fait ainsi 3 séries de mesures en repassant à la fin de chacune par 90° .

Ensuite, on pourra photographier les différents champs sélectionnés, en passant chaque fois par le zénith.

Les conditions climatiques au moment des prises de vue vont influencer les résultats. Suivant la température, la période de l'année, l'heure de la nuit, l'humidité du ciel..., la qualité des clichés seront différentes. Il faudra s'affranchir de ces "contraintes" en effectuant les mesures le plus rapidement possible, sur 3 ou 4 soirs avec un ciel variant le moins possible.

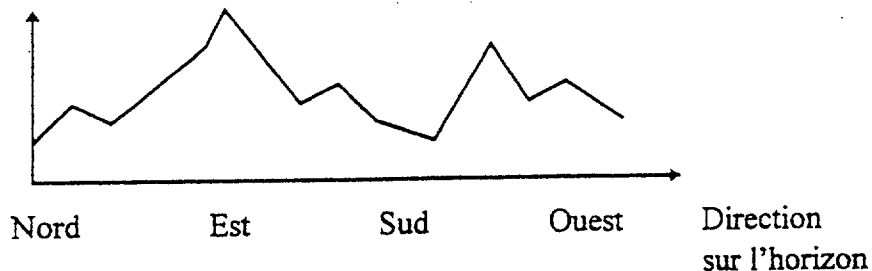
De plus, il sera peut-être nécessaire d'utiliser un filtre vert. En effet, la caméra CCD couvre un domaine de longueurs d'onde plus large que l'oeil humain. Or cette étude s'adresse tout d'abord aux personnes observant le ciel à l'oeil nu et sans instrument particulier. Donc, il faudra filtrer la lumière reçue par la caméra du fond du ciel.

4. Les sites de mesures

Les photographies seront réalisées sur 3 ou 4 sites tout d'abord. Une première série de mesures sera faite à Léguevin (31) à 20 km à l'ouest de Toulouse. Une deuxième à l'observatoire de Rabastens (81) à 40 km au nord-est de Toulouse. Le ciel devrait y être de bonne qualité. Une troisième à St-Geniès (31) à quelques kilomètres au nord de Toulouse. Peut-être une quatrième série de mesures sera effectuée à l'observatoire de Jolimont, en plein coeur de Toulouse.

Il serait intéressant de pouvoir "quadriller" tout le ciel sur un site de bonne qualité, étalé sur plusieurs nuits d'observation (Pic du Midi ?). On pourrait alors photographier à quelques degrés par degrés, tout l'ensemble du ciel. On n'aurait pas ces vides dans les champs que l'on va avoir sur les 4 sites mesurés. Ceci faciliterait l'exploitation des résultats : on pourrait intégrer la perte en magnitude par rapport à la latitude (les 360° pour faire le tour de la voûte céleste). Il n'y aurait plus de zones manquantes: tout le ciel serait pris en compte.

Perte en magnitude



Au Sud, la perte en magnitude est faible: le ciel est peu pollué. Par contre, à l'Est, la perte en magnitude est très élevée : le ciel est de mauvaise qualité; il est pollué.

5. Traitement des images

Lors du traitement des images, il faut éliminer tous les bruits provenant de l'instrumentation (bruit de la caméra CCD, bruit dû à la stabilité du matériel qui n'est pas parfaite ...) qui sont intervenus pendant les mesures.

7. LOI DE WALKER ET PROGRAMME THOT

A partir des données recueillies lors des différentes mesures sur plusieurs sites, on pourra tenter de confirmer la loi empirique de Walker, donnant l'accroissement de l'éclat du fond du ciel, ou au contraire d'en montrer ses limites, pour essayer d'améliorer le modèle.

Rappel : loi de Walker $\log I = 3 - 2,5 \log R + \log P$

Le programme Thot, développé par M. Bonavitacola, permet le calcul de l'augmentation relative de la luminosité du fond du ciel à 45° degrés au-dessus de l'horizon. Il utilise comme modèle la loi de Walker et permet d'estimer le niveau de dégradation du ciel selon l'azimut. Pour cela, il suffit de connaître la population des villes entourant ce site, leur position géographique et la situation du lieu d'observation. Alors, l'observateur peut déterminer rapidement un lieu idéal. Ce programme permet également de prévoir la dégradation d'un site en fonction de l'évolution démographique d'une ville.

Notre étude va permettre de valider le modèle et/ou de le faire évoluer en l'améliorant. On va pour cela déterminer une série d'indices de "qualité", caractérisant ainsi la pollution du site. On peut essayer de repérer le plus faible objet étendu visible ou estimer la magnitude limite. A l'aide de champs sélectionnés (aux alentours de 45°) et en s'aidant des magnitudes indiquées, on détermine la plus faible étoile.

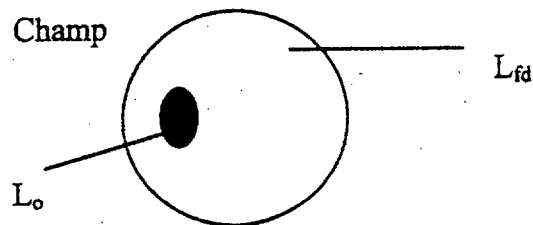
8. INDICES DETERMINANT LA QUALITE DU CIEL

Par définition, une source de lumière est une région du ciel qui émet de la lumière (rayonnement électromagnétique). Pour qu'elle soit détectable, il est impératif qu'elle émette davantage d'énergie que les régions voisines (fond du ciel). L'observation astronomique est donc un problème de contraste, ou de rapport signal/bruit, le signal correspondant à la source, le bruit à toute lumière qui n'est pas la source. Chacun peut faire une observation assez simple: regarder la Lune la nuit et le jour. La nuit, par suite de l'absence de la lumière diffusée du Soleil, le contraste est maximal et l'observation de la Lune facile et riche en détails. En revanche, le jour, le contraste est très faible, le niveau de lumière parasite (en comparaison à la Lune) étant très important: Il est possible de voir la Lune mais l'on observe qu'une tâche blanchâtre et aucun détail sur sa surface.

Pour classifier les différents sites, il faut pouvoir les comparer. Pour cela, il faut déterminer des indices absolus de qualité, applicables à tous les sites. Ces indices permettent de distinguer un bon site d'un mauvais.

Cette classification étant destinée dans un premier temps à l'observateur à l'oeil nu, ces indices doivent strictement provenir de facteurs observationnels.

1. Diminution du contraste des objets étendus



1. Le contraste C est défini par

$$C = (L_o - L_{fd})/L_{fd}$$

avec L_{fd} , la luminance du fond du ciel et L_o , la luminance associée à un objet étendu (nébuleuse...).

De plus :

$$L_{fd} = \int_{\text{champ fond du ciel}} \sigma(fd) ds$$

et

$$L_o = \int_{\text{champ objet}} \sigma(o) ds$$

où σ est la luminance surfacique.

Si on augmente le niveau de lumière parasite L_p , on a :

$$C' = ((L_o + L_p) - (L_{fd} + L_p))/(L_{fd} + L_p) = (L_o - L_{fd})/(L_p + L_{fd}) \leq C$$

Le contraste est plus petit et les conditions d'observation moins favorables.

2. Si on écrit C comme : $C = (L_{fd} - L_o)/L_o$

et $L_{fd} = L_{fdn} + L_{fdp}$ (naturel + parasite)

alors $C = (L_{fdn} + L_{fdp} - L_o)/L_o$

$$C = (L_{fdn} + L_o)/L_o + L_{fdp}/L_o$$

avec $(L_{fdn} + L_o)/L_o = \text{Constante}$

3. Soit L' la luminance limite dans un ciel « noir » avec un minimum de lumière parasite, qu'elle soit d'origine naturelle ou artificielle. Soit un ciel « éclairé » (Lune, lumière Voie Lactée, lumière parasite...). On suppose $L_p = aL_{fd}$. Dans ces nouvelles conditions, soit L^2 la luminance limite. Si l'on suppose les valeurs du contraste équivalentes soit des conditions d'observation analogues, on peut écrire :

$$C' = (L' - L_{nb})/L_{fd} = ((L^2 + L_p) - (L_{fd} + L_p))/(L_{fd} + aL_{fd}) = C^2$$

soit en supposant que $L_{fd} \leq L'$ (et $\leq L^2$), $(a+1) = (L'/L^2)^{-1}$, ou $\Delta m = 2,5 \log(a+1)$.

Δm représente une diminution de magnitude limite. Ainsi, une augmentation de la lumière de fond de ciel de 10% augmente la limite de visibilité de 10%, ce qui correspond à une diminution de la magnitude limite de 0,1.

2. La plus grande magnitude détectable

Il s'agit de comparer tous les sites étudiés par rapport à une magnitude limite de référence, qui est fonction de l'optique utilisé. Pour cela, sur un site où le ciel est "pur" (sans pollution lumineuse), on détermine sur le champ photographié la magnitude du plus faible objet connu (typiquement sur les champs sélectionnés une magnitude de 13 à 14). On obtient alors une magnitude de référence m_{pur} . On fait de même sur un site "pollué". On a $m_{pollué}$.

On calcule alors le rapport q , coefficient de magnitude:

$$q = m_{pollué}/m_{pur} \quad q < 1$$

Si q est près de 1, le ciel du site est de bonne qualité.

Si q est loin de 1, le ciel du site est de mauvaise qualité.

On répète ce processus ^{de ciel} pour plusieurs champs, avec pour chaque champ une magnitude de référence et une magnitude pollué.

Suivant la direction vers laquelle on observe, on connaîtra la qualité du ciel.

S'il y a cohérence dans les résultats, c'est-à-dire si une direction n'est pas de qualité complètement opposée aux autres directions, on peut faire la moyenne sur tous les coefficients de magnitude q_i .

Remarque: On raisonne ici sur des magnitudes ponctuelles. Pour notre étude, il est peut-être plus intéressant d'utiliser des magnitudes surfaciques. Il suffit alors de déterminer la magnitude du fond du ciel.

3. Luminosité des pixels

On peut utiliser les possibilités qu'offrent la caméra CCD. On détermine la luminosité du pixel le plus noir sur le champ photographié, et ce sur chaque cliché, sur chaque site. On pourra comparer cette luminosité sur toute la durée des observations sur chaque site et déterminer une évolution de la qualité au cours de la nuit. On pourra également comparer d'un site à l'autre, en faisant des moyennes pour chaque site, et montrer lequel est plus pollué et lequel a la qualité la meilleure.

9. CLASSIFICATION DES SITES

A partir de la série d'indices déterminés, on pourra mettre une "note" et une appréciation sur le site concerné.

En recoupant les indices avec des intervalles de valeurs homogènes, on pourrait obtenir la classification suivante:

$$a < \{ \text{indice1/indice2/.../indice n} \} < b$$

Note	Appréciation	Observation à l'oeil
0		
1	Mauvais	
2		
<hr/>		
3	Insuffisant	
4		
<hr/>		
5	Acceptable	
6	Correct	
<hr/>		
7	Bon	
8		
<hr/>		
9	Très Bon	
<hr/>		
10	Exceptionnel	
>10		

10. PERSPECTIVE

Nous allons réaliser les photographies courant juin. Je pourrais alors analyser toutes les données recueillies. J'obtiendrais une série d'indices qui permettront de connaître la qualité du ciel sur les sites étudiés. J'essaierais ensuite de mettre en place une procédure que les astronomes pourront utiliser (via des publications, via Internet) pour déterminer la qualité de leur site. On sera en mesure également d'apporter des modifications au modèle de Walker. A plus long terme, on souhaite cartographier toute la France et classer ainsi les différents sites comme cela est fait pour la qualité des plages sur le littoral.

Nous souhaitons obtenir des résultats intéressants et solides pour le 2^{ème} Congrès sur la Pollution Lumineuse de Rodez (12), début octobre 1998.

D'ici là, je continue le stage.

11. ANNEXES

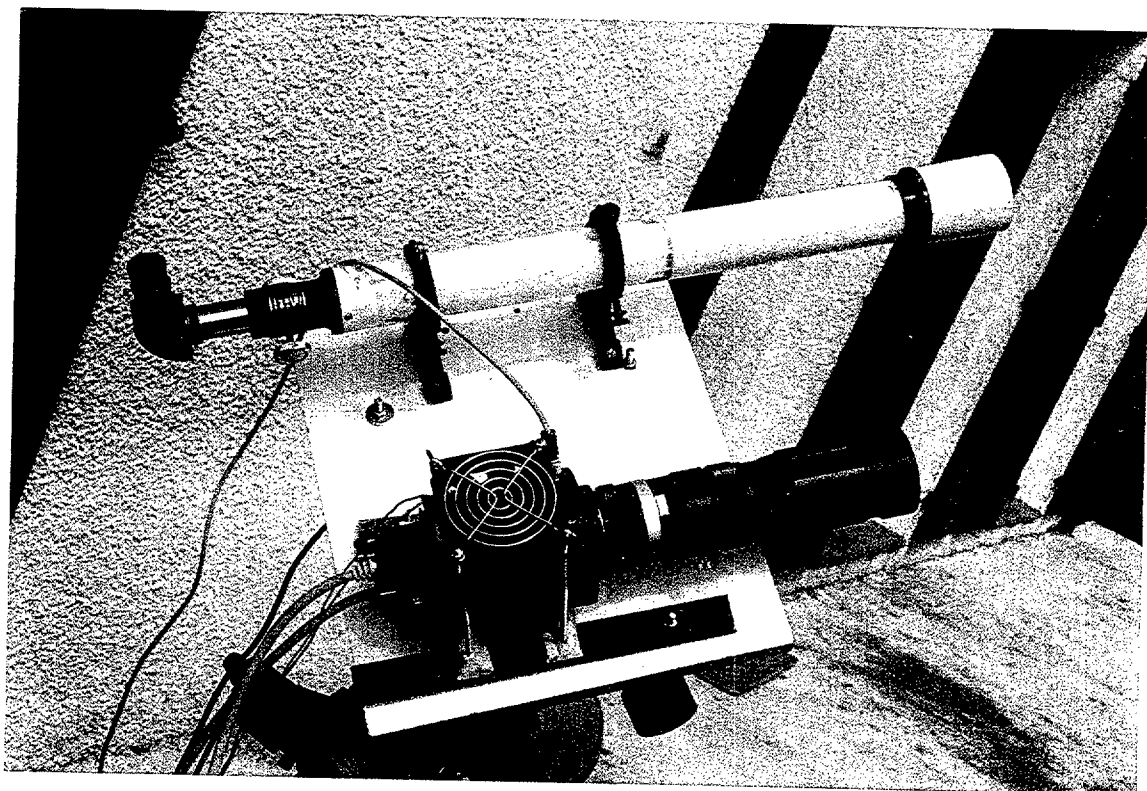
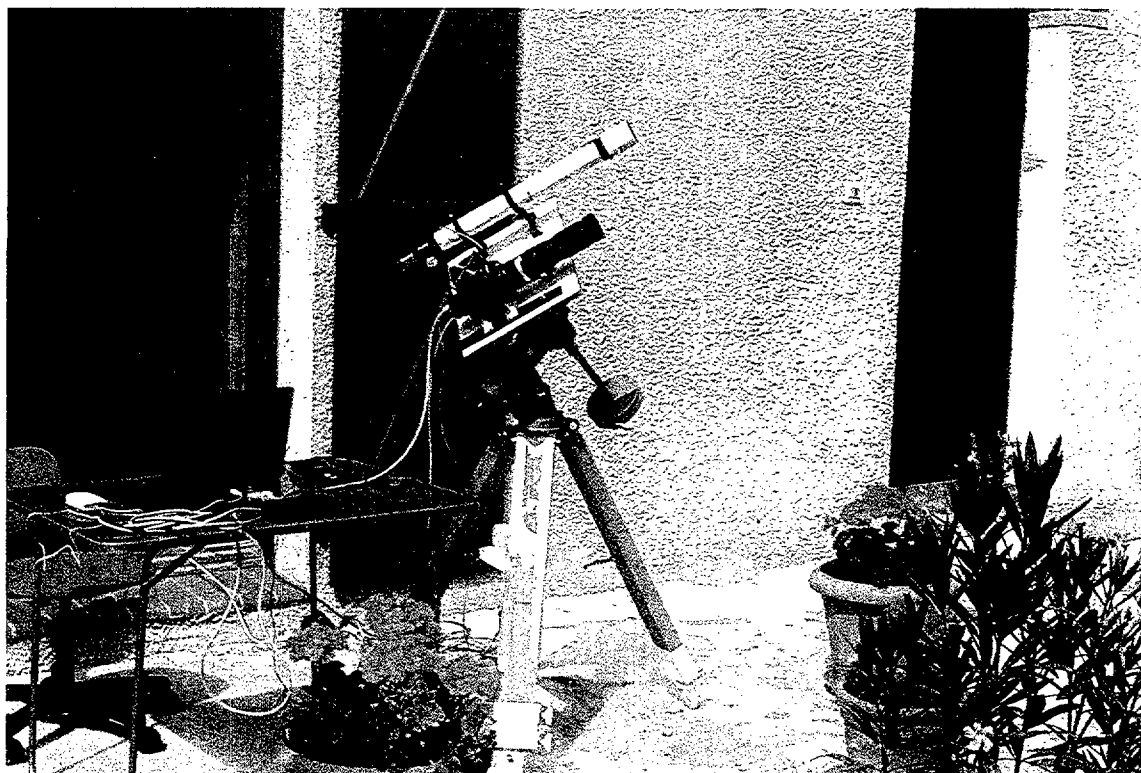
• Annexe 1 : REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- * Astronomie CCD - Christian BUIL - Société d'Astronomie Populaire
- * La caméra CCD - Alain KLOTZ
- * Optique géométrique et ondulatoire - J.P. Pérez
- * Rapport La Protection des Observatoires Astronomiques et Géophysiques
Institut de France / Académie des Sciences - Grasse 1984
- * Rapport Congrès sur la Protection de l'Environnement Nocturne - Rodez 1995

• Annexe 2 : REMERCIEMENTS

Je remercie toutes les personnes de l'Observatoire de Jolimont et plus particulièrement :

- * Mr Bonavitacola, pour le matériel et notamment la caméra CCD (Aérospatiale)
- * Mr Hoffer, qui nous a procuré une série de champs d'étoiles aux alentours de 45°
et de magnitude maximale ~ 14
- * Mr Klotz qui m'a permis de mettre en place le protocole expérimental
- * Mr Hirtz, qui nous a prêté son téléobjectif 200 mm.



Autre Montage : caméra CCD avec téléobjectif de 200 mm
transportable: Monture Perl Vixen Sensor motorisée
sur les 2 axes

caméra Hisi 22 pilotée par micro-ordinateur

suivi : lunette \varnothing 52/600 Perl avec oculaire 9 mm réticulé

montage : Michel BONAVITACOLA

11.3. MODELISATION DES HALOS LUMINEUX

LE PROGRAMME THOT 2.0

MICHEL BONAVIDACOLA

Le programme THOT que j'ai conçu et développé est l'application directe des travaux que j'ai présenté chapitre 11.1. Cet exposé n'a pas pour objectif d'être le mode d'emploi exhaustif du programme, mais plutôt de vous faire découvrir ses multiples applications.

Les futurs utilisateurs pourront à loisir consulter le mode d'emploi complet fourni comme AIDE en ligne avec le programme.

THOT est avant tout un outil de formation destiné aux personnes intéressées par la pollution lumineuse. Il est à même de révéler physiquement les paramètres régissant ce phénomène et ses impacts. De plus il permet aux astronomes de mieux maîtriser leur site d'observation, et de le choisir avec plus de discernement.

La version présentée ici n'est qu'une version de travail. Le programme THOT évolue suivant les besoins et demandes des gens. D'autres options et versions sont en cours de réalisation.

J'ai auparavant évoqué les fondements et bases du programme (chapitre 11.1). Je ne préciserai ici que les idées fondamentales. Puis nous passerons à l'utilisation du programme.

1 INTRODUCTION

Il est possible de réduire le nombre de variables du problème en :

- **paramètres principaux** : (loi de Walker)

L'énergie rayonnée est fonction de la population et de la distance ville / observateur

- **paramètres aggravants** :

- pollution de l'air (particules)

- humidité

- types d'éclairages

- micro climat urbain

L'intérêt de ce programme n'est pas la détermination absolue du niveau de dégradation d'un site mais plutôt la comparaison d'une situation ou d'un site astronomique par rapport à une référence.

La base est une loi expérimentale exprimée comme suit (LOI DE WALKER).

I = accroissement relatif de l'éclat du fond de ciel par rapport à la luminosité du ciel naturel à 45 degrés au-dessus de l'horizon dans la direction de la ville.

R = distance en kilomètres de l'agglomération

P = population en milliers d'habitants

La référence est la luminosité du fond de ciel naturel (21.6 magnitude par seconde d'arc carrée)

$$I = K \times P / (R^{2.5})$$

Soit :

$$\log I = 3 - 2.5 \times \log (R) + \log (P)$$

2) UTILISATION ET LIMITATIONS :

Ce programme fonctionne sur PC uniquement. C'est un shareware . Je développe actuellement une version sous VISUAL BASIC.

D'autre part la banque de données françaises (36000 villes et villages) , va être complétée par une banque de données mondiales (environ 20000 villes en plus).

3) THOT MODE D'EMPLOI

3.0. ECRAN GENERAL

- 1 - Influence des paramètres
- 2 - Indice de qualité d'un site
- 3 - Banques de données
- 4 - Zones d'influence des villes
- 5 - Informations
- 6 - Aide
- 9 - Fin

Note : Les sorties sont soit l'écran de votre micro , soit le fichier LIST stocké sous la racine du catalogue courant.

3.1 INFLUENCE DES PARAMETRES

Le but de cette fonction est d'estimer l'impact des paramètres principaux sur la pollution lumineuse. Pour cela on observe **UNE ville vue d'UN site.**

Un nouvel écran apparaît COMPORTANT 2 OPTIONS

- (1) Influence de la distance à population donnée
- (2) Influence de la population à distance donnée

3.1.1 INFLUENCE DE LA DISTANCE A POPULATION DONNEE

A population figée , près d'une ville donnée , on fait varier la distance ville , observateur .

- * PARAMETRES D'ENTREE :
 - * Population en milliers d'habitants
 - * Distance la plus proche (en km)
 - * Distance maximum (en km)
 - * Pas de calcul (en km)

- PARAMETRES DE SORTIE : Ecran ou fichier LIST
 - * Population en milliers d'habitants
 - * Distance (en km)
 - * obstruction en degrés
 - * augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel en % et en magnitudes par seconde d'arc carrée.

3.1.2 INFLUENCE DE LA POPULATION A DISTANCE DONNEE

Pour un site figé , donc situé à une **distance fixe** d'une ville donnée, on regarde comment va évoluer la qualité du site dans le temps.

- * PARAMETRES D'ENTREE :
 - * Population initiale en milliers d'habitants
 - * Distance (en km)
 - * Nombre d'années
 - * Taux de croissance de la population (%)

- * PARAMETRES DE SORTIE : Ecran ou fichier LIST
 - * année
 - * population pour l'année calculée
 - * augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel en % et en magnitudes par seconde d'arc carrée.
 - * obstruction en degrés

Pour les définition se reporter au chapitre 11.1 et pour plus de détails se reporter à l'AIDE EN LIGNE du programme THOT .

3.2 - INDICE DE QUALITE DE SITE (du point de vue de la pollution lumineuse)

UN SITE ETANT CHOISI , Il s'agit d'estimer la qualité du site grace au calcul de la dégradation du fond de ciel pour tout l'horizon de ce site .(voir chapitre 11.1 paragraphe 4). Pour cela on balaye l'horizon vu du site (en tournant sur soi même) et chaque fois que l'on rencontre une ville à l'aide de la loi de Walker on estime la dégradation du fond de ciel à 45 degrés au dessus de l'horizon .

Les coordonnées choisies naturellement sont les COORDONNEES POLAIRES.

La théorie que j'ai développé pour estimer l'indice de site a été présentée précédemment.

3.2.1 CALCUL DE SITES PERSONNELS A CHAQUE OBSERVATEUR :

Chacun peut se construire son propre fichier et ainsi calculer son horizon et l'indice de son site . Il peut alors le comparer aux sites précalculés ou aux résultats de ses propres observations.

Pour écrire le fichier d'entrée un petit travail s'impose. Il faut connaître :

- * à partir du site d'observation les azimuts de toutes les villes qui entourent le site (carte IGN).
- * les distances sites / villes .

- * la population de chacune des villes (calendrier PTT ou consultation de THOT (OPTION 3)

Ces données sont introduites dans le fichier **perso.txt** :
(pour plus de détails voir l'AIDE en ligne du programme).

3.2.2 CALCUL DE SITES PROGRAMMES :

Différents sites sont présentés .Il y en a une dizaine qui sont représentatifs de ce qu'on peut trouver en FRANCE . Pour le choix il suffit de répondre aux questions posées .

3.2.3 RESULTATS ECRITS

Les résultats écrits sont sur le fichier : **LIST.TXT**.

Celui ci peut etre imprimé. La liste des paramètres de sorties est la suivante :

- * Année
- * Nom de la ville
- * Population , azimuts
- * azimut 1 et 2 en degrés (début et fin)
- * augmentation relative de la luminosité du fond de ciel par rapport à celle du fond de ciel naturel en % et en magnitudes par seconde d'arc carrée.
- * obstruction en degrés
- * fonction caractéristique du fond de ciel due à la ville considérée. Notez qu'actuellement aucun facteur (ou fonction correctrice) sur la fonction caractéristique ne pondère l'azimut.
- * contribution en % de la ville considérée à l'indice global de qualité de ciel
- * **INDICE GLOBAL DE QUALITE DE CIEL**
- * **Note**

Pour plus de détails voir l'annexe et : Recherche et développement .
« compléments mathématiques » de M.BONAVITACOLA

3.2.4 RESULTATS A L'ECRAN:

Cet écran est divisé en zones : (Voir figure 1 et 2)

• Zone 1 :

En fond d'écran apparaît un schéma représentant des rectangles alignés de différentes tailles . La ligne des abscisses représente l'horizon orienté (Nord , Sud , Est , Ouest). Plus le rectangle est large , plus l'obstruction est importante .Plus le rectangle est haut plus le ciel est dégradé dans cette direction . Plus la surface des rectangles est importante plus le flux lumineux parasite est grand .Donc plus le site est dégradé .
En abscisse figure l'azimut et en ordonné la perte de magnitude surfacique du fond de ciel par rapport au fond de ciel naturel .

*** Zone 2 :** Résultats du calcul que résume le listing.

nom ville , perte de magnitude surfacique du fond de ciel , azimuts

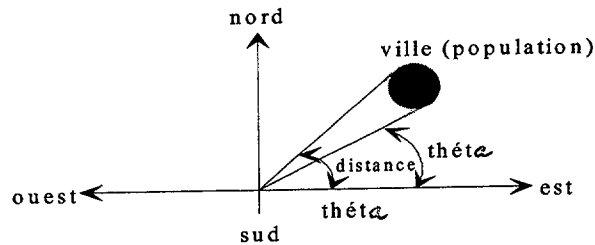
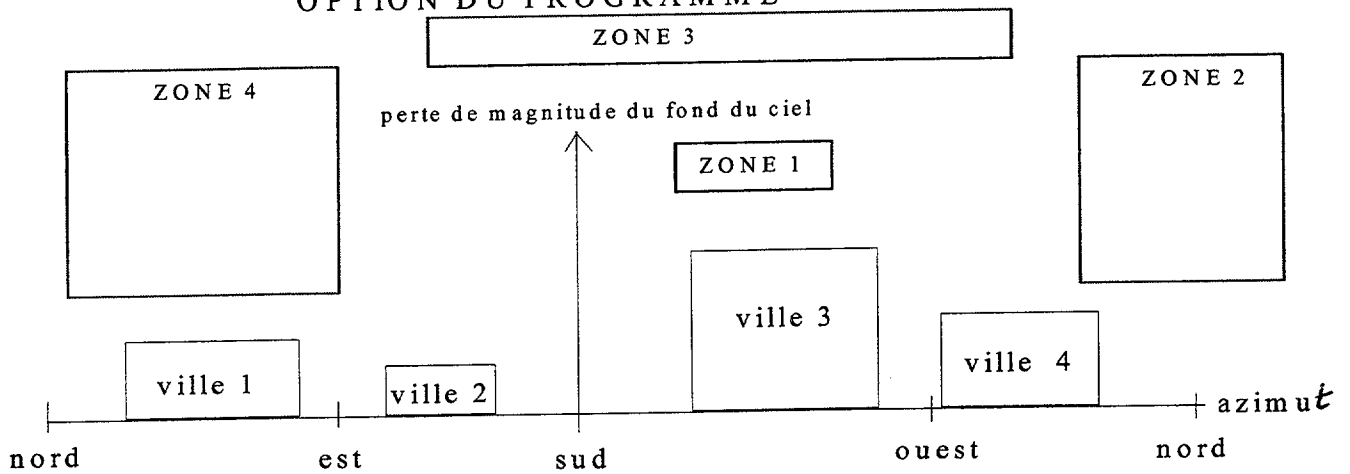
*** Zone 3** : synthèse des résultats.

- * nom du site avec l'année de référence et la population
- * INDICE global du site
- * NOTE : l'indice global calculé correspond a une note située entre 0 et 10 .(10 pour les sites exceptionnels, < 6 pour les sites de banlieue)
- * APPRECIATION : liée à la note obtenue.
- * TYPE DE CALCUL :

Un site peut être REEL ou VIRTUEL . Il est REEL lorsque les chiffres de la population sont issus des bases INSEE. Il est VIRTUEL lorsque les chiffres de population sont extrapolés ou lors d'un calcul TYPE UNESCO .

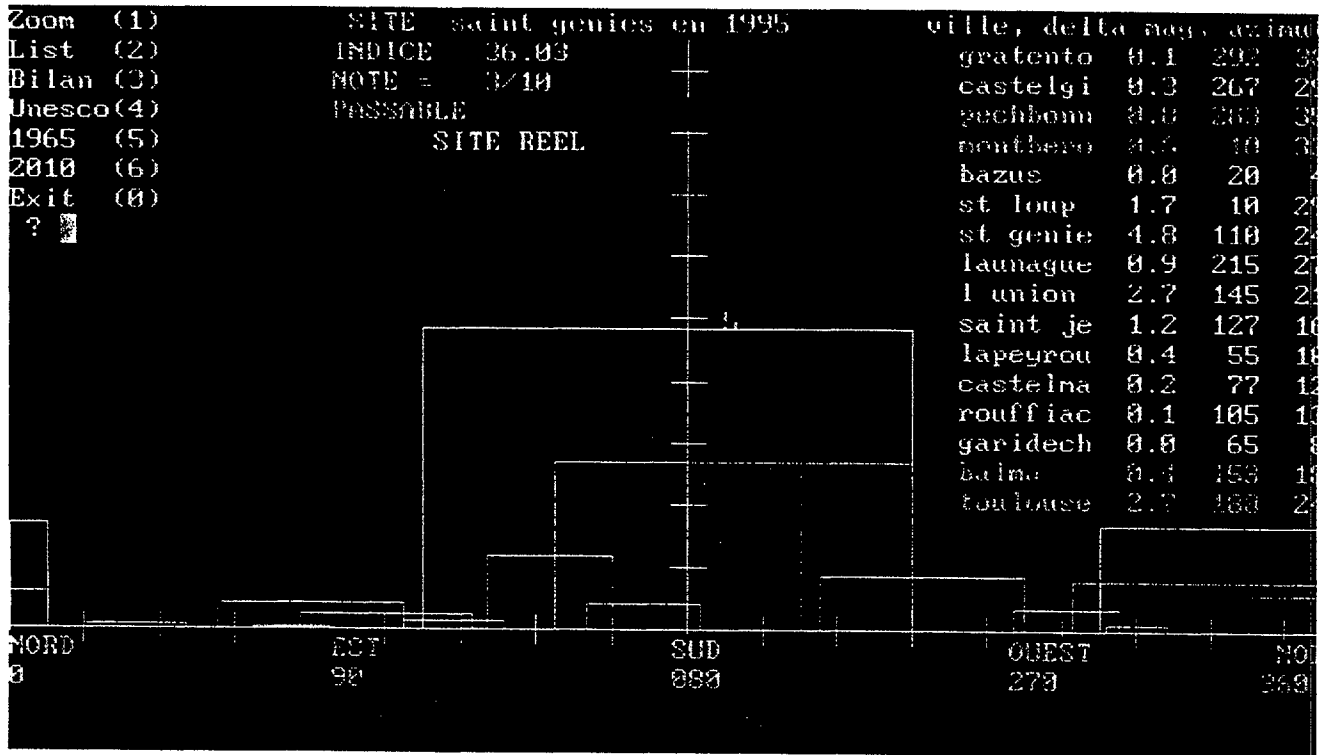
*** Zone 4** : Approfondissement du calcul.

OPTION DU PROGRAMME



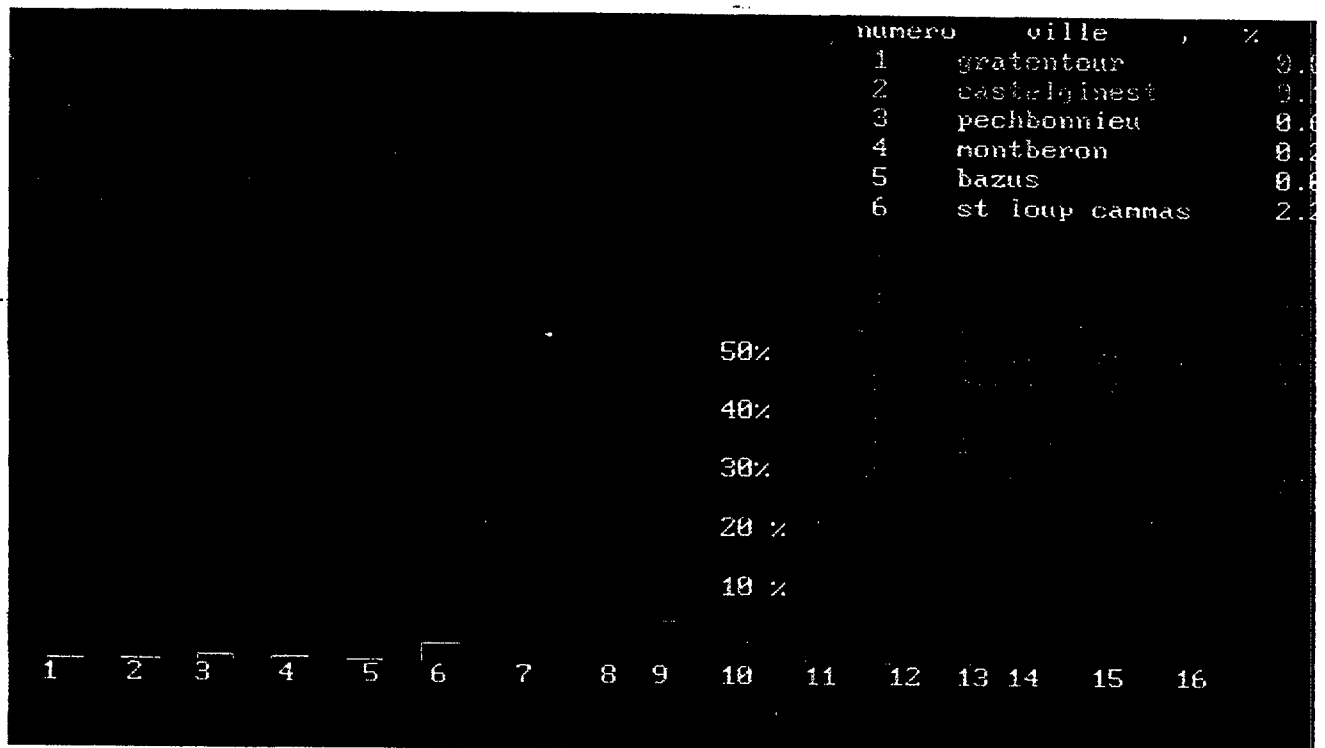
	azimut1	azimut2	delta de magnitude par rapport au fond de ciel	
Ville 1	théta ₁₁	théta ₁₂	δm ₁	
Ville 2	théta ₂₁	théta ₂₂	δm ₂	
Ville 3	théta ₃₁	théta ₃₂	dm ₃	Coeff de site f(ε; O _i ; Δm _i)

Figure 1



Sites Programmes

Figure 2



BILAN

Figure 3

3.2.2.3 DESCRIPTION DETAILLEE DE LA ZONE 4

* Zone 4 : OPTIONS d'approfondissement du calcul
Nous allons décrire les options .

1)- ZOOM ... Taper 1 :

la fonction (azimut ,delta magnitude du fond de ciel) est agrandie dans les proportions demandées.

2)- LIST Tapez 2 :

on a le listing de résultats à l'écran (et évidemment sur un fichier)

3)- BILAN Taper 3 : (voir figure 3)

Cette option permet d'identifier et de classer l'impact de chaque ville sur l'indice global de site .Ainsi il est possible de hiérarchiser les « pollueurs » et ainsi de mieux préparer son dossier avant d'aller négocier avec les autorités compétentes .

Attention tous les horizons ne sont pas équivalents. Il est évident que tous nos résultats sont à pondérer suivant l'azimut. La dégradation de l'horizon Sud est catastrophique ainsi que l'Est . Par contre la dégradation de l'horizon Nord(ou Ouest) est moins grave . Une pondération de l'indice est donc nécessaire (voir annexes). La version actuelle de THOT considère que tous les azimuts sont équivalents . La pondération des azimuts sera opérationnelle dans la prochaine version .

4)- UNESCO TAPER 4 :

La convention de l'UNESCO vise à réduire la pollution du ciel nocturne en limitant le flux de lumière émis vers le ciel. Les signataires s'engagent à faire de gros efforts dans le domaine de l'éclairage public. Il est donc possible d'estimer le gain potentiel après mise en conformité des éclairages avec les termes de cette convention .

La version actuelle de THOT donne **une première estimation** du gain sur l'indice global de site . Le gain potentiel à calculer est un problème complexe qui sera abordé plus en détail dans une autre version .(discussion avec des professionnels de l'éclairage et au sein de la commission UAI et AFE).

Lorsque l'option UNESCO est activée un nouvel écran s'affiche.

Il simule ce que serait (en première approximation) l'horizon après mise en conformité . Le calcul est résumé dans l'indice de site :

INDICE GLOBAL ACTUEL

INDICE GLOBAL APRES MISE EN CONFORMITE

Notez que j'ai conservé dans la répartition la contribution de chaque ville a l'indice de site .Ceci est approximatif (voire faux) mais actuellement je ne sait pas faire mieux .

Un autre paramètre intéressant est le changement éventuel de la catégorie du site (lié à la note attribuée).

5) - DATE TAPER 5 ou 6 :

Ces options permettent de calculer tous les paramètres précédents depuis les années 1965 (c'est à dire le PASSE) et d'extrapoler dans le futur proche . Ceci permet de mettre le site étudié en **perspective par rapport au temps**. C'est à dire d'observer comment il s'est dégradé mais aussi comment il « devrait se dégrader » .

Tout bon scientifique redoute les pièges (et ils sont nombreux) de l'extrapolation ! Méfiez-vous des conclusions trop hâtives . Vous vous exposeriez (surtout auprès des professionnels du sujet) à de cuisantes déconvenues . Ces extrapolations sont données à titre indicatif , avec les hypothèses et les connaissances disponibles à ce jour .

Par contre ce qui est chiffrable (relativement proprement) est la dégradation des sites dans le passé .

Exemple pour le site de saint Caprais (TARN) 50 km au Nord Est de Toulouse

ANNEE	INDICE	NOTE	APPRECIATION
1995	0.16	7/10	BIEN
2010	0.18	7/10	BIEN
1995 (UNESCO)	0.02	10/10	EXCEPTIONNEL

3.3 - BANQUES DE DONNEES

L'écran ci dessous présente :

- 1 - BANQUE DE DONNEES DES VILLES
- 2 - BANQUE DE DONNEES DES DEPARTEMENTS
- 3 - CATALOGUE DES OBJETS ETENDUS VISIBLES A L'OEIL NU

Pour plus de précisions se reporter à l'aide en ligne de THOT .

3.3.1 - BANQUE DE DONNEES DES VILLES

Le but de cette fonction est de calculer directement les paramètres de pollution à partir du nom de la ville concernée.

Après avoir choisi le nom de la ville de nombreux renseignements apparaissent :

- population de la ville et de l'agglomération en fonction du temps
- longitude et latitude
- puissance lumineuse émise vers le ciel

On peut alors effectuer un calcul de dégradation du fond de ciel :

- Choix de la population
- distance ville / observateur (en km)

Les résultats sont :

- Diamètre en (km) de la ville
- obstruction vue du site d'observation (en degrés)
- flux émis par la ville
- Les paramètres classiques de la dégradation du fond de ciel (Voir option1)

3.3.2. BANQUE DE DONNEES DES DEPARTEMENTS

Nom du département (ou numéro)

informations : - population en fonction du temps , densité et superficie

3.3.3 OBJETS ETENDUS VISIBLES A L'OEIL NU

Catalogue d'objets étendus visibles à l'œil nu . En fonction de l'observation effectuée sur le site on a en retour le type de site ou s'est déroulée la mesure .

Il y a deux catégories d'objets : VOIE LACTEE et les objets MESSIER .

3.3.4 - MAGNITUDE LIMITE : étoiles

La méthode est simple . Pour des constellations types on voit ou on ne voit pas telle étoile . Ces étoiles ont été choisies par un groupe d'observateurs très expérimentés . L'opération est facile et très instructive . Cette opération est du type « ATLAS 96 .

3.3.5 - COMPTE RENDU D'OBSERVATION

Aucune observation ne peut être scientifiquement exploitée si elle n'est pas accompagnée d'un minimum de renseignements :

Site : longitude/latitude/remarques, altitude

jour : heure - turbulence

observateur : - transparence

objet : mv, ϕ , BS, azimut, déclinaison

Conditions atmosphériques : température, pression, humidité

3.4 ZONES D'INFLUENCE DES VILLES

L'écran ci dessous s'affiche :

- 1 - LA FRANCE VUE DE NUIT
 - 2 - REGION DE LA FRANCE VUE DE NUIT
- EN REGARDANT DANS LA DIRECTION DES VILLES
- 3 - SITE A DEGRADATION DONNEE
 - 4 - TYPE DE SITES (médiocre exceptionnel)

3.4.1 - LA FRANCE VUE DE NUIT

Le but de cette fonction est d'identifier les images prises depuis l'espace de la FRANCE vue de nuit . Seules les villes importantes y sont présentées.

3.4.2 - REGIONS DE FRANCE VUES DE NUIT (figure 4)

Même but que précédemment mais avec un effet de ZOOM.

Un écran est présenté:

- 1 - FRANCE ENTIERE
- 2 - REGION
- 3 - X KM AUTOUR D UNE VILLE AU CHOIX

Dans chacune de ces options une carte de la zone géographique est dessinée . Les codes de couleurs utilisés sont explicités (option (1)) des menus sont présentés en haut à droite des écrans) .

Les options sont

:	- CODES COULEURS	(1)
	- ECHELLES	(4)
	- NOMS DES VILLES	(2)
	- ZONES D'INFLUENCE	(3)
	- CONTINUER	(0)
	- QUITTER	(9)

Pour chaque zone ainsi définie on peut faire des ZOOM et identifier chaque ville . De plus les codes de couleurs représentent la tranche de population de chaque ville et agglomération .

On peut tracer la zone d'influence de chaque ville . Cette option permet d'identifier pour un zone donnée l'ensemble des sites d'une « qualité » donnée .

3.4.3 - CARTES DE FRANCE (OPTION 3 ET 4)

Les options 3 et 4 sont les suivantes :

EN REGARDANT DANS LA DIRECTION DES VILLES

3 - SITE A DEGRADATION DONNEE

4 - TYPE DE SITES (médiocre exceptionnel)

300 villes et agglomérations étant définies (préfetures , sous-préfetures,) on étudie les zones d'influence de ces villes .

Ce calcul ne présage en rien de la qualité d'un site particulier , mais permet toutefois d'écarter facilement certains sites .

L'utilisateur choisit ses critères (pourcentage de dégradation du fond de ciel , ou appréciation (pourcentage pré-calculé)).THOT calcule la zone (cercle) ou ce critère sera atteint ou ne sera pas atteint. Donc suivant ce qui est demandé on choisira soit à l'intérieur soit à l'extérieur, soit à l'intersection des figures géométriques.

Ceci permet de définir des régions plus ou moins sensibles (Zones à protéger par exemple).De plus il est possible de voir évoluer ces zones dans le temps .

MAIS COMMENT UTILISER CES DEUX OPTIONS :

option 3 :

Un écran est présenté :

POURCENTAGE DE DEGRADATION DU FOND DE CIEL A 45 DEGRES

(en regardant dans la direction de la ville)

CHOIX EN %

RESULTAT :

une carte de FRANCE avec des cercles de couleurs centrés sur chacune des 300 villes .A l'extérieur de ces cercles le % est atteint .

option 4: figure 5 , 6 , 7

Même chose que précédemment mais avec des % pré-calculés.
Ces pourcentages pré-calculés correspondent à des appréciations:

**LE HALO DES VILLES EST (1) REDIBITOIRE , (2) GENANT ,
(3) PEU GENANT , (4) A PEINE VISIBLE , (5) NON DETECTABLE**

Le critère demandé est visible sur le cercle ou à l'extérieur.

3.5 INFORMATIONS

Cette option permet d'obtenir de nombreux renseignements pratiques et théoriques. Ils sont présentés à l'écran , en utilisant un logiciel de traitement de texte. (WORD ,)
D'autre part de nombreux articles et références sont disponibles sous le catalogue :

DOCUMENTATION

3.6 AIDE

Guide d'utilisation de THOT.

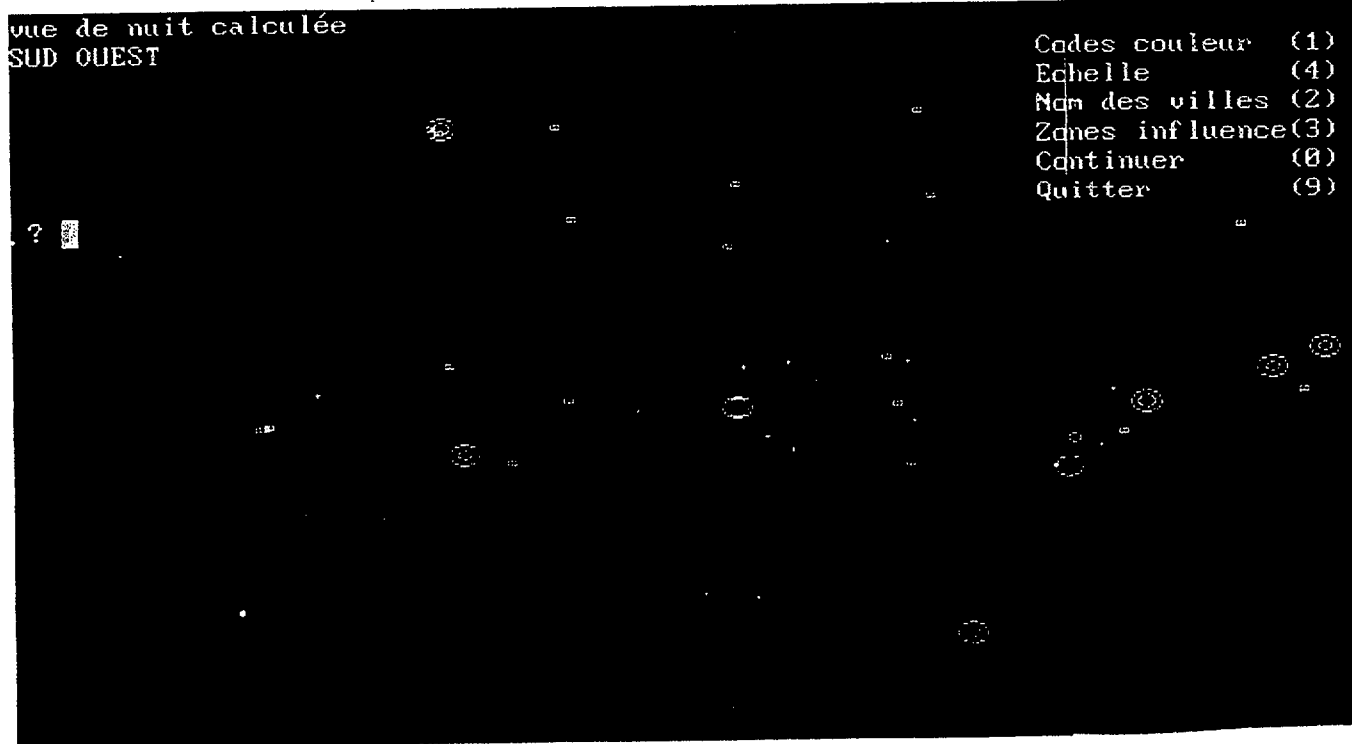


Figure 4

france
dégradation
à 45 degrés
en direction
de la ville

qualité :

médiocre

Figure 5

bien

Figure 6

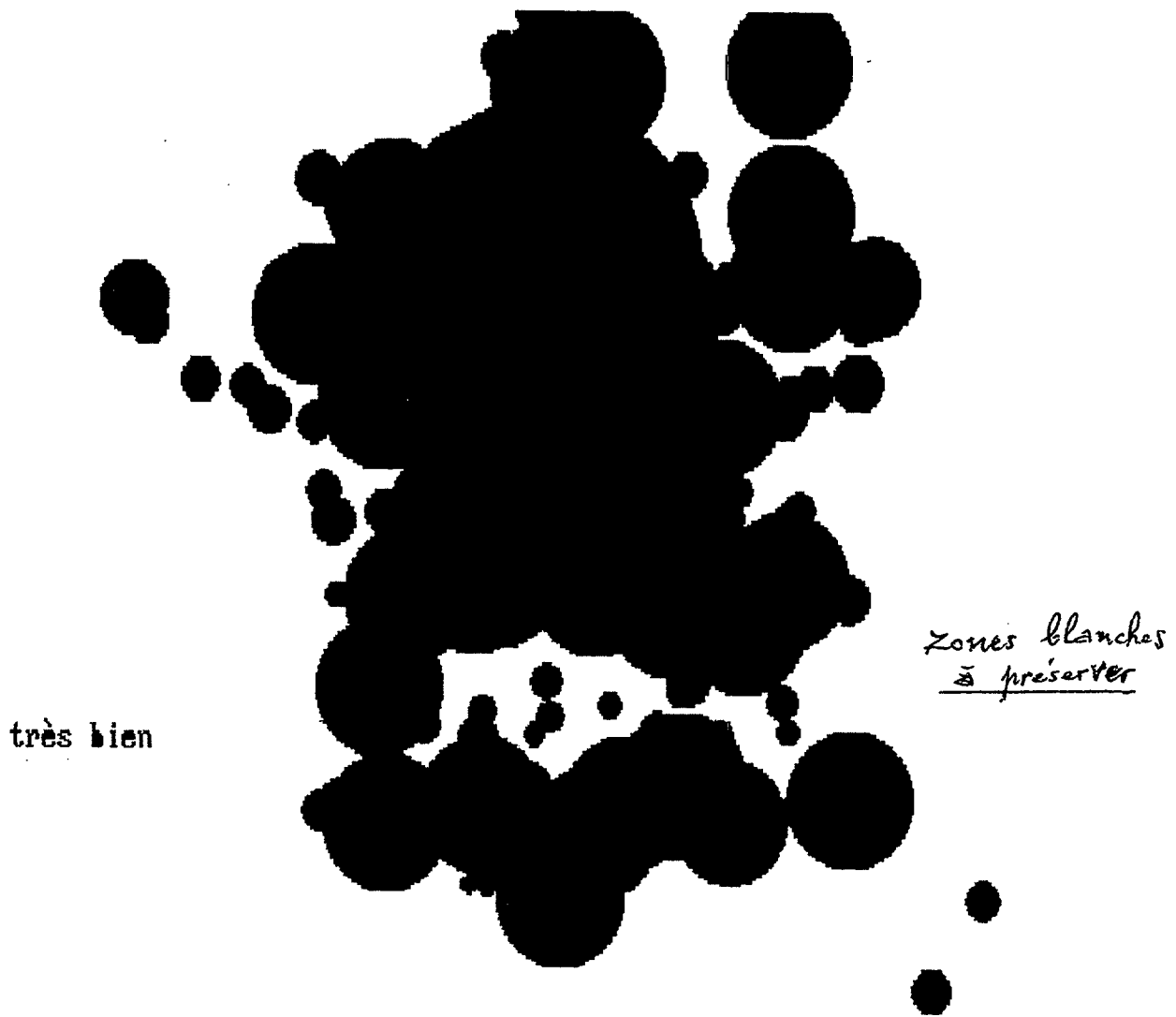


Figure 7

Oui, il s'agit bien de la France, "bien maculée".

* Pollution lumineuse: nom donné dans les années soixante aux Etats-Unis, par les premiers défenseurs du ciel nocturne (pour la plupart astronomes professionnels), aux halos lumineux noyant les villes et leurs alentours, sur des dizaines, voire des centaines de kilomètres.