

**EUR 3130.f**

Vol. II

**COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE - EURATOM**

**ETUDE DU CHARRIAGE D'UN ECOULEMENT  
PAR TRACEURS RADIOACTIFS**

**Charrriage de la Loire sur le site de la centrale EDF 4**

par

**J.L. CHAUVIN  
(EDF)**

**1966**



Rapport établi par l'Electricité de France (EDF)  
Centre de Recherches et d'Essais de Chatou

Contrat Euratom N° 019-62-12 IRAF

## AVERTISSEMENT

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission de la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (EURATOM).

Il est précisé que la Commission d'EURATOM, ses contractants, ou toute personne agissant en leur nom :

ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé quelconque décrits dans le présent document ne porte pas atteinte à des droits privés;

n'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés divulgués dans le présent document.

Ce rapport est vendu dans les bureaux de vente indiqués en 4e page de couverture

au prix de FF 4,-	FB 40,-	DM 3,20	Lit. 500	Fl. 3,-
-------------------	---------	---------	----------	---------

**Prière de mentionner, lors de toute commande, le numéro EUR et le titre qui figurent sur la couverture de chaque rapport.**

Imprimé par SMEETS  
Bruxelles, octobre 1966

Le présent document a été reproduit à partir de la meilleure copie disponible.

**EUR 3130.f**

Vol. II

**COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE - EURATOM**

**ETUDE DU CHARRIAGE D'UN ECOULEMENT  
PAR TRACEURS RADIOACTIFS**

**Charriage de la Loire sur le site de la centrale EDF 4**

par

J.L. CHAUVIN  
(EDF)

**1966**



Rapport établi par l'Electricité de France (EDF)  
Centre de Recherches et d'Essais de Chatou

Contrat Euratom N° 019-62-12 IRAF

## **RESUME**

Le processus de charriage des sables de la Loire a été étudié en 1963, à l'aide de traceurs radioactifs, sur le site de la Centrale Nucléaire n° 4 d'Electricité de France, à Saint-Laurent-des-Eaux.

Cette campagne de mesures devait permettre l'étalonnage sédimentologique du modèle réalisé au Laboratoire pour l'étude de l'implantation de la prise d'eau de la Centrale.

Le tantale 182 a été utilisé comme traceur, incorporé dans un verre de composition spéciale, broyé à la granulométrie convenable pour simuler les sédiments naturels. Le traceur était détecté par une sonde à scintillation, traînée sur le fond par une embarcation qui effectuait sur la tache active des passes successives longitudinales et transversales.

Il s'est avéré que les sédiments passaient en majorité par le bras de Loire situé au droit de la prise d'eau projetée.

Une progression très semblable des traceurs a été retrouvée sur le modèle, justifiant de ce fait l'échelle des temps de charriage adoptée.

## I.- INTRODUCTION.

La centrale nucléaire n° 4 d'Electricité de France, dénommée E.D.F. 4, est en cours de construction sur la rive gauche de la Loire à Saint Laurent des Eaux, soit à environ 8 km en aval de Beaugency. Elle est implantée à l'intérieur de la courbe accentuée que forme la Loire au droit de la commune d'Avoray (figure 1).

Une étude sur modèle a été confiée au Laboratoire par la Région d'Equipement Nucléaire n° 2 d'Electricité de France afin de déterminer en particulier l'implantation optimale des ouvrages de prise et rejet en Loire des eaux de refroidissement de la centrale\*.

Le lit de la Loire est, dans la zone considérée, constitué de sables et graviers dont la granulométrie, très variable, s'étend de 0,2 à 40 mm ( $d_m = 1,8$  mm voir figure 2).

Il est parsemé de bancs plus ou moins stables. Les conditions d'écoulement sont assez différentes en basses eaux quand les bancs sont partiellement découverts, et en eaux moyennes quand tous les bras délitent.

En raison de la finesse du matériau de fond il était à craindre que, sans précautions constructives particulières, il n'y ait en basses eaux un engravement de la prise d'eau projetée.

Pour préciser le processus de charriage des sédiments dans cette zone et guider l'étalonnage sédimentologique du modèle une campagne d'étude du charriage par traceurs radioactifs a été réalisée en 1963.

## 2.- LE TRACEUR.

L'élément radioactif choisi comme traceur était le tantale 182,

---

\* débit maximal prélevé en Loire : 60 m<sup>3</sup>/s  
débit d'étiage moyen de la Loire : 35 m<sup>3</sup>/s  
débit minimal de la Loire : 14 m<sup>3</sup>/s environ.

Manuscrit reçu le 12 mai 1966

émetteur gamma dur dont la période est de 115 jours.

Le traceur est incorporé sous forme d'oxyde à un verre contenant peu d'oxydes alcalins. La composition de ce verre peut être modifiée pour que son poids volumique corresponde exactement à celui du sable naturel. La granulométrie de ce verre broyé est ajustée à la granulométrie de traceur désirée avant irradiation en pile. Pour cette activation et les manipulations ultérieures, le traceur est placé dans des tubes d'aluminium sertis ; chaque tube contient environ 40 g de matériau.

Ce type de marquage dans la masse est préférable au marquage en surface puisque l'activité mesurée est proportionnelle à la masse de matériau.

Des études antérieures ont montré par ailleurs que les particules de verre broyé se comportent hydrauliquement comme le sédiment naturel et que les différences de forme n'ont pas d'effet appréciable.

La granulométrie du traceur utilisé était restreinte ; les grains marqués avaient un diamètre compris entre 1,35 et 2,7 mm ; le diamètre moyen du traceur était cependant identique à celui du sable de Loire.

Le choix d'une granulométrie aussi restreinte était imposé par des considérations de sécurité afin d'éviter une activité unitaire trop élevée des grosses particules. D'autre part, pour une comparaison nature-modèle valable, il était nécessaire d'adopter une granulométrie de traceur homologue de celle du matériau utilisé sur le modèle ; or, pour satisfaire les critères de similitude du charriage avec les échelles de modèle adoptées (en plan : 1/125, en hauteur : 1/50). Le matériau modèle requis était un polystyrène en granules (densité 1,05) ne permettant pas de reproduire toute l'étendue granulométrique du sable de la Loire.

Cinq tubes de traceur de 40 g ont été préparés pour cette campagne. A la sortie du réacteur, le 14 décembre 1962, l'activité de ces tubes variait de 188 à 237 mCi.

### 3.- CHRONOLOGIE DES INJECTIONS DE TRACEUR.

Les premières injections de traceur devaient être faites dans le profil 128 (figure 5) correspondant sensiblement à la zone amont du modèle ; ces lots de traceur devaient permettre de déterminer l'intensité du charriage dans un tronçon relativement rectiligne pendant la période des hautes eaux d'hiver (figure 3).

Les autres lots de traceur devaient être ensuite immergés en aval, après s'être assuré que les divers lots amont et aval ne risqueraient pas d'interférer.

En fait, des conditions climatiques particulièrement défavorables n'ont pas permis de suivre exactement ce programme.

Trois immersions ont été effectuées comme prévu dans le profil 128, le 19 décembre 1962. Une crue subite de la Loire, survenue aussitôt, n'a pas permis de faire les premières détections. La décrue de janvier 1963 devait être mise à profit pour suivre la progression des particules marquées mais, comme la Loire charriait des glaces à cette époque, il n'a pas été encore possible d'effectuer ces recherches.

Les conditions hydrologiques et météorologiques étant redevenues normales, les détections ont été reprises; seules des traces insignifiantes de particules marquées ont été retrouvées dans le coude d'Avray, c'est-à-dire à 1,5 km de leur point d'injection. Comme la zone d'étude n'était pas contaminée, les essais pouvaient être poursuivis.

Aussi, les deux lots de traceur restant ont été immergés le 19 mai 1963 dans les profils 128 et 129,1 aux points mentionnés sur la figure 5. Le lot amont devait permettre en particulier de déterminer la répartition du débit solide de part et d'autre de l'île située en amont de la prise d'eau ; le lot aval devait donner des indications sur le charriage devant la prise d'eau elle-même.

Lors de ces dernières immersions le débit de la Loire était de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ .

.../...

4.- APPAREILLAGE D'IMMERSION DES TRACEURS.-

Les schémas de la figure 4 montrent la constitution et le mode de fonctionnement de l'appareil utilisé pour l'immersion des traceurs depuis une embarcation.

Il est composé essentiellement de deux corps opposés. Le tube de traceur est introduit, puis bloqué dans le corps inférieur ; il est ensuite ouvert. Le corps supérieur vient alors coiffer cet élément. Par retournement du dispositif, les particules marquées tombent dans une ampoule de verre. Enfin, au contact du fond, un marteau vient briser cette ampoule et la charge se répand.

5.- APPAREILLAGE DE DETECTION DES TRACEURS ET PROCESSUS DE DETECTION.-

Toutes les détections de traceur ont été effectuées à l'aide d'une sonde à scintillation, remorquée à partir d'un bossoir latéral de fortune monté sur l'avant de l'embarcation. Cette sonde était maintenue sur le fond par un plomb poisson dont l'immersion était ajustée en permanence pour garder le détecteur au contact du lit ; un sondeur à ultra-sons portatif, monté en abord de l'embarcation, permettait de s'assurer à tout instant que la sonde, située à son aplomb, ne quittait pas le fond.

Le scintilleur de la sonde est un cristal d'iodure de sodium ( $1 \frac{1}{2}'' \times 1''$ ) activé au thallium, sous carter étanche d'acier inoxydable. Le signal est reçu par un intégrateur transistorisé à lecture directe fonctionnant sur pile. Les 12 seuils d'énergie possibles s'échelonnent de 50 keV à 2000 keV ; le temps d'intégration peut varier de 0,12 s à 12 s. Les gammes de sensibilité de l'appareil s'étendent de 0 - 50 chocs/seconde à 0 - 15 000 c/s. Un enregistreur complétait par ailleurs la chaîne de détection.

Pour effectuer ces détections le bateau effectuait tout d'abord des passes en travers rapides pour localiser la tache active. Puis, la zone de recherches étant délimitée, l'embarcation reprenait la prospection détaillée sur des profils en travers et en long rapprochés.

.../...

La position du bateau était repérée par deux théodolites basés à terre. Pour faciliter les visées, une perche munie d'un voyant avait été montée sur l'embarcation au droit du sondeur et à l'aplomb de la sonde ; l'erreur de position était ainsi aussi faible que possible. La liaison entre l'embarcation et les théodolites était assurée par radiophonie à l'aide d'émetteurs-récepteurs portatifs.

#### 6.- RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES SUR LA LOIRE.-

Les résultats des diverses détections effectuées pour suivre la progression des deux lots de traceurs injectés le 19 mai 1963 sont indiqués schématiquement sur la figure 5.

Dix jours après l'immersion, le lot de traceur amont (n° 1) s'était déplacé en bloc de 245 m en moyenne ; il ne restait plus de particules marquées dans la zone d'injection. Une deuxième détection, 24 jours après l'injection, montrait que le sable cheminait vers la rive gauche, évitant l'île située au milieu du fleuve ; la tache principale était parvenue à 690 m du point de départ tandis que deux petites taches actives s'attardaient à 380 et 460 m de l'injection. La dispersion latérale était faible puisque la largeur de la tache ne dépassait pas 50 m.

A cette même date, il restait encore une certaine activité au point d'injection du lot de traceur aval n° 2. Les particules marquées cheminaient au pied de la berge ; la progression moyenne était de 100 m. La deuxième détection relative à ce lot, le 16 juillet, soit 58 jours après l'injection, confirmait cette progression filiforme des sédiments en rive gauche ; le matériau restait à l'intérieur de la courbe et ne passait pas dans la mouille profonde située en rive droite. Toute l'activité avait disparu du point d'injection et le lot de traceur avait progressé en moyenne de 575 m.

#### 7.- COMPARAISON AVEC UN MODÈLE.-

Des expériences analogues à celles réalisées sur la Loire ont été menées sur le modèle afin de contrôler la similitude du charriage.

Le traceur modèle (polystyrène coloré) a été injecté aux points homologues du prototype. L'hydrogramme des débits de Loire postérieurs à l'injection des traceurs a été suivi fidèlement sur le modèle.

Les résultats obtenus sont portés sur la figure 6, en vis à vis des résultats nature pour une comparaison directe. On constate que les mouvements de fond nature et modèle sont peu différents dans l'ensemble. La progression du traceur modèle est pratiquement homologue à celle observée sur le prototype ; par ailleurs la dispersion latérale n'est pas plus accentuée sur le modèle que dans la nature.

Aussi l'échelle des temps de charriage (1 mois nature = 20 minutes modèle) qui avait été calculée à partir de l'équation de débit solide de Meyer Peter\* pouvait être considérée comme satisfaisante et adoptée pour la suite des essais.

#### 8.- CONCLUSION.-

Cette campagne d'étude du charriage par traceurs radioactifs a montré que les sédiments empruntent en majorité le bras gauche de la Loire en amont de la prise d'eau de la Centrale Nucléaire N.N.F. 4, et que le charriage suit la rive gauche au voisinage de la Centrale. La prise d'eau devait donc être particulièrement étudiée pour éviter un engravement rapide.

D'autre part, cette campagne a permis de vérifier que le modèle reproduisait fidèlement les phénomènes naturels de charriage ; cette vérification était indispensable pour l'étude ultérieure de l'engravement de la prise d'eau.

---

\* Meyer Peter-Ahler - Formula for bed load transport - Congrès A.I.S.S. - Stockholm 1948.

PLAN DE SITUATION

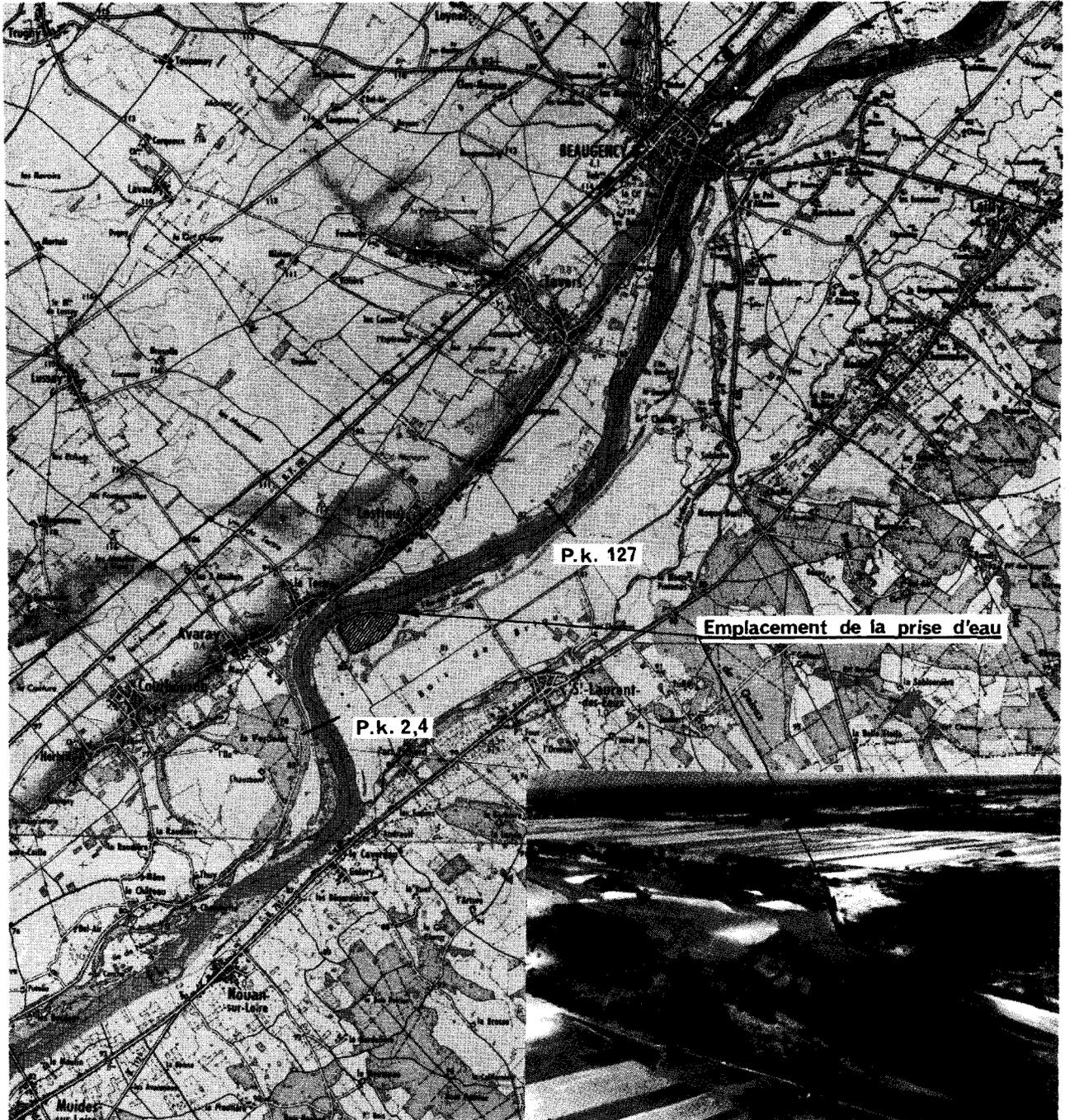
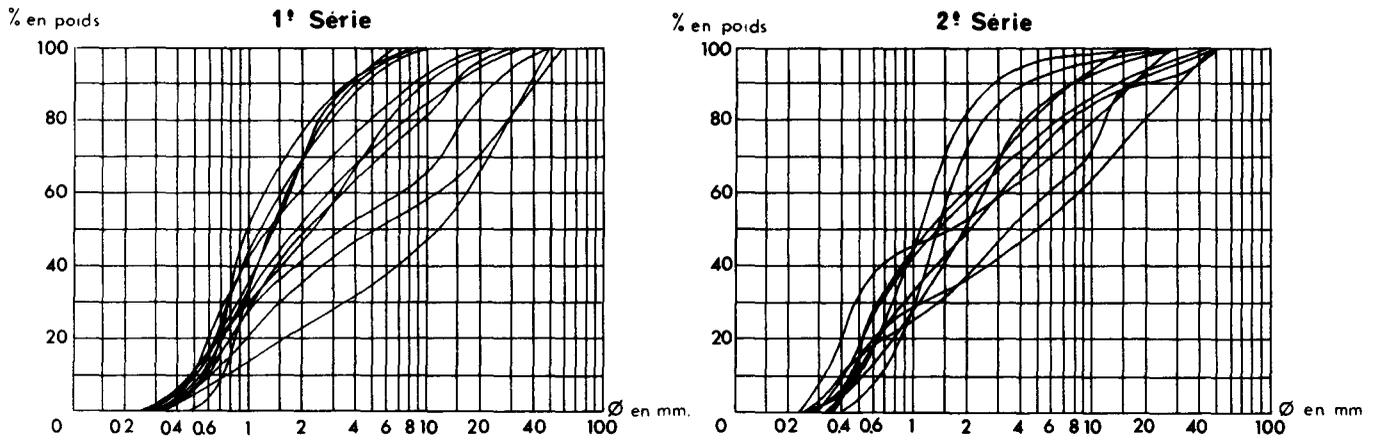


Figure 1

## ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DES PRÉLÈVEMENTS



### COURBE GRANULOMÉTRIQUE MOYENNE ADOPTÉE

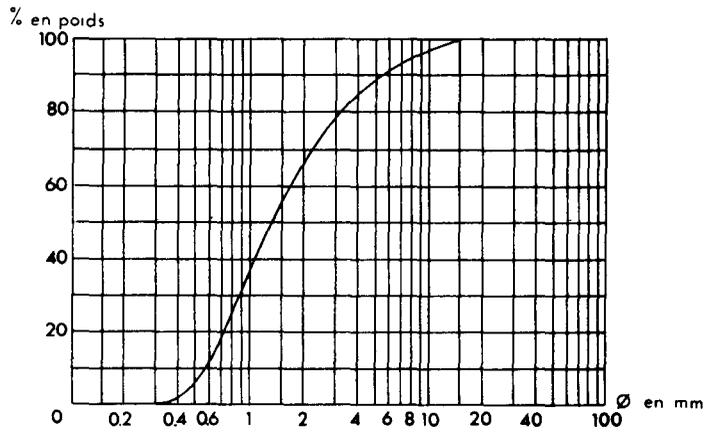


Figure : 2

## DÉBITS MENSUELS CARACTÉRISTIQUES

- Année humide (1958)
- - - Année sèche (1949)
- ..... Année moyenne (entre 1918 et 1959)

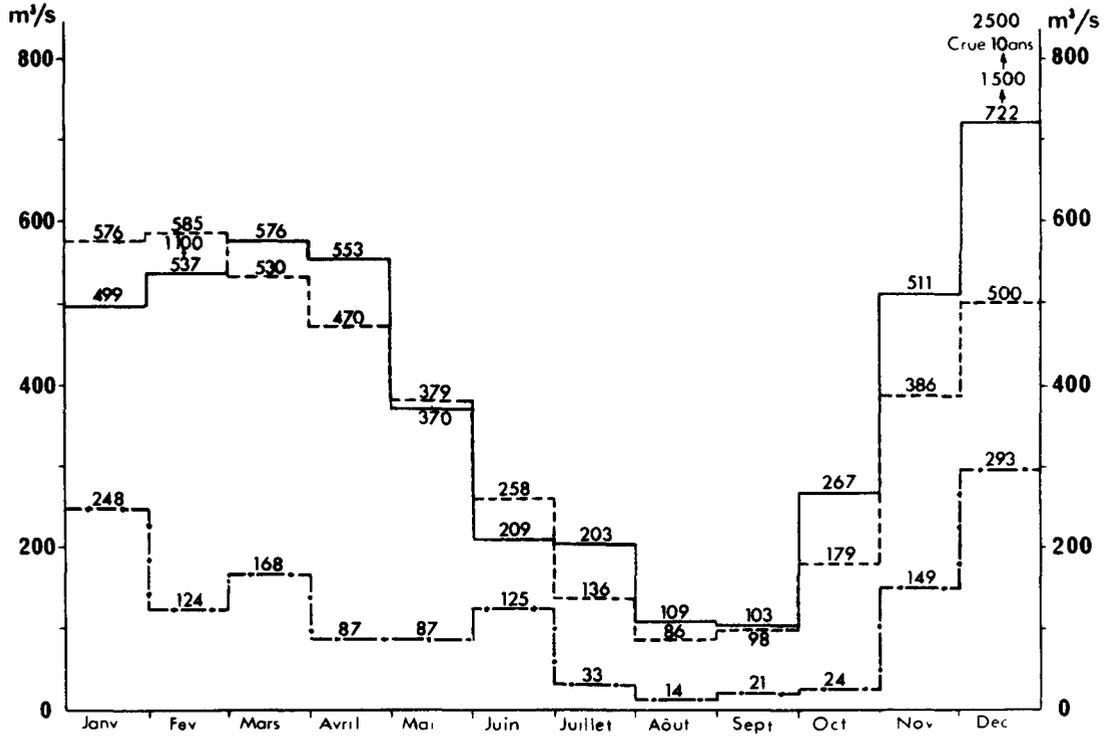


Figure : 3

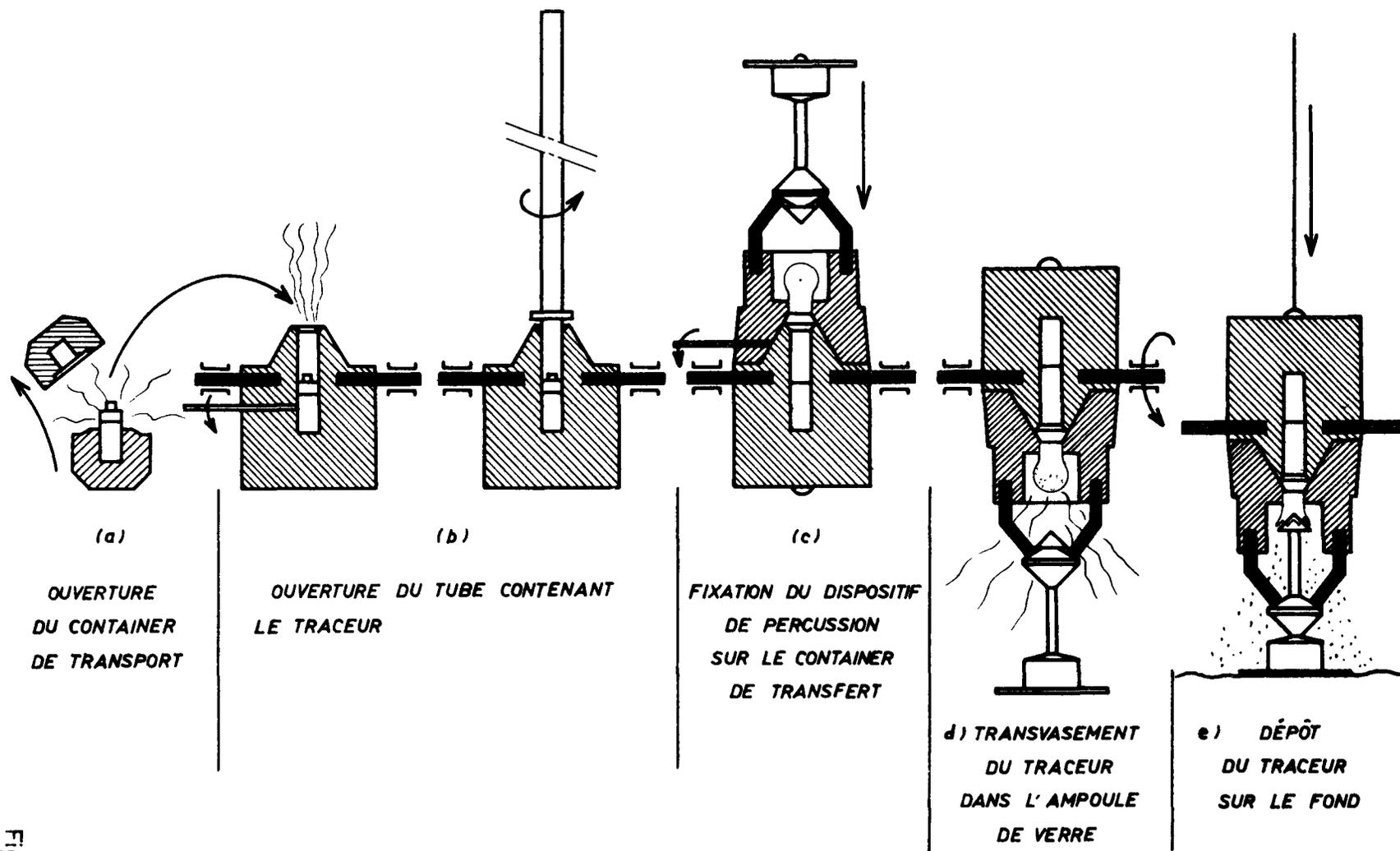
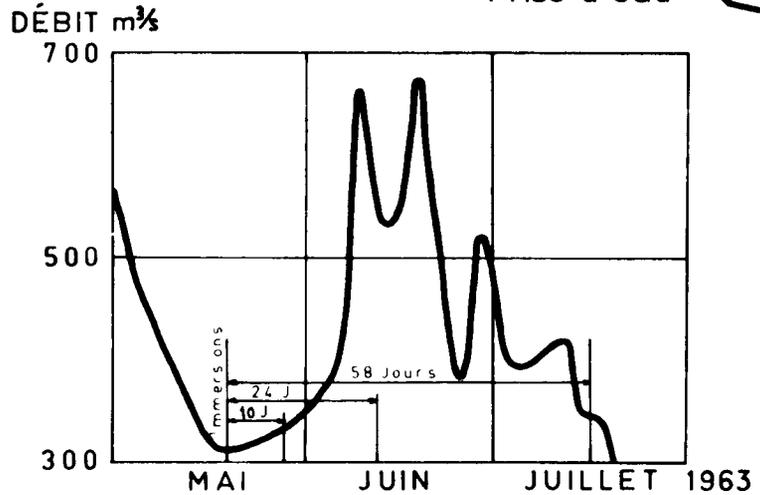
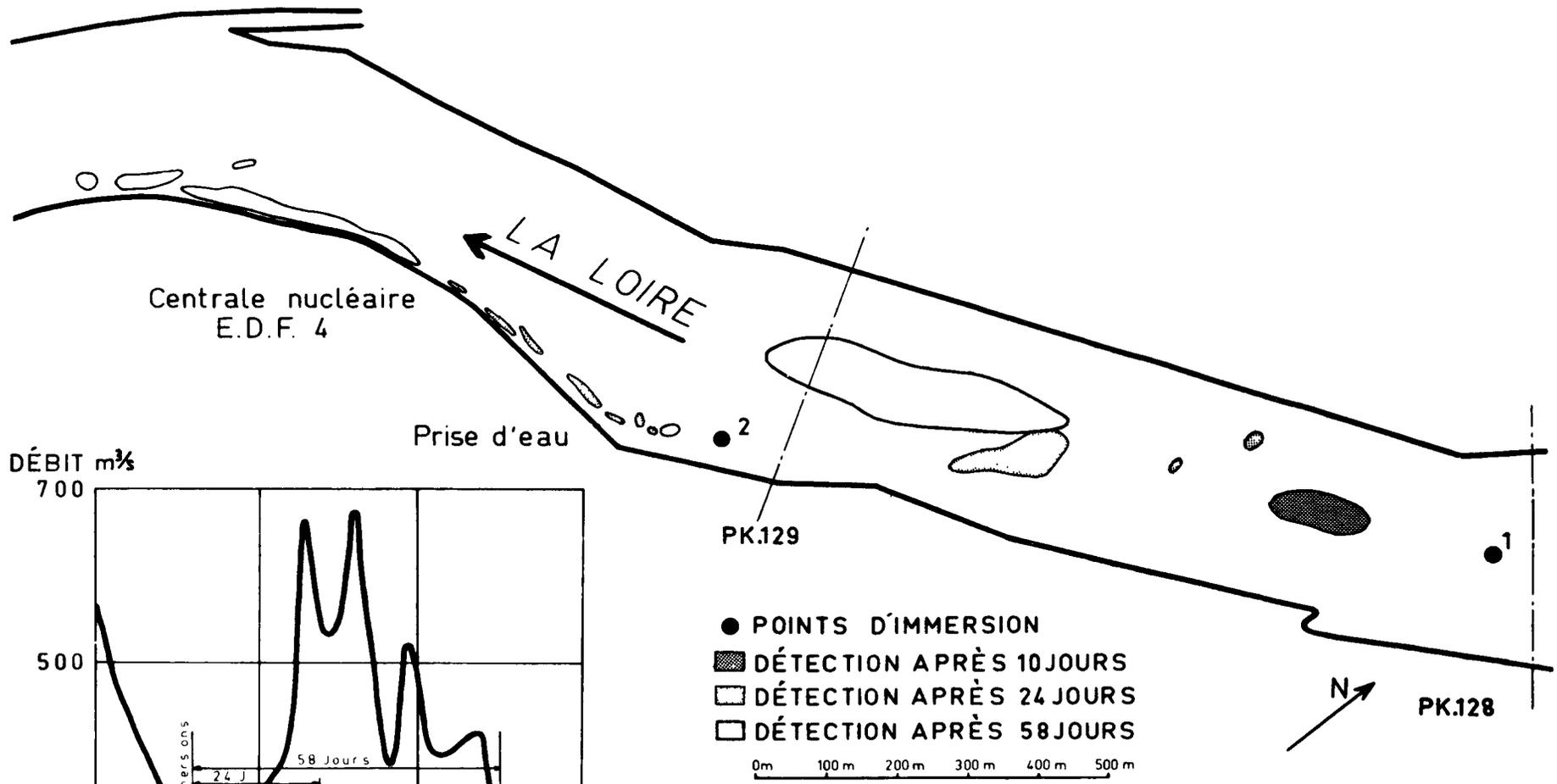


Figure 4

APPAREILLAGE D'IMMERSION—Principe de fonctionnement



HYDROGRAMME DE LA LOIRE

Figure:5

# MESURE DU DÉPLACEMENT DES SABLES PAR TRACEURS RADIOACTIFS

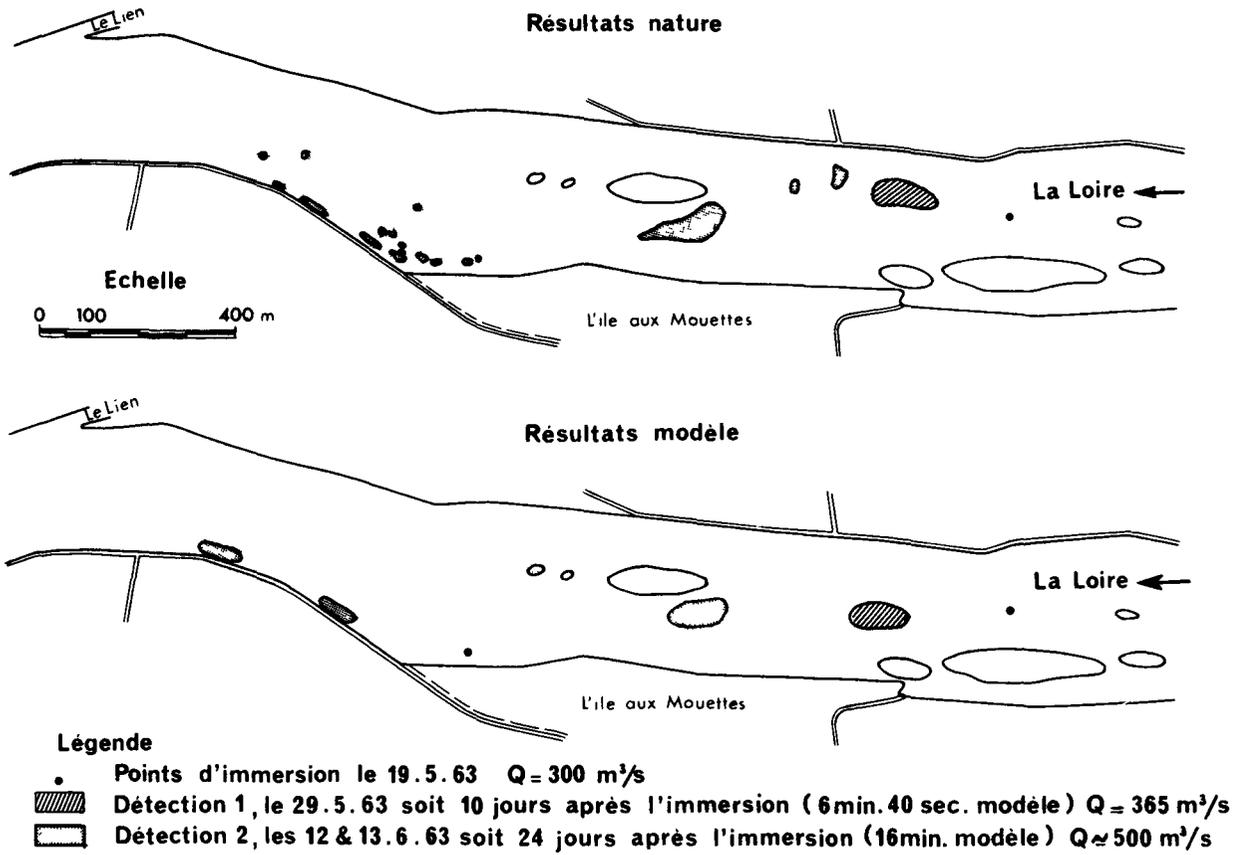


Figure : 6

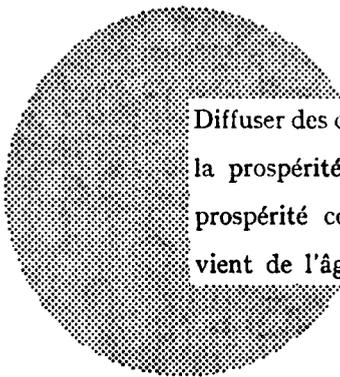
## AVIS AU LECTEUR

Tous les rapports Euratom sont signalés, au fur et à mesure de leur publication, dans le périodique mensuel **EURATOM INFORMATION**, édité par le Centre d'information et de documentation (CID). Pour souscrire un abonnement (1 an : FF 75, FB 750) ou recevoir un numéro spécimen, prière d'écrire à :

**Handelsblatt GmbH**  
**"Euratom Information"**  
**Postfach 1102**  
**D-4 Düsseldorf (Allemagne)**

ou à

**Office de vente des publications**  
**des Communautés européennes**  
**2, Place de Metz**  
**Luxembourg**



Diffuser des connaissances c'est distribuer de la prospérité — j'entends la prospérité collective et non la richesse individuelle — et cette prospérité contribue largement à la disparition du mal qui nous vient de l'âge des ténèbres.

**Alfred Nobel**

## BUREAUX DE VENTE

Tous les rapports Euratom sont vendus dans les bureaux suivants, aux prix indiqués au verso de la première page de couverture (lors de la commande, bien indiquer le numéro EUR et le titre du rapport, qui figurent sur la première page de couverture).

### PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES

98, Chaussée de Charleroi, Bruxelles 6

Banque de la Société Générale - Bruxelles  
compte N° 964.558,

Banque Belgo Congolaise - Bruxelles  
compte N° 2444.141,

Compte chèque postal - Bruxelles - N° 167.37,

Belgian American Bank and Trust Company - New York  
compte No. 22.186,

Lloyds Bank (Europe) Ltd. - 10 Moorgate, London E.C.2,

Postcheckkonto - Köln - Nr. 160.861.

### OFFICE CENTRAL DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

2, place de Metz, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

#### BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE  
40-42, rue de Louvain - Bruxelles  
BELGISCH STAATSBAD  
Leuvenseweg 40-42 - Brussel

#### LUXEMBOURG

OFFICE CENTRAL DE VENTE  
DES PUBLICATIONS DES  
COMMUNAUTES EUROPEENNES  
9, rue Goethe - Luxembourg

#### DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER  
Postfach - Köln 1

#### NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ  
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

#### FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE  
DES PUBLICATIONS DES  
COMMUNAUTES EUROPEENNES  
26, rue Desaix - Paris 15<sup>e</sup>

#### ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO  
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

#### UNITED KINGDOM

H. M. STATIONARY OFFICE  
P. O. Box 589 - London S.E.1

EURATOM — C.I.D.  
51-53, rue Belliard  
Bruxelles (Belgique)