

FR 7700 414

ANVERS 18-19 Mai 1976

CONDITIONNEMENT DANS LE BITUME DES DECHETS RADIOACTIFS
DE FAIBLE ET MOYENNE ACTIVITE

G.LEFILLATRE

C.E.A.
Service de Chimie Appliquée
B.P. N° 1
13115 Saint Paul lez Durance - France

Résumé

La communication fait état des travaux de développement français portant principalement sur :

- le bitumage des résidus radioactifs produits par les centrales à eau légère,
- le bitumage direct sans préconcentration des effluents liquides
- l'expérimentation d'enfouissement dans le sol pendant 18 mois de blocs de 100 l de concentrats solidifiés par le bitume.

Elle mentionne également l'expérience acquise en France depuis 1971,

- à VALDUC et à SACLAY avec des stations équipées d'évaporateurs à couche mince,
- à MARCOULE pour le conditionnement de triéthylamine et de tributylphosphate.

Enfin elle décrit sommairement la future installation de CADARACHE équipée d'une extrudeuse à double vis, dont la mise en service est prévue en 1977.

Summary

The document presents french operations concerning mainly :

- the bituminization of radioactive wastes produced by light water reactors,
- the direct bituminizing, without pre-concentration, liquid effluents,
- the experimentation for 18 months with the land burial of evaporation concentrates solidified by bitumen into blocks of 100 liters.

This paper mentions also the knowledge that they have acquired in France :

- in VALDUC and in SACLAY with facilities equipped with thin film evaporators,
- in MARCOULE with the conditioning of triethylamine and tributylphosphate.

At last the future bituminizing facility in CADARACHE, equipped with twin screws extruder, designed starting in 1977, is succinctly described.

I - INTRODUCTION

Depuis seize ans le CEA a entrepris l'étude en laboratoire, la mise au point industrielle et l'exploitation du bitumage des effluents radioactifs de faible et moyenne activité.

Le choix des procédés mis en œuvre a été constamment guidé par le souci de réduire le plus possible les risques d'exposition des travailleurs aux radiations lors des opérations de conditionnement des déchets, d'abaisser à un niveau très faible les risques chimiques liés à l'opération de bitumage et d'assurer un confinement durable et sûr des déchets radioactifs, tout en réduisant leur volume et leur poids.

Ces résultats ont été recherchés et obtenus par l'adoption de procédés continus faisant appel à des matériels éprouvés qui permettent notamment :

- un conditionnement des déchets sans intervention manuelle,
- un temps de chauffage et de séjour des produits très court
- un contrôle précis des températures
- la production d'un enrobé homogène.

La tendance actuelle au CEA est de remplacer progressivement la cimentation des résidus liquides par le bitumage.

II - TRAVAUX DE DEVELOPPEMENT RECENTS

Les études de développement entreprises depuis 1971, ont porté sur :

1 - le conditionnement de deux types d'effluents ou déchets répondant aux besoins propres des centres industriels du CEA :

- la solidification par le bitume des boues de coprécipitation chimique et des concentrats d'évaporation produits par la Station de Traitement des Effluents du Centre de SACLAY
- la solidification par le bitume des sels dissous dans les solutions concentrées produites par l'évaporation des effluents liquides du centre de CADARACHE.

2 - le conditionnement des deux types d'effluents ou déchets, répondant aux besoins des Sociétés d'électricité, produits par les centrales nucléaires de puissance à eau légère, d'une part ceux de la filière bouillante, d'autre part ceux de la filière pressurisée.

3 - le bitumage direct, sans préconcentration, des effluents à faible minéralisation (supérieure à 1 g/l) provenant aussi bien des centrales nucléaires de puissance que des centres d'études nucléaires. Ces études, initiées au préalable en laboratoire, ont été développées dans l'installation pilote du centre de CADARACHE, équipée d'un évaporateur à couche mince vertical LUWA L150, d'une capacité de traitement industrielle (50 à 60 l/h).

4 - l'incorporation de solvants organiques lourds: trilaurylamine et tributylphosphate, provenant du cycle de retraitement des combustibles irradiés, dans les boues de coprécipitation chimique solidifiées par le bitume. La mise au point de ce type de conditionnement a été faite, après essais préliminaires en laboratoire, sur la chaîne d'enrobage de la Station de Traitement des Effluents du Centre de MARCOULE.

5 - les études de sûreté sur les déchets solidifiés par le bitume comprenant :

- la lixiviation de la radioactivité dans les eaux (eau déminéralisée - eau de nappe phréatique - eau de mer)
- la stabilité thermique par analyse thermique gravimétrique et différentielle, des déchets pendant l'opération de conditionnement et au stockage,
- la tenue biologique vis à vis des microorganismes dans le cas

d'un enfouissement des déchets dans le sol.
A la suite de ces travaux de développement des installations industrielles ont été mises en service, ou le seront prochainement.

1 - Conditionnement des concentrats d'évaporation des Centres d'Etudes Nucléaires.

Deux Stations de Traitement d'Effluents équipées l'une et l'autre d'un évaporateur à couche mince LUWA L 150 sont actuellement en fonctionnement à VALDUC et à SACLAY. La première [1] mise en actif en 1971 a conditionné plus de 1200 fûts d'enrobé d'une activité spécifique allant de 0,1 à 10 Ci/m³ α .

La seconde [2], plus récente, a solidifié les premiers concentrats d'évaporation actifs en juin 1975, et a depuis conditionné plus de 300 fûts de 200 l d'enrobé d'une activité spécifique allant de 1 à 20 Ci/m³ α, β, γ .

Une troisième Station de Traitement d'Effluents, telle de CADARACHE, disposera en 1977 d'un poste de bitumage équipé d'une extrudeuse W.P. à double vis ZDS -TB3, d'une capacité de solidification annuelle d'environ 260 m³ de concentrats à 250 - 300 g/l, dont l'activité spécifique sera comprise entre 1 et 10 Ci/m³ α, β, γ . Cette nouvelle installation est décrite brièvement à la fin de cette communication.

2 - Conditionnement des résidus produits par les Centrales Nucléaires à eau légère.

2.1. Résidus des Centrales à eau bouillante

En ce qui concerne les résidus des Centrales type BWR, les études de mise au point du bitumage de ces déchets, faites pour le compte de SAINT GOBAIN TECHNIQUE NOUVELLES, ont servi à la conception, la construction et au démarrage de l'installation de BARSEBACK en Suède (2 BWR SYDKRAFT de 560 Mwe) livrée par S.G.N. en Juillet 1974. L'enrobage des résidus suivants a été réalisé avec l'évaporateur à couche mince :

- concentrats d'évaporateur, principalement des solutions concentrées à 200 g/l de sulfate de sodium issues des éluats des échangeurs d'ions,
- résines échangeuses d'ions, prébroyées ou non avant le bitumage, et résines Microionex,
- adjuvants et boues de filtration (diatomées - solka - floc ect...).

Ces différents types d'effluents peuvent être traités après mélange ou séparément.

A titre d'exemple, les enrobés issus du traitement de solidification de ces déchets par le bitume M 40/50 ont des volumes, rapportés au poids d'extrait sec, suivants :

- concentrats à 200 g/l de Na₂ SO₄ : 190 l d'enrobé pour 100 kg d'extrait sec (160°C pendant 5h). Teneur en extrait sec : normale 40 % - maximale 45 %
- résines AMBERLITE IRN 77 et 78 non broyées : 230 l d'enrobé pour 100 kg d'extrait sec. Teneur en extrait sec : normale 40 % maximale 50 %.
- Diatomées CLARCEL DIC 3: 370 l d'enrobé pour 100 kg d'extrait sec. Teneur en extrait sec: normale 25 % - maximale 33 %
- mélange en volume 1/2 de concentrats à 200 g/l Na₂ SO₄ et 1/2 de résines IRN 77 et 78 ; 220 l d'enrobé pour 100 kg d'extrait sec. Teneur en extrait sec : normale 40 % - maximale 45 %,
- mélange en volume 1/3 de concentrats 200 g/l Na₂ SO₄, 1/3 de résines IRN 77 et 78, 1/3 diatomées CLARCEL DIC 3 : 225 l d'enrobé pour 100 kg d'extrait sec. Teneur en extrait sec : normale 36 % maximale 40 %.

2.2. Résidus des centrales à eau pressurisée

Pour les résidus des centrales type PWR, les études de mises au point de bitumage de ces déchets vont servir à la Société Japonaise EBARA, sous licenciée de S.G.N. pour la conception et la construction de la Station de bitumage de MIHAMA (3 PWR KANSAI de 320, 470 et 793 MWe).

L'enrobage des concentrats d'évaporation suivants a été réalisé avec l'évaporateur à couche mince.

- Concentrats à 200 g/l et à 300 g/l d'acide borique (type SENA) neutralisés par de la soude et ajustés à pH = 9,65.

- Concentrats à 132 g/l d'acide borique - 10 g/l de chromate de potassium 10 g/l d'oxydes métalliques (Fe - Ni - Cr - Mn - Co) 0,9 g/l de chlorure de sodium (type KANSAI) neutralisés par de la soude et ajustés à pH = 9,65.

A titre d'exemple un enrobé de concentrats borés solidifiés par le bitume M 40/50 a le volume, rapporté au poids d'extrait sec, suivant :

concentrats à 300 g/l d'acide borique : 190 l d'enrobé pour 100 kg d'extrait sec de tétraborate de sodium (160°C pendant 5 h).
Teneur en extrait sec normale 40 % - maximale 50 %.

3 - Bitumage direct des effluents [fig.1]

Ce nouveau procédé de bitumage direct sans préconcentration des effluents [2] et [3] n'a, pour l'instant, pas été appliqué industriellement.

Plusieurs effluents actifs ont été solidifiés par bitumage direct dans l'installation pilote de CADARACHE.

- Des effluents usés issus du réacteur PWR de la SENA (300 MWe) pH = 9,2 renfermant 2,02 g/l de sels dont 320 mg/l de bore.

Activité γ globale $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ Ci/m}^3$

Activité β globale $1,26 \text{ Ci/m}^3$ dont $1,25 \text{ Ci/m}^3$ de ^3H

Activité α globale $8,5 \cdot 10^{-5} \text{ Ci/m}^3$

- Des effluents usuels provenant du Centre de SACLAY, pH = 6,6, renfermant 2 g/l de sels à prédominance phosphate, nitrate, chlorure et sulfate de sodium

Activité γ globale $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ Ci/m}^3$

Activité β globale $8,6 \cdot 10^{-2} \text{ Ci/m}^3$

Activité α globale $6,6 \cdot 10^{-4} \text{ Ci/m}^3$

- Des suspensions de résines AMBERLITE saturées extraites de l'unité de traitement des piscines de dégainage de LA HAGUE

renfermant 10 g/l d'un mélange de résines IRA 400 et IR 120 pH = 7,8

Activité γ globale $2,25 \cdot 10^{-1} \text{ Ci/m}^3$

Activité β globale $5,5 \cdot 10^{-4} \text{ Ci/m}^3$

Activité α globale $4 \cdot 10^{-4} \text{ Ci/m}^3$

3.1. Facteurs de décontamination de l'installation pilote

Les facteurs de décontamination obtenus à la suite des différents postes de traitement de l'installation sont mentionnés dans le tableau 1.

TABLEAU I

F.D.	Total	¹³⁷ Cs	⁵⁴ Mn	⁷⁵ Se	¹³⁴ Cs	¹⁰⁶ Ru	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³¹ I	⁹⁰ Sr
Evaporateur à couche mince LUWA 150	860	800	350	80	900	170	150	160	100	3000
	à 1200	à 1500	à 1400	à 300	à 1900	à 330	à 360	à 390	à 160	à 30000
Filtration sur charbon actif	900	1000	800	500	1300	190	—	175	—	30000
	à 3000	à 2500	à 1900	à 1500	à 2400	à 350	—	à 400	—	à 60000
Echange ionique	1500	1800	1500	600	200	370	—	450	—	100000
	à 6000	à 6000	à 5500	à 1700	à 10000	à 1500	—	à 2000	—	à 300000

3.2. Caractéristiques des distillats.

Avant traitement :

- conductivité 3 à 5 10⁻⁵ mho/cm
- pH = 8,3 à 9,4 pour les effluents
- pH = 7,4 à 8,2 pour les résines
- matières organiques (huiles et goudrons) : 6 à 50 mg/l

Après traitement :

- pH = 6,8 - 7,5
- matières organiques (huiles et goudrons) : 1,5 à 4 mg/l
- activité spécifique ; toujours inférieure à la CMAP (hormis le tritium).

3.3. Caractéristiques des enrobés.

Densité réelle 1,38 à 1,57 pour les effluents - 1,23 pour les résines

Densité apparente 1,25 à 1,48 pour les effluents - 1,23 pour les résines

Teneur en eau 0 à 0,7 %

Teneur en bitume 60 à 50 %

Point de ramollissement 73 à 78 °C

4 - Conditionnement des solvants organiques lourds

L'évaporation des solvants organiques lourds est réalisée industriellement dans la station de bitumage du Centre de MARCOULE qui utilise le procédé par effluence. [4]

Dans une première extrudeuse ZSK 120/3500, les boues chimiques sont enrobées par du bitume M 40/50 ou 80/100 chaud à l'aide d'émulgateurs. L'émulsion bitumineuse instable est rompue, ce qui entraîne la séparation mécanique d'environ 90 % de l'eau de constitution des boues. L'enrobé sortant de ce premier étage contient encore de 7 à 10 % d'eau. Il est introduit sous pression dans une deuxième extrudeuse ZHS 250/3300 où il est complètement deshydraté avant d'être coulé dans un fût de 225 l. Les solvants organiques lourds tels que la triaurylamine et le tributylphosphate, dilués dans un solvant léger (dcdécane - tertio-butylbenzène), sont injectés en continu à l'entrée de la deuxième extrudeuse de séchage grâce à une pompe doseuse à engrenage (20-80 l/h).

Les solvants contaminés sont approvisionnés par camion citerne, d'où ils sont transférés pneumatiquement dans une cuve de stockage de 2 m³ ventilée. Toute l'installation d'alimentation et de conditionnement est réalisée en matériel anti-déflagrant.

4.1. Conditionnement de trilaurylamine T.L.A.

Le mélange trilaurylamine 15 % - Solgyl 54 B 85 % en volume est introduit à 60 l/h pour un débit de traitement de 400 l/h de boues à base de phosphate de fer, d'hydroxydes de fer et de cuivre et de ferrocyanure de nickel.

La température maximale de la machine ZHS ne dépasse pas 170°C. L'enrobé (d=1,35) qui coule à 158°C renferme 52,4 % de bitume M 80/100, et 4,8 % de trilaurylamine, sans aucune trace de solvant (Pt Eb = 162 - 172 °C). Son point de ramollissement est supérieur à celui d'un enrobé sans trilaurylamine à la même teneur en bitume : 158°C au lieu de 135 °C. La viscosité de l'enrobé à la sortie de la ZHS est d'ailleurs nettement augmentée.

4.2. Conditionnement de tributylphosphate T.B.P.

Le mélange tributylphosphate 30 % dodécane 70 % en volume (activités spécifique P, V, 1,8 Ci/m³ à 97 % de 106 Ru et $6,3 \cdot 10^{-3}$ Ci/m³) est introduit à 25 l/h pour un débit de traitement de 500 l/h de boues de coprécipitation chimique.

La température maximale de la machine ZHS ne dépasse pas 160°C. Contrairement à la trilaurylamine, le tributylphosphate diminue sensiblement la viscosité de l'enrobé et sa teneur dans l'enrobé ne doit pas dépasser 3 % pour éviter un point de ramollissement inférieur à 100°C.

5 - Etudes de sûreté.

5.1. Lixiviation de la radioactivité dans l'eau.

Tous les déchets solidifiés par le bitume élaborés au cours des études et fabriqués industriellement sont testés suivant la norme AIEA.

L'expérience de lixiviation dans l'eau ordinaire portant sur des blocs réels de 150 l à 200 l de boues solidifiées par le bitume est poursuivie à MARCOULE [5].

Au bout de 1800 jours le taux de lixiviation $\frac{a}{A}$ est de $8 \cdot 10^{-4}$ dans l'eau ordinaire, en tenant compte de la décroissance, et la vitesse de lixiviation de $2,5 \cdot 10^{-6}$ cm/jour.

Les tests de lixiviation en laboratoire sont effectués à CADARACHE, et pour l'ensemble des déchets : concentrats d'évaporation, effluents divers, résines, boues de coprécipitation chimique avec ou sans TBP ou TLA, leurs enrobés ont en moyenne les vitesses de lixiviation suivantes dans l'eau déminéralisée, exprimées en cm/jour.

$1 \cdot 10^{-6}$ à $3 \cdot 10^{-8}$ pour le 137 Cs

$1 \cdot 10^{-5}$ à $1 \cdot 10^{-7}$ pour le 90 Sr

$1 \cdot 10^{-5}$ à $1 \cdot 10^{-6}$ pour le 106 Ru

$1 \cdot 10^{-5}$ à $1 \cdot 10^{-6}$ pour le 60 Co

$1 \cdot 10^{-8}$ à $3 \cdot 10^{-9}$ pour les émetteurs α (238 Pu-239Pu-241Am)

5.2. Stabilité thermique.

Une analyse thermique gravimétrique et différentielle est pratiquée systématiquement sur chaque type de déchet susceptible d'être conditionné dans le bitume.

Cette analyse permet de déceler les réactions exothermiques brutales pouvant provoquer des risques d'explosion, de mettre en évidence les températures d'inflammation spontanée des différents déchets et de se rendre compte de la stabilité thermique des enrobés à différentes températures de stockage (250° à 400 °C) pendant un temps donné.

Dans le cas des concentrats d'évaporation, en particulier ceux des Centres d'Etudes Nucléaires, il est intéressant de connaître l'influence de certains composés particulièrement oxydants ou thermolabiles sur la stabilité thermique des déchets à conditionner

par le bitume.

Une étude de sûreté a été entreprise pour les concentrats de SACLAY, une autre similaire est en cours pour ceux de CADARACHE. La température de début de décomposition de l'ensemble des concentrats bitumés est supérieure à 280°C.

Le nitrate d'ammonium est le composé qui influence le plus la stabilité thermique des concentrats bitumés à partir de faibles teneurs. Ainsi dans le cas des concentrats de SACLAY, la stabilité thermique des enrobés n'est pas modifiée à condition que la teneur en nitrate d'ammonium n'exède pas 5 % en poids de l'extrait sec à enrober; avec 6,25 % de $\text{NH}_4 \text{NO}_3$, la température de décomposition exothermique est abaissée de plus de 100°C (fig.2).

Les déchets solidifiés par le bitume à base de boues de coprécipitation chimique et de TLA ou de TBP (teneurs $\leq 5\%$) présentent une température de décomposition exothermique supérieure à celle des concentrats bitumés : 310°C. (fig.3 et 4). Cependant, dans tous les cas, la première phase de décomposition du bitume (endothermique) se produit à des températures plus élevées 470°-480° et n'est pas influencée par celle des autres composés ($\text{M.H}_4\text{NO}_3$ - KClO_4 - K_2CrO_4 - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ - KClO_3 - NaNO_3 - KNO_3 - NaNO_2 -TBP - TLA ect...).

5.3. Tenue biologique vis à vis des microorganismes.

Une expérimentation d'enfouissement dans le sol d'échantillons de concentrats d'évaporation solidifiés par trois types distincts de bitume (M 40/50 - H 80/90 et R 90/40) a été poursuivie à partir de 1973 pendant 31 mois. Ces échantillons ont été enterrés à 0,50 m de profondeur dans deux sols différents ; d'une part dans une prairie, drainée naturellement ; d'autre part dans une zone marécageuse, constamment humide et inondée pendant 5 mois de l'année. Après 31 mois d'enfouissement les examens microbiologiques pratiqués sur les échantillons enterrés ne permettent pas de mettre en évidence une action des microorganismes se trouvant dans ces deux types de terrains (germes totaux, pseudomonas, germes dénitrifiants, germes sulfite-réducteurs).

Actuellement une deuxième expérimentation d'enfouissement dans le sol de la zone marécageuse, commencée en 1974, est toujours en cours après 18 mois. Elle porte sur un bloc inactif de 100 l de concentrats d'évaporation de CADARACHE solidifiés par du bitume M 40/50. Les résultats sont, pour le moment, identiques à ceux obtenus avec les échantillons de laboratoire.

En 1973, une étude entreprise pendant 8 mois sur des concentrats bitumés de même nature dans des milieux aérobie et anaérobie n'avait révélé aucune prolifération particulière de germes à la surface des échantillons placés dans des colonnes de sable où était développée une culture bactérienne intense.

III - INSTALLATION DE BITUMAGE DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS DU CENTRE DE CADARACHE

1. Caractéristiques essentielles des résidus liquides à solidifier

Les résidus liquides à bitumer correspondent à des concentrats d'évaporation dont la salinité est comprise entre 250 et 300g/l. Leur activité spécifique β, γ est inférieure à 10 Ci/m³ (80 % de ^{137}Cs et 10 % de ^{60}Co), et leur activité spécifique α est de l'ordre de 1.10^{-3}Ci/m^3 .

La répartition moyenne des sels dans un concentrat, avant le traitement d'insolubilisation, est la suivante :

Na NO ₃	67,7 %	NH ₄ NO ₃	10,5 %
Na ₃ PO ₄ , 12H ₂ O	9,7 %	Na ₂ B ₄ O ₇ , 10H ₂ O	2,9 %
Na ₂ SO ₄	2,7 %	Na ₂ CO ₃	2,5 %
Na Cl	1,6 %	Na F	1,1 %
Ca Cl ₂ , 2H ₂ O	0,8 %	K Cl	0,5 %

Le traitement de coprécipitation consiste à ajuster le pH des concentrats à 8,5 et à ajouter 2,8 g/l de ferrocyanure de potassium et 2,9 g/l de sulfate de nickel pour insolubiliser le ¹³⁷Cs par formation de précipité de ferrocyanure de nickel " in situ ".

2 - Description sommaire de l'installation de bitumage

L'ensemble du poste de bitumage, installé dans le sous-sol du bâtiment abritant l'évaporateur primaire, à côté du poste de cimentation, comprend :

2.1. Un poste d'alimentation du bitume, comprenant une cuve de stockage de bitume fondu calorifugée de 30 m³, située à l'extérieur du bâtiment, et réchauffée par de la vapeur sous 3 bars. Une pompe de circulation distribue par circuit bouclé du bitume à une pompe doseuse à engrenage alimentant en continu la machine d'enrobage.

2.2. Un poste de préparation et de stockage des concentrats disposant de deux cuves en acier inoxydable de 3 m³ équipées d'agitateurs et placées à l'intérieur d'une protection biologique de 30 cm de béton. La première conçue pour traiter en discontinu des lots d'environ 2,3 m³ de concentrats provenant de la vidange de l'évaporateur primaire, la deuxième prévue pour stocker les concentrats traités et alimenter en continu la machine d'enrobage à l'aide d'une roue doseuse couplée avec une pompe centrifuge auto-amorçante.

2.3. Un poste d'enrobage comprenant une extrudeuse ZDS-T83 à double vis et un poste de remplissage de fûts, positionnés dans un caisson étanche ventilé en acier inoxydable de 5m x 2,6m x 2,6m H, protégé par un mur de 10 cm de plomb. Seule la partie opératoire active de la machine de 2,8m est placée à l'intérieur dans l'axe longitudinal du caisson.

La partie mécanique d'entraînement d'une longueur identique est montée à l'extérieur. Sur le toit de l'enceinte sont disposés quatre hublots permettant de voir l'intérieur des cheminées de la machine. A la sortie de l'extrudeuse, chauffée à la vapeur sous 8 bars, l'enrobé coule dans un fût de 225 l positionné sur un plateau tournant à 3 postes de réception.

L'opération de remplissage est contrôlée par un détecteur de niveau, type bulle à bulle, et visuellement grâce à deux hublots latéraux. Les fûts, après un refroidissement d'environ 10 h, sont évacués, hors du caisson, au moyen d'un transporteur à rouleaux après ouverture des deux portes coulissantes α et γ. Ces fûts transitent dans un sas protégé où ils sont pesés, puis mis dans des cloches de protection de 9,5 cm d'acier avant d'être évacués vers l'aire de stockage temporaire des déchets du site de CADARACHE.

2.4. Un poste de filtration en continu des distillats chargés en huiles et goudrons (50 à 100 mg/l) provenant des quatre condenseurs placés à la sortie des cheminées de l'extrudeuse. Ce poste est constitué par une pompe centrifuge de distribution, un filtre à 96 cartouches perdues chargées en Sorbocel et un circuit de contrôle de débit et de perte de charge. Les distillats épurés sont envoyés dans une cuve de stockage de 5 m³.

Suivant leur activité spécifique, ces effluents sont recyclés en tête d'évaporateur primaires ou rejetés.

3 - Résultats d'exploitation escomptés.

Cette installation est conçue pour conditionner dans le bitume 55 l/h de concentrats à 250 g/l de sels.

Les opérations s'effectueront par postes continus de 8 h depuis le lundi matin jusqu'au vendredi après midi, ce qui permettra de traiter environ 5,5 m³ de concentrats par semaine.

Le facteur de concentration de volume des résidus liquides après solidification sera légèrement supérieur à 3.

Le facteur de décontamination global du poste d'enrobage atteindra 10⁴.

IV - CONCLUSION

Le conditionnement dans le bitume des déchets radioactifs de faible et moyenne activité a maintenant atteint le stade industriel ; en France et dans le monde des installations de bitumage fonctionnent de façon satisfaisante.

Certes, le bitumage présente certains risques liés à la nature même du matériau d'enrobage : inflammabilité possible, le bitume est une matière organique - fluage prévisible des déchets lors de la destruction par corrosion des conteneurs métalliques au cours du stockage, le bitume est une matière plastique.

Cependant, même si ce conditionnement n'est pas parfait, il permet d'assurer, avec un degré de sûreté convenable et à un coût raisonnable, le stockage des déchets radioactifs de faible et moyenne activité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] P.POTTIER - R.ANDRIOT - D.CUAZ
Progrès dans les techniques de traitement et de conditionnement des effluents dans les centres de recherche - 4ème conférence internationale sur l'utilisation pacifique de l'Energie Atomique GENEVE Septembre 1971.
AIEA -A/conf. 49/P/621 -pp 332 -334 VIENNE 1972.
- [2] G.LEFILLATRE-J.LECONNETABLE .
Bitumage des résidus radioactifs - Problèmes de sûreté et domaines d'application.
Conférence nucléaire européenne.
La maturité de l'énergie nucléaire - PARIS.Avril 1975
- [3] G.LEFILLATRE
Progrès dans les techniques de bitumage des effluents liquides des centrales nucléaires à eau pressurisée.
Colloque international sur la gestion des déchets radioactifs provenant du cycle du combustible nucléaire - VIENNE,Mars 1976.
- [4] N. FERNANDEZ
Enrobage bitumeux des boues de traitement des effluents radioactifs - Réalisation industrielle - Energie Nucléaire - Vol. 11 n° 6, pp 357 - 365 (1969).
- [5] J.RODIER - G.LEFILLATRE
Etude de la diffusion de la radioactivité de blocs d'enrobés bitumeux en provenance d'un atelier d'enrobage industriel.
Rapport CEA R.3743(1969).

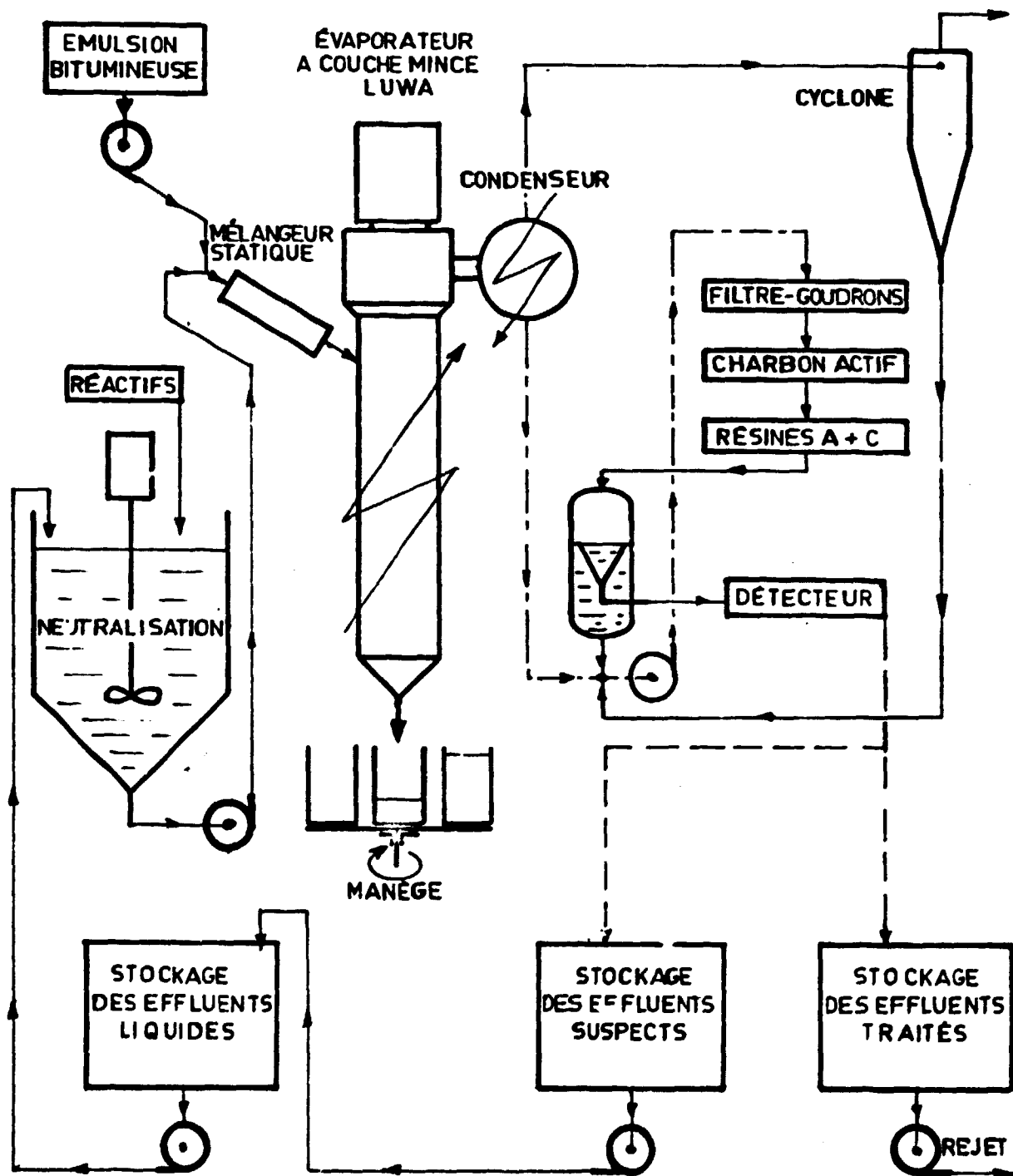


Fig:1. BITUMAGE DIRECT DES EFFLUENTS RADIOACTIFS SANS PRÉCONCENTRATION.

ANALYSE THERMIQUE DIFFÉRENTIELLE

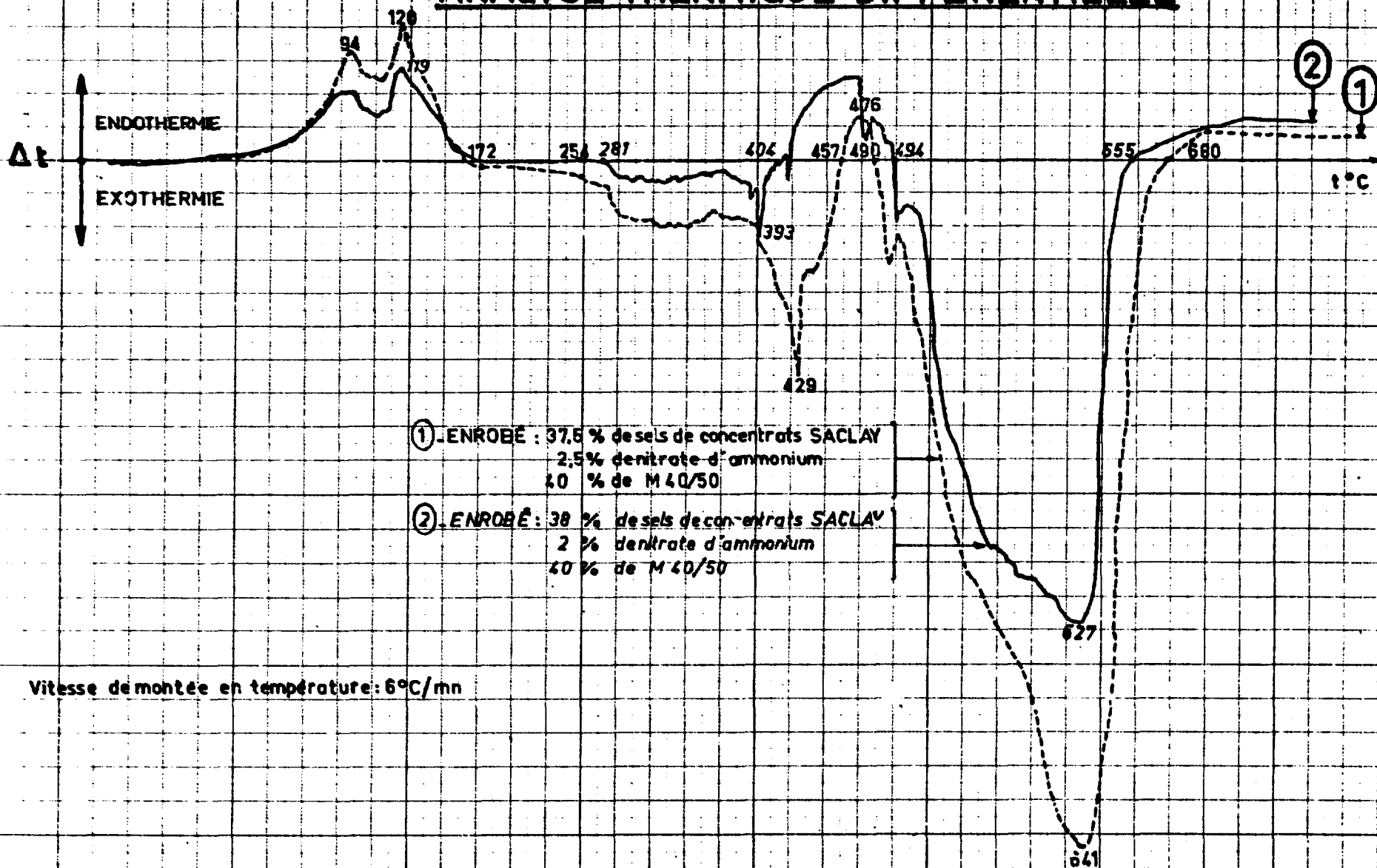
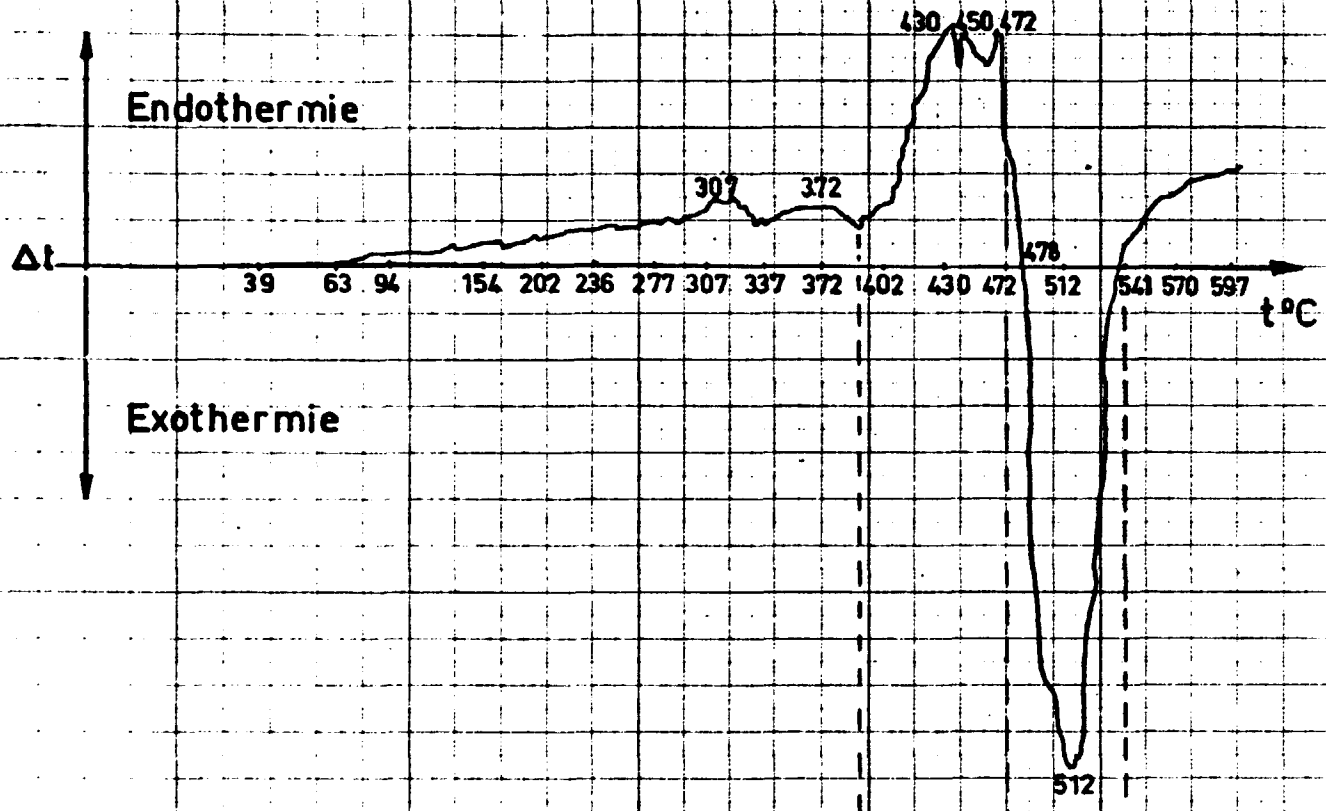


Figure: 2 ENROBÉ SACLAY avec NH_4NO_3

Analyse thermique différentielle.

Vitesse de montée en température: 6°C/mn



Analyse thermogravimétrique.

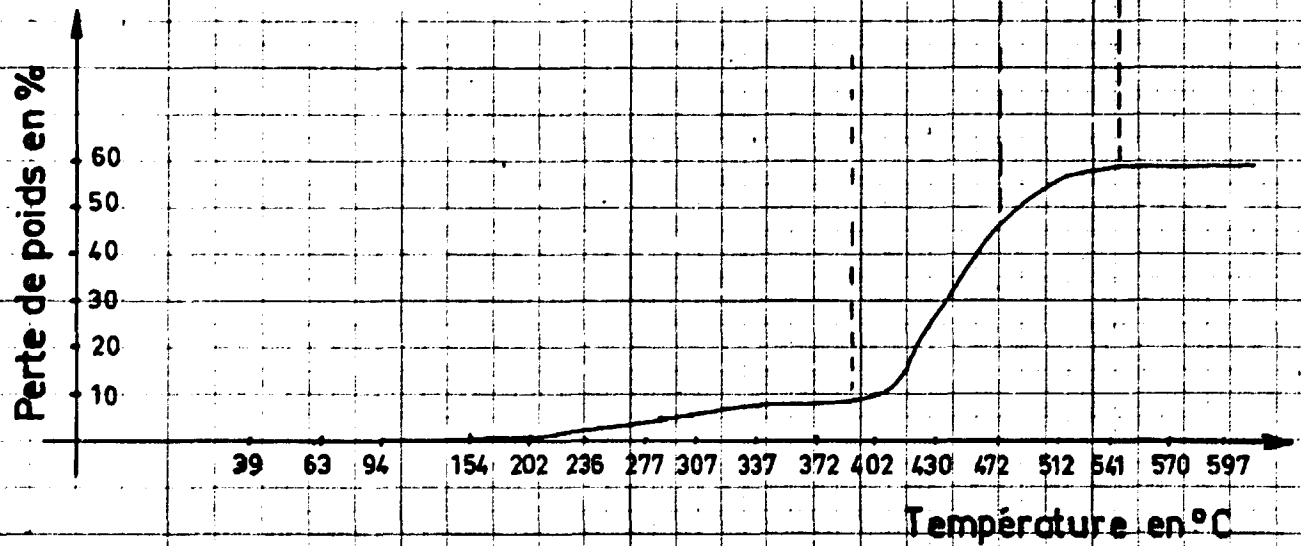
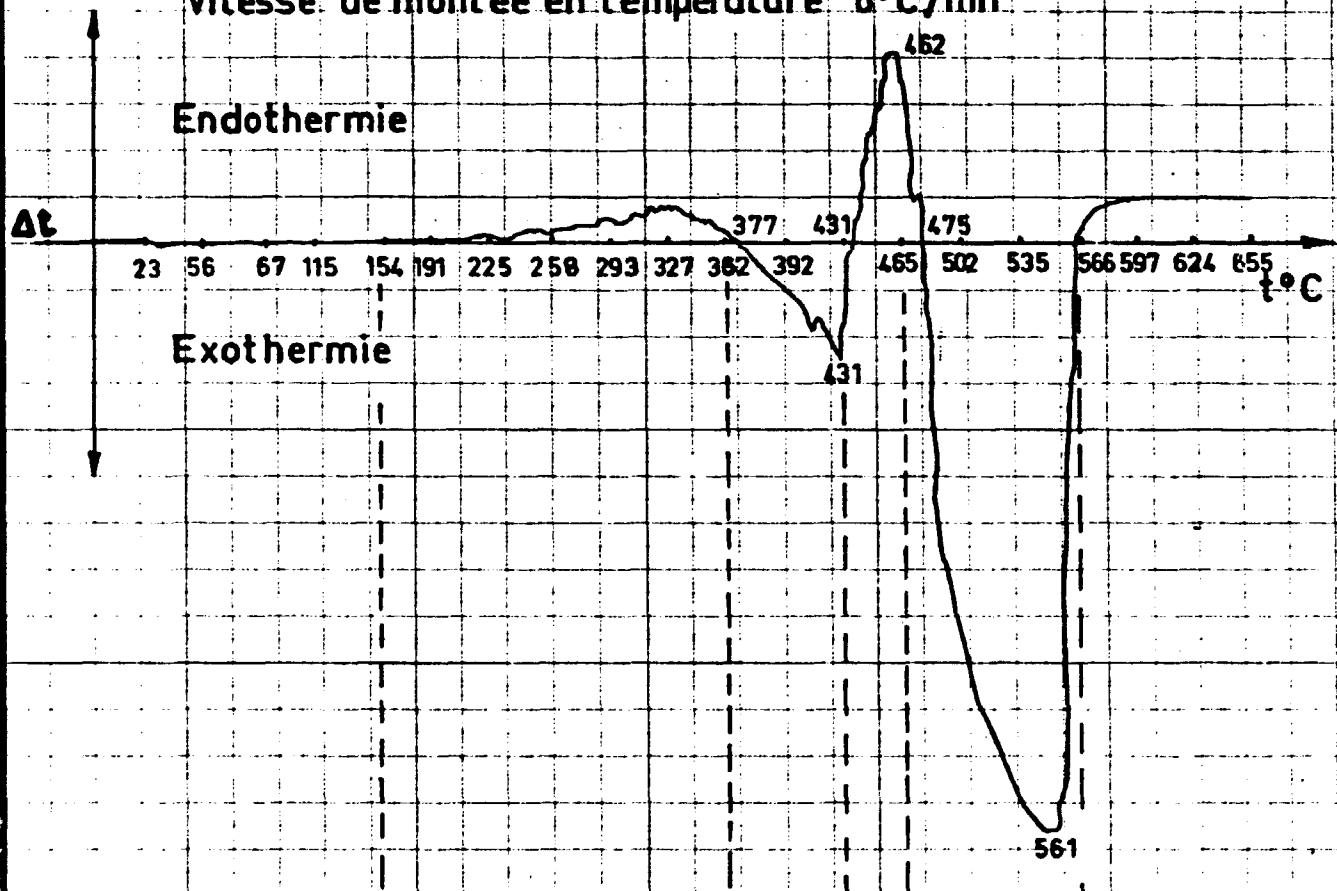


Figure: 3 - ENROBÉ MARCOULE AW 349 (0% TLA).

Analyse thermique différentielle.

Vitesse de montée en température 6°C/mn



Analyse thermogravimétrique.

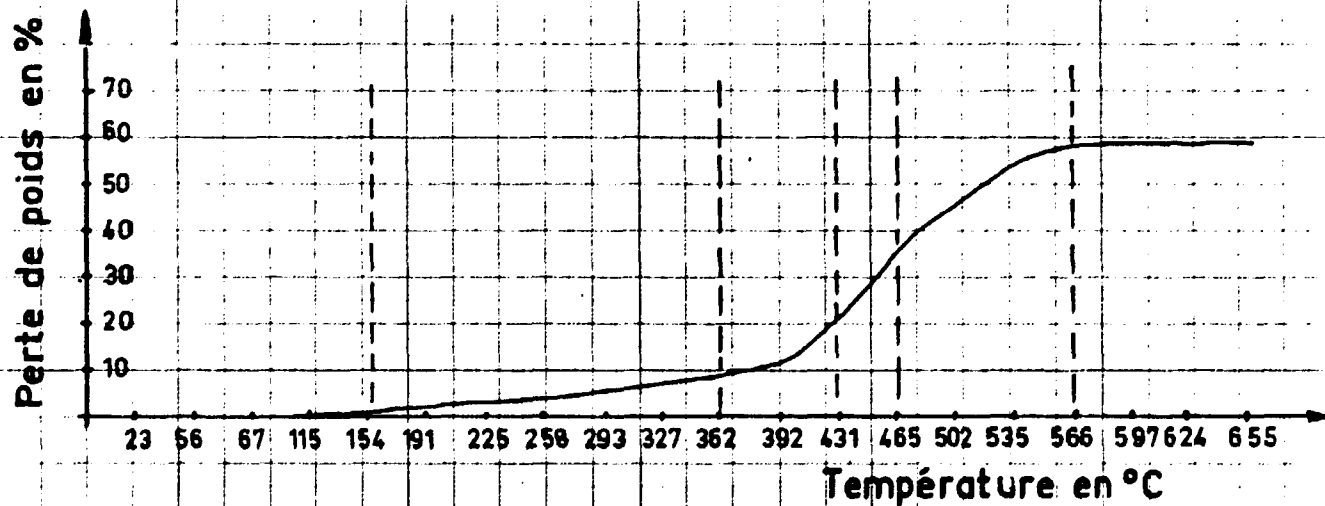


Figure: 4 - ENROBÉ MARCOULE AW 355 (4,8% TLA)