الفصل الأول

الحالة الغروية

Colloidal State

obeikan.com

obeikan.com

مقدمة :

من المعروف ان الخلية هي الوحدة الأساسية لتركيب الكائن الحي كما أنها وحدة النشاط الحيوي فيه ، وبروتوبلازم الخلية هو مركز جميع العمليات في الخلية ، وهذا البروتوبلازم مركب اساسيا من مواد موجودة على حالة غروية واليها تنسب الخواص الطبيعية الكيميائية للبروتوبلازم كما ان كثيرا من العمليات الفسيولوجية التي تحدث في النبات تتم بواسطة عوامل مساعدة عضوية تعرف باسم الانزيمات وهذه الأخيرة موجودة أيضا على حالة غروية ، ويعزى كثير من خواص الأنزيمات الى كون وجودها على حالة غروية من أجل كل هذا يلزم قبل دراسة الخلية النباتية أن ندرس الحالة الغروية وبعض خواصها الهامة.

انواع المحاليل:

تنقسم المحاليل بالنسبة الى حالة وجود المادة الذائبة فى المادة المذيبة وعلاقة كل منهما بالأخرى الى الأقسام الآتية:

١) المحلول الحقيقى True Solution :

وفيه تتجزأ المادة المذابة وتنتشر فى جميع أجزاء المذيب على هيئة جزيئات دقيقة أو أيونات فى غاية من الدقة فى الحجم بحيث لايمكن رؤيتها بأية وسيلة من وسائل الابصار إذ أن قطرها لايتعدى ٠,٠٠١ ميكرون (الميكرون = ٠,٠٠١ من الملليمتر).

هذا النوع من المحاليل ثابت ولاترسب دقائقه أبدا ومن أمثلة ذلك محلول ملح الطعام ومحلول سكر القصب فى الماء

٢) المعلق والمستحلب Suspension & Emulsion :

فى كلتا الحالتين تتجزأ المادة الى دقائق كبيرة بحيث يمكن رؤيتها بالمجهر العادى إذ يزيد قطرها على ١ر٠ ميكرون · وهذا النوع من المحاليل غير ثابت إذا ماترك فترة من الوقت فإنه سرعان ماتنفصل فيه دقائق المادة المنتشرة عن السائل المذيب ، فترسب بفعل الجاذبية الأرضية كما فى حالة الرمل المنتشرة فى الماء (وهذا المحلول يطلق عليه معلق Suspension أو تطفو لاختلاف كثافة المادة الذائبة عن المادة المذيبة كما فى حالة الزيت مع الماء (يسمى هذا المحلول مستحلب Emulsion).

٣) المحلول الغروى Colloidal Solution :

وهو حالة وسط بين النوعين السابقين وفيه تتجزأ المادة ليس الى جزيئات صغيرة بل الى مجموعات من الجزيئات المتحدة Aggregates of molecules or particles يتراوح قطرها بين ٠٠١ر٠ – ١ر٠ ميكرون وتظل هذه الوحدات منتشرة فى محاليلها ولاتترسب أبداً من تلقاء نفسها ولايمكن رؤية هذه الوحدات بالمجهر العادى ولكن يمكن رؤيتها المجهر الدقيق Ultramicroscope (ميكروسكوب لانهائى) والمحلول الغروى يتكون من طورين : الطور المستمر أو وسط الانتشار Dispersion medium وهو عبارة عن المادة المذيبة والتى دائما ماتكون موجودة بكمية أكبر وتسمى المادة المنتشرة أو الذائبة بالطور الغير مستمر أو الطور المنتثر Dispersed phase ومن أمثلة المحاليل الغروية محلول أيدروكسيد الحديديك ومحلول النشاء والجيلاتين فى الماء·

نوع المحلول	حجم وحدة المادة المنتشرة فى المحلول	درجة الرؤية
المحلول الحقيقي	قطر الوحدة ١/١٠٠٠ من الميكرون (جزيئات وأيونات)	لا يمكن رويتها بأى آلة ابصار عرفت حتى الان
المحلول الغروى	قطر الوحدة لا تقل من ١/١٠٠ ولا تزيد عن ١/١٠ ميكرون	يمكن رؤية بعض خواصها الطبيعية بالالترامكروسكوب
المعلقات والمستحلبات	قطر الوحدة أكبر من ١/١٠ ميكرون (جزيئات متجمعة كبيرة الحجم)	يمكن رؤيتها بالميكرسكوب العادى او العين المجردة

الخواص العامة للمحاليل الغروية:

١- الانتشار Diffusion :

لما كان معدل الانتشار المادة يتناسب عكسيا مع حجم دقائقها لذا فان الدقائق الغروية تنتشر بمعدل منخفض جدا اذا قورن بمعدل انتشار الدقائق الجزيئية أو الايونية في المحاليل الحقيقية ، ويمكن للدقائق الغروية أن تنتشر خلال ورق الترشيح العادي اذا أن قطر الثقوب ورقة الترشيح يقع بين 2 - 5 ميكرون بينما قطر الحبيبة الغروية يقع بين ٠,٠٠١ – ١ ميكرون على أنه اذا عومل ورق الترشيح العادي بمواد خاصة فأنه يمكن الحصول على مرشحات دقيقة لا تسمح مسامها بمرور الدقائق الغروية اى أن مسامها تسمح بمرور وسط الانتشار ولا تسمح بمرور الطور المنتشر في المحاليل الغروية · وبذا يمكن بهذه العملية فصل دقائق المحاليل الغروية الموجودة في محلول ما وتسمى هده العملية الترشيح الدقيق ويطلق على هدا المرشح اسم المرشح الدقيق ولا تستطيع الدقائق الغروية ايضا أن تنتشر خلال الاغشية الصناعية كالكلوديون والسلوفان

مع ملاحظة أن هذه الأغشية تسمح بانتشار جزيئات المحاليل الحقيقية خلالها ، ويستفاد من هذه الخاصية في فصل المحاليل الحقيقية عن المحاليل الغروية وذلك بوضع الخليط في كيس غشائي وغمس هذا الكيس في ماء نقي يجدد من وقت لآخر في ماء جارى باستمرار وتسمى هذه العملية بالفرز الانتشاري للذائبات.

٢- الضغط الاسموزي Osmotic pressure :

تتوقف الضغوط الأسموزية للمحاليل على عدد الدقائق المادية الموجودة بها بغض النظر عن طبيعتها اوحجمها فاذا اخذنا محلولين تركيز كل منهما ٢% الأول منهما عبارة عن محلول حقيقي من سكر لقصب والثاني محلول غروي من النشا فان عدد الوحدات "الجزيئات" من السكر الموجودة في المحلول الأول تكون أكبر عددا من عدد الوحدات "التجمعات الجزيئية" من النشا الموجودة في المحلول الثاني وذلك لأن الوزن الجزيئي لسكر القصب أقل بكثير من الوزن الجزيئي للنشا وبالتالي يكون الضغط الأسموزي لمحلول النشا الغروي أقل بكثير من الضغط الاسموزي لمحلول السكر الحقيقي ، ومن المعروف أن الضغوط الأسموزية للمحاليل الغروية لا تتعدى كسر صغير من الضغط الجوي .

٣- ظاهرة تندال :

اذا سلطنا حزمة ضوئية على وعاء زجاجي ممتلئ بالماء النقي ثم فحصنا ذلك الوعاء في اتجاه جانبي عمودي على مسار الحزمة الضوئية فإنه لا يمكننا إدراك مسار الضوء خلال الماء النقي ، ويحدث ذلك ايضا اذا استبدلنا الماء بمحلول حقيقي كمحلول ملح الطعام ، اما اذا ملانا الوعاء الزجاجي بمحلول غروي فاننا نستطيع في هذه الحالة ان ندرك مسارالضوء في المحلول الغروي ويمكننا أن نحدد المنطقة التي يمر خلالها وتبدو هذه المنطقة عكرة بالنسبة لبقية المحلول ، ويرجع ذلك الى انعكاس الضوء بواسطة الدقائق الغروية في المنطقة التي يمر خلالها الشعاع الضوئي ويسمى هذه

الظاهرة ظاهرة تندال· وهى تشبه تمام الشبه ما يلاحظ عند مرور شعاع ضوئي وسط حجرة مظلمة·

٤- الحركة البراونية Brownian Move ment :

إذا فحصنا محلولا غرويا بنوع من الميكوسكوب يسمى الميكروسكوب اللانهائى Ultra microscope وهو يختلف عن النوع العادى بان حقل الفحص به مظلما ويمر خلال المحلول الذى يراد فحصه حزمة ضوئية قوية فى اتجاه جانبي متعامد مع انبوبة الفحص فاننا نلاحظ مسار الضوء خلال المحلول الغروي مركب من نقط مضيئة لامعة تمثل كل منها شعاع ضوئيا منعكسا باحدى الدقائق الغروية الموجودة في المحلول كذا فان هذه النقط المضيئة تتحرك حركة شديدة في اتجاهات مختلفة تعرف بالحركة البراونية نسبة الى العالم النباتي الذى اكتشفها وتعزى هذه الحركة الى دفع الدقائق الغروية دفعا غير منتظم من نواحيها المختلفة بواسطة جزيئات السائل (وسط الانتشار) بفعل طاقتها الحركية واذا رفعنا درجة حرارة المحلول الغروي فان درجة الحرارة البراونية تزداد نظرا لزيادة طاقة جزيئات السائل المذيب·

٥- الشحنة الكهربائية Electric Charge :

توجد على الدقائق الغروية على الدوام شحنات كهربائية غير قاصرة على الذرات المكونة للدقيقة الغروية ولكنها موزعة على السطح الكلى للدقيقة ويمكن الاستدلال على وجود الشحنات بحركة الدقائق الغروية فى اتجاه معين عند وضع المحلول فى مجال كهربائى ويمكن معرفة نوع الشحنة من اتجاه الدقائق نحو أحد قطبى المجال الكهربائى وتسمى هذه الحركة الحمل الكهربائى Electrophoresis ويعزى ثبات المحاليل الغروية الى وجود هذه الشحنات على دقائقها ونظرا لتشابه الشحنات ، تتنافر الدقائق الغروية وبذلك تبقى معلقة فى السائل المذيب واذا عودلت شحنة الدقائق الغروية بأيونات الذائبات الكهربائية ذات الشحنات المضادة فان الدقائق الغروية تترسب فى الحال وذلك فى المحاليل الغروية الكارهة للمذيب وتزداد القوة الترسيبية للأيونات

بازدياد تكافؤها فمثلا وجد أن القوة الترسيبية للأيونات الموجبة Na ، Mg ، على الدقائق الغروية هى كنسبة ٥٠ : ٧ على التوالى ، ويلاحظ انه من الفوائد التى تنتج عن اضافة المركبات الجيرية الى التربة الطينية انها تجمع دقائق الطين الغروى السالبة للشحنة الكهربائية بفعل ايونات الكالسيوم الموجبة فتزداد مسامية التربة وتجود تهويتها وتصبح اكثر ملائمة لنمو النبات . ولذا تتكون دلتا الانهار عند التقاء ماء النهر المحمل بالطمى الغروى بمياة البحر المحتوية على أملاح ذائبة متاينة فتتعادل شحنات الطين الغروى السالبة مع الأيونات المضادة فى الشحنة فيترسب الطين و تتكون الدلتا.

٦- التجمع السطحى او الادمصاص Adsorption :

من المعروف أن سطح أى سائل يختلف من حيث خواصة الطبيعية عن بقية كتلة السائل العام فجزيئات السائل الموجودة بداخله تكون معرضة لجاذبيات متكافئة من جميع نواحيها أما الجزيئات المكونة للطبقة السطحية فانها تكون معرضة لجاذبيات جانبية آخرى نحو الداخل ولكن لا يوجد ما يعادلها نحو الخارج اى هناك ميل لتقليل عدد الجزيئات المكونة للطبقة السطحية فتتضائل مساحة السطح تدريجيا حتى تصل لاقل حجم ممكن ويقال لهذا الشد الذى يعانيه سطح السائل و الذى يجعله ميالا للتقلص كما لو كان غشاءا مرنا بالتوتر السطحى Surface tension وهو ما يفسر تجمع نقط السائل متى سقطت على سطح املس بتجمع هذه الجزيئات تقل مساحة سطحها الكلى عما لو بقيت منفصلة واذا كان لدينا سائلان لا يمتزجان فان الحد الفاصل بينهما معرضا لقوتين جاذبيتين فجزيئات الطبقة السطحية لاحد السائلين تكون معرضة لجذبها نحو الداخل من جزيئات السائل نفسه وجذب نحو الخارج من جزيئات السائل الأخر ويكون الفرق بين هاتين القوتين هو ما يعبر عنه بالتوتر البينى ، وتؤثر المواد الذائبة فى السائل على قيمة توتر سطحة الملامس لأى طور اخر لا يمتزج به فبعض المواد تميل الى التجمع على السطح الفاصل من توتر السطح ويطلق على ظاهرة تجمع المواد الذائبة الخافضة للتوتر البينى للتجمع السطحى وهذه المواد التى تعمل على خفض التوتر السطحى او البينى فيطلق عليها المواد النشطة على السطح ومن امثلتها اغلب

المواد العضوية وهناك مواد تجذبها جزيئات الماء الى الداخل ولا تتراكم على السطح وهذه يطلق عليها المواد الغير نشطة على السطح وأحيانا تعمل على زيادة التوتر السطحى للماء بدرجة قليلة مثل الأملاح والسكريات ولما كانت الغرويات تتميز بكبر المساحات الكلية لسطوحها وبذا تكتسب قدرة كبيرة على التجمع السطحى.

ومن المعرف أيضا أن معدل الادمصاص ينخفض بارتفاع درجة الحرارة وهذا راجع الى زيادة الطاقة الحركية للمواد المتجمعة سطحيا فيسهل هروبها من السطح . وتلعب ظاهرة التجمع السطحى دورا كبيرلأهميه الكائنات الحية ففى خلايا النبات يوجد عدد كبير من السطوح البينية فهناك رأى يقول أن الأغشية البلازمية فى الخلية تتكون نتيجة لتجمع البروتينات والمركبات الدهنية تجمعا سطحيا عند سطح الانفصال وعلى ذلك فالغشاء البلازمى الخارجى يتكون عند سطح الانفصال بين الجدار الخلوى المشبع للماء و البروتوبلازم أما الغشاء البلازمى الداخلى فيتكون عند سطح الانفصال بين الفجوة العصارية والبروتوبلازم وحيث أن تركيب المحاليل العصارية تختلف عادة عن تركيب المحاليل المبللة للجدر الخلوية و المتصلة بها اتصالا مباشرة بالسيتوبلازم فمن المتوقع اذن أن يغير الغشاء البلازمى الخارجى من حيث تركيبية وخواص الغشاء البلازمى الداخلى وكلما كان البروتين له بعض الخواص الكهربائية فانه لا يعتبر من المواد النشطة على السطح عند مقارنته بالمواد الدهنية لذا فانه فى البروتوبلازم الحى تكون المواد الدهنية على سطحة بتركيز المواد البروتينية وطبيعة تكوين هذه الاغشية البروتوبلازمية لها أهميتها فى نفاذية السيتوبلازم وتلعب ظاهرة الادمصاص دورا كبيرا فى وظائف الخلية فظاهرة التشرب لها أهمية فى علاقة الخلية بالماء تشمل ادمصاص الماء وعمل الانزيمات من الوجة العامة تعرف بانها تشمل ظاهرة الادمصاص كما انه بواسطة استعمال الصبغات أمكن الحصول على معلومات كثيرة عن الخلية حيث أن هذه الصبغات يختلف تجمعها السطحى باختلاف مركبات الخلية.

تقسيم الغرويات :

تنقسم المواد الغروية الى قسمين هامين يتوقف على مدى القابلية بين المادة المنتثرة ووسط الانتثار ·

١- **غرويات كارهة لوسط الانتثار Lyophobic colloids :** فاذا كان وسط الأنتثار هو الماء سميت غرويات كارهة للماء Hydrophobic ومن أمثلتها المواد الغروية المكونة من مواد معدنية مثل أيدروكسيد الحديد الغروى وأيدروكسيد الألمنيوم الغروى وسمى هذا النوع بانه كارهة لوسط الانتشار لأنه لا توجد قابيلة بين دقائقه المادية وبين وسط الانتشار ·

٢- **غريات محبة لوسط الانتشار Lyophilic colloids :** واذا كان وسط الانتشار ماءا سميت غرويات محبة للماء Hydrcphilic ومن أمثلتها بعض المواد العضوية كالجيلاتين و النشا والصمغ العربى والبروتينات وأطلق عليها هذا الأسم لأنه توجد قابيلة شديدة بين وسط الأنتشار والطور المنتثر ونظرا لهذه الخاصية تتشرب هذه المواد المذيب بكميات كبيرة·

وتتلخص اوجة الخلاف فى الخواص المميزة لكل من النوعين فى ما ياتى :-

١- **الفحص الميكروسكوبى :** تشاهد الحركة البراونية بوضوح فى حالة فحص المحاليل الغرويات الكارهة لوسط الانتثار أما فى النوع الاخر فيمكن مشاهدة خاصية تندال ولكن يتعزر رؤية الحركة البراونية بوضوح نظرا لوجود أغشية حولها من سائل وسط الانتثار ·

٢- **اللزوجة Viscosity :** لا تختلف لزوجة المحلول الغروى لكارهة لوسط الانتثار أختلافا محسوسا عن لزوجة وسط الانتثار أما الغرويات المحبة للمذيب فان لزوجة محاليلها تكون عادة أكبر من لزوجة وسط الانتثار وتزداد لزوجتها زيادة محسوسة بزيادة تركيزها وتعزى الزيادة فى هذه الحالة الى تشبع الدقائق المادية بسائل وسط الأنتثار فيرتب على زيادة تركيز الطور المنتثر نتيجة خفض كمية السائل الحر النسبية نظرا لاتحاد جزء كبير منه بالدقائق الغروية وهذا من شانه أن يقل من سيولة المحلول

أى يرتفع من لزوجته وتتاثر لزوجة جميع السوائل بما فيها المحاليل الغروية بدرجة الحرارة فتقل بارتفاعها وتزيد بانخفاضها كالجيلاتين والاجار والنشا سواء بزيادة الطور المنتثر أو خفض درجة الحرارة أدى ذلك الى تغير حالتها الطبيعية فيتماسك المحلول الغروى ويصبح قوامه شبه صلب أى يتحول من حالة السيولة الى حالة الصلابة أو الحالة الهلامية وهذا التحول هو نتيجة لأنعكاس اطواره الذى قد يكون مرده الى تقارب دقائق الطور المنتثر المشبع بالسائل وذلك بسبب زيادة عددها فى حالة زيادة الطور المنتثر أو زيادة سمك أغشيتها فى حالة خفض درجة الحرارة حيث أن هذه تعمل على ازدياد التوتر السطحى للسائل المغلف للدقائق بعضا ببعض فى صورة شبكة تملأعيونها أجزاء منفصلة من وسط الأنتثار ويسمى الماء الذى يغلف الحبيبات بالماء المرتبط أما الماء الذى يكون وسط الانتثار فيسمى الماء الحر وتتشرب الغرويات المحبة للماء بكميات كبيرة من الماء ويطلق على هذه الظاهرة ظاهرة التشرب Imbibition وفيها تتجمع أغشية كبيرة من الماء حول الدقائق الغروية وتتوقف كمية الماء الذى تتشرب به المادة على مدى قوة التماسك بين وحدات المادة حيث ان أغشية الماء تعمل على تباعد وحدات المادة عن بعضها فاذا كانت قوة التماسك بين وحدات المادة ضعيفة تشربت بكميات كبيرة من الماء حيث ينتهى الأمر الى تكوين محلول غروى وخاصية التشرب هذه أكثر وضوحا فى حالة انبات البذور تتشرب بكميات كبيرة من الماء اللازم لعملية الانبات.

٣- الترسيب **Precipitation** : يرجع ثبات الغرويات الكارهة لوسط الأنتثار لعامل واحد هو الشحنة الكهربائية الموجودة على الدقائق الغروية و التى تسبب تنافرها وتحول دون تجمعها الى دقائق أكبر واذا عودلت هذه الشحنات او قللت قيمة هذه الشحنات عن حد معين فان الدقائق الغروية تترسب فى الحال وهذا يفسر شدة حساسية هده المحاليل للدائبات الكهربائية ويكون الترسيب فى هذه الحالة غير عكسى اى لا يمكن اعادة الدقائق الغروية الى حالتها الطبيعية.

أما محاليل الغرويات المحبة لوسط الانتثار فيرجع ثباتها الى عاملين:

أ - الشحنة الكهربائية

ب - التشرب بسائل وسط الانتشار

وهى أن تحاط كل دقيقة بغشاء وهذه الأغشية تمنع الدقائق الغروية من أن تلامس بعضها البعض وبذلك تظل معلقة فى وسط الانتشار ويكفى توافر أحد هذين العاملين لكى يبقى المحلول الغروى ثابت.

وتتميز الغرويات المحبة لوسط الانتشار بقدرة معظمها على التحول من الحالة السائلة Sol الى حالة متصلبة نوعا ما. فإذا ترك محلول غروى من هذا النوع كمحلول الجيلاتين الساخن ليبرد فإنه يتحول الى شبه مستحلب هلامى Gel يعود الى الحالة السائلة مرة أخرى إذا سخن وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة إنعكاس الأطوار فى الغرويات Phase reversal in colloids بمعنى أن الطور المنتشر يصبح وسط انتشار وأن وسط الانتشار يصبح طورا منتشر. ففى حالة غروى الجيلاتين السائل يكون الجزء الأكبر من وسط الانتشار (الماء) موجود فى حالة طليقة Free تباعد بين حبيبات الجيلاتين المنتشرة أما عندما يتصلب غروى الجيلاتين السائل بالبرودة فان هذا الماء الطليق يتحول معظمه الى أغلفة تحيط بالحبيبات الغروية التى تتقارب ويتصل بعضها ببعض فى صورة شبكة تملأ عيونها قطرات منفصلة من الماء وفى هذه الحالة يكون الماء المغلف للحبيبات الغروية فى حالة غير حرة أى مقيدة Bound water وفى بعض الأحيان لايكون تحول شبه المستحلب من الحالة السائلة الى المتصلبة عكسيا وأوضح مثل لذلك زلال البيض بالغليان فإذا برد ثانية فإنه لايسيل.

تتشرب شبه المستحلبات المتصلبة Gels الماء بكميات كبيرة ويطلق على هذه الظاهرة اسم ظاهرة التشرب Imbibition وفيها تحيط حبيبات المادة نفسها بأغشية من الماء يزداد سمكها كلما زادت كمية الماء المتشرب . ويتوقف كمية الماء الذى تتشرب به المادة على قوة التماسك بين حبيباتها فكلما كانت قوة التماسك صغيرة زادت قدرة الغروى على التشرب وينتهى الأمر بالتحول الى محلول غروى. فالجيلاتين مثلا يتشرب الماء بدرجة كبيرة وذلك لأن قوة تماسك دقائق الجيلاتين ضعيفة بينما تتشرب

قطعة الخشب وهى غروى متصلب ايضا الماء بدرجة قليلة ولاتتحول مطلقا الى الحالة السائلة نظرا لقوة التماسك الكبيرة بين دقائق الخشب · وخاصية التشرب هذه تكون أكثر وضوحا فى حالة انبات البذور حيث أنها تتشرب بكميات كبيرة الماء اللازم لعمليات الانبات ·

obeikan.com

مراجع مختارة

1- Bechhold, H. (1919):Colloids in Biology and Medicine, N.Y.: D. van Nostrand, 364-76.

2- Chatterjee, A., (2005): Application of localized reactivity index in combination with periodic DFT calculation to rationalize the swelling mechanism of clay type inorganic material, Journal of Chemical Sciences. 117(5): 533-539.

3- Clark A. (1923) "The Properties of Certain 'Colloidal' Preparations of Metals" Br Med J, Feb. 17, 273-77.

4- Dukhin, A.S. and Goetz, P.J. (2002): Ultrasound for characterizing colloids, Elsevier. Chemistry The Central Science, 7th Ed. by Rodil.Ma.Lourdes C. ISBN 013533480 .

5- Hauser, W.; Goetz, R.; Geckeis, H. ; Geyer, F.W. and KIM, J.I. (2001): Online-monitoring of colloid migration with Laser Induced Breakdown Detection at the Grimsel Test Site. Poster at Migration Conference 2001.

6- Hauser, W.; Geckeis, H.; KIM, J.I. and Fierz, T. (2002): A mobile laser-induced breakdown detection system and its application for the in situ-monitoring of colloid migration, Colloids Surf A, 203, 37-45.

7- Lyklema, J. (1995): Fundamentals of Interface and Colloid Science, vol.2, page.3.208.

8- Missana, T. and Adel, A. (2000): On the applicability of DLVO theory to the prediction of clay colloids stability. J. Coll. Interface Sci., 230, 150-156

9- Missana, T., Alonso, U. and Turrero, M.J (2001) Generation and stability of bentonite colloids at the bentonite / granite interface of a deep geological radioactive waste repository. Journal of Contaminant Hydrology, In press (2003).

10- Missana, T.; Garcia-Gutirrez, M. and Alonso, U. (2003): Kinetics and irreversibility of Caesium and Uranium sorption onto bentonite colloids. REIMS conference 2002.

11- Moeri, A.; Geckeis, H. and Fierz, T.H. (2001): Field tracer migration tests at the Grimsel Test Site - Studying the colloid migration in a granitic fracture Poster at Migration Conference. 2001.

12- Missana, T.; Mingarro, M. and Garcia-Gutterrez, M. (2001): CRR project: Sorption kinetics of Cs, U, Tc and Se onto granite and fault gouge materials and effects due to the presence of bentonite colloids.

13- Schafer, T., Bauer, A., Bundschuh, T., Rabung, T. Geckeis, H. and Kim, J. I. (2000): Colloidal stability of inorganic colloids in natural and synthetic groundwater. In: Applied Mineralogy. RAMMLMAIR et al. (eds.), Balkema, Rotterdam, 675-678.

obeikan.com