

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI
"FEDERICO II"
Scuola Politecnica delle Scienze di Base



Dipartimento di Ingegneria civile edile ed ambientale (D.I.C.E.A.)

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA PER L' AMBIENTE E IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA:

***Surfactant enhancement of the DNAPL polluted soil
remediation in saturated zone: experimental study***



Relatore: Ch.mo Prof. Massimiliano Fabbricino
Correlatore: Ch.mo Prof. Eric Van Hullebusch
Ing. Stéfan Colombano

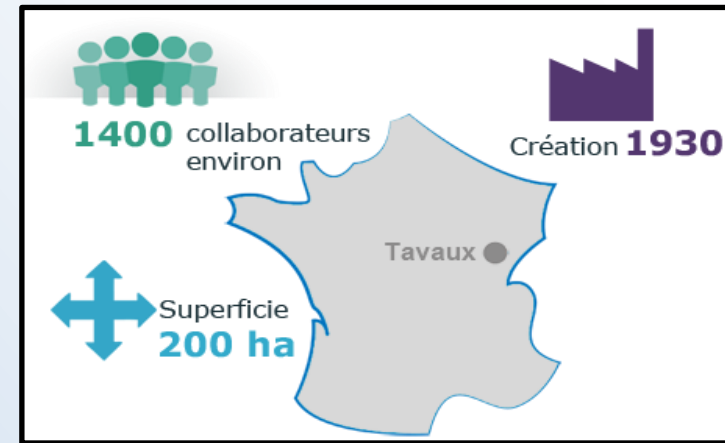
Candidata: Anna Barone
M67/187

Anno Accademico 2015/2016

SOLVAY



L'impianto di **Tavaux** è tra le più importanti piattaforme chimiche in Francia



SILPHES

(Solutions Innovantes de Lutte contre les Produits Halogénés dans les Eaux Souterraines)



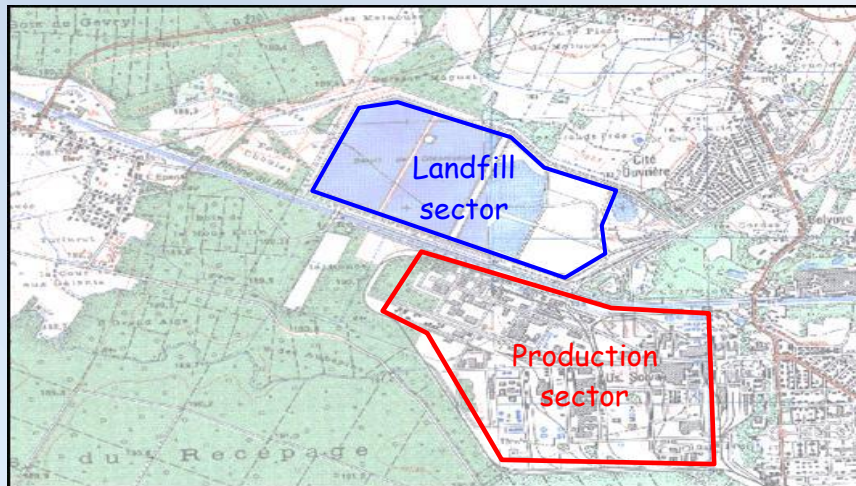
Ricerca di soluzioni innovative per la bonifica delle acque di falda contaminate da composti clorurati

PROJECT SILPHES



- Finanziato dall'ADEME (French Agency of Environment and Energy Management)
- 3 grandi aziende (SERPOL, SOLVAY, Sol Environment)
- 2 piccole e medie imprese (INTERA, MAHYTEC)
- BRGM (French Geological Survey)
- Istituti di ricerca pubblica (CNRS, UTINAM, LCE)

Sito contaminato



- 15 Km di zona inquinata
- 20 tonnellate di **DNAPL** puro



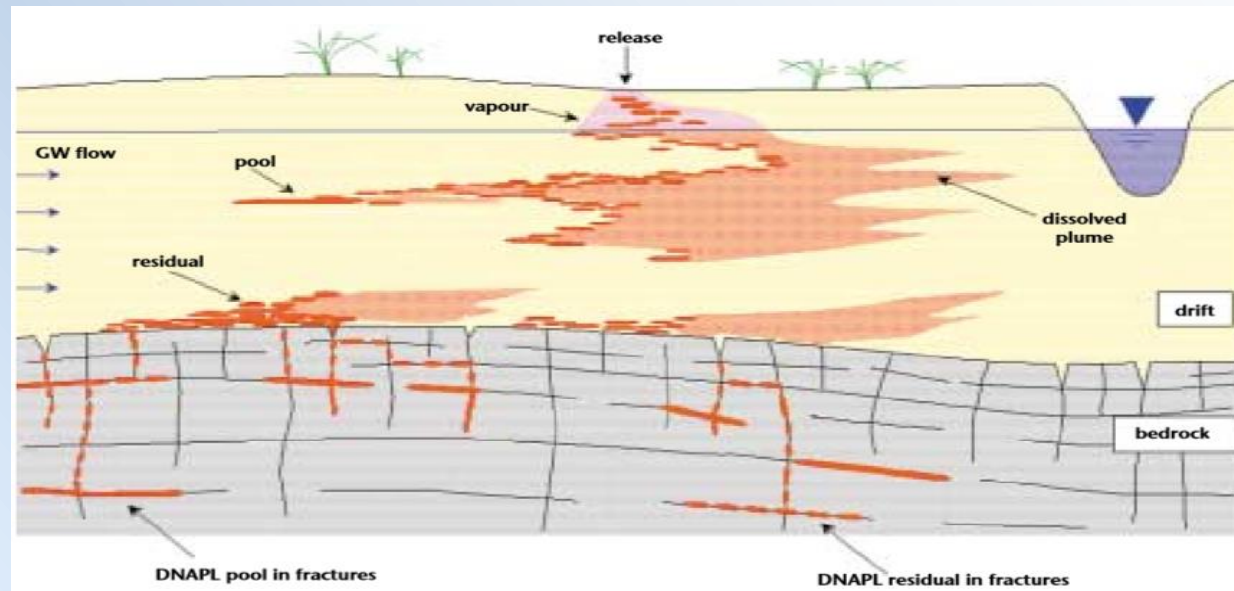
Dense non-aqueous phase liquids

Sostanze organiche liquide più dense dell'acqua, immiscibili con essa e con altre

Migrazione del DNAPL nel
sottosuolo



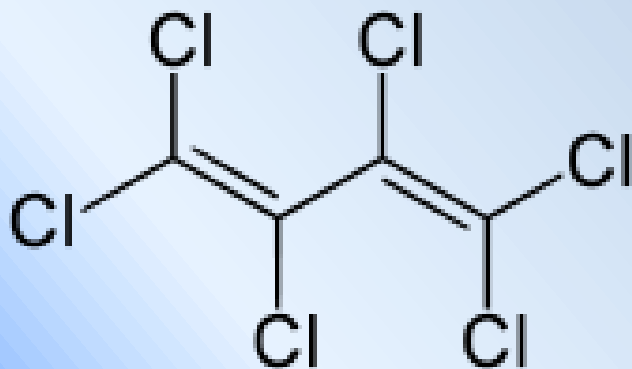
Formazione di gangli di liquido
organico



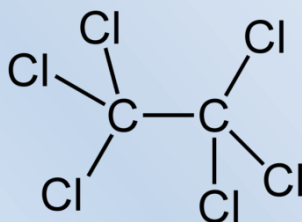
Composizione chimica del DNAPL del sito in esame

Compound	Chemical formula	Percent (%) (w/w)
Hexachlorobutadiene (HCBD)	C_4Cl_6	52 – 58
Hexachloroethane (HCEa)	C_2Cl_6	12 – 16
Perchloroethylene (PCE)	C_2Cl_4	7 – 9
Pentachlorobenzene (PeCB)	C_6HCl_5	4
Carbon tetrachloride	CCl_4	3 – 5
Trichloroethylene (TCE)	C_2HCl_3	2
Hexachlorobenzene (HCB)	Cl_6H_6	1
Others	-	5 – 19

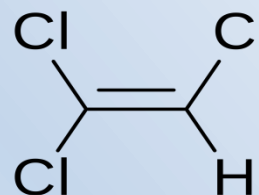
Hexachlorobutadiene
(HCBD)



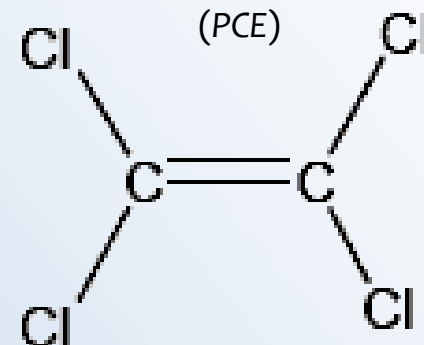
Hexachloroethane
(HCEa)



Trichloroethylene
(TCE)



Perchloroethylene
(PCE)



Obiettivo

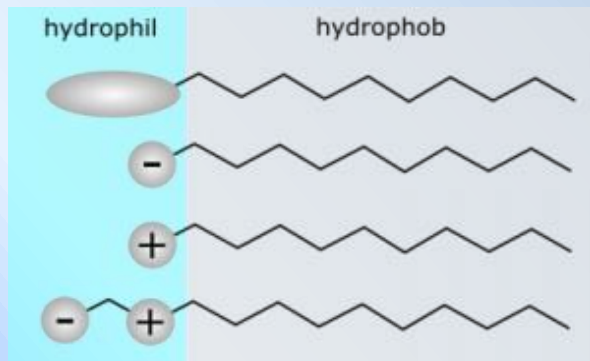
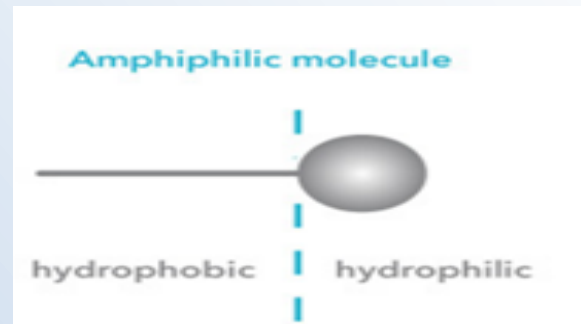
Individuazione di un mezzo in grado di rimuovere la più alta percentuale di DNAPL dal sito di interesse



SURFATTANTE (o TENSIOATTIVO)

Capacità di abbassare la tensione interfacciale tra due liquidi facilitandone la miscibilità

Molecole anfifiliche che hanno sia una parte idrofoba (la coda) idrocarburica, sia una parte idrofila (la testa)



A seconda della natura della parte idrofila, i tensioattivi sono classificati come:

- non-ionici
- anionici
- cationici
- anfoteri

Parametri fondamentali

➤ HLB (Hydrophile-Lipophile Balance)

Rapporto tra il gruppo idrofilo ed il gruppo idrofobo di un tensioattivo.
Maggiore è il valore di HLB, maggiore è la solubilità del tensioattivo in acqua

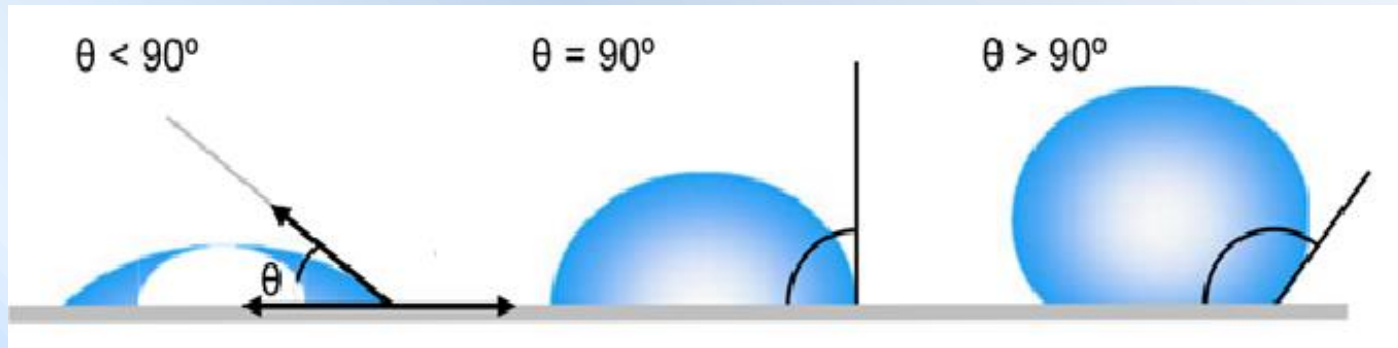
➤ IFT (Interfacial tension)

Minore è l'IFT, maggiore sarà la solubilizzazione di un liquido in un altro

➤ θ (Angolo di contatto)

Angolo misurato all'interfaccia solido-liquido

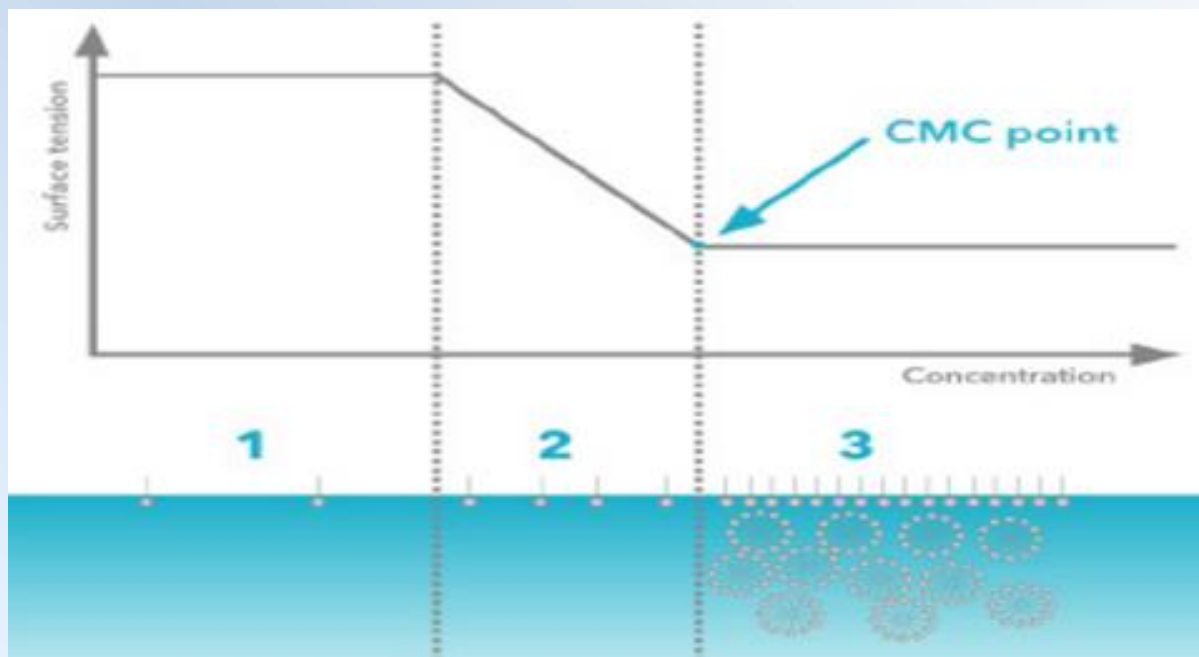
Minore è θ , maggiore sarà la capacità di un liquido di mantenere il contatto con una superficie solida in presenza di un altro liquido immiscibile con il primo



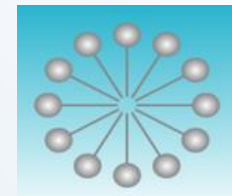
Parametri fondamentali

➤ CMC (Critical Micelle Concentration)

Concentrazione limite di surfattante oltre la quale vengono a crearsi delle **micelle**



aggregati colloidali di
molecole formate da
un tensioattivo
in soluzione



CMC



Misura dell'efficienza di
un tensioattivo

CMC basso



Quantità minore di tensioattivo
necessaria per ridurre la tensione
interfacciale tra due liquidi

Scelta del surfattante

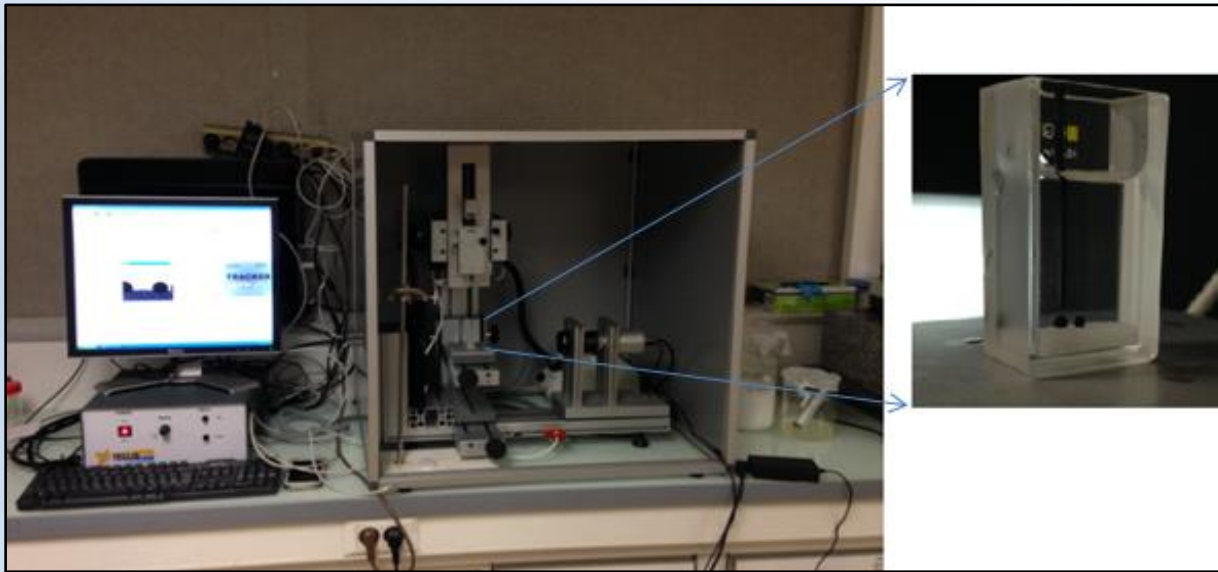
Selezionare dei surfattanti potenzialmente adatti al recupero del **DNAPL** presente nel sito



Dallo studio di numerose ricerche scientifiche, sono stati selezionati 4 surfattanti

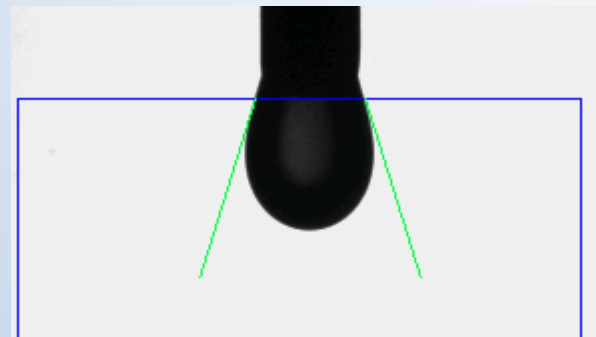
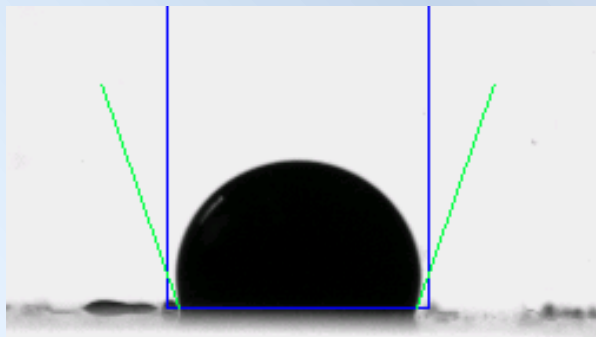
Surfactant trade name	Chemical name	Class	Chemical formula	MW (molecular weight g/mol)	CMC(mg/l)	HLB
Tween 80	POE (20) sorbitan monooleate	nonionic	$C_{18}H_{34}O_2C_6H_{10}O_4(CH_2CH_2O)_{20}$	1310	13-15	15
Triton X-100	POE(9,5) isooctylphenol	nonionic	$C_8H_{17}C_6H_4O(CH_2CH_2O)_{9.5}H$	625	150	13,5
SDBS	Sodium dodecyl benzene sulfonate	anionic	$C_{18}H_{29}NaO_3S$	348	520	36,7
Aerosol MA-80	Sodium dihexyl sulfosuccinate	anionic	$C_{16}H_{29}O_7NaS$	388	550	12

Tensiometro



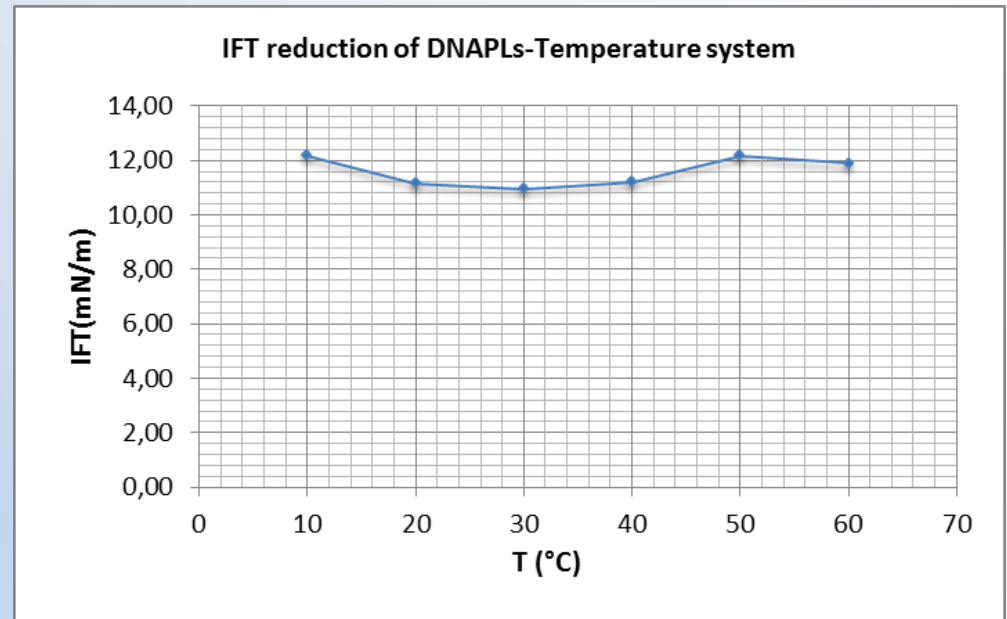
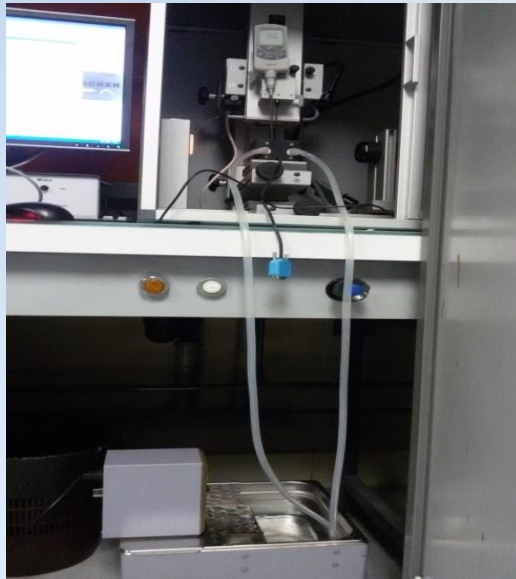
Angolo di contatto

Tensione interfacciale

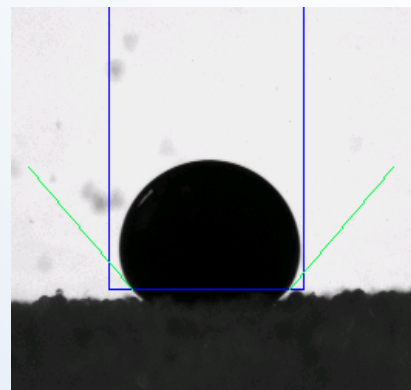
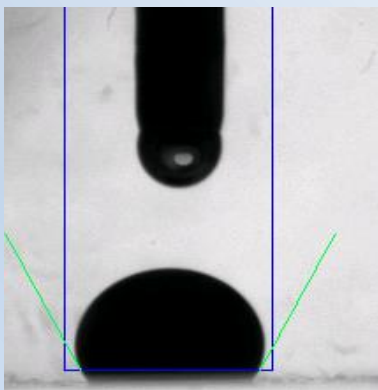


Fasi della sperimentazione

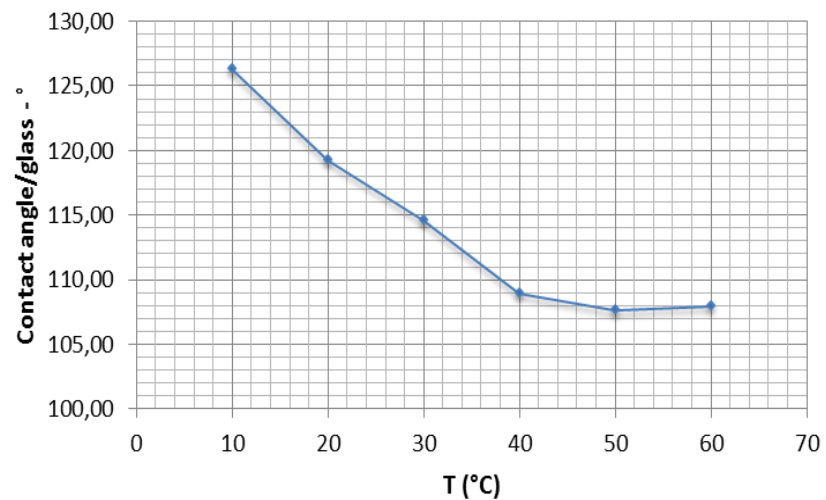
1. Misurazione dell' IFT e dell'angolo di contatto (con e senza biglie di vetro di 0,5 mm) del DNAPL in acqua a differenti temperature (10 – 20 – 30 – 40 – 50 – 60 °C)



Range IFT (10,9 - 12,2 mN/m)

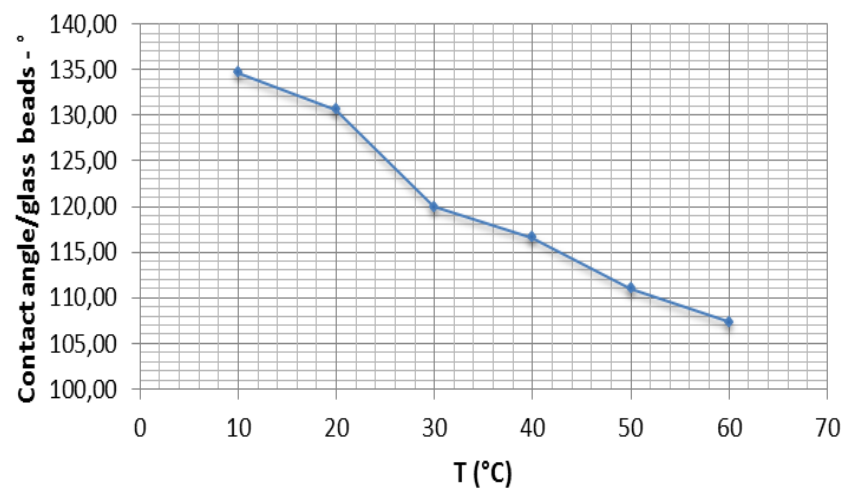


Contact angle reduction of DNAPLs-Temperature system



Range (105° - 126°)

Contact angle reduction of DNAPLs-Temperature system



Range (107° - 135°)

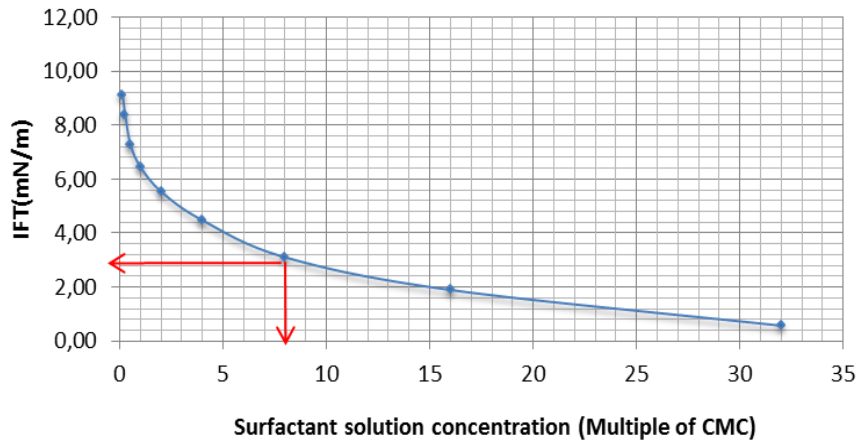
2. Misurazione dell'IFT e dell'angolo di contatto del DNAPL in funzione dei 4 surfattanti selezionati

Ogni surfattante è
stato analizzato a
CMC differenti



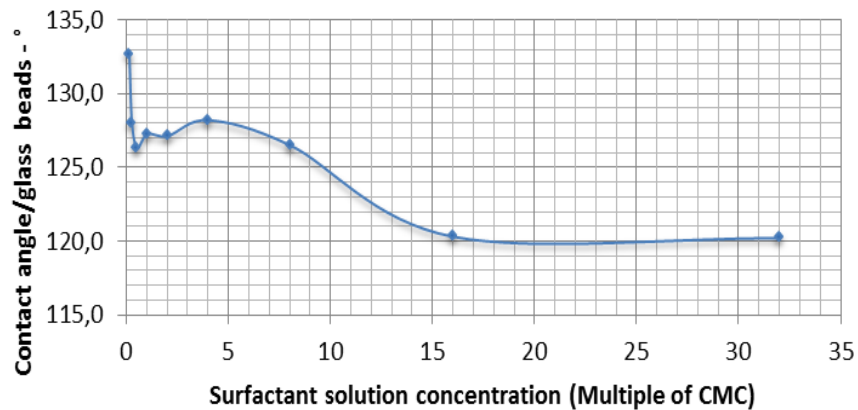
TRITON X-100

IFT reduction of DNAPLs-Triton X-100 system



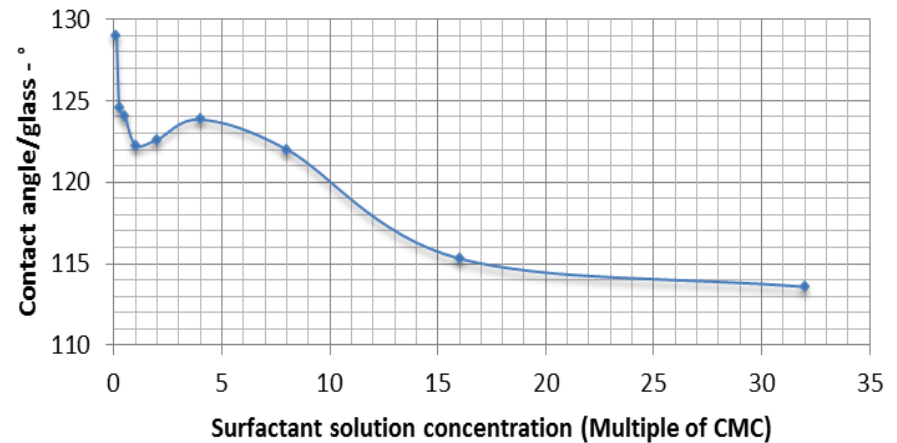
Range IFT (0,57 – 9,14 mN/m)

Contact angle reduction of DNAPLs-Triton X-100 system



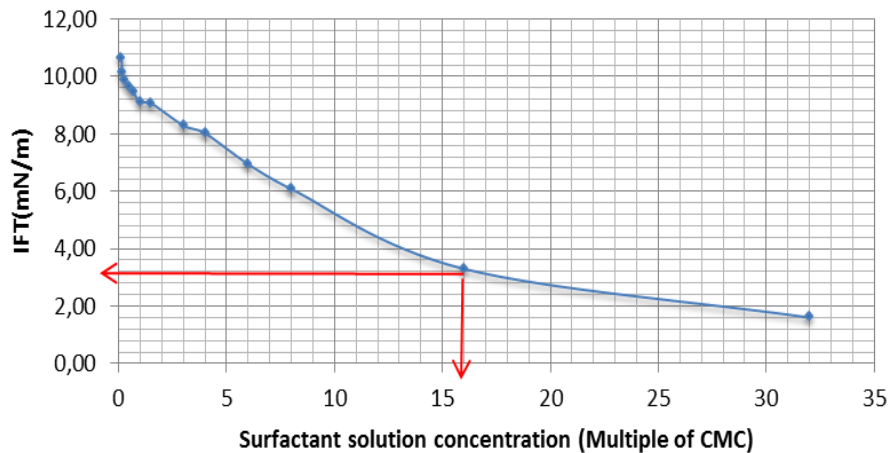
Range (120° - 133°)

Contact angle reduction of DNAPLs-Triton X-100 system



Range (114° - 129°)

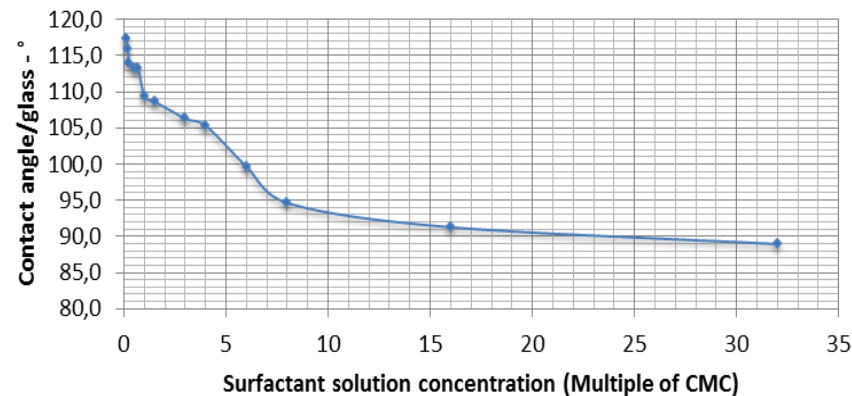
IFT reduction of DNAPLs-Aerosol system



Range IFT (1,62 – 10,35 mN/m)

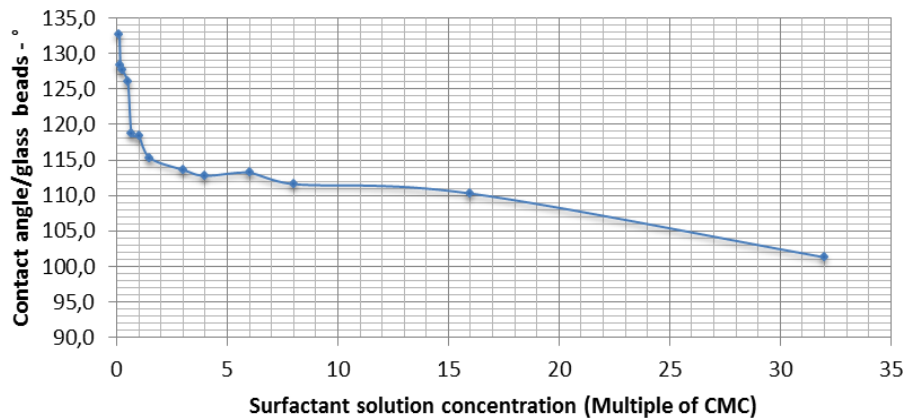
AEROSOL MA-80

Contact angle reduction of DNAPLs-Aerosol system



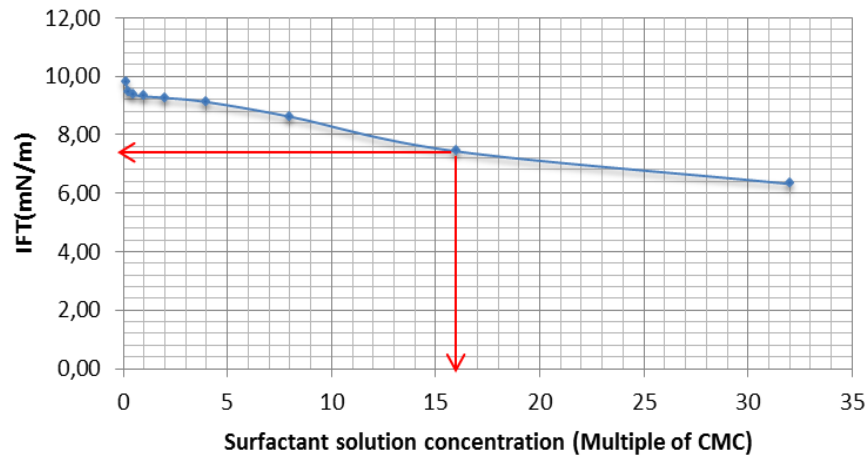
Range (89°- 117°)

Contact angle reduction of DNAPLs-Aerosol system



Range (101°- 133°)

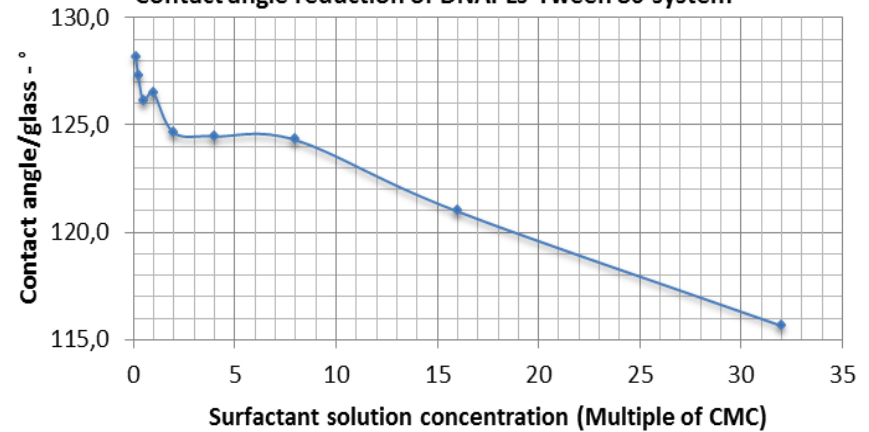
IFT reduction of DNAPLs-Tween 80 system



Range IFT (6,33 – 9,81 mN/m)

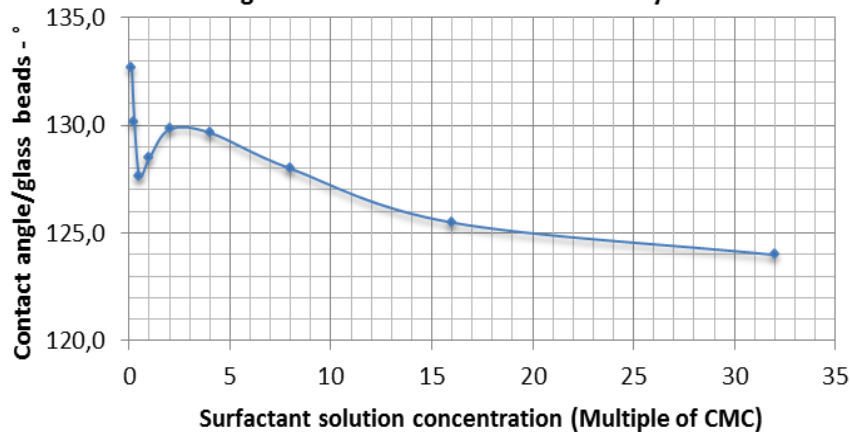
TWEEN 80

Contact angle reduction of DNAPLs-Tween 80 system



Range (116°- 128°)

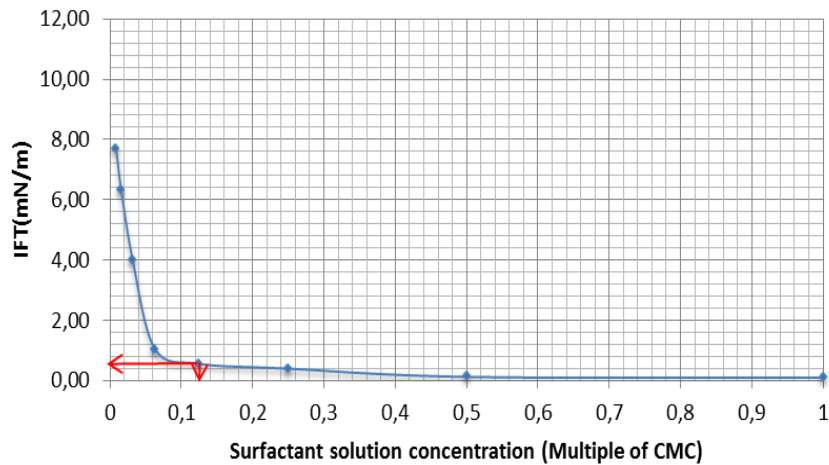
Contact angle reduction of DNAPLs-Tween 80 system



Range (124°- 132°)

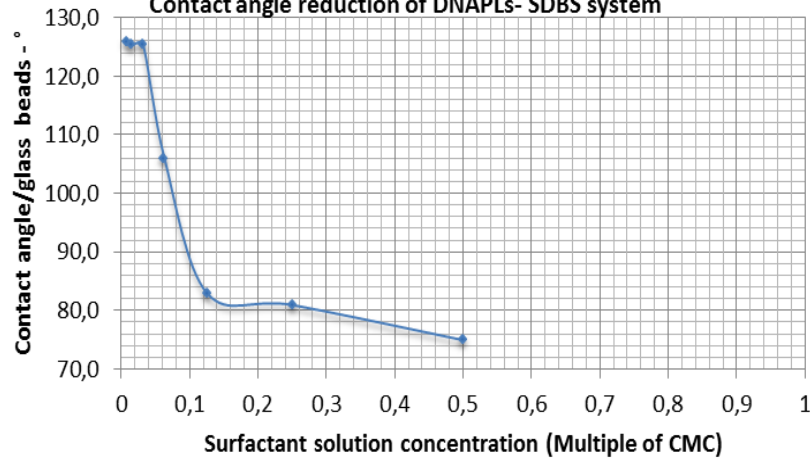
SDBS

IFT reduction of DNAPLs-SDBS system



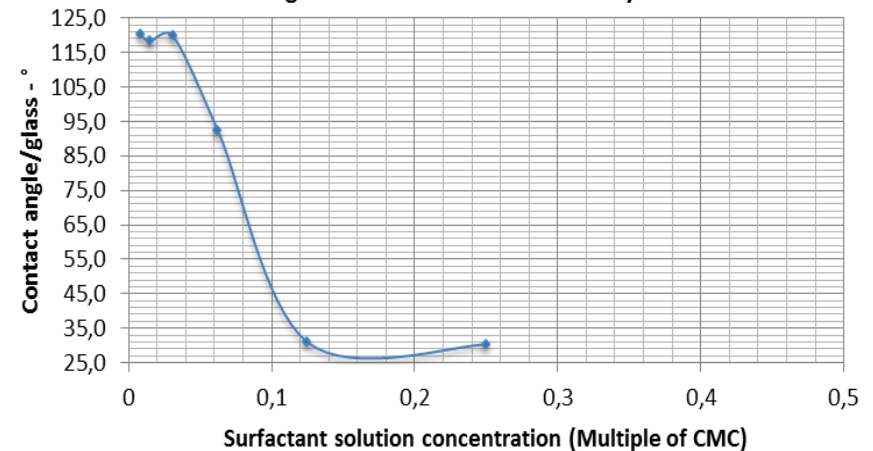
Range IFT (0,10 – 7,69 mN/m)

Contact angle reduction of DNAPLs- SDBS system



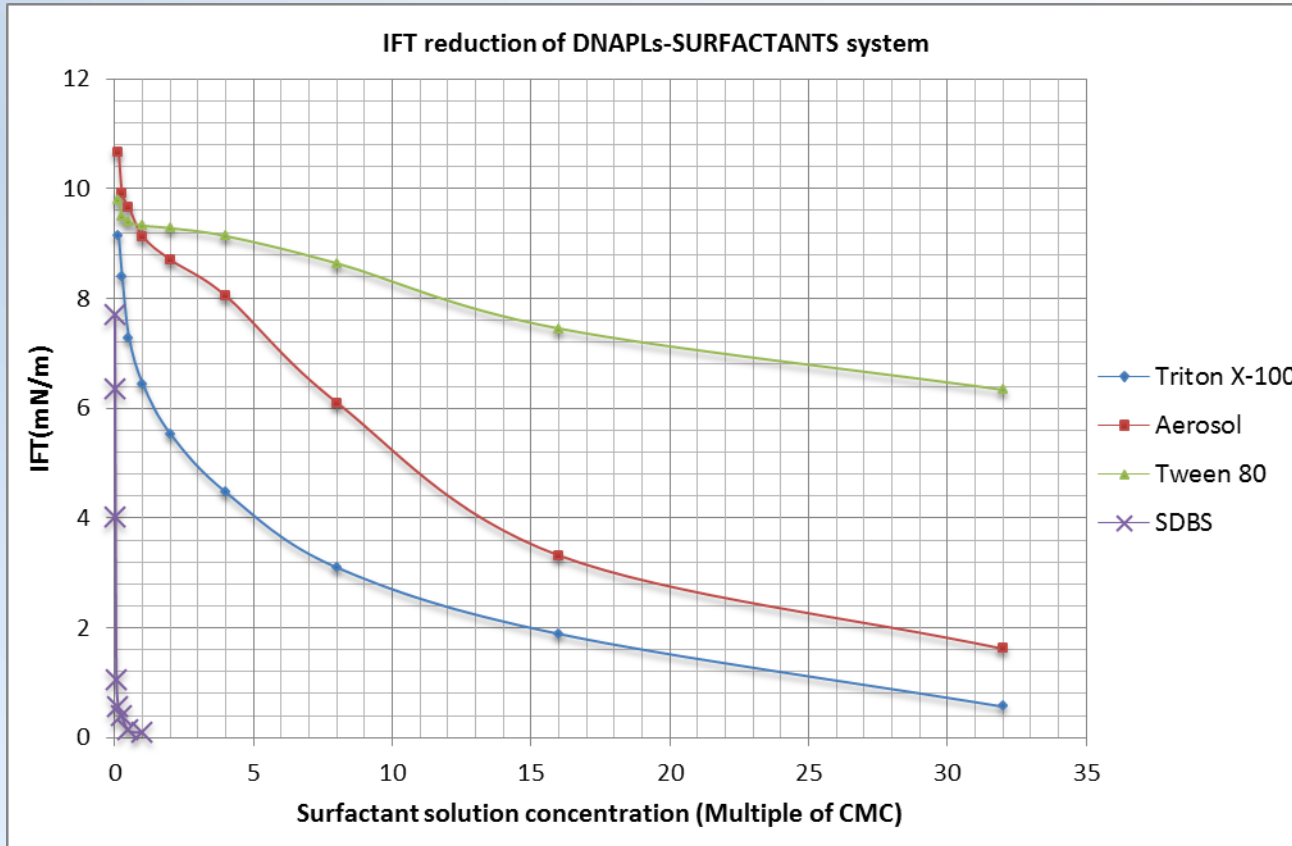
Range (70° - 126°)

Contact angle reduction of DNAPLs- SDBS system

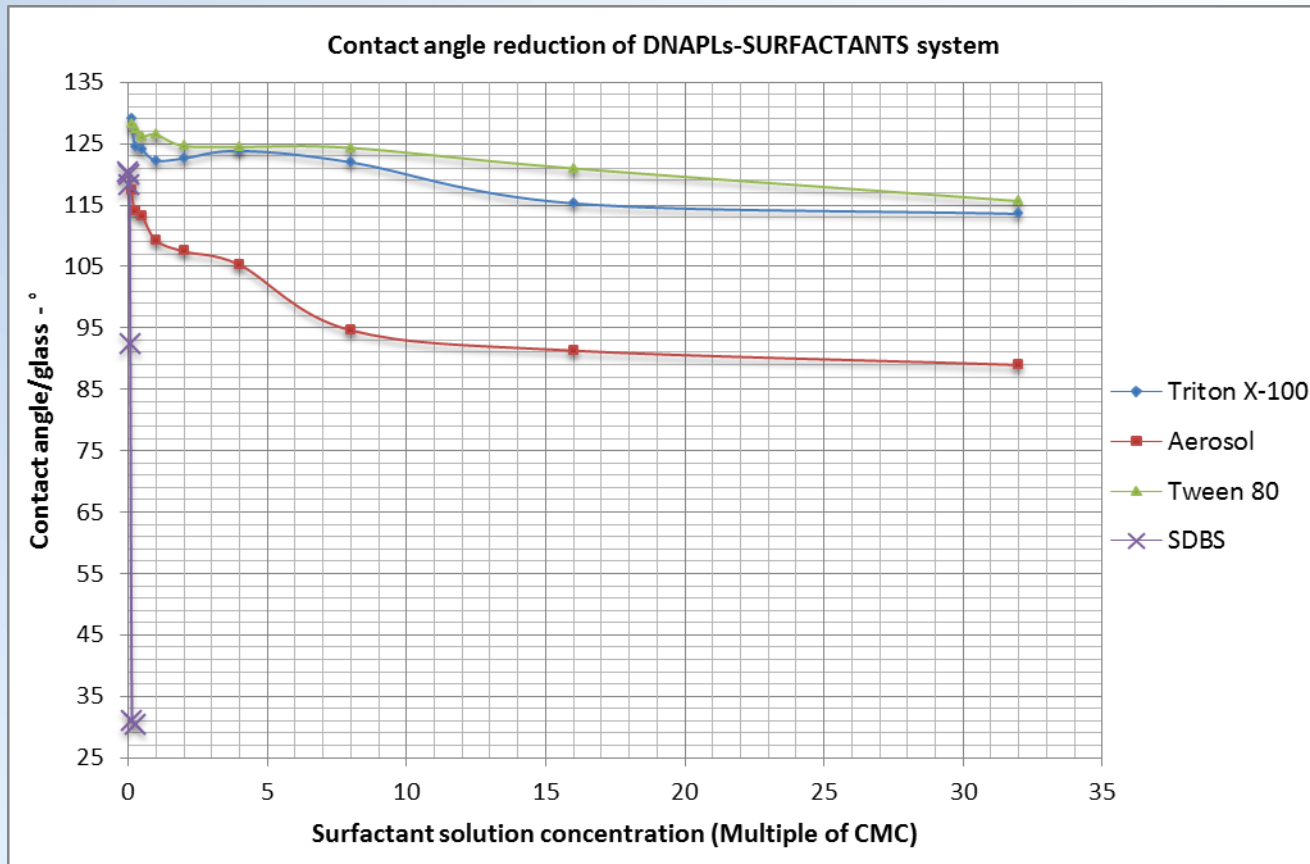


Range (30° - 120°)

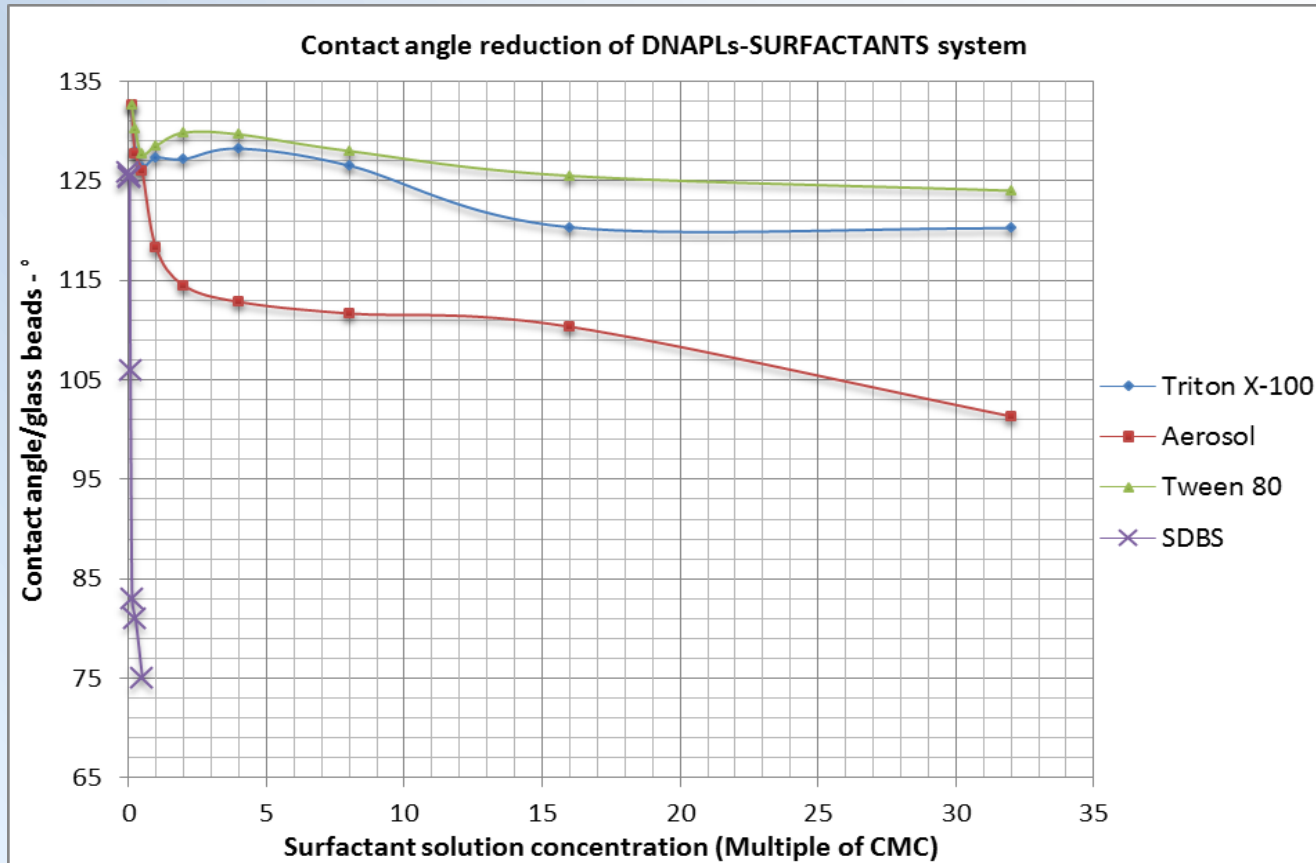
Confronto dei risultati



Confronto dei risultati



Confronto dei risultati



Conclusioni

I test di laboratorio hanno mostrato che:

- ✓ La tensione interfacciale e l'angolo di contatto non presentano significative variazioni in funzione della temperatura
- ✓ La capacità di ridurre l'IFT e l'angolo di contatto è maggiore per l'SDBS che risulta essere il miglior tensioattivo per il recupero del DNAPL in esame.

Prospettive

- ❑ Definizione della concentrazione e della quantità ottimale di surfattante da utilizzare con opportune valutazioni economiche
- ❑ Test numerici condotti con COSMOL, software per la modellazione e la simulazione dei sistemi multifisici